



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
БАКАЛАВРА**

На тему: «Исследование содержания угарного газа вдоль автомобильных
магистралей на территории Фрунзенского района г. Санкт-Петербурга»

Исполнитель: Телегин Максим Александрович

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

Оглавление

<u>ВВЕДЕНИЕ</u>	3
<u>1. Общая характеристика загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге</u>	5
<u>1.1 Основные источники загрязнения атмосферного воздуха</u>	7
<u>1.2 Концентрации основных загрязняющих веществ</u>	14
<u>1.3 Концентрации специфических примесей</u>	16
<u>2. Мониторинг атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге</u>	20
<u>2.1 Методы и технические средства мониторинга атмосферного воздуха</u>	21
<u>2.1.1 Стационарные посты и автоматические станции мониторинга за атмосферным воздухом</u>	30
<u>2.1.2 Передвижные лаборатории мониторинга за атмосферным воздухом</u>	33
<u>3. Особенности токсического воздействия угарного газа на организм человека</u>	34
<u>3.1 Характер воздействия монооксида углерода на организм человека</u>	38
<u>3.2 Средства защиты от отравления</u>	41
<u>3.3 Натурные измерения уровня загрязнения воздуха монооксидом углерода вдоль автомобильных трасс Фрунзенского района г. Санкт-Петербург</u>	46
<u>4. Практические рекомендации по снижению концентрации монооксида углерода в атмосферном воздухе городской среды</u>	53
<u>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</u>	62
<u>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</u>	66

ВВЕДЕНИЕ

В крупных городах основным источником поступления загрязняющих веществ в атмосферу является автомобильно-дорожный комплекс. За счёт постоянного развития технологий и облегчения процесса по производству дорожного транспорта происходит постоянный рост количества автомобилей. Так как люди проживают в основном в городах, то происходит заполнение всей территории города транспортом, 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.

При непосредственной близости автомагистрали к жилым районам, а также заполнение автомобилями дворов и проездов жилой застройки происходит рост концентрации токсичных веществ в местах проживания людей. Проблема загрязнения атмосферного воздуха актуальна в настоящее время, т.к. волнует значительную часть населения.

При сжигании автомобильного топлива, одним из наиболее опасных загрязняющих веществ является угарный газ. Он не имеет характерного запаха и человек не может его ощутить. При росте концентрации угарного газа и увеличении времени воздействия его на организм человека могут возникнуть весьма опасные последствия для жизни и здоровья.

Данная выпускная квалификационная работа составлена на основе натурной оценки содержания угарного газа от автотранспорта вдоль автомобильных трасс Фрунзенского района г. Санкт-Петербурга, полученных во время натурных измерений с помощью портативного анализатора угарного газа «Smart Sensor AS8700A». Он 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 трасс Фрунзенского района в Санкт-Петербурге.

Задачи работы состоят в следующем:

- изучить процессы и факторы, формирующие качество атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге;
- изучить источники поступления угарного газа в атмосферу промышленных центров на примере Санкт-Петербурга и его влияние на организм человека в качестве экологического фактора;
- выполнить натурные измерения концентрации угарного газа вдоль автомобильных трасс во Фрунзенском районе в Санкт-Петербурге;
- обобщить полученные результаты, выполнить сравнительный анализ;
- разработать практические рекомендации.

1. Общая характеристика загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге

Качество окружающей среды в Санкт-Петербурге определяется структурой и культурой производства, особенностями размещения производительных сил, а также географическим положением и климатическими условиями.

В городе качество окружающей среды определяется загрязнением воздушного и водного бассейнов, использованием городских земель, утилизацией отходов производства и потребления, состоянием зеленых насаждений и многими другими факторами. Характер загрязнений и их последствия различаются по природным средам — атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвы, зеленые насаждения.

Формирование загрязнения атмосферного воздуха происходит под влиянием выбросов стационарных источников (промпредприятий) и транспортных средств, в основном, автомобилей. При суммарном объеме вредных выбросов в 513 тыс. т (данные 2014 года) «вклад» автомобилей достигает 441,7 тыс. т. В этом причина максимального загрязнения воздушной среды в районах, прилегающих к самым загруженным городским автомагистралям [1]. На рисунке 1.1 представлено количество вредных веществ (в тыс. т) в выбросах от транспорта и стационарных источников в Санкт-Петербурге.

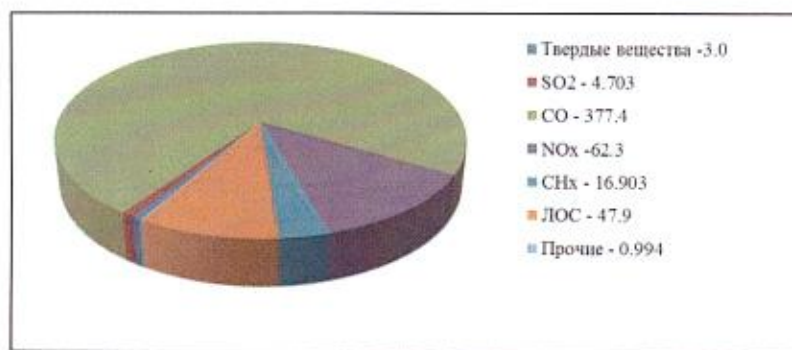


Рисунок 1.1 – Количество вредных веществ (в тыс. т) в выбросах от транспорта и стационарных источников в Санкт-Петербурге [1]

Наибольший уровень загрязнения, в частности, диоксидом азота (до 3 ПДК_{мр}) наблюдается в Адмиралтейском, Калининском и Красносельском районах; оксида азота (до 2,3 ПДК_{мр}) — в Центральном и Красногвардейском районах, оксидов углерода (до 3,9 ПДК_{сс}) — в Центральном, Приморском, Кировском и Невском районах. Кратковременные, но значительные концентрации бензола при неблагоприятных метеоусловиях наблюдаются во Фрунзенском (до 6,6 ПДК_{мр}), Невском (до 5,5 ПДК_{мр}), Красногвардейском (до 5,5 ПДК_{мр}). На отдельных оживлённых перекрёстках ПДК может достигать до восьми. Загрязнение приземного слоя воздуха в большой степени зависит от погодных условий. В отдельные периоды, когда метеоусловия способствуют накоплению вредных веществ в приземном слое атмосферы, концентрации примесей в воздухе могут резко возрасти — возникает смог [2].

На рисунке 1.2 представлено распределение выбросов от автомобильного транспорта по районам Санкт-Петербурга.

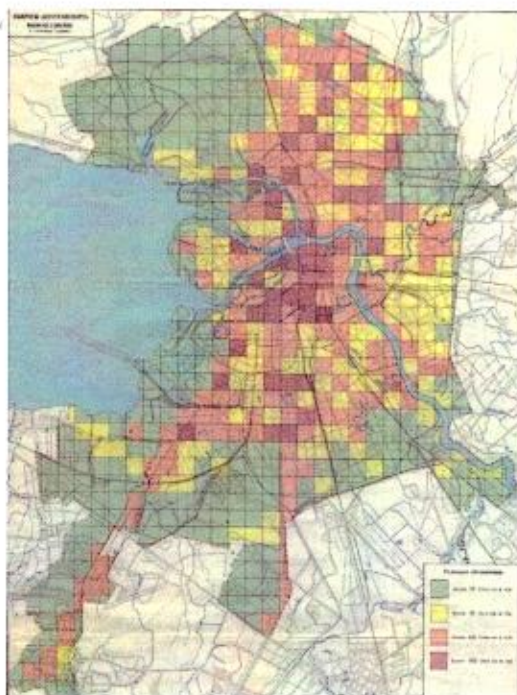


Рисунок 1.2 – Распределение выбросов от автомобильного транспорта по районам Санкт-Петербурга [2]

1.1 Основные источники загрязнения атмосферного воздуха

Различают природные (естественные) и антропогенные (искусственные) источники загрязнения. К природным источникам относятся: пыльные бури, пожары, различные аэрозоли растительного, животного или микробиологического происхождения и т.п. Антропогенные выбросы в атмосферу ежегодно составляют более 19 млрд. т, из них более 15 млрд. т углекислого газа, 200 млн. т оксида углерода, более 500 млн. т углеводородов, 120 млн. т золы и др.

Более половины от общего объема составляют выбросы от автотранспорта. Загрязнения в основном получаются в виде побочных продуктов или отходов при добыче, переработке и использовании ресурсов, а также могут представлять собой одну из форм вредных выбросов энергии, например, избыточного тепла, шума и радиации.

Большинство естественных загрязнений (например, извержение вулкана, сжигание угля) рассеиваются по обширной территории, и их концентрация, зачастую, снижается до безопасной (за счет разложения, растворения и рассеивания). Антропогенные загрязнения воздуха возникают на урбанизированных территориях, где большие количества загрязнителей концентрируются в небольших объемах воздуха.

Наиболее опасными и широко распространенными считаются следующие категории загрязнителей: взвеси – мельчайшие частицы вещества во взвешенном состоянии; углеводороды и другие летучие органические соединения, находящиеся в воздухе в виде паров; угарный газ (CO) – чрезвычайно ядовит; оксиды азота (NO_x) – газообразные соединения азота и кислорода; оксиды серы (SO₂ диоксид) – ядовитый газ, опасный для растений и животных; тяжелые металлы (медь, олово, ртуть, цинк и т.д.); озон и другие фотохимические окислители.

Рассмотрим, что это за загрязнители и как они образуются.

В крупных городах можно встретить два основных вида источников загрязнителей: точечные, например, труба ТЭЦ, дымовая труба, выхлопная труба автомобиля и т.д. и неточечные – поступающие в атмосферу с обширных источников.

Различают твердые, жидкие и газообразные вещества, загрязняющие окружающую среду.

Твердые – образуются при механической обработке материалов или их транспортировке, при сжигании и тепловых процессах производства. К ним относятся пыль и взвеси, образующиеся: первые – при добыче, переработке и транспортировке сыпучих материалов, различных технологических процессах и ветровой эрозии; вторые – при открытом сжигании отходов и из промышленных труб в результате самых различных технологических процессов.

Жидкие загрязняющие вещества – продукт химических реакций, конденсации или распыления жидкости в технологических процессах.

Основными жидкими загрязнителями являются нефть и продукты ее переработки, загрязняющие атмосферу углеводородами.

Газообразные загрязнители образуются в результате химических реакций, электрохимических процессов, сжигания топлива, реакций восстановления. Наиболее распространенными загрязнителями в газовом состоянии являются: оксид углерода CO, диоксид углерода CO₂, оксиды азота NO, N₂O, NO₂, NO₃, N₂O₅, диоксид серы SO₂, соединения хлора и фтора.

Рассмотрим наиболее опасные, широко распространенные загрязнители. Каковы они и в чем их опасность?

1. Пыль и взвеси – это взвешенные в воздухе тонкие частицы, например, дыма и сажи (табл. 1.1). Основными источниками взвеси являются промышленные трубы, транспорт и открытое сжигание топлива. Мы можем наблюдать такие взвеси в виде смога или дымки.

По дисперсности, т.е. степени измельченности различают пыль:

- крупнодисперсную – с частицами размером более 10 мкм, оседающую в неподвижном воздухе с возрастающей быстротой;
- среднедисперсную – с частицами от 10 до 5 мкм, медленно оседающую в неподвижном воздухе;
- мелкодисперсную и дым – с частицами размером 5 мкм, быстро рассеивающуюся в окружающей среде и почти не оседающую.

Таблица 1.1 – Основные источники загрязнения атмосферного воздуха [3]

Группа	Аэрозоли	Газообразные выбросы
Котлы и промышленные печи	Зола, сажа	NO ₂ , SO ₂ , а также CO, альдегиды (НСНО), органические кислоты, бензапирен
Автомобильные двигатели	Сажа	CO, NO ₂ , альдегиды, углеводороды неканцерогенные, бензапирен
Нефтеперерабатывающая промышленность	Пыль, сажа	SO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , NO _x , CO, углеводороды, кислоты, альдегиды, канцерогенные вещества
Химическая промышленность	Пыль, сажа	В зависимости от процесса (H ₂ S, CO, NH ₃), кислоты, органические вещества, растворители, летучие сульфиды и др.
Металлургия и коксохимия	Пыль, оксиды	SO ₂ , CO, NH ₃ , NO _x , фтористые и цианистые соединения, органические вещества, бензапирен
Горная промышленность	Пыль, сажа	В зависимости от процесса (CO, фтористые соединения, органические вещества)
Пищевая промышленность		NH ₃ , H ₂ S, смеси органических соединений
Промышленность строительных материалов	Пыль	CO, органические соединения

Пыль, способная некоторое время находиться в воздухе во взвешенном состоянии, называется аэрозоль, в отличие от осевшей пыли, называемой аэрогель. Мелкодисперсная пыль представляет для организма наибольшую опасность, поскольку она не задерживается в

верхних дыхательных путях и может проникнуть глубоко в легкие. Кроме того, тонкая пыль может быть проводником в организм человека различных ядовитых веществ, например, тяжелых металлов, которые на пылинках могут проникать глубоко в дыхательные пути.

Можно привести и другие примеры: комбинация двуокиси серы с пылью раздражает кожу и слизистые оболочки, с повышением концентрации – приводит к нарушениям дыхания и болям в груди, а при очень высоких концентрациях, значительно превосходящих ПДК, вызывает смерть от удушья.

В машиностроительных предприятиях, особенно в цехах горячей и холодной обработки металлов, в воздушную среду рабочих зон выделяется много пыли, токсических и раздражающих газов. Современный стандарт устанавливает ПДК для вредных веществ около 1000 видов [3]. По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на четыре класса:

- 1-й – вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й – вещества высоко опасные;
- 3-й – вещества умеренно опасные;
- 4-й – вещества малоопасные.

Класс опасности веществ установлен в зависимости от норм и показателей (табл.1.2).

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны – это концентрации, которые при ежедневной 8-часовой (кроме выходных дней) работе или при другой продолжительности (но не более 41 ч в неделю) в течение всего рабочего стажа не вызывают заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

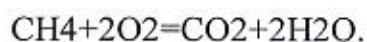
Таблица 1.2 – Классы опасности и пределы уровня загрязнения [3]

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10	Более 10
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500-5000	5000-50000	Более 50000

Предельно допустимая концентрация представляет первичный стандарт, являющийся критерием загрязнения, это максимальный уровень загрязнения, который человек может переносить без ущерба для здоровья, плюс 10-15% как запас прочности.

2. Углеводороды – это органические соединения углерода и водорода. В технике и промышленности они используются в качестве энергоносителей, например, природный газ, пропан, бензин, растворители для красок и чистящих средств и др. Среди особо опасных углеводородов важное место занимает бензапирен – составная часть выхлопных газов автомобилей и выбросов в атмосферу от угольных печей.

3. Угарный газ. При полном сгорании топлива и отходов, представляющих собой органические соединения, образуются углекислый газ и вода:



В случае полного сгорания выбрасывается в воздух двуокись углерода, называемая также углекислым газом (CO₂) при неполно окисленном углероде – угарный газ (CO).

Двуокись углерода – бесцветный газ со слабым запахом образуется при дыхании живых организмов, а также при сжигании угля, нефти и газа на тепловых станциях, в котельных и т.п. В небольшом количестве углекислый газ не опасен, но в очень больших дозах он приводит к смерти. Содержание CO_2 в воздухе постоянно растет, что связано с все более увеличивающимся количеством сжигания угля и нефти. За последние 100 лет содержание двуокиси углерода в воздухе увеличилось примерно на 14%. Рост содержания углекислого газа в воздухе способствует повышению температуры на Земле, так как слой углекислого газа создает мощный экран, не пропускающий в космос тепло, излучаемое Землей, что нарушает естественный теплообмен между планетой и окружающим ее пространством. Это так называемый парниковый, или оранжерейный, эффект.

Оксид углерода (CO) – не полностью окисленный углерод, так называемый угарный газ. CO – ядовитый газ, не имеющий цвета и запаха. Вдыхание угарного газа блокирует поступление кислорода в кровь, приводит к кислородному голоданию тканей с последующим наступлением обморока, паралича дыхательных путей и смерти.

4. Оксиды азота (NO_x) – газообразные соединения веществ, вырабатываемые микроорганизмами; также могут образоваться в продуктах сгорания топлива в автомобильных двигателях, в химической промышленности, например, при производстве азотной кислоты. При высоких температурах горения часть азота (N_2) окисляется, образуя монооксид (NO), который в воздухе, вступая в реакцию с кислородом, окисляется до диоксида (NO_2) и/или тетраоксида (N_2O_4).

Оксиды азота способствуют возникновению фотохимического смога, образованного из продуктов реакции между окислами азота и ненасыщенными углеводородами под активным действием ультрафиолетового излучения Солнца.

Оксиды азота раздражают органы дыхания, слизистые оболочки, особенно легких и глаз, а также отрицательно действуют на мозг и нервную систему человека.

5. Двуокись серы или так называемый сернистый газ (SO_2) – остро пахнущий, бесцветный газ, раздражающий дыхательные пути человека и животных, особенно в среде тонкой пыли. Основными источниками загрязнения воздуха двуокисью серы являются горючие ископаемые, сжигаемые в энергетических установках. Топливо и отходы, которые при сгорании попадают в воздух, содержат серу (например, в угле от 0,2 до 5,5% серы). В процессе сгорания сера окисляется с образованием SO_2 . Двуокись серы наносит серьезный ущерб окружающей среде – у растений под действием SO_2 происходит частичное отмирание хлорофилла, что пагубно действует на сельскохозяйственные урожаи, лесные деревья, водоемы, выпадая в виде так называемых кислотных дождей.

6. Тяжелые металлы, загрязняя окружающую среду, приносят огромный вред человеку и природе. Свинец, ртуть, кадмий, медь, никель, цинк, хром, ванадий – постоянные компоненты воздушной среды крупных промышленных центров. Примеси тяжелых металлов могут содержать уголь, а также различные отходы.

Воздушные загрязнения нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности содержат большое количество углеводородов, сероводорода и дурно пахнущих газов [4].

1.2 Концентрации основных загрязняющих веществ

Средняя концентрация взвешенных веществ в целом по Санкт-Петербургу составила 0,6 ПДКс.с. Максимальная концентрация, превысившая ПДКм.р. в 4,2 раза (СИ – 4,2), была измерена в декабре в

Московском районе (пост № 8). Значение НП за год 6,6 %. В течение года среднемесячные концентрации в целом по городу изменялись в пределах 0,3–0,8 ПДКс.с. (рисунок 1.3).

Концентрации диоксида серы не превышали установленных санитарных норм: по данным дискретных наблюдений на стационарных постах среднегодовая концентрация и максимальная из разовых составили менее 0,1 ПДК.

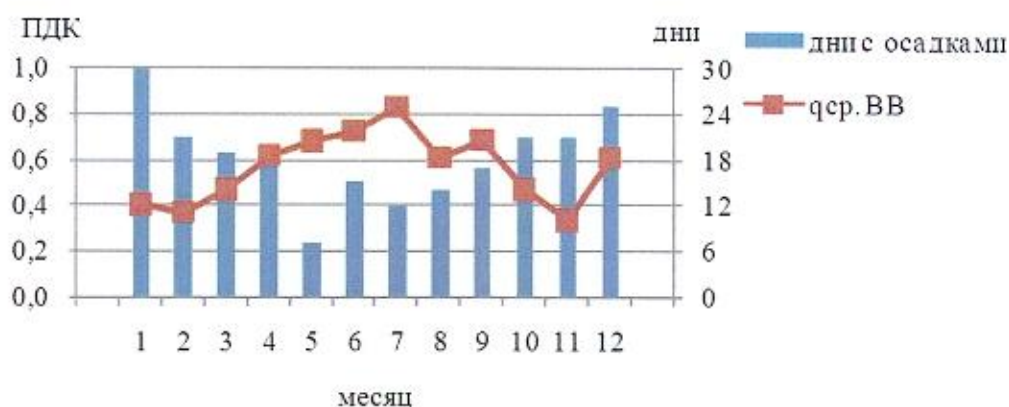


Рисунок 1.3 – Годовой ход среднемесячных концентраций взвешенных веществ (qср. ВВ) в долях ПДК в целом по городу и количества дней с осадками в Санкт-Петербурге в 2018 г. [5]

С учетом непрерывных наблюдений среднегодовая концентрация диоксида серы менее 0,1 ПДКс.с., максимальная концентрация, измеренная в августе на автоматической станции № 2 в Колпинском районе, соответствует 0,8 ПДКм.р.

Средняя за год концентрация растворимых сульфатов составила 2 мкг/м³, максимальная разовая – 10 мкг/м³.

По данным дискретных измерений в целом по городу средняя за год концентрация оксида углерода составила 0,3 ПДКс.с. С учетом данных непрерывных наблюдений среднегодовая концентрация оксида углерода в целом по городу год соразмерна 0,2 ПДКс.с. Максимальная из разовых концентраций, превысившая ПДКм.р. в 2,1 раза (СИ – 2,1), была

измерена в марте на посту № 12 в Красносельском районе. Значение НП за год менее 1 %.

Средняя за год концентрация диоксида азота в целом по городу составила 1,1 ПДКс.с., максимальная из разовых концентраций превысила ПДКм.р. в 3,7 раза (сентябрь, пост № 10, Центральный район). Значение НП за год составило 2,2 %.

По данным дискретных наблюдений средняя за год концентрация оксида азота составила 0,4 ПДКс.с., максимальная концентрация из разовых – 0,8 ПДКм.р. (пост № 7, август). С учетом данных непрерывных наблюдений среднегодовая концентрация в целом по городу для оксида азота составила 0,2 ПДКс.с., максимальная концентрация – 1 ПДКм.р. (Фрунзенский район, автоматическая станция № 9, апрель).

В целом по городу средняя за год концентрация бенз(а)пирена составила 0,4 ПДКс.с. Наибольшая среднемесячная концентрация превысила ПДКс.с. в 2,1 раза (январь, СИ – 2,1) была зафиксирована в Центральном районе (пост № 6). Увеличение загрязнения бенз(а)пиреном на всех постах наблюдалось в холодные месяцы в связи с отопительным сезоном [5].

1.3 Концентрации специфических примесей

В целом по городу среднегодовая концентрация аммиака в воздухе составила 0,9 ПДКс.с. Максимальная концентрация составила 3,1 ПДКм.р. (март, пост № 1, Петроградский район). По данным наблюдений наиболее всего воздух был загрязнен аммиаком в Центральном районе (пост № 6): повторяемость превышения концентрациями ПДК составила 14 %.

По данным непрерывных измерений средняя за год концентрация озона в целом по городу составила 1,2 ПДКс.с., максимальная

концентрация – 1,3 ПДКм.р. (СИ–1,3) была зафиксирована в марте в Приморском районе (автоматическая станция № 8).

Среднегодовая концентрация фенола в целом по городу соответствует 0,3 ПДКс.с. Максимальная концентрация фенола была измерена на посту № 1 (Петроградский район) в августе (СИ – 1,8). Значение НП – 4,4 %.

Средняя за год концентрация формальдегида в целом по городу соответствует 0,6 ПДКс.с. Средний уровень загрязнения воздуха формальдегидом в 2014-2018 годах по сравнению с предыдущими годами практически снизился в 3 раза, что связано с увеличением нормативного значения ПДКс.с. и не имеет отношения к реальному изменению уровня загрязнения воздуха этой примесью. Максимальная концентрация составлена 0,9 ПДКм.р., измеренная в сентябре в Центральном районе на посту № 10.

Концентрации хлористого водорода на всех постах, где проводились наблюдения, не превышали санитарных норм: средняя за год концентрация составила 0,3 ПДКс.с., СИ – 0,4.

Средняя за год концентрация сероводорода на посту № 7 (Василеостровский район) составила 1 мкг/м³, максимальная концентрация – 0,5 ПДКм.р.

Содержание углеводородов в воздухе города не превышало санитарно-гигиенические нормы. Средняя концентрация бензола составила 0,1 ПДКс.с. Для этилбензола значения СИ – 0,5. Для бензола, толуола и суммы ксилолов СИ составляли 0,1 и менее.

Средние за год концентрации и наибольшие из среднемесячных концентраций никеля, меди, железа, марганца, хрома, цинка, кадмия и свинца не превышали ПДКс.с.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга в 2018 г. квалифицируется по значению ИЗА как низкий. Основной вклад в загрязнение воздуха города вносили: диоксид азота, аммиак, озон,

взвешенные вещества и формальдегид. На рисунке 1.3 отображены изменения значений ИЗА за последние пять лет с учетом ПДК формальдегида старых и измененных в 2014 году. Изменение ПДКс.с. фенола в 2015 г. не повлияло на величину ИЗА [5].



Рисунок 1.3 – Изменение значений комплексного ИЗА за 2014-2018 годы, рассчитанного со старыми и измененными величинами ПДКс.с. формальдегида. Санкт-Петербург, 2018 г. [5]

По данным ФГБУ «Северо-Западное УГМС» уровень загрязнения квалифицируется как повышенный в Центральном районе (вблизи поста № 6). На остальных постах, которые находятся в Петроградском (пост № 1), Фрунзенском (пост № 2), Калининском (пост № 4), Василеостровском (пост № 7), Московском (пост № 8), Центральном (пост № 10), Красносельском (пост № 12) и Красногвардейском (пост № 27) районах загрязнение воздуха характеризуется как низкое. Изменение комплексного ИЗА в целом по городу за 2016-2020 г. представлено на рисунке 1.4.

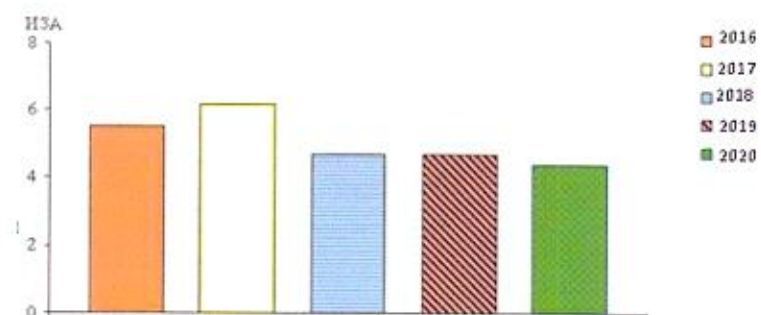


Рисунок 1.4 – Распределение значений ИЗА в Санкт-Петербурге за 2016 - 2020 гг. [5]

В 2020 г. по сравнению с 2019 г. значения среднегодовых концентраций в целом по городу для оксида углерода, фенола, хлористого водорода и бенз(а)пирена увеличились; для взвешенных веществ, диоксида серы, диоксида азота, оксида азота, аммиака, растворимых сульфатов, бензола, толуола, и этилбензола – уменьшились; для сероводорода, формальдегида и суммы ксилолов – остались без изменений.

Случаев высокого загрязнения (ВЗ) и экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) атмосферного воздуха в 2020 г. зафиксировано не было [5].

2. Мониторинг атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге

Термин «мониторинг» впервые появился в рекомендациях специальной комиссии СКОПЕ (научный комитет по проблемам окружающей среды) при ЮНЕСКО в 1971 году, а в 1972 году были сформированы первые предложения по глобальной системе мониторинга окружающей среды для создания системы повторных целенаправленных наблюдений за элементами окружающей природной среды в пространстве и времени. Сейчас на территории всех стран, которые заботятся о состоянии природных сред, созданы системы экологического мониторинга.

В Санкт-Петербурге государственный экологический мониторинг, в том числе мониторинг атмосферного воздуха, осуществляется в полном соответствии с требованиями федерального законодательства, а также с учётом региональной специфики, определённой Законом Санкт-Петербурга «Об экологическом мониторинге на территории Санкт-Петербурга»; Законом Санкт-Петербурга «О разграничении полномочий органов государственной власти Санкт-Петербурга в области обеспечения радиационной безопасности населения в Санкт-Петербурге»; Постановлением Правительства Санкт-Петербурга «Об экологической политике Санкт-Петербурга на период до 2030 года»; Постановлением Правительства Санкт-Петербурга «О Комитете по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности» и Постановлением Правительства Санкт-Петербурга «О специализированной организации, осуществляющей государственный экологический мониторинг на территории Санкт-Петербурга».

Необходимость создания систем экологического мониторинга объясняется тем, что только экологический мониторинг позволяет вовремя увидеть проблему, определить целесообразность и приоритетность природоохранных мероприятий, и поэтому любая

природоохранная деятельность начинается именно с анализа текущей ситуации.

С другой стороны, экологический мониторинг показывает, насколько эффективны те меры, которые принимаются для решения проблем [6].

2.1 Методы и технические средства мониторинга атмосферного воздуха

Для анализа воздушной среды существуют различные методы. Их выбирают в зависимости от поставленных перед собой задач.

Анализ загрязнений, содержащихся в воздушной среде, можно отнести к наиболее трудным задачам аналитической химии. Это обусловлено следующими причинами: одна проба одновременно может содержать десятки и даже сотни органических и неорганических соединений; концентрация токсичных веществ в атмосфере может быть ничтожно малой (до 10^{-4} - 10^{-7} % и ниже); воздух представляет собой неустойчивую систему с постоянно меняющимся составом (наличие влаги, кислорода, фотохимические реакции, изменение метеорологических условий).

Для анализа загрязнений воздуха получили распространение методы, которые можно разбить на четыре группы: хроматографические, масс-спектрометрические, спектральные, электрохимические.

Хроматографические методы анализа обладают практически неограниченными возможностями в разделении даже очень сложных по составу и многокомпонентных смесей веществ в сочетании с совершенной аналитической техникой и использованием высокочувствительных и селективных детекторов. В настоящее время почти половина всех газов и летучих органических веществ выполняется хроматографическим методом, а более одной трети из них – методом газовой хроматографии. В газовом хроматографе разделение

летучих веществ происходит в следующей последовательности. С помощью специального устройства – обычно небольшого стеклянного шприца – проба вводится с одного конца длинной узкой хроматографической колонки (трубка длиной 0,9 – 3,0 м и диаметром 0,25 – 50 мм), через которую протекает газ-носитель. В качестве газ-носителя используется инертный газ, который проходит через колонку с постоянной скоростью и выносит компоненты пробы, появляющиеся на выходе в зависимости от времени удерживания их в колонке. Разделение происходит за счет твердого (адсорбента) или жидкого (абсорбента) вещества, находящегося в колонке и называемого неподвижной фазой. Благодаря абсорбции отдельных компонентов на активных центрах абсорбента или их растворению в неподвижной фазе в зависимости от физических свойств компонентов смеси одни из них продвигаются быстрее, а другие медленнее, что позволяет их различать на выходе, применяя соответствующий детектор. В результате можно получить зональное распределение компонентов - хроматограмму, позволяющую выделить и проанализировать отдельные пробы вещества.

С его помощью в большом интервале концентраций можно определять неорганические газы, металлы после перевода их в летучие комплексы, а также большинство органических соединений, в том числе полимеры и олигомеры. Этот метод позволяет анализировать широкий круг объектов (от изотопов водорода до металлов) с температурой кипения от -250 до 1000 С, дает возможность получать в одном анализе информацию о содержании всех компонентов в сложной смеси. Во-вторых, практическое применение метода несложно, для проведения газохроматографического анализа используют стандартную аппаратуру, автоматически регулируюшую результаты анализа. В-третьих, этот метод характеризуется высокой эффективностью разделения при относительно небольшой (1-30 минут) продолжительностью анализа, а

также очень высокой чувствительностью, чаще всего недоступной другим хроматографическим методам.

Этот метод имеет два варианта: газоадсорбционная и газожидкостная хроматография. Разделение компонентов смеси происходит в хроматографической колонке. Хроматографические колонки: набивные (стекло, сталь и др.) и капиллярные (стекло, кварц).

Современные газовые хроматографы относятся к аналитическим приборам основными элементами которых являются газовая колонка с сорбентом и баллон со сжатым газом – носителем (водород, неон, азот, гелий, аргон или диоксид углерода). Перемещаемая током газа – носителя вдоль колонки анализируемая проба разделяется на отдельные компоненты, которые после элюирования из хроматографической колонки фиксируются чувствительным детектором, а результирующая хроматограмм записывается с помощью диаграммного регистратора.

В детекторе ионизационно - пламенном (ПИД или ДИП) используется зависимость электропроводности пространства между электродами от числа находящихся в нем ионизированных частиц, которые образуются в водородном пламени под действием термических и окислительных процессов при попадании в него молекул анализируемого вещества. Выходным сигналом детектора является значение силы тока, протекающего между электродами под действием приложенного к ним напряжения.

Электронно-захватный детектор (ЭЗД) или детектор по захвату электронов, как и ДИП, основан на зависимости электропроводности промежутка между электродами и числим ионов, находящихся в этом промежутке, которое связано с числом молекул, поступающих в детектор. Однако механизм и способ образования ионов принципиально отличаются от такового в случае ДИП - ионы образуются в результате взаимодействия молекул анализируемого вещества и потока электронов в камере детектора в результате бета-распада радиоактивного вещества.

Необходим очень чистый газ-носитель, например, азот, не содержащий следов кислорода, который снижал бы чувствительность детектора ЭЗД. Чувствительность определения зависит от наличия галоид-, нитро- и других групп, взаимодействующих с электронами.

4. Детектор термоионный (ДТИ) по принципу действия аналогичен ДИП. Однако дополнительно в водородное пламя непрерывно поступает поток ионов щелочных металлов (калий, натрий, цезий). В их присутствии резко возрастает эффективность ионизации соединений, содержащих азот, фосфор, хлор и др. ДТИ применяют для определения ФОС и азотосодержащих соединений.

5. Пламенно-фотометрический детектор (ПФД) селективен и обладает повышенной чувствительностью по отношению к соединениям, содержащим серу. Качественный анализ состоит в сравнении периодов времени удерживания данного вещества на хроматограмме от момента ввода пробы в испаритель до момента, соответствующего максимальному значению сигнала для данного компонента.

Количественный анализ основан на прямо пропорциональной зависимости содержания вещества в пробе от площади пика данного компонента на хроматограмме. Расчет ведется в основном тремя методами.

1. Метод абсолютной калибровки заключается в построении графиков зависимости высоты или площади пика X от содержания компонентов в смеси. Расчет ведется по следующим формулам:

$$X = 1000 a/V$$

$$X = cV/V_{20},$$

где a - содержание вещества, определенное по графику; мг

V - объем пробы воздуха, вводимого в испаритель хроматографа, мл

c - концентрация вещества, рассчитанная по графику, мг/мл

V_{20} - объем пробы воздуха, произведенный в стандартных условиях.

2. Метод внутреннего стандарта основан на введении в анализируемую смесь известного количества вещества, принимаемого за стандарт. По своим свойствам оно должно быть достаточно близко к анализируемым соединениям, но полностью отличаться от них по хроматограмме.

3. Метод нормализации площадей пиков. При этом сумму площадей всех пиков с учетом поправочных коэффициентов принимают за 100%. Для вычисления концентрации вещества (в объемных процентах) необходимо его площадь умножить на 100 и разделить на сумму всех площадей. Метод прост, но может быть использован лишь тогда, когда все компоненты известны и полностью разделены.

Ионная хроматография объединяет принцип ионообменной хроматографии, включающей последовательное использование двух колонок, с кондуктометрическим детектированием. В основе этого метода - элюентное ионообменное разделение ионов на первой (разделяющей) колонке с последующим подавлением фонового сигнала элюента (растворитель) на второй (подавляющей) ионообменной колонке. Ионный хроматограф состоит из резервуара с элюентом, насоса, разделяющей и подавляющей колонок, детектора и регистрирующего устройства. Ионообменные колонки заполняют неподвижными фазами, содержащими в своей структуре ионогенные группы, способные к реакции обмена и обладающие высокой проникающей способностью. При анализе катионов колонку для разделения заполняют сульфированными катионитами низкой емкости, а подавляющую колонку - анионитом высокой емкости. В качестве элюентов используют растворы HCl , HNO_3 , гидрохлорида, пиридина и др. В качестве подвижной фазы - растворы карбоната и гидрокарбоната натрия.

Достоинства данного метода: низкий предел обнаружения (10^{-3} мкг/мл). Применение концентрирующей колонки позволяет снизить предел обнаружения еще на 2-3 порядка; высокая селективность

определения ионов всложных смесях, а также возможность одновременного определения органических и неорганических ионов; быстрота определения, в течение 20 минут в одной пробе можно определить до 10 ионов; большой интервал определяемых концентраций; малый объем пробы (0,1 – 0,5 мл); простота подготовки пробы к анализу.

В последние годы наиболее широкое применение для автоматического контроля углеводов получил пламенно-ионизационный метод. Детектирование с применением пламенно-ионизационного метода осуществляется введением газообразной пробы в пламя водорода. Пламя находится между электродами, на которых поддерживается напряжение в несколько сот вольт. При отсутствии примесей (горение только одного водорода) возникающий ток ионизации ничтожно мал. Когда в водородное пламя вводится газообразная проба, содержащая углеводороды, в пламени образуются ионы, которые направляются к положительному электроду. Возникающий ток ионизации усиливается электрометрическим усилителем постоянного тока и регистрируется самопишущим прибором. К числу достоинств пламенно-ионизационного метода относятся: высокая чувствительность к органическим веществам, линейная характеристика преобразования, нечувствительность к большинству примесей неорганического происхождения [7].

Использование пламенно-ионизационного метода для детектирования после разделения компонентов пробы с применением газовой хроматографии позволяет различать присутствующие углеводороды и определить их количество. Следует отметить, что собственно пламенно-ионизационный метод дает возможность определять только суммарное количество присутствующих углеводов и не позволяет различать вещества.

Масс-спектрометрические методы. Сложные композиции загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, одновременное

присутствие органических и неорганических соединений существенно затрудняет проведение анализа. Для качественной и количественной оценки композиций необходимо четко разделить анализируемые вещества и получить однозначные характеристики для каждого из них. Одновременное выполнение этих двух требований обеспечивает масс-спектральный анализ с предварительным хроматографическим разделением соединений. Такой анализ получил название «хромато-масс-спектрометрия» (ХМС).

По существу, в ХМС-анализе воздушных загрязнений имеются два подхода: определение специфических соединений или интересующих классов; общий анализ (качественный и количественный) всех соединений, присутствующих в данной пробе загрязненного воздуха.

Спектральные методы анализа являются наиболее распространенным способом исследования качественного и количественного состава загрязнений воздуха. Атомная абсорбция, плазменная эмиссионная спектроскопия, рентгенофлуоресцентная спектроскопия, лазерные методы и другие позволяют определить множество микропримесей в воздухе.

Спектральные методы анализа являются наиболее распространенными способами исследования качественного и количественного состава загрязнения воздуха. К ним относят колориметрию, УФ-спектроскопия, ИК-спектроскопия, атомно – адсорбционная спектроскопия, плазменная эмиссионная спектроскопия, люминесцентный анализ, ядерно-физические методы анализа и дистанционные методы анализа.

УФ-спектроскопия – используется для анализа ароматических соединений с сопряженными связями и гетероциклических соединений, также для анализа диоксидов серы и азота, ртути. По сравнению с колориметрией метод обладает более высокой чувствительностью, однако имеет и недостаток - низкую селективность. Это связано с тем,

что множество органических соединений, загрязняющих воздух, имеют в УФ-области спектра широкие полосы поглощения, которые могут прерываться. Это прежде всего снижает точность измерения, а иногда делает невозможным и анализ многокомпонентных смесей.

Метод ИК-спектроскопии— позволяет проводить идентификацию и количественно определять многие промышленные загрязнения органической и неорганической природы. Поэтому он нашел широкое применение для анализа воздуха, особенно при измерениях в полевых условиях на портативных ИК-спектрометрах. Метод используют для анализа оксидов и диоксидов углерода, азота, серы и углеводородов.

Атомно — адсорбционная спектроскопия применяется для определения в воздухе высокотоксичных аэрозолей металлов и металлорганических соединений. Преимуществами метода являются быстрота анализа, точность, высокая чувствительность и селективность.

Дистанционные методы анализа используют, когда необходимо получение правильной количественной характеристики сложной пространственно-временной структуры полей концентраций загрязняющих веществ, находящейся в газовой либо в аэрозольных формах. Эти методы применяют для определения в воздухе углекислого газа, метана, аммиака, сероводорода, диоксида серы, фтороводорода, оксидов азота, хлора и фтора.

4. По сравнению с физико-химическими методами, получившими развитие в последние годы, электрохимические методы несколько утратили свое былое значение. Вместе с тем технические достижения, сравнительная простота и дешевизна приборов, удобство их эксплуатации позволяют успешно применять электрохимические методы на практике. Особенно широкое применение эти методы нашли при систематическом контроле состояния загрязнения атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны, в лабораториях АЭС и лабораториях сети наблюдений Госгидромета.

Электрохимические методы анализа загрязнений воздуха включают:

Полярография – электрохимический метод анализа, при котором используют ртутный капающий электрод. Полярограмма – зависимость силы тока от величины приложенного напряжения на электроды. При этом методе не происходит физического разделения смеси на отдельные компоненты. В качестве катода чаще всего применяют ртутный капающий электрод (РКЭ), поверхность которого непрерывно обновляется, что позволяет получать полярограммы и проводить анализ с высокой воспроизводимостью результатов.

Прямое определение возможно лишь при наличии веществ, способных восстанавливаться на РКЭ: ионы металлов, органические соединения, содержащие галогид-, нитро-, нитрозогруппы, карбонильные соединения, пероксиды, эпоксиды, дисульфиды, и т. д. Это несколько ограничивает возможности метода, однако при определении полярографических активных соединений позволяет достичь высокой селективности определения без предварительного разделения сложных смесей на отдельные компоненты.

Классическая полярография, основанная на поляризации ртутного капающего электрода постоянным, обычно линейно изменяющимся напряжением и регистрации среднего за период капания тока, остается до сих пор наиболее распространенным методом из-за относительной простоты аппаратуры, надежности, хорошей воспроизводимости результатов и относительно малой зависимости чувствительности от обратимости химической реакции и сопротивления электролита. Метод используется для определения в воздухе паров гидразинов, фунгицидов, антиокислителей, формальдегида, стирола и ртути.

Основные типы полярографии – постоянно-токовая (классическая) и переменноточковая. Последняя имеет различные названия (подразделы): в зависимости от формы амплитуды переменного тока – квадратно-волновая,

трапецеидальная и др.; в зависимости от полярности электрода, который используют как индикаторный, - катодная (восстановления) или анодная (окисления). Последнюю иногда называют вольтамперометрия. В анодной полярографии в отличие от катодной используют только твердый электрод (например, графитовый).

Кондуктометрия. Сущность кондуктометрического метода заключается в измерении электропроводности анализируемого раствора. Электропроводность раствора обеспечивается ионами веществ, способных диссоциировать в определенных условиях, и зависит от концентрации ионов в растворе и их подвижности. Разработанные на кондуктометрическом принципе газоанализаторы применяют для определения оксидов газов, серосодержащих соединений, галогенов и галогеноводородов. В зависимости от методики определения и мешающих факторов предел обнаружения по диоксиду серы находится в интервале значений $0,005-1 \text{ мг/м}^3$. Однако серийные кондуктометрические газоанализаторы диоксида серы имеют предел обнаружения $0,02-0,05 \text{ мг/м}^3$.

Потенциометрия основана на определении изменения потенциала электрода, реагирующего на изменение концентрации ионов в исследуемом растворе. Этот метод применяют для определения оксидов углерода, серы, аммиака, сероводорода, меркаптанов и галогенов [8].

2.1.1 Стационарные посты и автоматические станции мониторинга за атмосферным воздухом

Единая государственная система мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на территории Санкт-Петербурга включает государственную наблюдательную сеть, сформированную Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и территориальную систему наблюдений, сформированную Комитетом.

В рамках территориальной системы наблюдений Комитетом сформирована автоматизированная система мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга (далее - АСМ-АВ), в состав которой входит 25 автоматических станций мониторинга загрязнения атмосферного воздуха (рис.2.2). Станции АСМ-АВ расположены во всех 18 административных районах Санкт-Петербурга. На автоматических станциях в зависимости от программы мониторинга осуществляется круглосуточное определение (каждые 20 минут) взвешенных частиц диаметром менее 2,5 мкм (PM_{2,5}) или взвешенных частиц диаметром менее 10 мкм (PM₁₀), диоксида серы (SO₂), оксида углерода (CO), диоксида азота (NO₂), оксида азота (NO), озона (O₃).

На станциях, оснащённых автоматизированными хроматографами, определяется фенол, ароматические углеводороды (бензол, изомеры ксилолы (о-, м-, п-), толуол, этилбензол). На автоматической станции №8 дополнительно отбираются пробы на бенз(а)пирен. АСМ-АВ обеспечивает ежедневное (по состоянию на утро) получение информации об уровне загрязнения атмосферного воздуха в городе. Обеспечение функционирования станций осуществляет Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Минерал»



Рисунок 2.2 – Автоматическая станция мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербурге [6]

Для оценки качества атмосферного воздуха, полученные концентрации загрязняющих веществ (в мг/м^3 , мкг/м^3) сравнивают с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) [6].

2.1.2 Передвижные лаборатории мониторинга за атмосферным воздухом

Передвижные лаборатории позволяют проводить оперативные наблюдения загрязнения атмосферного воздуха в любом заданном месте на транспортных магистралях, в непосредственной близости от источников загрязнения или жилых домов.

Передвижные лаборатории оснащены автоматической метеостанцией, пылемерами, газовыми хроматографами, различными газоанализаторами на основные и специфические загрязняющие вещества, автоматизированными аспираторами для отбора проб воздуха и другим необходимым оборудованием.



Рисунок 2.3 – Передвижная лаборатория мониторинга загрязнения атмосферного воздуха [10]

Данные мониторинга передаются в Комитет по природопользованию для обработки и интерпретации средствами программного комплекса

Airvigo и государственной информационной системы Экологический паспорт Санкт-Петербурга.

Информация о качестве атмосферного воздуха доступна на странице Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности официального портала Администрации Санкт-Петербурга и городском экологическом портале [10].

3. Особенности токсического воздействия угарного газа на организм человека

Угарный газ (СО) – это химическое вещество, которое вызывает острое отравление. Он опасен для здоровья и жизни. Негативное влияние угарного газа на организм человека основано на трансформации состава крови и поражении дыхательной системы. Последствия отравления очень тяжелые, часто заканчиваются смертельным исходом.

Физические и химические свойства угарного газа

Угарный газ – это бесцветное газообразное вещество, без специфического запаха, по плотности легче, чем воздух. Легко воспламеняется.

Вещество очень токсично. Так как оно не имеет запаха. Смертельные случаи отравления фиксируются часто. СО образуется во время горения любого материала и концентрируется в воздухе. Попадая в организм, вещество вступает во взаимосвязь с гемоглобином и образует прочный комплекс – карбоксигемоглобин. Такое соединение нарушает физиологические функции крови, блокирует транспортировку кислорода в ткани. В результате кислородного голодания нарушаются биохимические процессы.

Чем выше содержание СО в воздухе, тем он быстрее накапливается в организме. Смертельная доза – 0,1 % во вдыхаемом воздухе (летальный исход наступает в течение часа). Угарный газ – это отравляющее вещество, которое относится ко 2-му и 3-му классу опасности (средняя и высокая). В закрытых помещениях признаки интоксикации проявляются быстрее, чем на открытой местности. В состоянии физической активности время отравления человека сокращается, в состоянии покоя степень отравления нарастает медленно. Это обусловлено тем, что нагрузки на организм увеличивают частоту дыхания и объем легких.

В зависимости от симптомов отравления от угарного газа различают три степени тяжести:

Легкая степень тяжести. Эта стадия характеризуется такими признаками угарного газа как: общая слабость, головная боль, отдающая в лобную долю и виски и височной областях, головокружения и шум в ушах, а также нарушение зрительных функций. Отравление сопровождается сухим кашлем, нехваткой воздуха, одышкой, слезотечением, тошнотой и тахикардией.

Тяжесть средней степени. В данном случае все вышеперечисленные признаки не просто сохраняются, но и усугубляются. Так, чувство тошноты переходит в рвоту, возникает затуманенность сознания и кратковременная потеря сознания, галлюцинации, боли в груди давящего характера.

Тяжелая степень. Как уже говорилось выше, главное свойство угарного газа – это способность вызывать кислородную недостаточность в организме человека. При относительно длительном воздействии (15-25 минут), наступает необратимое изменение биологических и физических показателей в крови, сопровождающееся параличом, долговременной потерей сознания, вплоть до коматозного состояния. Также наблюдаются судороги, непроизвольное мочеиспускание и опорожнение кишечника, посинение кожных покровов и слизистых оболочек. Дыхание человека при этом, вследствие дефицита кислорода, становится поверхностным и прерывистым. Далее наступает смерть.

Симптомы отравления угарным газом

Действие угарного газа на организм человека зависит от уровня его концентрации в воздухе. Легкая степень поражения организма быстро переходит в среднюю и проявляется удушьем и головной болью. Первой на нехватку кислорода реагирует нервная система. Признаки ее поражения:

- боли в черепно-мозговой коробке пульсирующего характера, стук в области висков, головокружение, тошнота, не связанная с приемом пищи, однократная рвота;
- расстройства зрения, слезотечение;
- психическая нестабильность, раздражительность, эмоциональные всплески, нарушение координации движений, особенно мелкой моторики, нестабильность памяти, слуховые и зрительные галлюцинации;
- снижение умственной и физической активности, одышка, боли в груди при любых движениях;
- частота сердечных сокращений увеличивается, артериальное давление незначительно повышается;
- кожа и слизистые приобретают ярко-алый цвет.

При тяжелом отравлении у пострадавшего развивается сонливость, апатия, постоянный шум в ушах, головные боли становятся интенсивнее. Из-за поражения слизистой носа появляется обильный насморк. Тошнота усиливается, рвота учащается. Двигательная мускулатура поражается параличом на фоне атаксии – дестабилизация согласованности двигательной активности. Дыхание становится частым и поверхностным. Человек находится в сознании, но оно спутанное.

Воздействие угарного газа на организм человека при высоких концентрациях характеризуется такими симптомами, что свидетельствует о крайне тяжелом отравлении: обмороки, бессознательное состояние; дыхание периодическое, циклическое, редкие поверхностные вдохи постепенно учащаются и становятся глубокими; зрачки слабо реагируют на свет; сердечные ритмы угнетенные, пульс слабый; конвульсии, судороги; резкое посинение кожи; непроизвольное мочеиспускание, неконтролируемый акт дефекации; отсутствие рефлексов, состояние глубокой комы; остановка дыхания и сердцебиения, наступление смерти.



Рисунок 3.1 – Признаки отравления угарным газом.

Условия, при которых человек может отравиться угарным газом. Наиболее часто отравление СО случается в закрытых помещениях при бытовых пожарах. В группу риска попадают жильцы частных домов с газовым или печным отоплением. Неправильно сконструированная система воздухообмена (вентиляция, тяга в дымоходах) способствует накоплению вещества в помещении.

В промышленных целях угарный газ применяют для синтеза органических соединений. При несоблюдении и грубом нарушении техники безопасности риск отравления среди сотрудников возрастает.

Угарный газ является составляющей автомобильных выхлопов. Поэтому отравиться веществом можно в гараже с недостаточной вентиляцией, плохим проветриванием, в туннелях большой протяженности, при длительном нахождении рядом с магистралями и перегруженными автомобильными дорогами.

Как обнаружить угарный газ. Утечка угарного газа в быту чаще всего связана с неправильной установкой или эксплуатацией отопительных бытовых приборов. В зоне риска находятся дома с печным отоплением и каминами, бани и сауны. Оставленная в заведенном состоянии в гараже машина также выделяет угарный газ и делает длительное нахождение в помещении опасным для здоровья. Также

работающая машина в гараже, прилегающем к дому, становится потенциальным источником опасности для всех его жителей.

Повышенный риск образования угарного газа имеют закрытые помещения, такие как лифт, подсобки и прочие небольшие или имеющие затрудненный выход пространства.

Образование угарного газа и достижение его смертельных концентраций часто возникает и на объектах производства. Так, работа большинства отраслей промышленности сопровождается технологическими процессами, связанными с горением. Особому риску подвержены шахты, разведочные буровые установки, эксплуатационные платформы, наземные нефте- и газохранилища, нефтеперерабатывающие заводы и т.д.

Утечку угарного газа невозможно обнаружить без применения специальных приборов, так как отсутствует изменение цвета, вкуса и запаха воздуха. С этой целью выпускают специальные системы обнаружения угарного газа, помогающие сделать бытовую жизнь и производственные процессы безопасными, сократить риски для здоровья.

В состав системы входят датчики угарного газа (газоанализаторы угарного газа или сигнализаторы угарного газа), а также контроллеры и устройства оповещения. В совокупности эти приборы позволяют быстро обнаружить угарный газ и предупредить о развитие опасной ситуации еще на ранних стадиях.

3.1 Характер воздействия монооксида углерода на организм человека

Одним из основных загрязнителем атмосферного воздуха, который оказывает наибольшее негативное влияние на организм человека является монооксид углерода (CO , угарный газ).

Монооксид углерода – это вещество, которое не имеет запаха и цвета, оно представляет собой газ без всякого раздражающего действия. В нормальных условиях данное вещество редко может привести к симптомам тяжёлой интоксикации. Но, к сожалению, оно способно вызывать хроническое отравление, на которые люди изредка обращают своё внимание.

Блокирование доставки кислорода к клеткам – это основное влияние монооксида углерода на организм человека. В этом процессе, как известно, участвует белок гемоглобин, который содержится в эритроцитах. В результате связывания белка и образовании такого соединения, как карбоксигемоглобин, транспорт кислорода к тканям нарушается. Следствием этого является развитие гипоксии. То есть причиной кислородного голодания считается повреждение эритроцитов. Также возможно будет наблюдаться негативное воздействие на мышечную ткань. Это происходит из-за связки монооксида углерода с миоглобином. В результате этого отмечаются нарушения работы сердца и скелетной мускулатуры.

Основные повреждающие действия монооксида углерода направлены на ткань головного мозга, сердца и скелетных мышц. Поражение центральной нервной системы характеризуется возникновением следующих симптомов: головная боль, тошнота, снижение слуха и зрения, шума в ушах, нарушение сознания и координации движений. В тяжелых случаях может развиваться коматозное состояние, судорожный синдром. Изменения со стороны сердечно-сосудистой системы заключаются в возникновении боли в области груди, тахикардии. Также наблюдается снижение мышечного тонуса, слабость.

Допустимым содержанием монооксида углерода считается 33 мг/м³, смертельная доза – 18000 мг/м³. При увеличении концентрации вещества в воздухе развиваются симптомы гипоксии. Стоит отметить, что

концентрация монооксида углерода от выхлопных газов в городской среде может превышать порог допустимых норм. Так, она может достигать до 10000 мг/м³.

Тяжесть состояния здоровья человека при отравлении угарным газом обусловлена гипоксией. Последствия гипоксии органов и тканей могут привести к таким осложнениям, как инсульт, инфаркт миокарда, острая дыхательная и сердечная недостаточность. При выраженной интоксикации наблюдаются биохимические нарушения кислотно-щелочного баланса. Они заключаются в развитии метаболического ацидоза [11].

3.2 Средства защиты от отравления

Первая помощь при отравлении угарным газом легкой степени (если имеет место головокружение и тошнота) – обеспечить приток свежего воздуха (вывести или вынести человека на улицу). Но до тех пор, пока его состояние полностью не придет в норму, наблюдайте за ним, оставлять без внимания пострадавшего нельзя.

Во всех остальных случаях не стоит пытаться обойтись без медицинской помощи — вызывайте «скорую» без промедления, т.к. сложно прогнозировать, как будет развиваться ситуация: иногда пострадавший может погибнуть от остановки сердца; могут начаться судороги или возникнуть параличи; весьма вероятно угнетение дыхания и иные симптомы, требующие немедленного квалифицированного вмешательства. Также есть опасность тяжелых осложнений, в том числе, со стороны головного мозга, органов дыхания, сердечно-сосудистой системы. Вовремя и правильно оказанная медицинская помощь способна многие из этих осложнений предотвратить.

Главная задача при ожидании врача — облегчить состояние пострадавшего, насколько это возможно. Если начинается озноб, падает температура, — нужно укутать пострадавшего потеплее, напоить сладким

чаем. Также необходимо обеспечить приток свежего воздуха из открытого окна или расположить пострадавшего на улице, чтобы облегчить дыхание. При потере сознания необходимо уложить пострадавшего на бок и следить, чтобы его голова не запрокидывалась, что особенно важно, если возникнет рвота. При остановке дыхания и сердечной деятельности необходимо выполнять искусственное дыхание и непрямой массаж сердца до приезда врача.

Стадии отравления. Медики выделяют три стадии отравления угарным газом, но провести между ними чёткую границу достаточно сложно — их различают по концентрации карбоксигемоглобина, токсичного соединения гемоглобина с отравляющим веществом. Правда, воздействие одного и того же количества окиси углерода на разных людей может отличаться в зависимости от общего состояния и особенностей организма. Степени отравления: Лёгкая степень воздействия. Характеризуется умеренными проявлениями, содержание карбоксигемоглобина составляет 15 – 30%, пострадавший обычно остаётся в сознании и способен самостоятельно передвигаться. Средняя. Концентрация карбоксигемоглобина достигает 30 – 40%, признаки отравления выражены более ярко, обязательно наступает обморок, кратковременный или продолжительный, не менее 15 – 20 минут. Тяжёлая степень. Концентрация карбоксигемоглобина около 50 – 60 % вызывает коматозное состояние разной глубины и продолжительности, серьёзные нарушения основных функций жизнедеятельности, судороги, изменения оттенка кожных покровов. Кроме того, выделяют более редкие разновидности отравления угарным газом: молниеносную; обморочную; эйфорическую. Молниеносный вид отравления считается самым опасным — с окисью углерода практически мгновенно связывается 75% гемоглобина, вследствие чего на протяжении 2–3 минут наступает смерть. При обморочной форме поражаются сосудистая система, а при

эйфорической — нервная, что вызывает потерю сознания и патологическое возбуждение соответственно.

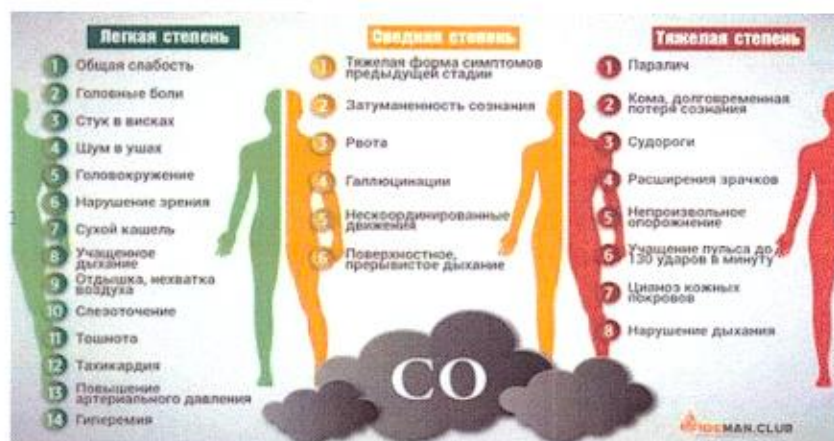


Рисунок 3.2 – Три степени тяжести отравления угарным газом

Как распознать отравление. Отравление угарным газом может проявляться симптомами различной интенсивности, в число которых входят: головная боль разной интенсивности, головокружение; шум и стук в ушах, мушки и пятна перед глазами, слезоточивость, реже галлюцинации; неприятный горький вкус во рту; чувство нехватки воздуха и давления в области грудной клетки, приступообразный кашель; тошнота и рвота; ухудшение координации движений, потеря ориентации в пространстве, нетвёрдость походки; учащение пульса, тахикардия; слабость и сонливость; изменение оттенка кожных покровов сначала на ярко-красный, а потом синеватый. По мере нарастания концентрации вредных веществ в организме человек начинает терять сознание — сначала обмороки носят кратковременный характер, но вскоре они переходят в коматозное состояние. Появляются судороги, зрачки расширяются и перестают реагировать на свет, дыхание останавливается, из-за расслабления всех мышц возможна спонтанная дефекация и мочеиспускание.

Первая помощь. Начинать оказывать человеку первую помощь при отравлении угарным газом нужно незамедлительно, после появления первых симптомов, концентрация опасного вещества в крови растёт очень быстро, а вместе с ней и вероятность серьёзных осложнений. В первую очередь нужно устранить воздействие отравляющего вещества на организм пострадавшего, то есть вынести его на улицу, а помещение хорошо проветрить. Если человек находится в сознании, следует давать ему как можно больше жидкости, чтобы снизить концентрацию отравляющего вещества в крови, а ещё лучше чая или кофе. Кофеин, который содержится в этих напитках, активизирует кровообращение, что способствует нормализации состояния Пострадавшего, который находится в обмороке, нужно положить таким образом, чтобы он не захлебнулся рвотными массами и не подавился языком, после привести в сознание — дать вдохнуть пары нашатырного спирта, потереть виски. Можно использовать холодный компресс, положенный на грудь, который также улучшает процессы кровообращения. Если человек не дышит, необходимо провести элементарные реанимационные мероприятия, после чего немедленно доставить его в медицинское учреждение. Для устранения неприятных последствий банного угара можно съесть немного свежих ягод (клубника, брусника или калина), которые обладают антиоксидантным эффектом

Лёгкая степень отравления угарным газом, как правило, проходит самостоятельно через 4–4,5 часа, но в этот период нужно внимательно наблюдать за состоянием больного и при любых ухудшениях обратиться к врачу.

Последующее лечение. Средняя и тяжёлая степень угара, а также отравление у беременных и детей лечатся исключительно в условиях медицинского учреждения (иногда реанимационного отделения) с помощью кислорода — его подают через специальную маску или прямо в лёгкие с помощью аппарата искусственной вентиляции. Если состояние

больного вызывает серьёзные опасения, его помещают в барокамеру, куда кислород подается под определенным давлением. В качестве антитоксина пострадавшему вводится Ацизол — специально разработанное средство, которое освобождает молекулы гемоглобина от связанных с ними монооксида углерода. Остальное лечение носит неспецифический и симптоматический характер — проводится коррекция окислительных процессов, которые нарушаются вследствие гипоксии, поддержка и нормализация показателей жизнедеятельности: артериального давления, пульса, дыхания. После улучшения состояния и самочувствия пострадавшего его на некоторое время оставляют в стационаре для мониторинга состояния и предупреждения опасных осложнений. Возможные последствия Угарный газ может спровоцировать серьёзные нарушения здоровья, которые проявляются сразу после его воздействия на организм или через 2–40 суток. К первой категории осложнений относятся: отёчность лёгких токсического характера; сердечно-сосудистые дисфункции; расстройства зрения и слуха; поражения нервных окончаний; энцефалопатия. Самым опасным осложнением считается энцефалопатия — комплекс симптомов, которые проявляются при необратимых поражениях тканей головного мозга, что влечёт за собой пожизненную инвалидность. В число поздних осложнений, которые могут проявиться через несколько недель после происшествия, входят: психические нарушения, амнезии; ухудшение речевой функции; опорно-двигательные расстройства (парезы, параличи); дегенеративные процессы в лёгких; инфаркт миокарда; острая сердечная недостаточность. Чтобы предотвратить осложнения после отравления угарным газом, нужно своевременно оказать пострадавшему первую помощь и провести адекватную терапию.

3.3 Натурные измерения уровня загрязнения воздуха монооксидом углерода вдоль автомобильных трасс Фрунзенского района 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 районы 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.

Стоит отметить высокую неравномерность плотности дорожной сети по территории г. Санкт-Петербург. В старых районах города с частой сеткой улиц плотность улично-дорожной сети (УДС) достигает: в Центральном районе – 7,1 км/кв.км, Петроградском районе – 6,3 км/кв.км, Адмиралтейском районе – 7,3 км/кв.км, Василеостровском – 6,9 км/кв.км. Ряд пригородных районов характеризуется низкой плотностью УДС за счет более «редкой» застройки, состоящей из отдельных жилых образований, соединенных сетью дорог (Курортный, Пушкинский, Колпинский районы). Промежуточное положение занимают периферийные районы города, где жилые кварталы соседствуют с более или менее крупными промышленными территориями (Калининский, Кировский, Красносельский, Красногвардейский, Московский, Выборгский, Приморский и Невский районы). Здесь плотность УДС колеблется от 3,1 до 5,0 км/кв.км.

В среднем, плотность УДС в Санкт-Петербурге составляет 3,8 км/кв.км, в то время как аналогичный показатель в Лондоне составляет 9,29 км/кв.км, в Барселоне – 16,88 км/кв.км [13].

Пункты наблюдения за атмосферным воздухом выбираются на улицах города с интенсивным движением транспорта и располагаются в разных участках улиц в местах, где торможение автомобилей происходит достаточно часто и выбрасывается наибольшее количество вредных примесей. Помимо этого, пункты наблюдения организованы в местах скопления вредных примесей в зонах пересечения двух и более улиц с интенсивным движением автомобильного транспорта и в зонах слабого рассеивания (в туннелях, на узких участках улиц и дорог с многоэтажными зданиями, под мостами и путепроводами).

Приборы (газоанализаторы, пылемеры и другие) размещаются на тротуаре, на середине разделительной полосы при ее наличии и за пределами тротуара на расстоянии половины ширины проезжей части одностороннего движения. Пункт, наиболее удаленный от автомагистрали, должен располагаться на расстоянии не менее 0,5 м от стены здания. На улицах, пересекающих основную автомагистраль, пункты наблюдения размещаются на краях тротуара, а также на расстояниях, превышающих ширину магистрали в 0,5, 2 и 3 раза.

Мониторинг атмосферного воздуха за выбросами от автомобилей производится в утреннее и вечернее время, а на транзитных автомагистралях в течение суток.

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:

1. 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 была выбрана автомагистраль г. Санкт-Петербург – Фрунзенского района и проведены замеры содержания монооксида углерода в атмосферном воздухе.

На рисунках 3.3 – 3.4 представлены карты-схемы расположения маршрутных постов мониторинга (точки 1 ÷ 4) за атмосферным воздухом вдоль автомобильных трас Фрунзенского района (ул. Бухарестская, ул. Софийская) г. Санкт-Петербург, соответственно.



Рисунок 3.3 – Карта-схема расположения постов наблюдений за атмосферным воздухом Фрунзенского района (вдоль Бухарестской улицы)



Рисунок 3.4 – Карта-схема расположения постов наблюдений за атмосферным воздухом Фрунзенского района (вдоль Софийской улицы) Фрунзенский район, в котором охвачена обширная территория.

Основные исследуемые автомагистрали: Бухарестская улица и Софийская улица, которые оказывают негативное воздействие на атмосферу загрязнением углекислого газа. Так же задействованы станции метро с активным пассажиропотоком, такие как м. Бухарестская и м. Международная. В этом районе активный поток автотранспорта, так как район густо населён.

В таблице 3.1 представлено описание постов наблюдений, где производились измерения для оценки содержания угарного газа. Анализ атмосферного воздуха на содержание монооксида углерода производился с использованием специального оборудования – Газоанализатор «Smart Sensor AS8700A» (рисунок 3.5) [15]. Определение приземной концентрации СО производилось на уровне органов дыхания человека (1,5 м над уровнем земли).



Рисунок 3.5 – Газоанализатор «Smart Sensor AS8700A» [13]

В таблице 3.2 представлены основные характеристики газоанализатора.

Таблица 3.1 – Описание постов наблюдений за атмосферным воздухом

№ п/п	Район	Автомагистраль	Пост	Координаты поста	Описание
2	Фрунзенский	Улица Бухарестская	Точка 1	59.883557, 30.367155	Пешеходная часть, угол улицы Салова и Бухарестской, рядом с автобусной остановкой, напротив станции метро «Бухарестская»
			Точка 2	59.878951, 30.373023	Пешеходная часть, угол улицы Фучика и улицы Бухарестская, рядом со сквером Спасателей, напротив СПБГУП
			Точка 3	59.876911, 30.378808	Дворовая территория, напротив школы
			Точка 4	59.871408, 30.380984	Пешеходная часть, угол Бухарестской улицы и улицы Белы Куна, автобусная остановка
		Софийская улица	Точка 1	59.888627, 30.380842	Пешеходная часть, угол Софийской улицы и улицы Салова, автобусная остановка, рядом заправка «Лукойл»
			Точка 2	59.885920, 30.387712	Территория у Бизнес-центра по улице Софийской, 6
			Точка 3	59.880896, 30.392715	Пешеходная часть, вдоль Софийской улицы, автобусная остановка
			Точка 4	59.877953, 30.396125	Пешеходная часть, круговое движение по Софийской улице и улице Белы Куна, автобусная остановка

Таблица 3.2 – Основные характеристики газоанализатора «Smart Sensor AS8700A» [14]

Характеристики газоанализатора	Значение
Диапазон измерения	0 - 1000 мг/м ³
Разрешение	1 мг/м ³
Скорость измерения	не более 60 сек
Точность измерения	± 10%
Обнаруженный газ	угарный газ (CO)
Тип датчика	электрохимический датчик CO
Дисплей	LCD с подсветкой
Питание	3 батареи AAA x 1,5 В
Рабочая температура	от 0°C до +50°C
Габариты	135 x 47 x 25 мм
Вес нетто	75 г

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха проводились во все дни рабочей недели ежечасно с 09.00 до 13.00 ч (утреннее время) и с 17.00 до 19.00 ч (вечернее время). В ночное время наблюдения не проводились.

В особенно таблицах 3.3 – 3.4 представлены усредненные значения содержания монооксида углерода в приземном слое атмосферы в утреннее и вечернее время. Анализ осуществлялся в строго выбранное время.

Таблица 3.3 – Полученные данные содержания монооксида углерода в атмосферном воздухе во Фрунзенском районе (вдоль Бухарестской улицы), мг/м^3

№ поста мониторинга							
Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4	
09.00 – 13.00	17.00 – 19.00	09.00 – 13.00	17.00 – 19.00	09.00 – 13.00	17.00 – 19.00	09.00 – 13.00	17.00 – 19.00
302	322	176	183	6	19	164	320
299	319	173	181	5	13	174	324
304	313	178	185	3	10	173	337
313	316	182	186	4	12	185	341
315	311	179	178	7	14	196	359
309	323	174	181	5	21	205	352
311	316	182	183	7	15	212	376
314	323	177	180	4	13	218	391
313	329	178	181	5	12	239	398
313	322	180	183	2	17	261	384
311	331	181	187	1	22	261	352
315	329	174	183	5	24	193	328
293	325	177	180	7	17	196	311
304	326	173	181	4	21	189	300
300	327	172	185	3	19	184	297
Среднее значение концентрации							
307	322	177	182	4	16	203	344
Нормативное значение *							
5,0							

Примечание: в качестве нормативного значения была принята среднесуточная предельно допустимая концентрация [15].

По полученным данным, содержание монооксида углерода вдоль Бухарестской улицы находилось в пределах $1 \div 315 \text{ мг/м}^3$ в утреннее время и $10 \div 398 \text{ мг/м}^3$ в вечернее время. При этом среднее содержание монооксида углерода в приземном слое атмосферы вдоль Бухарестской улицы в утреннее время составляло $0,8 \div 61,4 \text{ ПДК}$, в вечернее время – $3,2 \div 68,8 \text{ ПДК}$. По полученным данным, содержание монооксида углерода вдоль Софийской улицы находилось в пределах $1 \div 316 \text{ мг/м}^3$ в утреннее время и $2 \div 367 \text{ мг/м}^3$ в вечернее время. При этом среднее содержание монооксида углерода в приземном слое атмосферы вдоль Софийской улицы в утреннее время составляло $1,2 \div 53,6 \text{ ПДК}$, в вечернее время – $1,6 \div 68,8 \text{ ПДК}$.

Таблица 3.4 – Полученные данные содержания монооксида углерода в атмосферном воздухе во Фрунзенском районе (вдоль Софийской улицы), мг/м³

№ поста мониторинга							
Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4	
09.00 – 13.00	17.00 – 19.00	09.00 – 13.00	17.00 – 19.00	09.00 – 13.00	17.00 – 19.00	09.00 – 13.00	17.00 – 19.00
291	272	3	6	153	197	303	321
286	279	5	7	169	201	312	323
284	285	8	9	171	205	316	342
292	288	13	5	182	209	300	349
297	291	11	15	193	219	296	349
283	298	16	18	207	235	284	356
281	299	9	18	215	258	287	367
275	313	7	13	223	291	263	366
267	310	8	11	237	303	251	362
259	296	6	8	264	326	232	354
254	282	4	5	270	317	228	351
243	264	5	6	198	307	216	337
245	253	3	4	187	271	213	334
238	241	1	2	176	203	187	329
229	238	1	3	163	157	179	331
Среднее значение концентрации							
268	280	6	8	200	246	257	344
Нормативное значение *							
5,0							

Примечание: в качестве нормативного значения была принята среднесуточная предельно допустимая концентрация [15].

Наибольшие значения концентрации монооксида углерода в районах города наблюдались в утренние и вечерние час пика.

Из полученных данных по приземным концентрациям вдоль автомагистралей Фрунзенского района можно с уверенностью говорить, что уровень загрязнения атмосферного воздуха высок, так как район не продуваемый, а также не имеется большое количество озелённых территорий (парковых зон). На основе выше сказанного можно сделать вывод, что механизмами для снижения концентрации монооксида углерода в атмосферном воздухе являются фиторемедиацию (осаждение загрязняющих веществ на растениях) и рассеивание загрязняющих веществ.

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

Для снижения концентрации монооксида углерода в атмосферном воздухе предусмотрен целый ряд технологических, специальных инженерно-технических и организационных (архитектурно-планировочных) мероприятий.

Организационные мероприятия включают специальные приемы 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.

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

Выделяют следующие группы технологических мероприятий, которые могут заметно снизить содержание загрязняющих веществ в выхлопных газах: регулировка двигателя внутреннего сгорания; изменение состава топлива.

Известно, что в целях предотвращения детонации горючего в двигателях автомашин в него добавляют тетраэтилсвинец, который делает выхлопные газы особо токсичными. Поэтому большие усилия были затрачены на замену указанного вещества на менее опасные, а также на получение стойкого к детонации бензина. При введении в топливо т.н. присадок можно существенно уменьшить количество некоторых токсичных веществ: сажи, альдегидов, оксида углерода и других. Так, для карбюраторных, двигателей самым эффективным оказались смеси различных спиртов.

1. Использование энергии торможения.

При использовании энергии торможения происходит заметное сокращения расхода энергии, а значит, количества сжигаемого топлива и уменьшения загрязнения воздушной среды. Указанная рекуперация была впервые успешно реализована на электрическом транспорте. В настоящее время успешно используются на автобусах маховичный и гидропневматический рекуператоры. При этом экономия топлива составляет 27 – 40 %, а объем выхлопных газов снизился на 39 – 49 %.

2. Перевод автомобилей на сжиженный газ.

Перевод автомобилей на сжиженный газ приводит к тому, что в выхлопе газобаллонных автомобилей содержится в 3–4 раза меньше оксида углерода, нежели в выхлопе бензиновых двигателей.

3. Совершенствование двигателей внутреннего сгорания.

В настоящее время в США разработан карбюратор с отдельным смешиванием. Он позволяет кроме обычной смеси получать обогащенную, которая подается в специальную предкамеру со свечой зажигания. Благодаря этому происходит полное сгорание рабочей смеси, что, в свою очередь, позволяет свести до минимума содержание оксида углерода и углеводородов в выхлопных газах.

Также создан карбюратор, благодаря которому возможно использовать низкооктановые сорта бензина без антидетонационных добавок. В этом устройстве, состоящем из теплообменника, смесителя и реактора, бензин не только распыляется, но и расщепляется с помощью катализатора на более простые газы, например метан.

4. Применение альтернативных видов топлива.

Весьма перспективным заменителем традиционного топлива для автомобилей является водород. Двигатель, работающий на жидком водороде, не дает никаких запахов, не выделяет таких токсичных веществ, как свинец, оксиды азота, углерода. Жидкий водород почти в десять раз легче бензина. На одном из международных автомобильных конкурсов первое место занял «Фольксваген», для которого топливом служил водород. Интересно, что его отработанные газы были чище городского воздуха, который засасывался в карбюратор.

Преградами на пути широкого внедрения водорода в качестве топлива для автомобильных двигателей является сложность получения его в достаточно больших количествах и необходимость обеспечения высокого уровня безопасности при осуществлении процесса горения водорода.

К другим видам альтернативного топлива можно отнести этиловый и метиловый спирты и их смеси. В США создан двигатель, в котором вместо бензина используется жидкий азот. Бак с охлажденным до жидкого состояния азотом соединен с испарителем, окруженным «рубашкой», в которой циркулирует воздух. 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.

5. Внедрение гибридных двигателей.

Перспективно широкое внедрение так называемых гибридных двигателей: в городе при относительно небольших скоростях должен использоваться только электромотор, питающийся от небольших батарей и обеспечивающий запас хода на 40–50 км, а при выезде за город должен включаться обычный двигатель. Одновременно электромотор может быть использован как генератор для подзарядки аккумулятора.

6. Внедрение в эксплуатацию электромобилей, солнечных автомобилей, а также применение электрического транспорта.

Весьма перспективным является проект массового перехода от автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями на электромобили, которые действуют от батарей – аккумуляторов, подзаряжаемых на станциях.

Электромобили бездымны, бесшумны, их выделения нетоксичны, они просты в управлении, а эксплуатация значительно экономичнее, особенно в городах. Этому способствует относительно небольшой среднесуточный пробег автомобилей в городе, ограничение скорости и возможность организации сети зарядных станций для батарей –

аккумуляторов. Сейчас в мире эксплуатируется сотни тысяч электромобилей различного назначения, и парк их непрерывно растет.

Солнечный автомобиль использует солнечную (или световую) энергию, которая улавливается при помощи специальных солнечных батарей. Электромобиль на спиральных гидридно-никелевых батареях прошел несколько лет назад без подзарядки 601 км.

Улучшению качества атмосферного воздуха в сочетании со снижением шума способствует применение электрического транспорта (трамвая, троллейбуса).

Специальными инженерно-техническими мероприятиями, снижающими выбросы токсичных веществ от автотранспорта как основного передвижного источника, дающего наибольший вклад в загрязнение атмосферы, является применение нейтрализаторов, катализаторов.

Нейтрализаторы выхлопных газов. К настоящему времени выпускаются нейтрализаторы следующих видов: каталитические (используются твердые катализаторы), пламенные (дожигание примесей в открытом пламени), термические (метод беспламенного окисления) и жидкостные (с помощью химического связывания примесей жидкими реагентами). При этом широкое распространение получили каталитические нейтрализаторы, которые превращают токсичный оксид углерода в малоопасный диоксид.

В частности, 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 [16, 17].

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 [18].

Обновление транспортного подвижного состава и развитие дорожной инфраструктуры будет осуществляться в рамках реализации национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [19].

Кроме этого в рамках национальных проектов предполагается проведение мероприятий по созданию «зеленого каркаса», которые будут направлены на снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха за счет создания условий для самоочищения атмосферного воздуха.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с ростом городов, а также увеличением количества личного автотранспорта наблюдается тенденция к увеличению концентрации загрязняющих веществ в поверхностном слое атмосферного воздуха городской среды. Наиболее опасным из основных загрязняющих веществ является окись углерода, которая относится к IV классу опасности и оказывает негативное воздействие на организм человека.

В выпускной квалификационной работе были проведены мониторинговые исследования атмосферного воздуха вдоль автомагистралей Фрунзенского района г. Санкт-Петербурга с целью оценить содержание угарного газа в нём с применением современного аналитического оборудования и нормативной базы. Результаты натурных наблюдений показали, что среднее содержание монооксида углерода:

- вдоль Бухарестской улицы в утреннее время составляло $0,8 \div 61,4$ ПДК, в вечернее время – $3,2 \div 68,8$ ПДК;

- вдоль Софийской улицы в утреннее время составило в утреннее время составляло $1,2 \div 53,6$ ПДК, в вечернее время – $1,6 \div 68,8$ ПДК.

При всём этом максимальные значения концентрации монооксида углерода во Фрунзенском районе наблюдались в утренние и вечерние часы пиков.

Полученные результаты систематических мониторинговых исследований состояния атмосферного воздуха вдоль основных автомагистралей города могут позволить правильно скорректировать и сформулировать ряд мероприятий, которые нацелены на улучшение его состояния.

В настоящее время для снижения концентрации монооксида углерода в атмосферном воздухе в условиях города проводятся технологические, специальные инженерно-технические и организационные (архитектурно-планировочные) мероприятия, включающие в себя такие мероприятия, как

специальные приёмы застройки и озеленение автомобильных дорог, строительство развязок, кольцевых дорог, использование подземного пространства для размещения гаражей и автостоянок, размещение жилой застройки по принципу зонирования, изменение состава топлива и перевод автомобилей на альтернативные виды топлива, например газ и электричество. Кроме этого в рамках национальных проектов РФ предполагается проведение мероприятий по созданию «зелёного каркаса», которые будут направлены на снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха за счёт создания условий для самоочищения атмосферного воздуха.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Экологический портал Санкт-Петербурга «Состояние окружающей среды» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=23>. (Дата обращения: 13.03.2022).
2. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2018 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб.: ООО «Сезам-принт», 2019. – 264с.
3. Сафонов А.И. Техноэкология. Курс лекций. - 2014. – С. 107
4. Аствацатуров А.Е. Инженерная экология / Учеб. Пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ. – 2006. – С.78-80.
5. Экологический портал Санкт-Петербурга «Характеристика уровня загрязнения атмосферного воздуха по данным государственной сети наблюдений и автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=53>. (Дата обращения: 13.03.2022).
6. Окружающая среда Санкт-Петербурга «Система мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс]. – URL: <http://ecopeterburg.ru/2017/03/02/%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B%D0%B0%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B2%D0%BE/>. (Дата обращения: 14.03.2022).
7. AllRefs «Методы анализа атмосферного воздуха» [Электронный ресурс]. – URL: <https://allrefs.ru/4-27468.html>.
8. Справка о состоянии загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=1055>. (Дата обращения: 14.03.2022).

9. ТМ Минерал «Мониторинг атмосферного воздуха» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.sc-mineral.ru/ru/p/air_rus/. (Дата обращения: 14.03.2022).

10. ФБ.ру [Электронный ресурс]. – URL: <https://fb.ru/article/287524/vliyanie-ugarnogo-gaza-na-organizm-cheloveka-pomosch-pri-otравlenii-ugarnymi-gazom>. (Дата обращения: 14.03.2022).

11. Германова Т.В. Загрязнение атмосферного воздуха города автомобильным транспортом на примере Тюмени /Германова, А.Ф. Керножитская/ Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 2. – С. 26-29 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=33646>. (Дата обращения: 14.03.2022).

12. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 13 июля 2011 года № 945 «О Транспортной стратегии Санкт-Петербурга до 2025 года».

13. Каталог оборудования ООО «Газоанализатор «Smart Sensor AS8700A»» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.smartsensor.su/as8700a.html>. (Дата обращения: 10.04.2022).

14. ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» (с изменениями)».

15. Указ Президента РФ № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

16. Паспорт федерального проекта «Чистый воздух». [Электронный ресурс]. – URL: <https://xn--80agfniahlkdbfn5a8c2gsb.xn--p1ai/proekt/chistyj-vozduh/>. (Дата обращения: 10.04.2022).

17. Государственной программа Российской Федерации «Развитие энергетики» [Электронный ресурс]. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/323>. (Дата обращения: 10.04.2022).

18. Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги». [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/projects/selection/733/35558/>. (Дата обращения: 10.04.2022).