



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

Кафедра прикладной и системной экологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(магистерская диссертация)

На тему «Оценка загрязнения атмосферного воздуха Ханты-Мансийского автономного округа – Югры»

Исполнитель

Бытотов Даниил Альбертович

Руководитель

канд. геогр. наук, доцент

Алексеев Денис Константинович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

канд. геогр. наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович

(фамилия, имя, отчество)

«11» 06 2025 г.

Оглавление

Введение.....	4
1 Физико-географическая и климатическая характеристика городов Сургут, Нефтеюганск, Нижневартовск ХМАО-Югры.....	8
1.1 Краткий физико-географический очерк г.Нижневартовск.....	9
1.2 Краткий физико-географический очерк г.Сургут.....	11
1.3 Краткий физико-географический очерк г.Нефтеюганск.....	13
2 Источники загрязнения окружающей среды.....	15
2.1 Состав земной атмосферы.....	15
2.2 Виды и источники загрязнения в атмосфере.....	16
2.3 Основные загрязняющие вещества.....	24
2.4 Нормативы качества атмосферного воздуха.....	27
2.5 Метеорологические факторы, влияющие на рассеивание примесей.....	29
3 Экологический мониторинг.....	33
3.1 Понятие экологического мониторинга.....	33
3.2 Классификация экологического мониторинга.....	33
3.3 Организация наблюдения и контроля за качеством атмосферного воздуха.....	35
3.4 Посты наблюдений загрязнения атмосферного воздуха.....	38
3.5 Территориальная система экологического мониторинга.....	42
4 Материалы и методы исследований.....	46
5 Оценка состояния атмосферного воздуха городов Нижневартовск, Сургут, Нефтеюганск ХМАО – Югры.....	48
5.1 Анализ годовых концентраций загрязняющих веществ.....	48
5.1.1 Характеристика состояния атмосферного воздуха г.Сургут.....	48
5.1.2 Характеристика состояния атмосферного воздуха г.Нефтеюганска.....	53
5.1.3 Характеристика состояния атмосферного воздуха г.Нижневартовска.....	57

5.2 Построение корреляционных матриц и анализ значимости коэффициентов	62
5.3 Экологическая ситуация района исследования	73
Заключение	75
Список использованной литературы.....	77
Приложения	81

Введение

Антропогенная деятельность, включающая урбанизацию, индустриализацию, развитие энергетического сектора и сельского хозяйства, а также массовое распространение автомобильного транспорта и увеличение объемов твердых бытовых отходов, оказывает значительное негативное воздействие на экологическую ситуацию. В частности, наблюдается ухудшение качества атмосферного воздуха.

Особенно существенный вклад в загрязнение атмосферы вносят крупные химические производства, горнодобывающие комплексы (включая угольные шахты, нефтяные и газовые месторождения, карьеры по добыче полезных ископаемых и другие объекты), а также тепловые электростанции, использующие ископаемое топливо. Эти источники выбросов генерируют широкий спектр загрязняющих веществ, среди которых выделяются сернистый ангидрид (SO_2), оксиды азота (NO_x), летучие органические соединения (VOC), свинец (Pb), ртуть (Hg) и кадмий (Cd). В результате их воздействия качество атмосферного воздуха только хуже.

Вследствие интенсификации антропогенной деятельности глобальная экологическая ситуация регрессирует, а в ряде регионов и вовсе достигла критического уровня. Осознание серьезности возникающих проблем стимулировало международное сотрудничество в области охраны окружающей среды. В 1972 году на Стокгольмской конференции Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей среды была принята резолюция о необходимости разработки комплексных мер по охране окружающей среды.

Основной целью экологического мониторинга является систематическое наблюдение за изменениями в природных системах, вызванных антропогенной деятельностью. Для реализации этой цели осуществляется сбор и анализ данных о состоянии атмосферного воздуха, почв, водных ресурсов и геологических образований.

Актуальность темы исследования. Освоение нефтегазовых ресурсов Западной Сибири стало стимулом для создания крупных промышленных узлов в пределах Ханты-Мансийского автономного округа. Эти центры выполняют ключевые функции по освоению месторождений, добыче, транспортировке и первичной переработке углеводородного сырья. Инфраструктура, сформированная в регионе, отражает специфику технологий нефтегазовой промышленности. Однако интенсивная индустриализация сопровождается увеличением техногенной нагрузки на окружающую среду.

Одной из наиболее острых экологических проблем региона выступает загрязнение воздуха, которое представляет серьёзную угрозу для здоровья населения. В этой связи особенно важным становится проведение исследований, мониторинг состояния атмосферного воздуха, а также анализ влияния погодных условий на распространение загрязняющих веществ, что позволяет разрабатывать меры по снижению отрицательного воздействия на атмосферу.

Состояние воздушной среды определяется как природными факторами — климатом, рельефом, ветровыми режимами — так и объемом выбросов от человеческой деятельности и природных процессов. Для понимания причин загрязнения, оценки его влияния на здоровье людей и экосистемы, а также для выработки эффективных мер защиты воздушной среды необходимо внедрение систематического экологического мониторинга с учетом метеорологических особенностей региона.

Данное исследование посвящено анализу источников и типов загрязнений атмосферы в условиях городской среды, принципам экологического наблюдения, методам контроля качества воздуха, а также роли климатических параметров в формировании уровня загрязненности атмосферы.

Цель работы

Целью данной работы является оценка загрязнения атмосферного воздуха крупных городов Ханты-Мансийского автономного округа - Югры – г. Сургут, г. Нефтеюганск, г. Нижневартовск.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Сбор и обработка данных о концентрациях загрязняющих примесей в атмосфере на основе данных системы экологического мониторинга за качеством воздуха в исследуемых районах;
2. Выполнить сравнительный анализ уровней загрязняющих веществ в воздушной среде указанных городов;
3. Исследование взаимосвязи между метеорологическими параметрами и концентрациями загрязняющих веществ с помощью корреляционного анализа;
4. Оценка общей экологической ситуации в пределах исследуемой территории.

Материалы и методы. Основой для настоящей работы послужили данные по экологическому мониторингу и метеорологическим наблюдениям атмосферного воздуха района исследования.

Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха Ханты-Мансийского автономного округа – Югры осуществлялся на трех постах территориальной системы наблюдений в городах Нефтеюганск, Нижневартовск, Сургут.

Многолетние данные по температуре, влажности, скорости и направлению ветра, как основные параметры, были взяты по данным метеорологических наблюдений городов Нефтеюганск, Нижневартовск, Сургут Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Оценка состояния атмосферного воздуха исследуемых городов ХМАО - Югры проводилась на основании сравнения концентраций загрязняющих веществ: СО (оксид углерода), NO₂ (диоксид азота), NO (оксид азота), углерод сажа, формальдегид, РМ_{2.5} (взвешенные частицы) с предельно допустимыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21.

Для оценки влияния метеорологических параметров на загрязнение воздуха в исследуемых городах ХМАО-Югры выполнен корреляционный анализ, на основе метеорологических наблюдений атмосферного воздуха городов Нижневартовск, Сургут, Нефтеюганск.

Научная новизна

В последние годы выполнен ряд работ по комплексной оценке состояния окружающей среды и уровня здоровья населения региона ХМАО-Югры (Макеев В.Н., 2001; Соколов С.В., 2002; Сергеев А.П., 2005; Симонова Н.Л., 2005; Соромотин А.В., 2007; Николаева Т.И., 2008; Новокщенова И.Е., 2012; Гуртяк А.А., 2013; Минаев Н.Д., 2020 и др.).

В данном исследовании используется комплексный (экологический и метеорологический) подход для оценки состояния и выявления причин загрязнения атмосферного воздуха.

Проводится анализ зависимости загрязнения атмосферного воздуха от метеорологических параметров.

Практическая значимость. Данные, полученные в результате исследований, могут быть использованы для разработки мер по смягчению уровня загрязнения атмосферного воздуха с учетом влияния человека и погодных условий в исследуемых городах – Сургут, Нефтеюганск, Нижневартовск.

Личный вклад автора. Поиск и обработка данных, выполнение необходимых графических построений, обобщение и анализ результатов.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, библиографического списка использованных источников и литературы, приложения. Текст изложен на 96 страницах и включает 15 таблиц, 19 рисунков. Список литературы содержит 35 наименований.

1 Физико-географическая и климатическая характеристика городов Сургут, Нефтеюганск, Нижневартовск ХМАО-Югры

Ханты-Мансийский автономный округ расположен в центральной части Тюменской области, в бассейне рек Обь и Иртыш. На севере ХМАО граничит с Ямало-Ненецким автономный округом, на северо-западе - с Республикой Коми, на юго-западе - со Свердловской областью, на юге - с Тобольским и Уватским районами Тюменской областью, на юго-востоке и востоке - с Томской областью и Красноярским краем. Весь округ относится к району Крайнего Севера. В среднем 45% территории, а в северной части на плоских водоразделах до 80%, занято болотами.

Карта-схема Ханты-Мансийского автономного округа представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 - Карта-схема Ханты-Мансийского автономного округа

Югра включает в себя города окружного значения: Сургут, Ханты-Мансийск, Нижневартовск, Нефтеюганск, Белоярский, Когалым, Лангепас, Мегион, Нягань, Покачи, Пыть-Ях, Радужный, Урай, Югорск.

1.1 Краткий физико-географический очерк г. Нижневартовск

Нижневартовск - это административный центр одноимённого района, который входит в Ханты-Мансийский автономный округ - Югру.

Карта-схема расположения г. Нижневартовск на территории Ханты-Мансийского автономного округа представлена на рисунке 1.1.1.



Рисунок 1.1.1 - Карта-схема расположения г. Нижневартовск

Город находится на правом берегу Оби, в среднем её течении, в пределах Западно-Сибирской равнины. Ближайшими природными образованиями являются Васюганские болота, а территориально Нижневартовск расположен неподалёку от границы с Томской областью [1].

С конца 1960-х годов город начал стремительно развиваться в связи с открытием крупнейшего нефтяного месторождения - Самотлора. Благодаря этому Нижневартовск превратился в один из ключевых промышленных центров региона. Его положение удобно как с точки зрения логистики, так и по природным условиям. Обь - главная река региона - определяет гидрологическую структуру и местные особенности климата. Через территорию города проходят

такие участки, как протока Светлая и Локосовская. Они формируют водный каркас, от которого во многом зависит ландшафт и освоение прилегающих территорий.

Климат в Нижневартовске можно охарактеризовать как холодный континентальный с высокой влажностью. Зимний период здесь продолжительный и сопровождается низкими температурами, усиленными ветрами, преимущественно южного и юго-западного направления. Наиболее холодная погода наблюдается в январе месяце, когда средняя температура может снижаться до -21°C . Лето здесь недолгое, однако достаточно тёплое: в июне средняя температура воздуха составляет около 17°C , при этом ветры чаще всего северные и северо-восточные.

Снежный покров устойчиво сохраняется на протяжении 200 дней в году. Общее количество осадков за год составляет в среднем 625 мм, причём их основная часть приходится на тёплый сезон. Годовой уровень влажности воздуха держится на отметке около 77%. Распределение осадков по времени года соответствует характерным чертам континентального климата: максимальные значения фиксируются летом, а зимой выпадает примерно пятая часть от годового объёма [2].

Снег выпадает ближе к концу октября или к началу ноября, и остаётся до самой весны - иногда до начала мая. Хотя бывают годы, когда снег неожиданно выпадает в начале июня - особенно после долгой весны. Погода в городе чаще всего пасмурная. Особенно это чувствуется зимой - солнечных дней тогда бывает всего 5-7. За весь год накапливается около 63 ясных дня - это немного, но для региона это обычная ситуация. Город официально приравнен к районам Крайнего Севера, что влияет и на быт, и на организацию труда. Среднегодовая температура около $-0,9^{\circ}\text{C}$. Воздух почти всегда влажный - средний уровень влажности держится в районе 78%. Ветер в основном юго-западный, со средней скоростью примерно 3,5 м/с [3].

1.2 Краткий физико-географический очерк г.Сургут

Сургут - один из крупнейших городов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и важнейший промышленный, транспортный и культурный центр региона. По численности населения Сургут занимает первое место в ХМАО – Югре. Город расположен в центральной части округа, на территории Сургутской низины, в пределах Западно-Сибирской равнины, на правом берегу Оби, в её среднем течении. Площадь города составляет 353,97 км².

Карта-схема г. Сургут на территории Ханты-Мансийского автономного округа представлена на рисунке 1.2.1.



Рисунок 1.2.1 - Карта-схема расположения г.Сургут

Окружающие город ландшафты в основном покрыты тайгой. Рельеф местности преимущественно равнинный, с небольшими колебаниями высот. В пределах города встречаются как участки с возвышенными равнинами (до 300 м), так и низменности менее 100 м над уровнем моря [4].

Климат здесь влажный континентальный, с продолжительной и холодной зимой, коротким, но относительно тёплым летом и резкими температурными

колебаниями. Весенние и осенние заморозки наступают рано, а безморозный период ограничен по времени. Осень обычно начинается уже в сентябре и длится до середины октября. Январь - это самый холодный месяц, средняя температура в это время составляет около -22°C . Самый тёплый месяц - июль, когда воздух может прогреваться до 22°C днём и 13°C ночью. Период с тёплой погодой в Сургуте охватывает чуть более трёх месяцев - с конца мая до начала сентября. Холодное время года начинается примерно в середине ноября и продолжается до марта, в течение которого среднесуточные температуры устойчиво держатся ниже -10°C . [5].

Среднегодовая температура воздуха составляет около $-0,9^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность остаётся высокой в течение всего года, в среднем около 74%, с максимальными значениями - до 86% - в октябре. Наименьшая влажность фиксируется в мае и июне, когда она снижается до 70%.

Средняя скорость ветра за год составляет примерно 4 м/с, при этом преобладают западные потоки. Годовое количество осадков достигает порядка 573 мм, причём основная их часть приходится на тёплый сезон — с апреля по октябрь. В холодные месяцы объём осадков снижается, составляя около одной трети от общего годового уровня.

Сургут играет ключевую роль в экономике региона, прежде всего благодаря энергетике. В городе находятся крупные электростанции: Сургутская ГРЭС-1 (филиал ПАО «ОГК-2») и Сургутская ГРЭС-2 (филиал ПАО «Юнипро»). Основным направлением в хозяйственной деятельности муниципалитета является производство электрической и тепловой энергии. Также город активно развивается за счёт обрабатывающей промышленности, на которую приходится значительная доля общего объёма производства. За последние годы наблюдается стабильный рост в этой сфере [6].

1.3 Краткий физико-географический очерк г.Нефтеюганск

Нефтеюганск находится в юго-восточной части Ханты-Мансийского автономного округа - Югры и расположен в центральной части Западно-Сибирской равнины. Это третий по численности населения город округа после Сургута и Нижневартовска. Территориально он расположен на правом берегу Юганской Оби, в уникальном месте - на острове, образованном речными протоками. С севера город ограничен основной рекой - Обью, с юга - её широкой протокой, благодаря чему природное окружение здесь представлено в виде водных и болотных ландшафтов [7].

Карта-схема расположения г. Нефтеюганск на территории Ханты-Мансийского автономного округа представлена на рисунке 1.3.1.



Рисунок 1.3.1 - Карта-схема расположения г. Нефтеюганск

Климат Нефтеюганска относится к резко континентальному типу, с продолжительной морозной зимой и сравнительно тёплым, но недолгим летом. Период с положительными температурами, как правило, начинается в мае и завершается в начале сентября. Наибольшее потепление наблюдается в июле,

когда среднесуточные температуры достигают отметки около 21°C. Зимний сезон охватывает промежуток с середины ноября до начала марта, а наиболее холодным месяцем является январь, со средними температурами около -22°C.

Среднегодовая температура воздуха составляет приблизительно -0,7°C. В течение года преобладают западные ветры со средней скоростью около 4,0 м/с. Относительная влажность остаётся высокой и держится на уровне примерно 77%.

Нефтеюганск считается административным центром одноимённого района и одновременно входит в число городов окружного значения. При этом по численности населения он опережает столицу округа г. Ханты-Мансийск. Сегодня это развивающийся город с разветвлённой инфраструктурой и устойчивой экономической базой. Основу промышленного комплекса составляет нефтяная отрасль. Главным предприятием здесь является компания «РН-Юганскнефтегаз», входящая в структуру «Роснефти». Это один из крупнейших производителей нефти в регионе, занимающий лидирующие позиции и на общероссийском уровне. Компания занимается разведкой, добычей и эксплуатацией нефтяных и газовых месторождений [8].

Помимо нефтяной сферы, в городе работают предприятия, обеспечивающие техническое обслуживание отрасли и производящие специализированное оборудование. Например, «Югорский машиностроительный завод» выпускает различное промышленное оборудование, включая теплообменные и насосные установки. Продукция этого завода востребована в разных регионах России и даже за её пределами. Также в Нефтеюганске активно развивается компания «Ньютех Велл Сервис», которая предоставляет современные сервисы для нефтяной отрасли, включая технологии повышения отдачи скважин. Это предприятие использует российские и зарубежные наработки, адаптируя их под местные условия.

ООО «Нефтесервисное оборудование» - современная производственно-инжиниринговая компания, реализующая уникальные проекты по импортозамещению компонентной базы нефтегазового оборудования [9].

2 Источники загрязнения окружающей среды

2.1 Состав земной атмосферы

Атмосфера — это газовая оболочка, окружающая нашу планету и выполняющая жизненно важные функции, включая формирование климатических условий и обеспечение условий для существования биосферы. Атмосфера Земли состоит из смеси различных газов, основными из которых являются азот (примерно 77%), кислород (около 20%), аргон (около 0,9%) и углекислый газ (около 0,02%) [10]. В небольших количествах также присутствуют неон, криптон, ксенон, гелий, озон и другие газы, доля которых в общем объёме крайне незначительна [11].

Внешняя граница атмосферы расположена на высоте 118 км над поверхностью Земли — в районе мезопаузы [12].

Азот, являющийся преобладающим элементом в составе атмосферы, отличается низкой реакционной способностью и потому редко участвует в активных химических процессах. В то же время кислород, обладая высокой химической активностью, играет важную роль в процессах окисления. Он необходим для жизнедеятельности организмов, участвующих в дыхании, а также способствует превращению газов вулканического происхождения и участвует в изменении состава минералов, тем самым вовлекаясь в крупномасштабные биогеохимические и геологические процессы.

Углекислый газ (CO_2) - критически важный компонент для фотосинтеза растений, которые активно его поглощают. Концентрация CO_2 в атмосфере может варьироваться в зависимости от различных факторов, включая антропогенное воздействие. Например, в атмосфере крупных городов наблюдается повышенная концентрация углекислого газа вследствие промышленных выбросов и автомобильного транспорта.

CO_2 обладает уникальной способностью пропускать коротковолновое излучение Солнца к поверхности Земли, одновременно препятствуя

длинноволновому излучению, исходящему от земной поверхности, возвращаться в космос. Это явление, известное как парниковый эффект, может спровоцировать изменение температуры приземного слоя атмосферы, а именно ее повышение при увеличении концентрации углекислого газа.

Озон (O_3) играет важную роль в формировании температурных характеристик стратосферного слоя. Он действует как природный барьер, задерживающий опасное ультрафиолетовое излучение, исходящее от Солнца. Благодаря этому поглощению происходит накопление тепла, способствующее повышению температуры в стратосфере.

Кроме газов, в атмосфере присутствует водяной пар (H_2O), а также разнообразные мелкие твердые частицы — от пыльцы растений и уличной пыли до морской соли и аэрозольных примесей. В районах с высоким уровнем урбанизации и развитой промышленной инфраструктурой содержание таких частиц значительно превышает показатели, характерные для сельской местности. Это связано, в частности, с активным сжиганием углеводородного топлива, в результате которого в воздух попадают вредные соединения, усиливающие загрязнение атмосферы [11].

2.2 Виды и источники загрязнения в атмосфере

Загрязнение воздуха можно разделить на несколько видов. Во-первых, физические – это то, что мы можем увидеть или почувствовать. Например, пыль, громкие звуки, радиоактивные вещества и даже тепло от заводов.

Во-вторых, химические загрязнения – они делятся на естественные и искусственные. Естественные загрязнители появляются сами по себе, например, от вулканов или лесных пожаров. Искусственные же создаются человеком, например, выхлопные газы от машин или выбросы заводов. Химические загрязнители могут быть органическими (растения) или неорганическими (металлы) [13].

Загрязнение окружающей среды химическими веществами — это большая проблема, которая вредит природе и здоровью людей. Оно возникает из-за выбросов вредных газов и других опасных веществ в воздух, воду и почву.

Так, угарный газ и оксиды азота могут вызвать болезни лёгких и сердца. Диоксид серы и тяжёлые металлы, такие как свинец, ртуть и кадмий, могут накапливаться в организме и вызывать серьёзные проблемы со здоровьем.

Загрязнение приводит к образованию кислотных дождей, которые вредят растениям и животным, а также к смогу, который делает воздух грязным и вредным для дыхания. Кроме того, в воздух попадают углеводороды, альдегиды, аммиак и другие вещества, которые превращаются в озон и пероксиацетилнитрат.

Биологическое загрязнение связано с бактериями, вирусами и грибами. Они вызывают болезни у людей и животных, и, к тому же, вредят экосистемам [14].

Химическое загрязнение

Аэрозольное загрязнение атмосферы. Аэрозоли — это мелкодисперсные образования, содержащиеся в атмосфере в виде твёрдых или жидких частиц, находящихся во взвешенном состоянии. Их появление связано как с природными, так и с техногенными процессами. К естественным источникам можно отнести извержения вулканов, лесные пожары и пыльные вихри. В то же время к основным техногенным источникам относятся выбросы, возникающие в результате деятельности промышленных объектов и при сжигании различных видов топлива.

Существенное влияние на загрязнение воздуха оказывают энергетические установки — котельные и ТЭЦ, особенно работающие на угле, а также предприятия тяжелой промышленности, включая металлургические комбинаты и заводы по производству цемента. В выбросах подобных объектов содержатся различные химические соединения, включая оксиды железа, марганца, магния, цинка, а также соединения кремния, кальция, углерода и других элементов [15].

Дополнительным источником попадания аэрозольных частиц в атмосферу являются отвалы, образующиеся в процессе добычи полезных ископаемых, взрывные работы в карьерах и остатки производства на предприятиях по переработке сырья.

Производственные комплексы, выпускающие строительные материалы, такие как асбест, цемент и щебень, также вносят свой значительный вклад в загрязнение воздуха твёрдой пылью. В процессе производства этих материалов используются различные технологии, включая измельчение и химическую обработку сырья. В результате этих процессов в атмосферу попадают пыль и другие потенциально опасные вещества.

Одним из основных антропогенных источников сернистого ангидрида (SO_2) являются промышленные выбросы и отработавшие газы различных видов транспорта. Например, выбросы от авиационных двигателей могут увеличить естественное содержание SO_2 в воздухе на 20%. В условиях интенсивного использования авиации концентрация сернистого ангидрида в атмосфере возрастает. Промышленная деятельность ежегодно приводит к выбросу в атмосферу сернистого газа — около 140 миллионов тонн.

Под воздействием ультрафиолетовых лучей этот газ окисляется до серного ангидрида (SO_3), который, соединяясь с влагой в воздухе, превращается в сернистую кислоту (H_2SO_3). Подобные процессы вызывают закисление атмосферных осадков. Частицы аэрозолей, поднимаясь в верхние слои атмосферы, особенно в стратосферу, могут изменять её физико-химические свойства и оказывать разрушительное воздействие на озоновый слой планеты [15].

Фотохимический смог образуется в результате химических преобразований в атмосфере, в которых участвуют газы и мелкодисперсные примеси. Эта смесь часто содержит озон, оксиды серы и азота, а также органические соединения с перекисными группами. Подобные реакции происходят при избытке загрязняющих веществ, особенно оксидов азота и летучих углеводородов, в сочетании с интенсивным солнечным светом.

Для возникновения смога характерны определённые метеорологические условия: отсутствие ветра или слабая подвижность воздушных масс, а также наличие температурной инверсии, препятствующей вертикальному перемешиванию воздуха [15].

При штилевой погоде и наличии температурной инверсии в приземном слое атмосферы происходит задержка загрязняющих компонентов, вызывающее их огромное накопление. В результате создаются условия, благоприятные для формирования смога.

Некоторые российские города находятся в таких географических условиях, при которых естественное движение воздуха затруднено. Одним из ярких примеров является Новокузнецк — промышленный центр, вблизи которого действуют крупные производственные предприятия. Город со всех сторон, кроме одной, окружён возвышенностями, ограничивающими проветривание территории, и способствуют удержанию загрязнителей в атмосфере, особенно в период малоподвижных воздушных масс [15].

Источники загрязнения атмосферного воздуха

Классификация загрязнения атмосферного воздуха может быть произведена на основе его химического состава и происхождения. В данном контексте целесообразно рассмотреть два основных типа загрязнения: естественное (природное) и антропогенное (искусственное).

К естественным источникам загрязнения атмосферного воздуха относятся пыльные бури, вулканические извержения, эрозионные процессы, лесные и степные пожары, а также биологическое разложение органических веществ. Эти источники, как правило, характеризуются относительно низкой интенсивностью и относительно равномерным распределением по территории.

Антропогенные источники загрязнения атмосферного воздуха, напротив, представляют собой деятельность человека, включая промышленные предприятия, транспортные средства, тепловые электростанции, котельные установки, сельскохозяйственные объекты и другие виды антропогенной деятельности. Антропогенные источники характеризуются высокой

интенсивностью и концентрацией в определенных регионах, что приводит к локальным и региональным изменениям качества атмосферного воздуха [14].

Источники загрязнения также могут быть классифицированы по нескольким параметрам, включая уровень интенсивности выброса, температуру выбросных газов и высоту выброса.

Источники загрязнения воздуха можно разделить по степени интенсивности выбросов на крупные, мощные и малые. К мощным относят промышленные предприятия металлургии и химии, заводы по производству строительных материалов, а также тепловые электростанции и подобные объекты, способные выделять значительные объемы загрязняющих веществ. Малыми источниками считаются небольшие котельные, пищевые и локальные производства, а также дымоходы печного отопления, которые, несмотря на небольшой масштаб, при высокой плотности и определённом расположении могут существенно воздействовать на качество воздуха.

Согласно высоте выпуска загрязняющих веществ, источники делят на низкие, средние и высокие источники. К низким источникам относят выбросы, поступающие с высоты менее 45 метров от поверхности, в то время как высокие источники формируют выбросы на высоте свыше 45 метров.

Температура выбросных газов – один из важных параметров классификации источников загрязнения. Нагретые источники определяются как те, у которых температура выбросной газовой смеси превышает 50 градусов Цельсия, тогда как выбросы из холодных источников имеют температуру ниже данного порога [16].

К категории промышленных источников загрязнения атмосферного воздуха относятся эмиссии, возникающие в ходе деятельности предприятий черной и цветной металлургии, добывающих отраслей угля, нефти, природного газа, а также разработок месторождений цветных металлов и горных выработок. Значительный вклад в загрязнение вносит нефтеперерабатывающая и газоперерабатывающая промышленность, химические производства, котельные установки, а также атомные и тепловые электростанции. В агропромышленном

комплексе источниками эмиссий являются животноводческие и птицеводческие фермы, крупномасштабные мясоперерабатывающие комбинаты, а также применение агрохимикатов, включая пестициды [17].

Тепловые и атомные электростанции, котельные. В процессе сжигания как твердых, так и жидких видов топлива на тепловых, атомных электростанциях и котельных установках, в атмосферный воздух поступают продукты как полного сгорания (диоксид углерода, водяной пар), так и неполного, включая оксиды углерода, серы, азота, а также углеводороды. Объемы таких выбросов достигают колоссальных масштабов. Например, современная теплоэлектростанция мощностью порядка 2,4 млн кВт, потребляющая ежедневно около 22 тысяч тонн угля, способна выделять порядка 670 тонн оксидов серы, 112–130 тонн твердых фракций (зола, сажа, пыль) и порядка 210 тонн оксидов азота в сутки [17].

Эксплуатация жидких видов топлива, таких как мазут или дизельное топливо, способствует снижению эмиссий твердых частиц, однако не оказывает значительного эффекта на уменьшение выбросов оксидов серы и азота. В связи с этим, природный газ рассматривается как более экологически предпочтительное топливо, поскольку его сжигание обеспечивает сокращение загрязняющих выбросов в атмосферу примерно в два раза по сравнению с мазутом и в шесть раз — по сравнению с углем.

Системы отопления жилых домов, включая котельные установки, являются источниками загрязнения атмосферы за счет выделения энергии. Хотя выбросы оксидов азота от них относительно невелики, эти установки способствуют появлению продуктов неполного сгорания. Важным фактором, влияющим на распределение загрязняющих веществ, считается высота дымовых труб: увеличение их высоты улучшает процесс рассеивания вредных компонентов и снижает уровень загрязнения в районе котельных [17].

Существенное влияние на качество воздушной среды оказывают *металлургические производства*, как черной, так и цветной металлургии. При выпуске одной тонны стали образуется примерно 40 кг твердой пыли, 30 кг

диоксида серы, до 50 кг монооксида углерода и небольшие доли тяжёлых металлов (мышьяка, ртути, меди). Выплавка цветных металлов, таких как алюминий и медь, сопровождается мощными выбросами газов и пылевых фракций, насыщенных токсичными элементами.

Производство цветных металлов (алюминий, медь), сопровождается выделением крупных объёмов отходящих газов и пыли, содержащих токсичные элементы.

Химическая отрасль добавляет в атмосферу оксиды серы, фторсодержащие соединения, аммиак, неорганическую пыль, сероводород, смесь различных оксидов азота, хлорсодержащие соединения и другие вредоносные вещества. [17].

Транспорт— такой же источник атмосферного загрязнения. С ростом числа автомобилей, в частности в крупных городах, увеличиваются выбросы продуктов сгорания топлива. Выхлопы ДВС содержат монооксид углерода, оксиды азота и диоксид азота, углеродную сажу, бенз(а)пирен, а также следовые количества углеводородов бензина и керосина. Неправильно отрегулированные двигатели способны повысить концентрацию вредных компонентов почти в полтора раза, своевременная наладка и установка каталитических нейтрализаторов позволяют сократить токсичность выхлопов почти в шесть раз [17].

Неправильная настройка топливной системы транспортного средства приводит к увеличению выбросов вредных веществ в отработавших газах. В таких случаях рекомендуется проводить корректировочные мероприятия, которые направлены на уменьшение объёмов вредных выбросов. При грамотном подходе их уровень может быть снижен почти в полтора раза. Использование специальных устройств-нейтрализаторов позволяет существенно снизить токсичность выхлопных газов: содержание вредных компонентов в них уменьшается примерно в шесть раз.

Предприятия нефтегазового комплекса дополнительно выбрасывают в атмосферу оксиды серы и азота, углекислый газ, различные углеводороды,

сероводород, меркаптаны и несгоревшие частицы, содержащие бенз(а)пирен. Итоговый уровень загрязнения воздуха определяется не только объёмами и составом эмиссий, но и высотой их выброса и метеоусловиями, которые определяют пути переноса, скорость рассеивания и химические превращения загрязняющих веществ.

Уровень загрязнения воздуха определяется количеством и составом выбросов, высотой их выброса и климатическими условиями, которые влияют на процессы переноса, рассеивания и трансформации выбрасываемых веществ [16].

Основные источники загрязнения региона ХМАО-Югры

В Ханты-Мансийском автономном округе - Югре, особенно в таких городах, как Нижневартовск, Сургут и Нефтеюганск, крупные промышленные объекты являются основными источниками загрязнения воздуха. Прежде всего, это тепловые электростанции: Нижневартовская ГРЭС, Сургутская ГРЭС-1 и ГРЭС-2, работающие в основном на природном и попутном газе.

Кроме того, котельные установки и сжигание нефтяного газа на факелах оказывают значительное воздействие на атмосферу. Испарение легких углеводородов также играет важную роль - они могут выделяться при хранении нефти в открытых резервуарах, а также при авариях. Все это приводит к выбросу в атмосферу загрязняющих веществ, в том числе оксидов углерода и азота, паров углеводородов, а также сажи и соединений серы.

Большинство промышленных предприятий в округе имеют системы контроля выбросов и соблюдения нормативных требований. Это позволяет им своевременно реагировать на превышения и снижает нагрузку на атмосферу.

Помимо промышленного загрязнения (добыча и переработка нефти и газа, котельные, ГРЭС и др.) одной из значимых проблем на территории ХМАО-Югры являются лесные и торфяные пожары, которые ежегодно вносят огромный вклад в загрязнение атмосферного воздуха региона оксидами углерода и азота, сажей, формальдегидом.

Особо опасными являются торфяные пожары, охватывающие большие площади и трудно поддающиеся тушению. Они характеризуются беспламенным и длительным горением торфа значительной толщины - на глубину до 1,5 метров и более.

Экономика Нижневартовска во многом зависит от добычи нефти — на долю этого сектора приходится около 60% всей промышленности (по состоянию на 2016 год). Около четверти приходится на электро- и водоснабжение, а около 10% приходится на обрабатывающую промышленность. Кроме того, в городе есть два газоперерабатывающих завода, что также способствует общему воздействию на окружающую среду.

Сургут - один из крупнейших центров нефтегазовой промышленности региона. Здесь расположены основные офисы и производственные мощности таких компаний, как "Сургутнефтегаз" и "Газпром трансгаз Сургут". В городе есть заводы по переработке газового конденсата, а также заводы по производству строительных материалов и изделий из металла. Все это сопровождается выбросами в атмосферу, особенно в районах с высокой концентрацией промышленности.

В Нефтеюганске нефтедобыча играет важную роль в экономике. Основной компанией здесь является "РН-Юганскнефтегаз", которая разрабатывает месторождения с начала 1960-х годов. В городе также есть сервисные и магистральные объекты. Деятельность подобных предприятий сопровождается выбросами вредных веществ в атмосферу, особенно в процессе сжигания газа как на компрессорных станциях, так и при работе нефтехимических хранилищ.

2.3 Основные загрязняющие вещества

Ключевыми компонентами, загрязняющими атмосферный воздух, выступают следующие вещества:

- угарный газ (CO);
- диоксид серы (SO₂);

- диоксид азота (NO_2);
- твердые частицы (PM);
- углеводороды (HC).

На долю этих загрязнителей приходится более 95% от общего объема фиксируемых выбросов. Все перечисленные вещества в той или иной мере воздействуют на здоровье людей.

Оксид углерода (CO). При превышении предельно допустимых концентраций оксид углерода вызывает физиологические изменения в организме, которые могут привести к развитию заболеваний или летальному исходу. CO является высокоагрессивным газом, легко вступающим в химическую реакцию с гемоглобином с образованием карбоксигемоглобина. Увеличение концентрации данного вещества в крови может вызвать ухудшение зрительных функций, нарушение мозговой деятельности, сердечно-сосудистые и респираторные дисфункции. Симптомами интоксикации CO являются головная боль, сонливость, мышечные спазмы и дыхательная недостаточность [18].

Диоксид серы (SO_2) и серный ангидрид (SO_3). SO_2 представляет собой бесцветный газ без выраженного запаха, который при высоких концентрациях становится раздражающим для дыхательных путей. В комплексе с твердыми частицами и серной кислотой данные вещества могут вызывать респираторные заболевания и патологии дыхательной системы. При длительном воздействии высоких концентраций SO_2 на растения наблюдаются хронические повреждения листьев и хвои.

Диоксид серы (SO_2) образуется при сжигании топлива, нефтепереработке, черной и цветной металлургии [19].

Соединения азота, представленные оксидами, такими как *монооксид азота (NO)* и *диоксид азота (NO_2)*, подвергаются фотохимическим трансформациям под воздействием ультрафиолетового излучения (УФ). Диоксид азота (NO_2) считается наиболее вредным среди них. В ходе этих процессов они взаимодействуют с углеводородами, что ведёт к формированию таких веществ,

как пероксилацетилнитрат (PAN), пероксибензоилнитрат (PBN), озон (O_3) и перекись водорода (H_2O_2). Данные соединения играют ключевую роль в возникновении фотохимического смога, особенно в районах с высокой концентрацией загрязняющих веществ в атмосфере [18].

Озон в стратосфере выполняет функцию защитного барьера для биосферы, эффективно поглощая ультрафиолетовое излучение, предотвращая его вредное воздействие на живые организмы. Однако в тропосфере озон относится к числу 5 основных загрязнителей атмосферного воздуха и классифицируется как вещество первого класса опасности.

Ранее предполагалось, что озон является естественным компонентом атмосферы, который поступает в приземный слой в результате вертикального переноса из стратосферы, где его образование происходит путем диссоциации молекулярного кислорода под воздействием ультрафиолетового излучения. Однако современные исследования показывают, что озон также является важным индикатором загрязнения атмосферного воздуха, что обусловлено его высокой реакционной способностью и участием в фотохимических процессах.

В результате фотохимических процессов в атмосфере формируется озон как промежуточный продукт с выраженной окислительной способностью. На организм человека он воздействует через причинение повреждений эндотелию коронарных сосудов, ускорение формирования атеросклеротических бляшек, увеличение их площади, повышение риска возникновения инфаркта миокарда и развитие ишемических расстройств [20].

К непостоянным компонентам атмосферного воздуха относятся взвешенные (твердые) частицы, газообразные вещества, аэрозоли и пары, которые могут оказывать как прямое, так и опосредованное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

Сажа — это продукт, который образуется при неполном сгорании материалов, содержащих углерод, в частности угля. Она представляет собой один из самых опасных компонентов твердых выбросов, поскольку содержит большое количество смолистых веществ, включая канцерогенные

полициклические ароматические углеводороды (ПАУ): 3,4-бенз(а)пирен, 1,2,5,6-дибензантрацен, метилхолантрен и другие.

Взвешенные частицы (пылевые аэрозоли) представляют собой дисперсную смесь мелкодисперсных твёрдых или жидких фракций, удерживающихся в воздушной среде. Их образование обусловлено как натуральными явлениями, такими как вулканическая активность, пылевые бури и лесные пожары, так и антропогенной деятельностью, прежде всего сжиганием углеводородного топлива в промышленных установках и бытовых печах [19].

Для минимизации вредного воздействия аэрозольных загрязнителей на здоровье человека и экосистему требуется постоянный контроль их содержания в приземном слое атмосферы. В Ханты-Мансийском автономном округе — Югре создана развитая сеть экологического мониторинга, оснащённая современными сенсорами и приборами, обеспечивающими непрерывное наблюдение и регистрацию концентраций основных загрязнителей воздуха.

2.4 Нормативы качества атмосферного воздуха

Для атмосферного воздуха населённых пунктов установлены нормативные значения содержания вредных веществ - предельно допустимые концентрации (ПДК), превышение которых может неблагоприятно отражаться на здоровье человека [16].

ПДК (предельно допустимая концентрация) представляет собой максимальный уровень присутствия химических веществ в средах обитания: воздухе, воде, почве, пищевых продуктах или на поверхности кожи работников, при котором не возникает вредного воздействия на организм человека. Для каждого потенциально опасного соединения устанавливаются свои нормативные значения ПДК.

Поскольку концентрация загрязнителей в атмосферном воздухе изменяется во времени, разработаны отдельные нормативы для разовых (ПДК_{мр}) и среднесуточных (ПДК_{сс}) концентраций [16].

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе рассчитывают согласно ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых мест» [21] или используют данные «Ежегодников о состоянии загрязнения воздуха городов и промышленных центров» за несколько лет, но не менее двух.

Оценка уровня загрязнения воздуха проводится с учётом того, насколько среднегодовые концентрации загрязняющих веществ превышают установленные нормативы. При расчётах также принимаются во внимание класс опасности каждого вещества, общее количество загрязнителей в атмосфере, допустимая частота повторения превышений, а также взаимодействие этих веществ между собой.

Классы опасности вредных веществ

В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 токсические соединения распределены по четырём категориям в зависимости от их вредного воздействия на человека [22]:

- Категория I – вещества с крайне высоким уровнем опасности;
- Категория II – вещества с высокой степенью опасности;
- Категория III – вещества умеренной опасности;
- Категория IV – вещества с относительно низким уровнем опасности.

Контроль за уровнем содержания вредных веществ в окружающей среде ведётся органами санитарно-эпидемиологического надзора, а также профильными подразделениями самих предприятий. Для получения более точных и своевременных данных используются как быстрые методы измерения, так и автоматизированные системы контроля.

Нормативы качества атмосферного воздуха определены следующими нормативными документами:

– «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и

проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» [23];

– «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [24].

В таблице 2.4.1 приведены значения предельно допустимых концентраций основных загрязняющих веществ, выявленных в атмосферном воздухе на исследуемой территории.

Таблица 2.4.1 – ПДК исследуемых веществ в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [24]

Вещество	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³			Класс опасности
	ПДК _{мр}	ПДК _{сс}	ПДК _{ср}	
Диоксид азота NO ₂	0,2	0,1	0,04	3
Оксид азота NO	0,4	-	0,06	3
Угарный газ CO	5,0	3,0	3,0	4
Углерод сажа	0,15	0,05	0,025	3
Формальдегид	0,05	0,01	0,003	2
Взвешенные частицы PM _{2,5}	0,16	0,035	0,025	3

Для анализа качества атмосферного воздуха полученные данные о содержании загрязняющих веществ сопоставляются с установленными предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

2.5 Метеорологические факторы, влияющие на рассеивание примесей

Интенсивность и характер загрязнения воздушного бассейна зависят от комплекса физических и географических факторов, экологических и климатических условий, а также от объёма выбросов как природного, так и антропогенного происхождения.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха напрямую зависит от метеорологических условий. Значительное влияние оказывают такие факторы, как температура, влажность, направление и скорость ветра, а также осадки,

которые могут очищать атмосферу от содержания вредных веществ. В связи с этим при планировании мер по охране окружающей среды необходимо учитывать климатические условия [25].

Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере во многом зависит от вертикального распределения температуры воздуха и скорости ветра. Когда температура с высотой понижается, создаются условия для активного турбулентного перемешивания воздушных масс. Такое неустойчивое состояние атмосферы чаще всего наблюдается в дневное время летом.

При таких условиях у поверхности земли загрязняющие вещества могут скапливаться в повышенных концентрациях, при этом их уровень может заметно меняться в течение короткого времени. Напротив, если температура в приземном слое с высотой возрастает, то наблюдается температурная инверсия, следовательно, способность атмосферы к рассеиванию примесей снижается.

Особенно сильно это проявляется при длительных и устойчивых приземных инверсиях. В таких ситуациях, особенно при наличии неорганизованных и слабых по мощности выбросов, концентрации загрязняющих веществ в воздухе могут значительно возрастать [26].

При наличии приподнятой температурной инверсии приземные концентрации загрязняющих веществ зависят от того, где именно находится источник выбросов по отношению к нижней границе инверсионного слоя. Если источник расположен выше этой границы, то основная масса примесей остается в верхних слоях и практически не достигает земли. Однако если выброс происходит ниже уровня инверсии, то загрязняющие вещества концентрируются у поверхности, что приводит к увеличению уровня загрязнения приземного воздуха [27].

Важную роль в процессе распространения примесей играет скорость ветра. При усилении ветра улучшается перемешивание слоев воздуха, что способствует более активному рассеиванию выбросов. В условиях слабого ветра, особенно вблизи высоких источников загрязнения, например, труб, примеси чаще уносятся вверх, за счёт чего у поверхности их концентрация снижается. Эффект

особенно заметен при выбросах тёплых газов - они поднимаются выше и быстрее рассеиваются.

С другой стороны, при сильном ветре высота начального подъема выброса может уменьшаться, зато увеличивается дальность переноса загрязняющих веществ. Наибольшая концентрация вредных веществ, как правило, наблюдается при «опасной» скорости ветра. Это такая скорость, при которой выбросы наиболее эффективно достигают приземного слоя. Для тепловых электростанций, где выбросы идут с большим перегревом, опасная скорость составляет примерно 5–7 м/с. Для менее мощных источников, таких как установки химической промышленности, где выбросы происходят при более низкой температуре и объеме, опасная скорость ниже около 1–2 м/с [28].

Изменчивость направления ветра способствует усилению рассеивания по горизонтали, и концентрации у земли уменьшаются.

Солнечное излучение оказывает ключевое влияние на качество атмосферного воздуха, инициируя фотохимические преобразования и порождая вторичные загрязнители, часто обладающие более высокой токсичностью по сравнению с исходными выбросами антропогенного происхождения [29].

В ясные, безоблачные дни при наличии фонового загрязнения развивается фотохимический смог.

Температурные инверсии играют решающую роль в накоплении и распределении загрязняющих веществ в атмосфере. В зависимости от скорости ветра инверсии могут либо препятствовать, либо способствовать распространению загрязняющих веществ. Особенно опасно, когда при слабом ветре происходит приземная инверсия, что приводит к высокой концентрации вредных веществ в воздухе, особенно в регионах с интенсивной промышленной деятельностью [29].

Туманные условия оказывают воздействие на состав атмосферного воздуха, приводя к заметному возрастанию концентраций загрязняющих веществ [16].

При контакте сернистого газа с влагой тумана происходит его окисление до серной кислоты, в следствие чего может повышать общий уровень примесей в аэрозоле на 50–120 % [29].

Температура воздуха является ключевым регулятором объёма выбросов: при понижении температуры растёт потребление топлива на отопление, что ведёт к увеличению эмиссий. Соответственно, в период оттепелей зимой концентрации загрязнителей снижаются. Кроме того, температура непосредственно влияет на скорость фотохимических реакций в приземном слое. Зимой резкое похолодание способствует формированию «острова тепла» и локальной циркуляции, что позволяет притоку относительно чистых воздушных масс из окраин.

Атмосферные осадки являются естественным механизмом очищения воздушной среды, активно вымывая как приземные, так и высокогорные выбросы. Интенсивность и продолжительность дождевых явлений напрямую определяют степень осаждения вредных частиц и газов, что значительно снижает их концентрацию в нижних слоях атмосферы. Скорость и направление воздушных масс оказывают значительное влияние на распределение загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы.

Облачность над городами, образуемая из-за конвективных потоков и турбулентности, играет важную роль в формировании городского мезоклимата. В условиях перегрева поверхности и слабого ветра в городах часто возникают движения воздуха от окраин к центру.

Таким образом, совокупность метеорологических факторов определяет тенденции накопления, застоя или эффективного рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере [29].

На уровень загрязнения воздуха в городах существенное воздействие оказывают высота зданий, планировка улиц, их ширина и направление, а также наличие зеленых массивов и водоемов. Эти факторы создают различные преграды для воздушных потоков, что приводит к формированию специфических метеорологических условий в городской среде [16].

3 Экологический мониторинг

3.1 Понятие экологического мониторинга

Термин «мониторинг» происходит от латинского слова «monitor», означающего «наблюдатель» или «предостерегающий». Концепция глобального мониторинга природной среды была впервые выдвинута на Конференции ООН по окружающей среде в Стокгольме в 1973 году [30].

В 1979 году профессор Р. Мэнн представил методологию мониторинга на первом Межправительственном совещании по мониторингу в Найроби: он определил мониторинг как систему регулярных наблюдений за одним или несколькими компонентами природной среды во времени и пространстве в рамках заранее разработанной программы.

Экологический мониторинг сегодня включает наблюдение, оценку, контроль и прогнозирование состояния окружающей среды, а также информационную поддержку для управленческих решений. Его главная цель — обеспечение достоверными данными для эффективного управления природоохранными мерами и повышения экологической безопасности [31].

3.2 Классификация экологического мониторинга

Классификация мониторинга по *пространственному охвату*.

Глобальный мониторинг охватывает всю земную систему и реализуется с помощью сети базовых пунктов. Обычно это 25–35 наземных станций и более 10 морских, которые часто размещаются в заповедниках. Целью такого мониторинга является получение комплексной и обширной информации о состоянии окружающей среды на планетарном уровне.

Национальный мониторинг выполняется в пределах одной страны и осуществляется на уровне государственных служб. Основной задачей этого типа

мониторинга является анализ состояния окружающей среды и выявление изменений, происходящих в пределах государственных границ.

Региональный мониторинг организуется для крупных территорий с интенсивным хозяйственным освоением. Специальные посты следят за изменениями в зонах значительного антропогенного воздействия. Такой мониторинг важен для оценки влияния человеческой деятельности на конкретные экосистемы и природные ресурсы в регионах.

Локальный мониторинг осуществляется на уровне городских зон, промышленных площадок и сельскохозяйственных угодий. Для этого используются стационарные, передвижные или подфакельные измерительные пункты. Главной целью локального мониторинга является оперативное отслеживание и контроль показателей качества окружающей среды в непосредственной близости к местам проживания или производственной деятельности [31].

Классификация мониторинга по типу *объектов наблюдения*.

Геофизический мониторинг охватывает наблюдение и анализ изменений физических характеристик природной среды, таких как погодные условия, климатические тренды, гидрологические режимы, а также геологические процессы. Он позволяет отслеживать природные явления и прогнозировать их влияние на экосистемы и население.

Биологический мониторинг занимается оценкой состояния живых организмов и биологических сообществ, а также их реакцией на внешние воздействия, в первую очередь антропогенного характера. Такой мониторинг проводится на различных уровнях: от популяций отдельных видов до целостных биогеоценозов, что позволяет выявлять ранние признаки нарушений в функционировании экосистем [31].

В зависимости от целей и характера проводимых наблюдений, экологический мониторинг может подразделяться еще на несколько видов. Среди них выделяют *научно-исследовательский*, направленный на получение новых знаний о процессах и изменениях в окружающей среде. *Диагностический*,

позволяющий установить текущее состояние природной среды и выявить возможные отклонения от нормы. *Фоновый*, необходимый для регистрации естественного уровня показателей в условиях минимального или отсутствующего антропогенного влияния. *Контрольный*, применяемый для отслеживания степени соблюдения нормативов и стандартов. А также *прогнозный*, с помощью которого оцениваются возможные изменения экологической ситуации в будущем.

По способам получения информации мониторинг может проводиться различными методами. Один из них - *биоиндикационный*, при котором в качестве источников данных используются реакции живых организмов на изменение условий среды. Другой же *дистанционный*, основанный на использовании авиа- или космической съёмки, что позволяет охватывать большие территории и фиксировать изменения, недоступные для наземных наблюдений. *Контактный приборный* метод основан на непосредственном отборе проб воздуха, воды, почвы и их последующем анализе с использованием специализированного оборудования [31].

3.3 Организация наблюдения и контроля за качеством атмосферного воздуха

Исследование загрязнения воздуха в городах и крупных районах помогает понять, почему загрязняющих веществ становится больше, как это влияет на здоровье людей и природу, а также найти способы защитить атмосферу. Для этого используют стационарные контрольные посты, передвижные лаборатории и автоматические системы [16].

В промышленных городах есть три типа наблюдательных постов: стационарные, маршрутные и передвижные. Стационарные посты следят за уровнем загрязнений постоянно и регулярно берут образцы воздуха для анализа. Маршрутные посты собирают пробы воздуха в определённых точках по установленному графику. Передвижные посты нужны для анализа воздуха под

дымом или газом. Специальные машины помогают проводить наблюдения в маршрутных и подфакельных точках, так они оснащены необходимыми инструментами. В России за мониторинг отвечают государственные органы и службы [31].

Экологический мониторинг атмосферного воздуха представляет собой двухуровневую систему, объединяющую наблюдательные и контрольные компоненты. Первый компонент отвечает за систематический сбор данных о качестве воздуха в городах, населённых пунктах и на территориях, удалённых от конкретных источников эмиссии. Второй фокусируется на оценке деятельности самих эмитентов и регулирует выбросы вредных веществ непосредственно на их источнике.

За реализацию наблюдательной составляющей отвечает Росгидромет, в то время как контроль за выбросами и регулирование уровней загрязнений осуществляет Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Министерство природных ресурсов выполняет функции главного координатора единой системы экологического мониторинга и выступает государственным оператором хранилища экологических данных [31].

Основные функции единой системы экологического мониторинга:

- регулярный учёт и описание состояния компонентов природной среды, в том числе процессов и явлений в экосистемах;
- аккумулярование, систематизация и обобщённая обработка полученных сведений о состоянии окружающей среды;
- анализ динамики экологических параметров для своевременного выявления изменений под влиянием природных и антропогенных факторов, проведение оценки и выдача прогнозов дальнейших изменений;
- предоставление актуальной экологической информации органам государственной и местной власти, юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям и населению.

Государственный экологический мониторинг осуществляется федеральными органами исполнительной власти, а также органами

государственной власти субъектов Российской Федерации в пределах их полномочий. Деятельность по наблюдению за состоянием окружающей среды организуется через создание и функционирование специализированных наблюдательных сетей и информационных систем. Эти структуры входят в состав подсистем единой государственной системы экологического мониторинга.

На территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры контроль за состоянием компонентов окружающей среды обеспечивается, в том числе, Ханты-Мансийским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиалом ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС», подведомственным Росгидромету. В его компетенцию входит проведение государственного мониторинга атмосферного воздуха, поверхностных водных объектов, а также радиационной обстановки в регионе [32].

Государственная система наблюдений включает в себя государственную наблюдательную сеть, формирование и функционирование которой обеспечивается Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также территориальные системы наблюдений за состоянием окружающей среды, формирование и обеспечение функционирования которых осуществляется органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

При разработке государственной сети экологического наблюдения интегрируются как пункты учета состояния среды в регионах размещения объектов повышенной экологической опасности, так и локальные системы мониторинга, которые эксплуатируют владельцы этих объектов в соответствии с федеральным законодательством для контроля параметров среды в зоне их влияния.

Участники государственного мониторинга обеспечивают скоординированную работу единой наблюдательной сети и региональных систем учета, что гарантирует сопоставимость и непрерывность получаемых данных о состоянии окружающей среды.

Формирование как федеральной, так и территориальных систем мониторинга основывается на принципах комплексного и регулярного наблюдения. Графики и периодичность замеров согласуются с характерными гидрологическими и метеорологическими циклами, масштабом природных и техногенных процессов, кроме этого, учитывают приоритетные потребности экономики [32].

3.4 Посты наблюдений загрязнения атмосферного воздуха

Пост наблюдения - выбранное место (точка местности), на котором размещают павильон или автомобиль, оборудованные соответствующими приборами [16].

Наблюдательный пункт обеспечивает получение комплексных данных о состоянии приземного слоя атмосферы и одновременно служит инструментом контроля выбросов от точечных и площадных источников.

В рамках стандартных измерений на таких пунктах выполняется определение концентраций наиболее значимых атмосферных загрязнителей: твердых частиц, диоксида серы (SO_2), угарного газа (CO) и оксидов азота (NO_x). Расширенный перечень контролируемых соединений формируется с учётом профиля локальной промышленности и статистики регулярных превышений нормативов ПДК.

Стационарный пост наблюдения - это специально оборудованное сооружение, в котором размещаются приборы, предназначенные для измерения содержания загрязняющих веществ в воздухе, а также метеорологических параметров, в соответствии с поставленными задачами мониторинга. Среди таких пунктов выделяются опорные стационарные посты, задача которых заключается в отслеживании долгосрочных изменений концентраций наиболее характерных и массово распространённых загрязнителей атмосферы.

Расположение таких объектов выбирается с учётом метеоклиматических особенностей площадки для обеспечения репрезентативности данных, и для

каждого пункта определяется комплекс исследовательских задач: расчёт средних и максимальных разовых концентраций за различные временные интервалы, оценка вероятности превышения нормативных показателей, анализ сезонных колебаний и др. [31].

Непрерывное и непрерывно функционирующее наблюдение на стационарных пунктах осуществляется без прерывания в любые погодные условия, обеспечивающие получение достоверного, сопоставимого во времени и пространстве массива экологических данных.

При наступлении неблагоприятных метеорологических обстоятельств (вязкий туман, длительно сохраняющаяся температурная инверсия и пр.) интервалы между пробоотборами на всех пунктах не должны превышать двух часов.

Маршрутный пост - это заранее выбранная точка на городском маршруте, где регулярно отбираются пробы воздуха. Такие замеры обычно проводятся с помощью передвижных лабораторий, оснащённых необходимыми приборами. За один рабочий день мобильная станция может сделать в среднем от 7 до 10 замеров в разных точках маршрута, что даёт примерно 6 тысяч проб в течение года.

Чтобы измерения были максимально точными и охватывали разные периоды дня, маршрут передвижной лаборатории постоянно меняется. Один месяц замеры проводят по порядку, от первого поста к последнему, в другой - наоборот. Также применяется чередование маршрутов: например, начинают с центральной точки и двигаются к краям, а потом — в обратном направлении. Это позволяет получить более объективные данные и учитывать суточные колебания загрязнённости воздуха на всех участках маршрута [31].

Передвижной «подфакельный» пункт предназначен для целевого отбора проб вблизи дымовой или газовой факельной установки с целью определения зоны влияния выбросов данного источника. Отбор проводится согласно специально разработанным методикам и маршрутам, ориентированным на

«характерные» загрязнители, присущие производственным выбросам конкретного предприятия.

При организации подфакельных измерений пробы отбирают на разных расстояниях от факела, учитывая закономерности переноса и осаждения эмиссионных аэрозолей и газов. Типичный набор контрольных точек располагают по линии преобладающих ветровых потоков на удалениях примерно 0,2–0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 и 20 км от источника, а также на наветренной стороне. Параметры отбора (число проб, точки расположения, высота забора) рассчитываются исходя из объёма и токсичности выбросов: в зоне максимального загрязнения формируется не менее 50 проб, в остальных зонах — не менее 30. Каждая проба забирается на высоте 2 м от уровня земли в течение 30 мин одновременно минимум в трёх точках. За один рабочий день подфакельный пункт способен провести отбор в пяти–девяти различных локациях [31].

Состояние качества атмосферного воздуха в городской территории определяется не только объёмом и химическим составом эмиссий, но и метеорологическими факторами, влияющими на процессы переноса, рассеивания и химической трансформации загрязняющих компонентов.

Мониторинг состояния атмосферного воздуха на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры осуществляется посредством функционирования одного федерального пункта наблюдений, расположенного в административном центре, г. Ханты-Мансийске, а также постов регионального уровня, размещённых в городах Нефтеюганск, Нижневартовск и Сургут.

В г. Сургуте функционируют 2 стационарных поста наблюдений за атмосферным воздухом: ПОСТ-1 (микрорайон 6-й) и ПОСТ-2 (территория ИКЦ «Старый Сургут»), местоположение их представлено на рисунке 3.4.1.

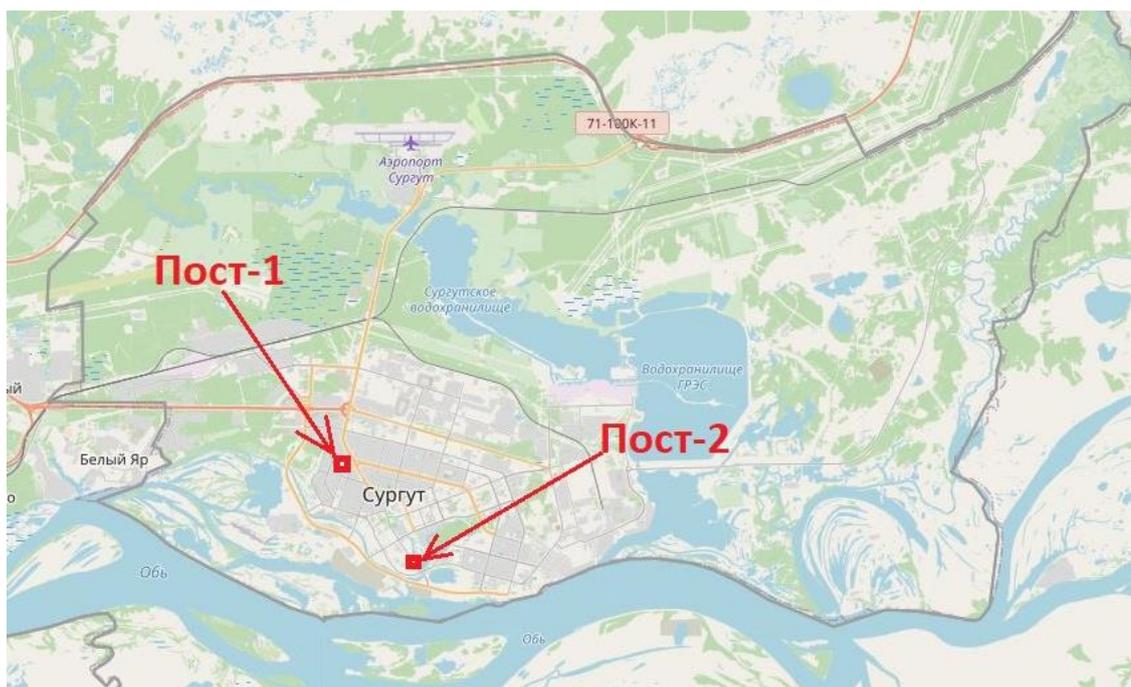


Рисунок 3.4.1 – Местоположение постов наблюдений за атмосферным воздухом г. Surgut

В г. Нижневартовске пост наблюдений за атмосферным воздухом расположен в районе улиц Менделеева и Омской на территории больничного комплекса, вне зоны влияния автодороги.

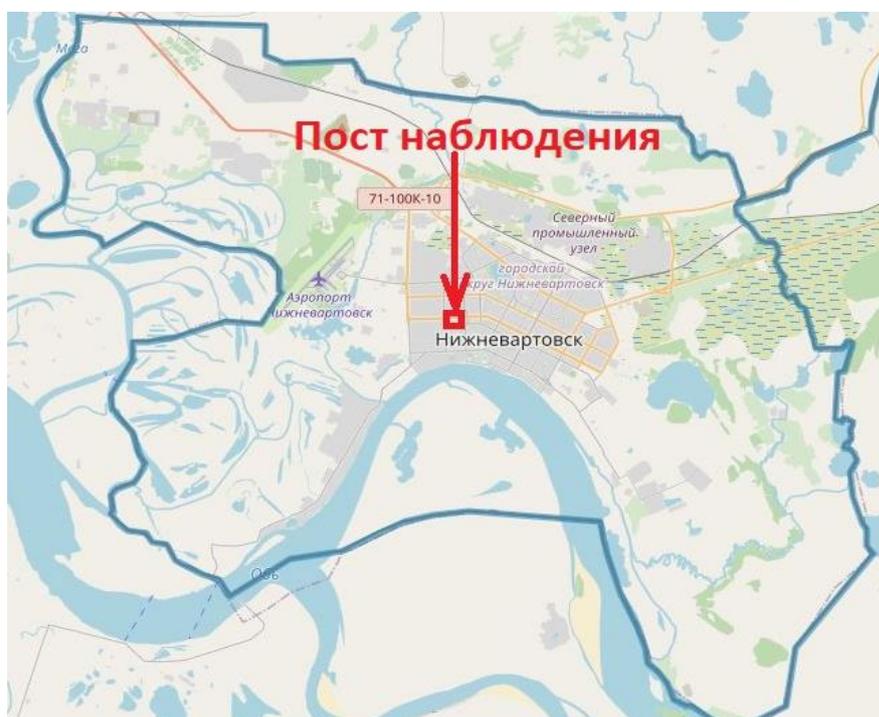


Рисунок 3.4.2 – Местоположение поста наблюдений за атмосферным воздухом г. Нижневартовск

Местоположение поста наблюдений за атмосферным воздухом в г. Нефтеюганске показано на карт-схеме рисунка 3.4.3.

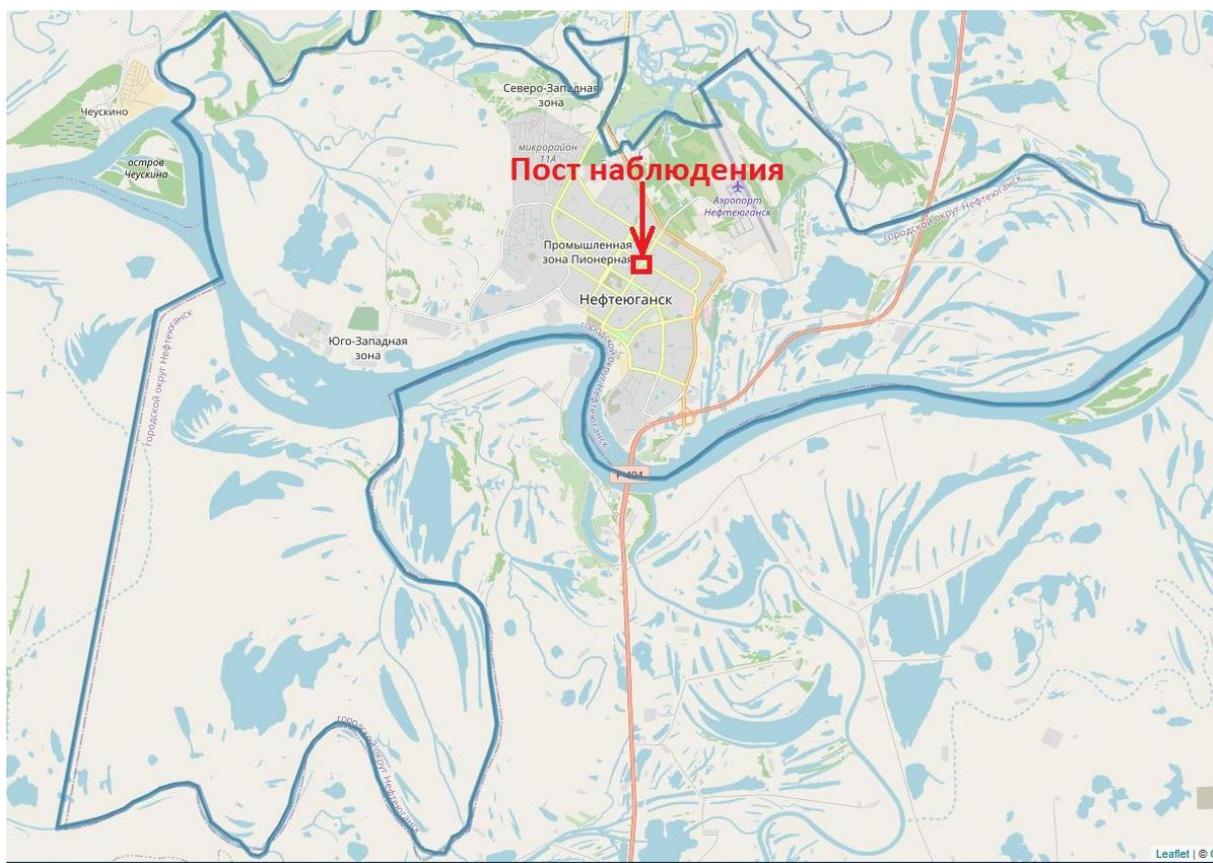


Рисунок 3.4.3 – Местоположение поста наблюдений за атмосферным воздухом г. Нефтеюганске

Регулярные наблюдения в данных городах ХМАО проводятся ежедневно и охватывают восемь приоритетных загрязняющих компонентов: угарный газ, оксид и диоксид азота, диоксид серы, взвешенные частицы, углерод сажу, фенол и формальдегид [33].

3.5 Территориальная система экологического мониторинга

Создание региональной системы наблюдений за состоянием окружающей среды на территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югры осуществляется на основе комплексного подхода, предусмотренного программным документом, разработанным в 2006 году органами

исполнительной власти округа при участии территориального подразделения Росгидромета — Ханты-Мансийского центра гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, входящего в структуру ФГБУ «Обь-Иртышское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

При проектировании и развитии наблюдательной сети были учтены природно-географические и техногенные особенности региона, включая значительные масштабы территории, высокую степень заболоченности, густую речную сеть, интенсивное освоение углеводородных ресурсов, а также расширение городской и производственной инфраструктуры. Наряду с этим, принимались во внимание возможности уже существующей государственной системы наблюдений [34].

Современная структура региональной системы мониторинга включает три основных компонента:

- пункты федерального уровня, находящиеся в ведении Росгидромета и финансируемые из государственного бюджета;
- посты регионального значения, функционирующие в населённых пунктах за счёт средств бюджета автономного округа;
- локальные станции, размещённые на территориях лицензионных участков недропользования и обслуживаемые организациями, осуществляющими добычу полезных ископаемых.

Таблица 3.5.1 – Структура наблюдательной сети экологического мониторинга на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры

Подсистемы	Пункты наблюдений	Количество пунктов	Количество контролируемых параметров
Атмосферный воздух	Посты Росгидромета	1	8
	Региональные посты	7	8
	Пункты локального мониторинга	700	7

Снеговые выпадения	Пункты локального мониторинга	700	13
Поверхностные воды	Посты Росгидромета	26/34*	16
	Пункты локального мониторинга	1500	19
Донные отложения	Пункты локального мониторинга	1500	14
Почвы	Пункты локального мониторинга	1300	17

*наблюдения проводятся в 26 пунктах, 34 створах, 36 вертикалях

Обеспечение функционирования территориальной системы автономного округа осуществляется в рамках выполнения мероприятий государственной программы «Экологическая безопасность» (постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 31 октября 2021 года № 482-п).

Территориальная система экологического мониторинга непосредственно связана с системой управления качеством окружающей среды. На основе информации, полученной с пунктов территориальной системы мониторинга, осуществляется планирование и реализация мероприятий Государственной программы автономного округа по обеспечению экологической безопасности, разработка и согласование природоохранных и природовосстановительных программ природопользователей, осуществляющих деятельность на территории автономного округа, информирование населения о состоянии окружающей среды.

Система мониторинга атмосферного воздуха в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. На территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры действует разветвлённая сеть стационарных пунктов наблюдения за качеством атмосферного воздуха. В состав данной системы входят станции, размещённые в населённых пунктах Белоярский, Радужный, пгт. Березово, а также в городах Сургут (два поста), Нефтеюганск и Нижневартовск (один пост).

Создание и ввод в эксплуатацию семи новых стационарных постов позволили существенно расширить охват территории инструментальными

наблюдениями: доля обеспеченности мониторинговыми данными увеличилась с 7 % (обеспечиваемых единственным федеральным постом в Ханты-Мансийске) до 54 %, что значительно повысило уровень информированности о состоянии воздушной среды в пределах урбанизированных зон региона.

Каждый из постов оснащён специализированным модулем для размещения аналитической аппаратуры и приборов, предназначенных для отбора проб воздуха и регистрации метеорологических характеристик. На этих пунктах по утверждённому циклическому графику осуществляются измерения по восьми компонентам загрязнения. К числу базовых относятся диоксид азота, оксид азота, оксид углерода, диоксид серы и аэрозольные частицы. Дополнительно учитываются три специфических загрязнителя, характерных для региона вследствие промышленной специфики — сажа, фенол и формальдегид.

Оперативное и методическое сопровождение функционирования наблюдательных пунктов осуществляется филиалом федерального учреждения «Ханты-Мансийский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Информация, полученная в ходе текущих наблюдений, подлежит систематическому отражению в региональной информационной системе «Мониторинг Югра» на официальных интернет-ресурсах органов государственной власти автономного округа, а также публикуется на сайте Ханты-Мансийского ЦГМС. Сводные результаты интегрируются в государственный фонд экологических данных и ежегодно включаются в официальный доклад о состоянии окружающей среды в регионе [34].

4 Материалы и методы исследований

Материалы и методы. В качестве информационной базы для данного исследования были использованы многолетние наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в городах Нижневартовск, Сургут и Нефтеюганск, расположенных на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Экологический мониторинг в округе, включая контроль за качеством атмосферного воздуха, состоянием природных компонентов, а также объектов животного мира и лесного фонда, проводится региональной Службой по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, животного мира и лесных отношений (Природнадзор Югры).

Для анализа состояния воздушной среды в указанных городах использовались официальные сведения, предоставленные данной службой, расположенной по адресу: ул. Светлая, 69, г. Ханты-Мансийск, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (Тюменская область) [33].

Непосредственное наблюдение за загрязнением воздуха осуществлялось на трех стационарных постах территориальной сети мониторинга, действующих в Сургуте, Нижневартовске и Нефтеюганске.

Оценка состояния атмосферного воздуха исследуемых городов ХМАО проводилась на основании сравнения концентраций загрязняющих веществ:

- Диоксид азота NO_2 ,
- Оксид азота NO ,
- Угарный газ CO ,
- Углерод сажа,
- Формальдегид,
- Взвешенные частицы $\text{PM}_{2,5}$

с предельно допустимыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21.

Для оценки влияния метеорологических параметров на загрязнение воздуха в исследуемых городах ХМАО-Югры выполнен корреляционный анализ, на основе метеорологических наблюдений атмосферного воздуха городов Нижневартовск, Сургут, Нефтеюганск.

Многолетние данные метеорологических наблюдений атмосферного воздуха городов Нефтеюганск, Нижневартовск, Сургут, взяты с официального источника «Расписание погоды» rp5.ru [35].

Для определения рассеивающей способности атмосферного воздуха применялись следующие параметры:

- температура;
- влажность;
- скорость и направление ветра.

На основе полученных многолетних данных по концентрациям загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и метеорологическим параметрам, построены графики годового хода концентраций загрязняющих веществ по трем исследуемым городам, выполнен анализ корреляционных матриц между метеорологическими параметрами и загрязняющими веществами, а также построены диаграммы рассеивания, сделаны выводы о степени загрязненности городов.

5 Оценка состояния атмосферного воздуха городов Нижневартовск, Сургут, Нефтеюганск ХМАО – Югры

5.1 Анализ годовых концентраций загрязняющих веществ

Для анализа качества атмосферного воздуха исследуемой территории были использованы архивные данные службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа – Югры [33].

Таблицы с исходными данными по загрязняющим веществам представлены в Приложении.

На основании имеющихся данных были построены и проанализированы графики годовой динамики содержания загрязняющих веществ в атмосфере исследуемых населённых пунктов за временной интервал с 2021 по 2024 год.

5.1.1 Характеристика состояния атмосферного воздуха г.Сургут

На рисунках 5.1.1.1–5.1.1.4 представлены графики годового распределения загрязняющих веществ за 2021 - 2024 гг. по Сургуту.

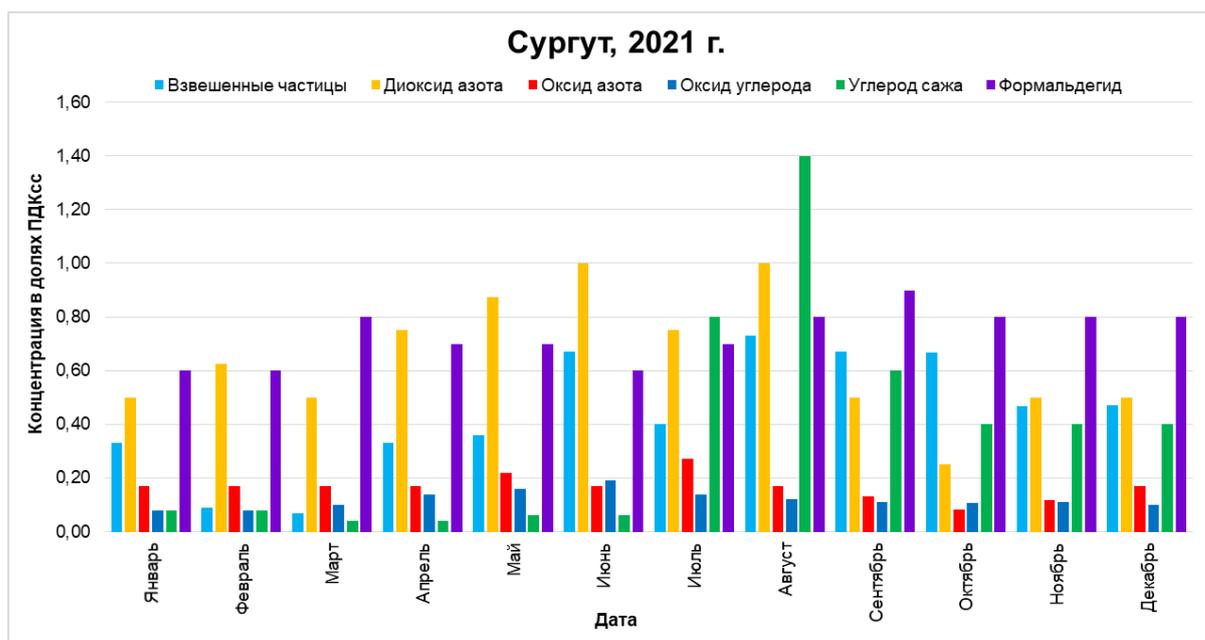


Рисунок 5.1.1.1 – Концентрации загрязняющих веществ в 2021 г. в Сургуте

В Сургуте в 2021 г. концентрация $PM_{2,5}$ менялась в диапазоне 0.1 – 0.7 долей ПДК_{сс}. Минимальные значения наблюдались в начале года. Максимумы отмечались летом и осенью.

Концентрация NO_2 варьировалась от 0 до 1.0 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на конец года, а максимальные значения наблюдались в летнее время.

Для концентраций NO ситуация обстоит так: наибольшие значения примесей наблюдались летом, а наименьшие же осенью. Значения менялись в диапазоне 0.1 - 0.3.

Концентрация CO варьировалась от 0.1 до 0.02 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на холодный период года, а максимумы наблюдались в теплый период года.

На протяжении первой половины года углерод сажа имеет минимальные значения (0.1 долей ПДК_{сс}), с июля значения концентраций наивысшие (от 0.4 до 1.4 долей ПДК_{сс}). В августе значения превышают ПДК_{сс}.

Формальдегид на протяжении всего года имеет повышенные значения от 0.6 до 0.9 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было отмечено.

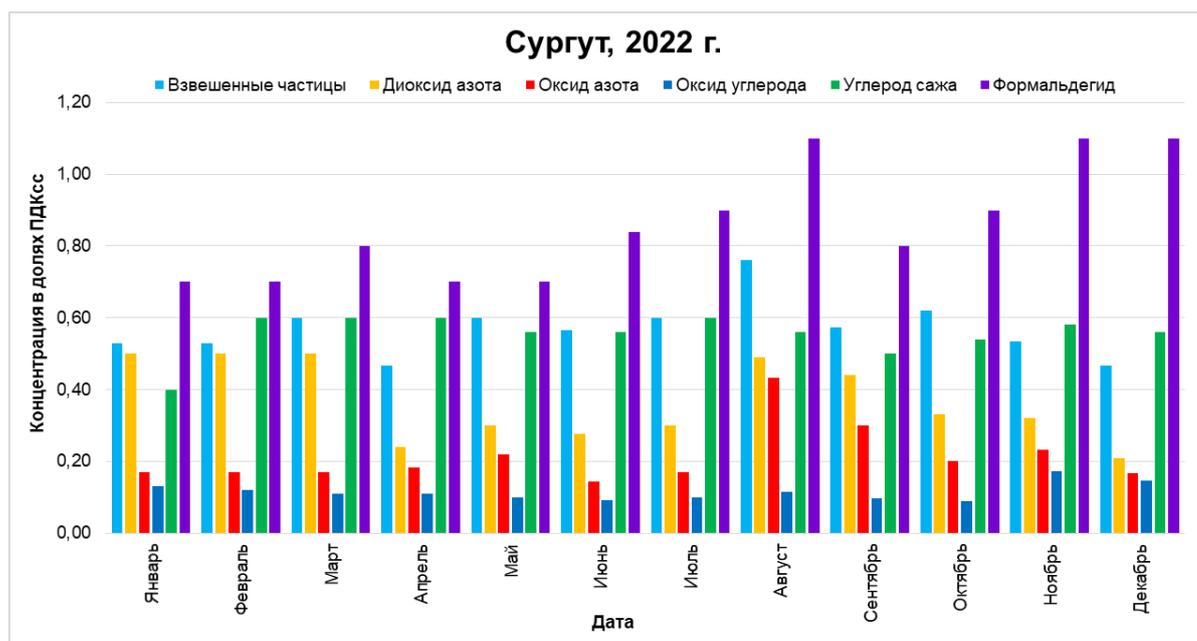


Рисунок 5.1.1.2 – Концентрации загрязняющих веществ в 2022 г. в Сургуте

В Сургуте в 2022 г. концентрация $PM_{2,5}$ менялась в диапазоне 0.5 – 0.8 долей ПДК_{сс}. Максимальные значения наблюдались в августе. Минимум отмечался в апреле.

Концентрация NO_2 варьировалась от 0.2 до 0.5 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на апрель и декабрь, а максимальные значения наблюдались в начале года.

Для концентраций NO ситуация обстоит так: наибольшие значения примесей наблюдались в августе - сентябре, а наименьшие же в январе - апреле. Значения менялись в диапазоне 0.1 - 0.4.

Концентрация CO варьировалась от 0.1 до 0.2 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на теплый период года, а максимумы наблюдались в холодный период года.

На протяжении первой всего года значения концентраций углерод сажи варьировались от 0.4 до 0.6 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было.

Формальдегид на протяжении всего года имеет значения от 0.7 до 1.1 долей ПДК_{сс}. Превышение ПДК_{сс} было отмечено в августе ноябре и декабре.

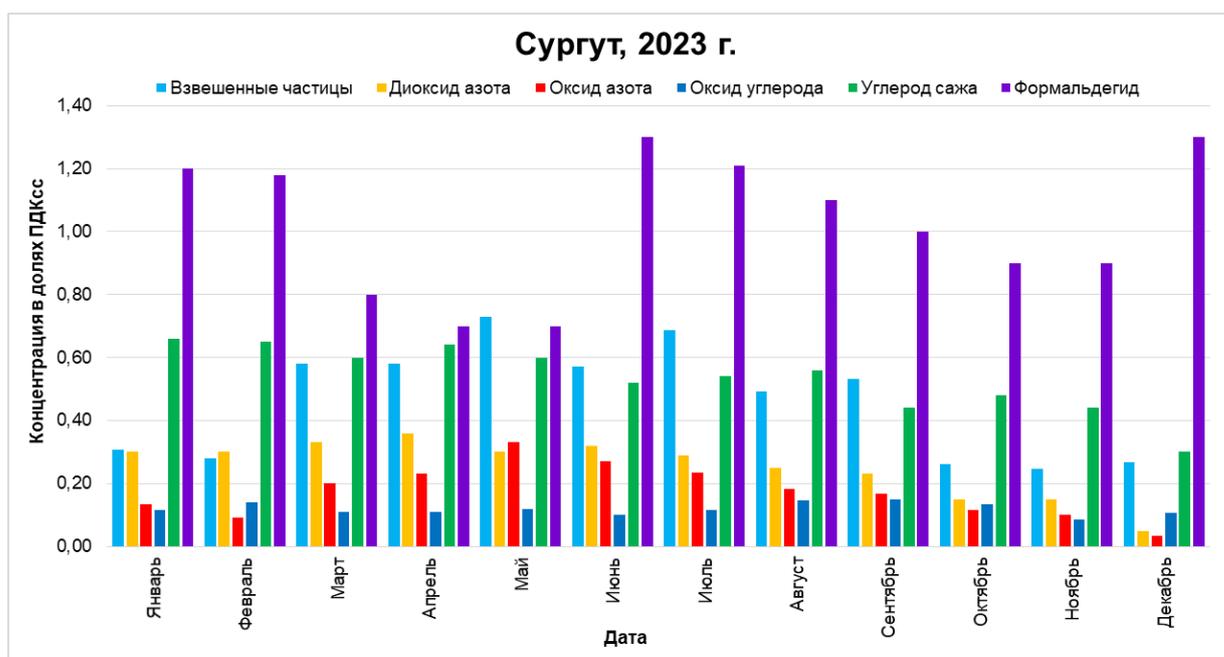


Рисунок 5.1.1.3 – Концентрации загрязняющих веществ в 2023 г. в Сургуте

В Сургуте в 2023 г. концентрация $PM_{2,5}$ менялась в диапазоне 0.3 – 0.7 долей ПДК_{сс}. Максимальные значения наблюдались весной - летом. Минимумы отмечались осенью.

Концентрация NO_2 варьировалась от 0.05 до 0.4 долей ПДК_{сс}. Минимум приходился на декабрь, а максимальные значения наблюдались весной.

Для концентраций NO ситуация обстоит так: наибольшие значения примесей наблюдались весной, а наименьшие же в ноябре - декабре. Значения менялись в диапазоне 0.05 - 0.4.

Концентрация CO варьировалась от 0.1 до 0.2 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на теплый период года, а максимумы наблюдались в холодный период года.

На протяжении первой всего года значения концентраций углерод сажи варьировались от 0.3 до 0.7 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было.

Формальдегид на протяжении всего года имеет значения от 0.7 до 1.4 долей ПДК_{сс}. Превышения ПДК_{сс} были отмечены в январе, феврале, июне, июле, августе и декабре.

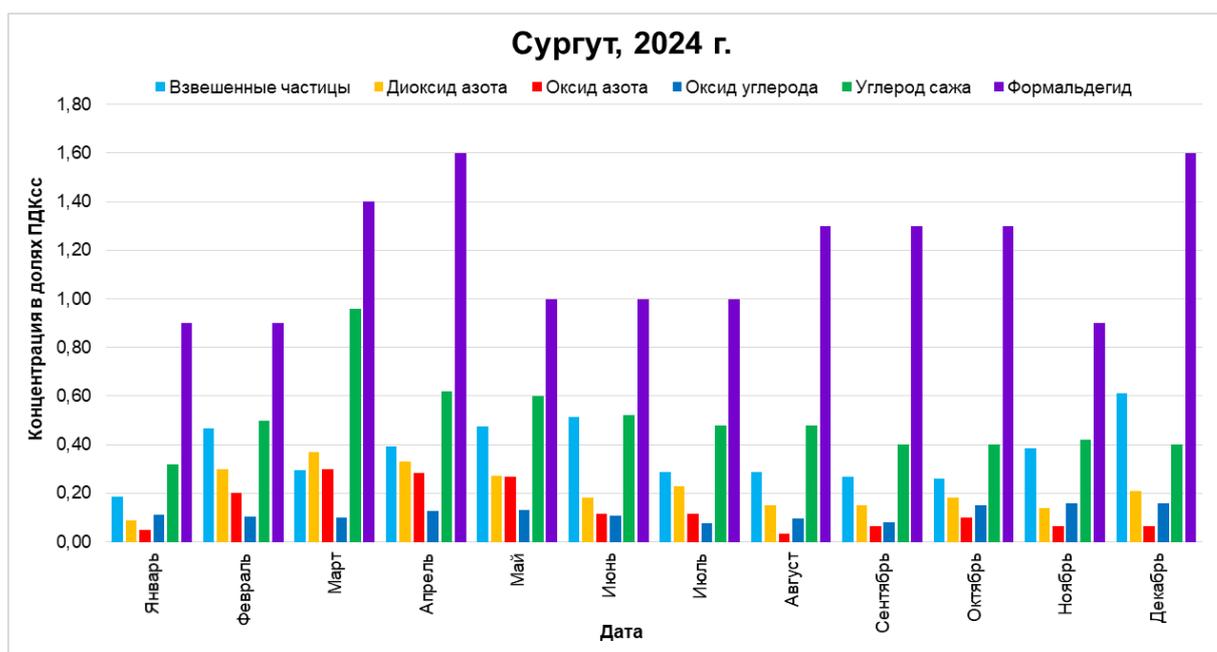


Рисунок 5.1.1.4 – Концентрации загрязняющих веществ в 2024 г. в Сургуте

В Сургуте в 2024 г. концентрация $PM_{2,5}$ менялась в диапазоне 0.2 – 0.6 долей ПДК_{сс}. Максимальные значения наблюдались весной. Минимумы отмечались в январе.

Концентрация NO_2 варьировалась от 0.05 до 0.4 долей ПДК_{сс}. Минимум приходился на январь, а максимальные значения наблюдались весной.

Для концентраций NO ситуация обстоит так: наибольшие значения примесей наблюдались весной, а наименьшие же осенью. Значения менялись в диапазоне 0.05 - 0.3.

Концентрация CO варьировалась от 0.05 до 0.2 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на теплый период года, а максимумы наблюдались в холодный период года.

На протяжении первой всего года значения концентраций углерод сажи варьировались от 0.4 до 0.9 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было.

Формальдегид на протяжении всего года имеет значения от 0.9 до 1.6 долей ПДК_{сс}. Превышения ПДК_{сс} были отмечены в марте, апреле, июне, августе, сентябре, октябре и декабре.

Выводы

Проанализировав графики концентраций загрязняющих веществ в г.Сургут за многолетний период, можно сделать вывод, что наибольшее загрязнение по загрязняющим веществам отмечено в 2024 году. В этот год отмечались рекордные значения концентраций формальдегида, превышающих ПДК (1.6 долей ПДК_{сс}). В 2022-2023 гг. значения формальдегида также были на высоком уровне с превышением предельно-допустимых концентраций. В 2021 году (август) высокие значения концентраций также отмечены по углероду и диоксиду азота. При этом загрязнение по углероду превышало ПДК_{сс}, по диоксиду азота – не превышало ПДК_{сс}.

По остальным загрязняющим веществам превышения установленных нормативов качества атмосферного воздуха по всем рассматриваемым годам (2021-2024 гг.) – отсутствовали и находились в пределах нормы.

5.1.2 Характеристика состояния атмосферного воздуха г.Нефтеюганск

На рисунках 5.1.2.1 – 5.1.2.4 представлены графики годового распределения загрязняющих веществ за 2021 - 2024 гг. по Нефтеюганску.

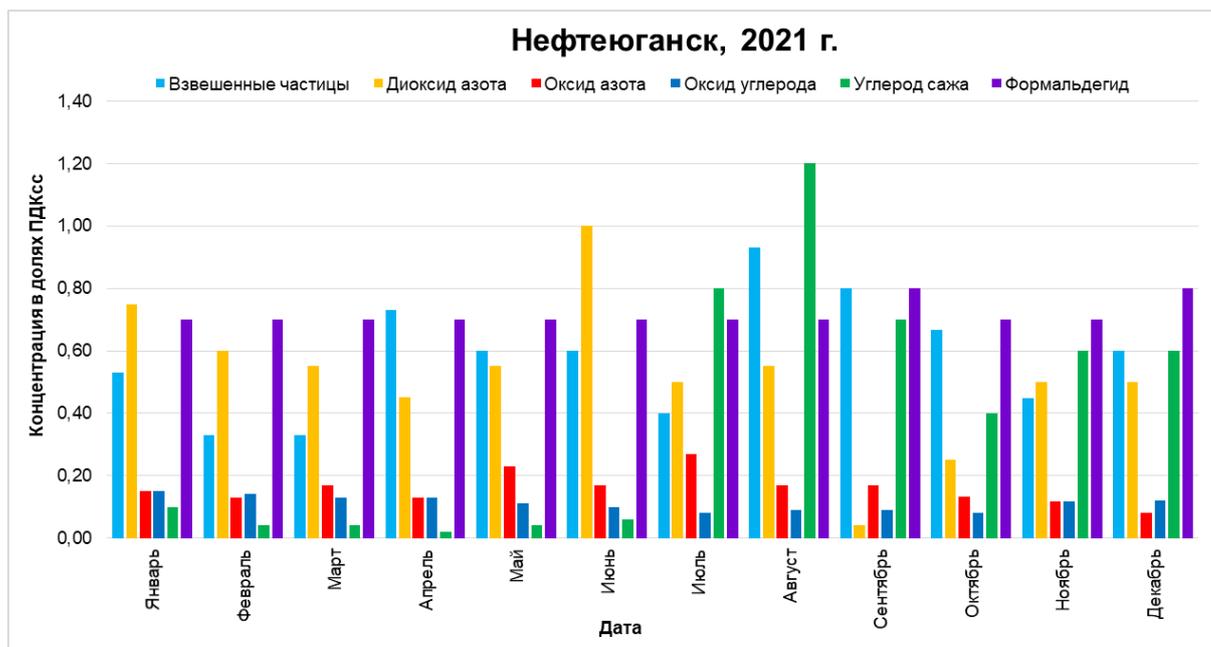


Рисунок 5.1.2.1 – Концентрации загрязняющих веществ в 2021 г. в Нефтеюганске

В Нефтеюганске в 2021 г. концентрация $PM_{2,5}$ менялась в пределах от 0.3 до 0.9 долей ПДК_{сс}. Максимальные значения приходились на летние месяцы, а минимумы наблюдались в феврале и марте.

Концентрация NO_2 варьировалась от 0.2 до 1.0 долей ПДК_{сс}. Наибольшие значения зафиксированы в июне, а минимальные осенью.

Для концентраций NO наблюдалась следующая картина: значения менялись от 0.1 до 0.3 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на осень и зиму, а максимальные значения на весну и лето.

Концентрации CO оставались относительно стабильными и находились в диапазоне от 0.1 до 0.2 долей ПДК_{сс}. Минимумы отмечены летом, а максимумы в холодное время года.

На протяжении первой всего года значения концентраций углерод сажи варьировались от 0.1 до 1.2 долей ПДК_{сс}. Превышение ПДК_{сс} было отмечено в августе.

Формальдегид на протяжении всего года имеет значения от 0.7 до 0.8 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было отмечено.

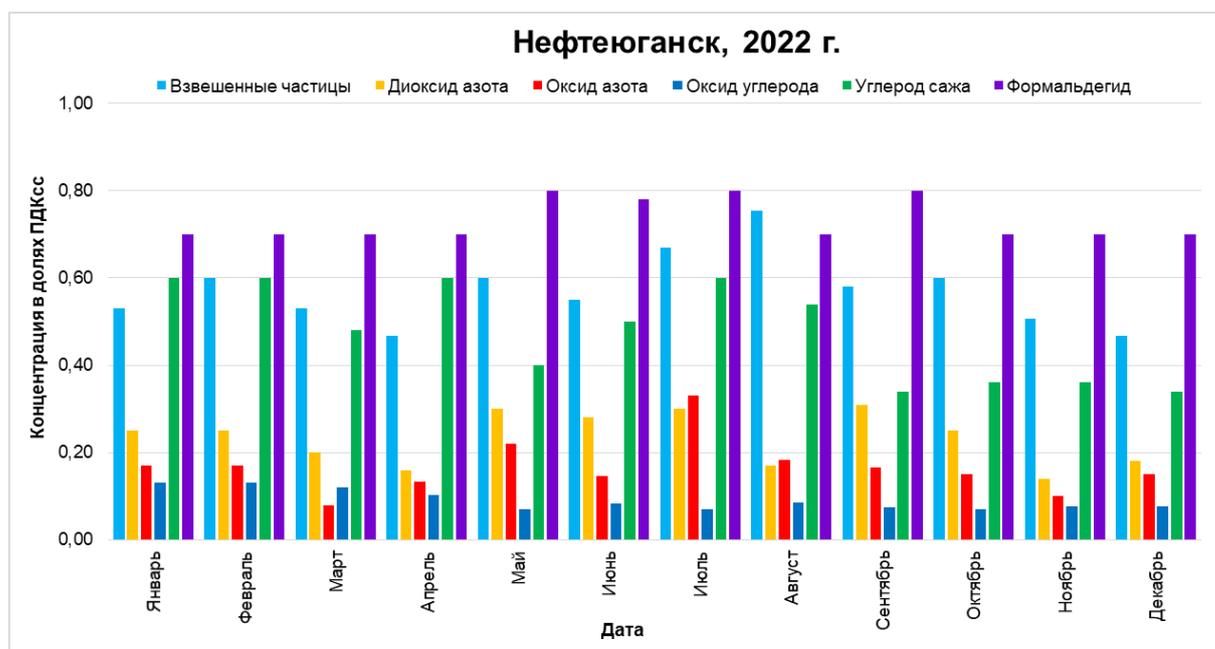


Рисунок 5.1.2.2 – Концентрации загрязняющих веществ в 2022 г. в Нефтеюганске

В Нефтеюганске в 2022 г. концентрация $PM_{2,5}$ менялась в диапазоне 0.5 – 0.8 долей ПДК_{сс}. Максимальные значения наблюдались в июле и августе. Минимумы отмечались в апреле.

Концентрация NO_2 варьировалась от 0.1 до 0.3 долей ПДК_{сс}. Минимум приходился на март, а максимальные значения наблюдались в июне.

Для концентраций NO ситуация обстоит так: наибольшие значения примесей наблюдались летом, а наименьшие же осенью и зимой. Значения менялись в диапазоне 0.1 - 0.3.

Концентрация CO варьировалась от 0.05 до 0.2 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на теплый период года, а максимумы наблюдались в холодный период года.

На протяжении всего года значения концентраций углерод сажи варьировались от 0.3 до 0.6 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было.

Формальдегид на протяжении всего года имеет значения от 0.6 до 0.8 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было.

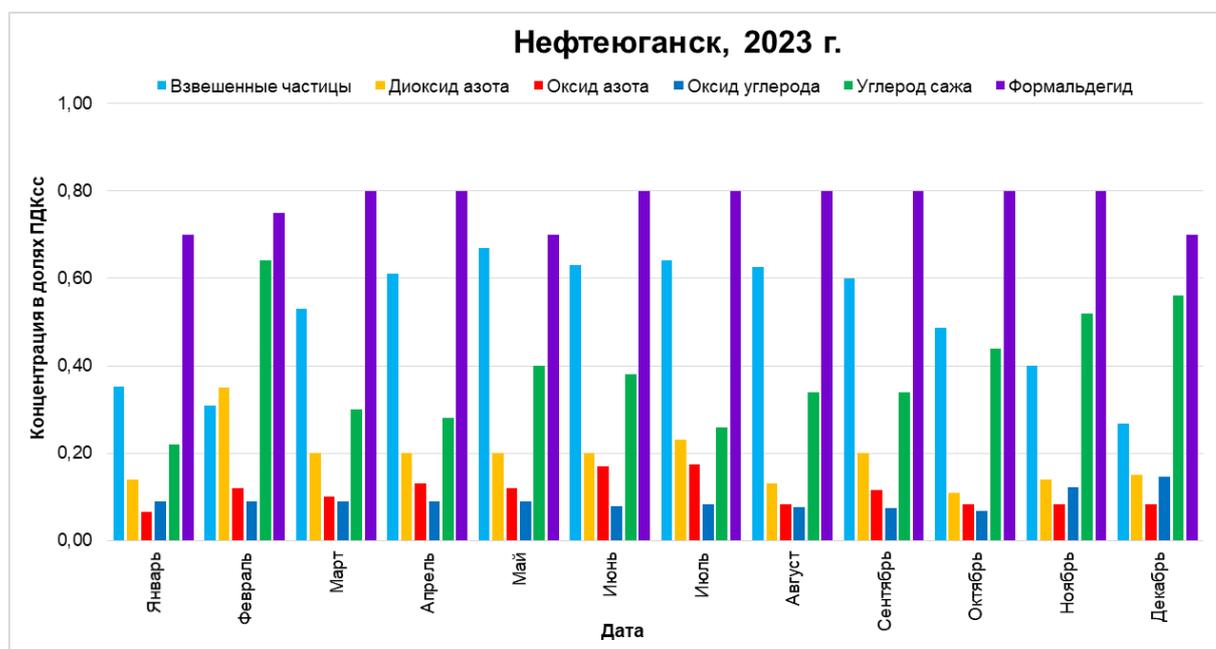


Рисунок 5.1.2.3 – Концентрации загрязняющих веществ в 2023 г. в Нефтеюганске

В Нефтеюганске в 2023 г. концентрация $PM_{2,5}$ менялась в диапазоне 0.3 – 0.7 долей ПДК_{сс}. Максимальные значения наблюдались летом. Минимумы отмечались в январе.

Концентрация NO_2 варьировалась от 0.1 до 0.4 долей ПДК_{сс}. Минимум приходился на ноябрь, а максимальные значения наблюдались в феврале.

Для концентраций NO ситуация обстоит так: наибольшие значения примесей наблюдались весной и летом, а наименьшие же осенью. Значения менялись в диапазоне 0.05 - 0.2.

Концентрация CO варьировалась от 0.05 до 0.2 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на теплый период года, а максимумы наблюдались в холодный период года.

На протяжении всего года значения концентраций углерод сажи варьировались от 0.2 до 0.6 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было.

Формальдегид на протяжении всего года имеет значения от 0.7 до 0.8 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было отмечено.

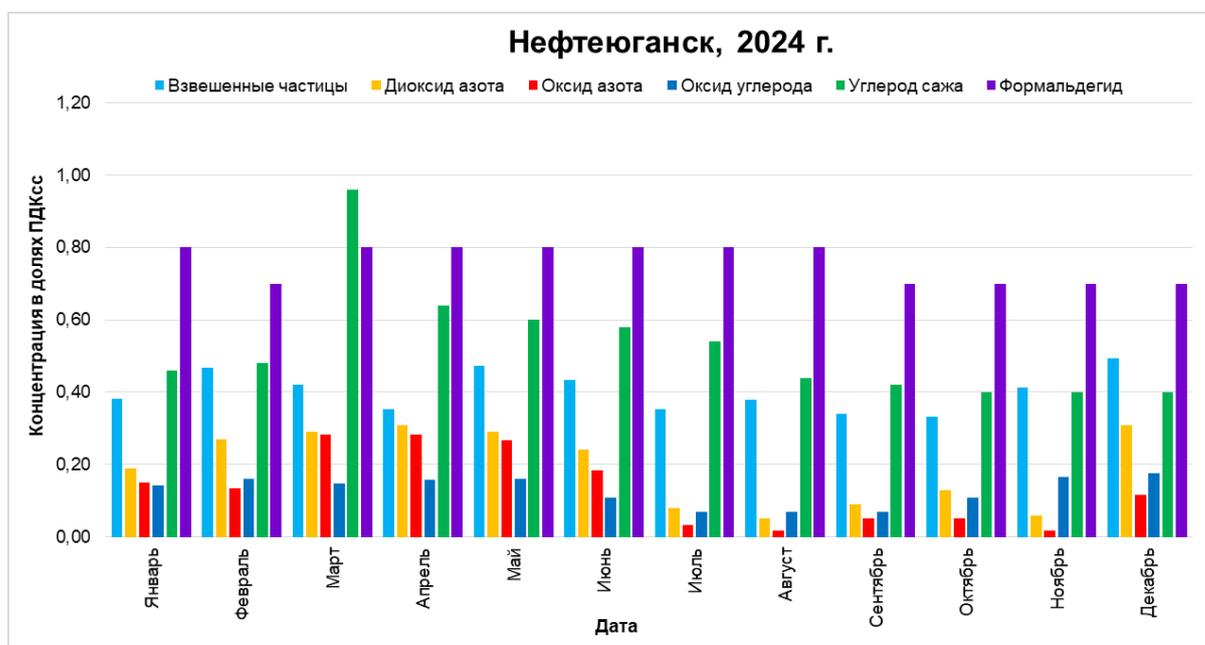


Рисунок 5.1.2.4 – Концентрации загрязняющих веществ в 2024 г. в Нефтеюганске

В Нефтеюганске в 2024 г. концентрация PM_{2,5} менялась в диапазоне 0.3 – 0.5 долей ПДК_{сс}. Максимальные значения наблюдались зимой и весной. Минимумы отмечались в августе.

Концентрация NO₂ варьировалась от 0.05 до 0.3 долей ПДК_{сс}. Минимум приходился на июль, а максимальные значения наблюдались в марте.

Для концентраций NO ситуация обстоит так: наибольшие значения примесей наблюдались весной, а наименьшие же летом. Значения менялись в диапазоне 0.05 - 0.3.

Концентрация CO варьировалась от 0.05 до 0.2 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на теплый период года, а максимумы наблюдались в холодный период года.

На протяжении всего года значения концентраций углерод сажи варьировались от 0.4 до 0.9 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было.

Формальдегид на протяжении всего года имеет значения от 0.7 до 0.8 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было отмечено.

Выводы

По результатам анализа динамики концентраций загрязняющих веществ в г. Нефтеюганск за многолетний период, можно сделать вывод, что наиболее загрязнённым был 2021 год. В этот год отмечались рекордные значения концентраций по углероду (саже), превышающие ПДК (1.2 долей ПДК_{сс}). Также в 2021 г. отмечены высокие концентрации по диоксиду азота и взвешенным веществам, однако их концентрации не превышали предельно-допустимые концентрации.

В 2022 - 2024 гг. отмечены высокие концентрации по формальдегиду, углероду (саже) и взвешенным веществам, но без превышений ПДК_{сс}.

Таким образом за период 2021–2024 гг. в Нефтеюганске наибольшие проблемы по качеству атмосферного воздуха были связаны с высокими концентрациями углерода (сажа), формальдегида, взвешенных веществ и диоксида азота.

5.1.3 Характеристика состояния атмосферного воздуха г. Нижневартовск

На рисунках 5.1.3.1 – 5.1.3.4 представлены графики годового распределения загрязняющих веществ за 2021 - 2024 гг. по Нижневартовску.

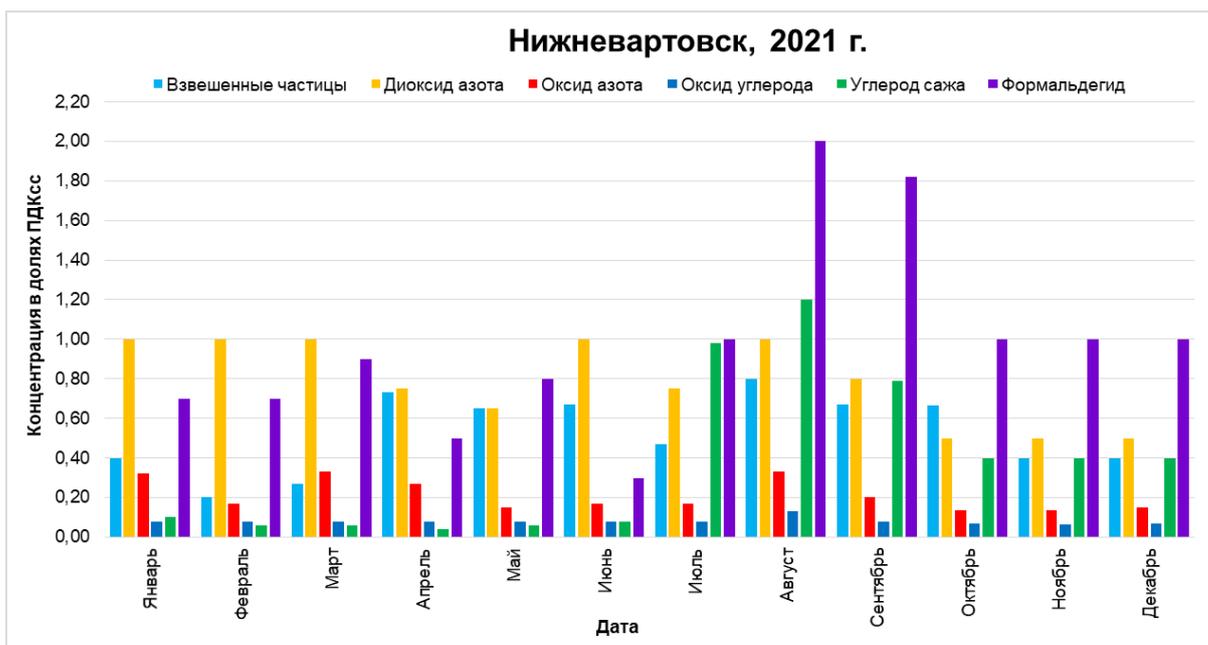


Рисунок 5.1.3.1 – Концентрации загрязняющих веществ в 2021 г. в Нижневартовске

В Нижневартовске в 2021 г. концентрация $PM_{2,5}$ менялась в диапазоне 0.2 – 0.8 долей ПДК_{сс}. Максимальные значения наблюдались в летний период. Минимумы отмечались в апреле.

Концентрация NO_2 варьировалась от 0.2 до 0.4 долей ПДК_{сс}. Минимум приходился на весенний период, а максимальные значения наблюдались зимой и летом.

Для концентраций NO ситуация обстоит так: наибольшие значения примесей наблюдались в начале и середине года, а наименьшие же осенью. Значения менялись в диапазоне 0.05 – 0.3.

Концентрация CO варьировалась от 0.05 до 0.2 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на весенний и осенний периоды, а максимумы наблюдались зимой.

На протяжении всего года значения концентраций углерод сажи варьировались от 0.1 до 1.2 долей ПДК_{сс}. Превышение ПДК_{сс} было в августе.

Формальдегид на протяжении всего года имеет значения от 0.3 до 2.0 долей ПДК_{сс}. Превышения ПДК_{сс} были отмечены в августе и сентябре.

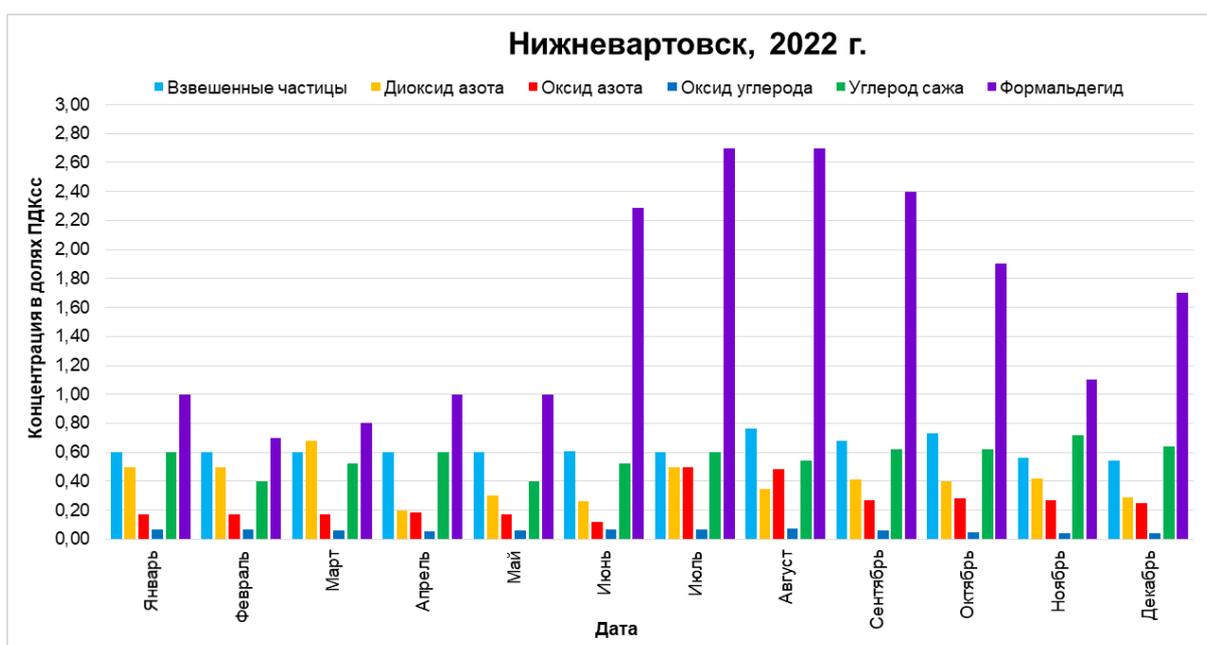


Рисунок 5.1.3.2 – Концентрации загрязняющих веществ в 2022 г. в Нижневартовске

В Нижневартовске в 2022 г. концентрация $PM_{2,5}$ менялась в диапазоне 0.5 – 0.8 долей ПДК_{сс}. Максимальные значения наблюдались в летний период. Минимумы отмечались в конце года.

Концентрация NO_2 варьировалась от 0.2 до 0.7 долей ПДК_{сс}. Минимум приходился на весенний период, а максимальные значения наблюдались летом.

Для концентраций NO ситуация обстоит так: наибольшие значения примесей наблюдались летом, а наименьшие — весной. Значения менялись в диапазоне 0.1 – 0.4.

Концентрация CO варьировалась от 0.1 до 0.2 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на весенний период, а максимумы наблюдались летом.

На протяжении всего года значения концентраций углерод сажи варьировались от 0.4 до 0.8 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было.

Формальдегид на протяжении всего года имеет значения от 0.6 до 2.6 долей ПДК_{сс}. Превышения ПДК_{сс} были отмечены в июне, июле, августе, сентябре, октябре, ноябре и декабре.

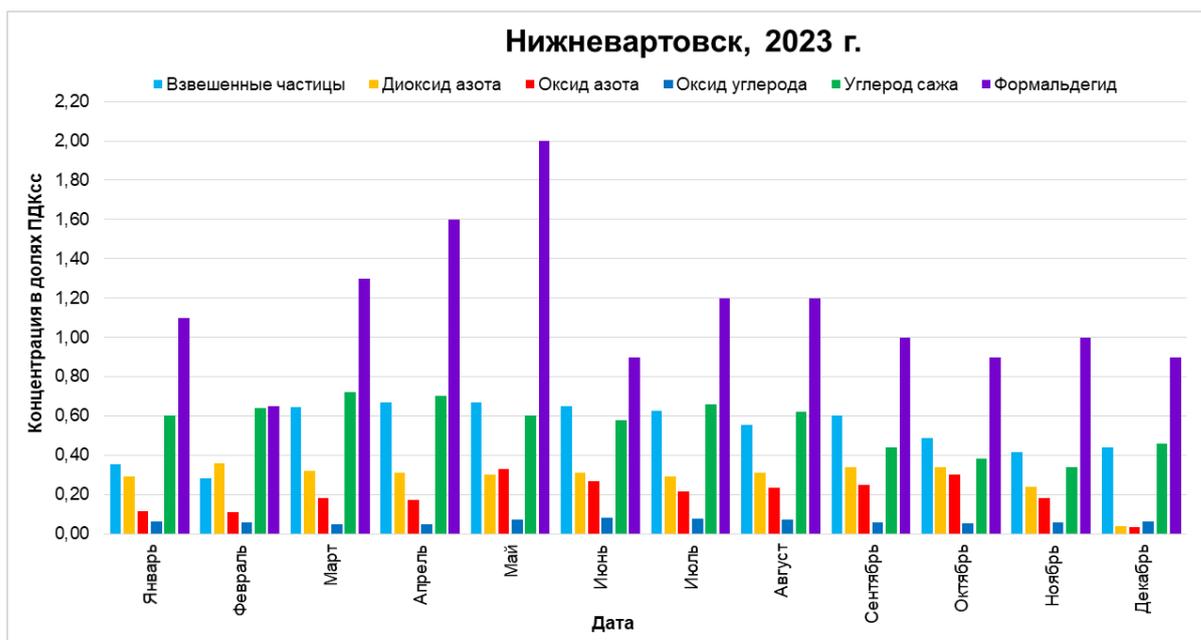


Рисунок 5.1.3.3 – Концентрации загрязняющих веществ в 2023 г. в Нижневартовске

В Нижневартовске в 2023 г. концентрация $PM_{2,5}$ менялась в диапазоне 0.3 – 0.7 долей ПДК_{сс}. Максимальные значения наблюдались летом. Минимумы отмечались в феврале.

Концентрация NO_2 варьировалась от 0.2 до 0.4 долей ПДК_{сс}. Минимум приходился на зимний период, а максимальные значения наблюдались в июле.

Для концентраций NO ситуация обстоит так: наибольшие значения примесей наблюдались летом, а наименьшие — в декабре. Значения менялись в диапазоне 0.1 – 0.4.

Концентрация CO варьировалась от 0.1 до 0.2 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на февраль, а максимумы наблюдались в летний период.

На протяжении всего года значения концентраций углерод сажи варьировались от 0.4 до 0.7 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было.

Формальдегид на протяжении всего года имеет значения от 0.9 до 2.0 долей ПДК_{сс}. Превышения ПДК_{сс} были отмечены в марте, апреле, мае, июне, августе, сентябре и декабре.

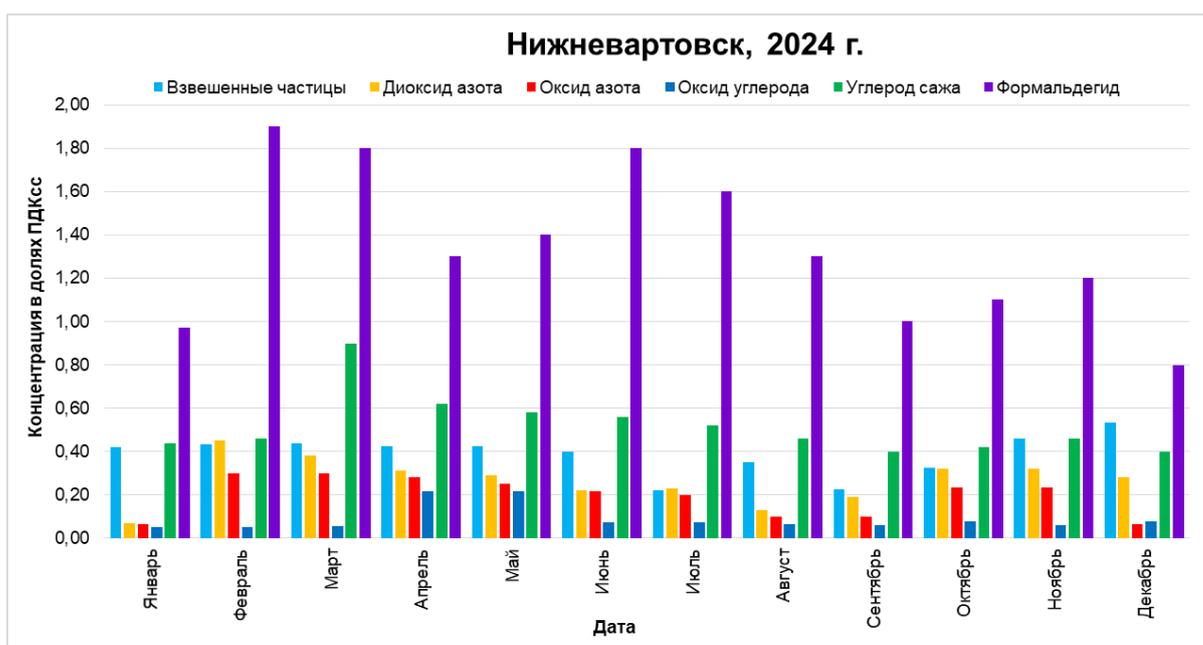


Рисунок 5.1.3.4 – Концентрации загрязняющих веществ в 2024 г. в Нижневартовске

В Нижневартовске в 2024 г. концентрация $PM_{2,5}$ менялась в диапазоне 0.3 – 0.5 долей ПДК_{сс}. Максимальные значения наблюдались в ноябре и декабре. Минимумы отмечались в августе и сентябре.

Концентрация NO_2 варьировалась от 0.1 до 0.4 долей ПДК_{сс}. Минимум приходился на лето, а максимальные значения наблюдались весной и осенью.

Для концентраций NO ситуация обстоит так: наибольшие значения примесей наблюдались весной и летом, а наименьшие зимой. Значения менялись в диапазоне 0.1 – 0.3.

Концентрация CO варьировалась от 0.1 до 0.2 долей ПДК_{сс}. Минимумы приходились на осень и зиму, а максимумы наблюдались в весенний период.

На протяжении всего года значения концентраций углерод сажи варьировались от 0.4 до 0.7 долей ПДК_{сс}. Превышений ПДК_{сс} не было.

Формальдегид на протяжении всего года имеет значения от 0.8 до 1.9 долей ПДК_{сс}. Превышения ПДК_{сс} были отмечены большую часть года, начиная от февраля.

Выводы

Проанализировав графики концентраций загрязняющих веществ в г. Нижневартовск за периоды 2021 – 2024 гг., можно сделать вывод, что наиболее загрязнённым стал 2022 год. В этот период были зафиксированы наивысшие значения концентраций, превышающих ПДК_{сс} - вплоть до 2,7 долей ПДК_{сс}, в основном за счёт формальдегида. Также наблюдались значительные уровни других загрязнителей, в том числе взвешенных веществ и диоксида азота.

В 2021 году основным загрязняющим веществом стал углерод сажа, его концентрации в отдельные месяцы превышали 1 долю ПДК_{сс}, что указывает на значительное влияние данного вещества на атмосферный воздух.

В 2023 году сохранялась повышенная концентрация формальдегида, особенно весной и летом, значения доходили до 2,0 долей ПДК_{сс}. При этом углерод сажа и взвешенные частицы также имели тенденцию на рост.

В 2024 году ситуация несколько стабилизировалась по сравнению с предыдущими годами, однако формальдегид по-прежнему сохранял высокие значения среди загрязняющих веществ, превышая ПДК_{сс}.

Таким образом за период 2021–2024 гг. в г. Нижневартовске наибольшие проблемы качества атмосферного воздуха были связаны с высокими концентрациями формальдегида, углерода (сажа), взвешенных веществ и диоксида азота.

5.2 Построение корреляционных матриц и анализ значимости коэффициентов

Цель *корреляционного анализа* заключается в статистической проверке предположений о взаимосвязях между исследуемыми параметрами. Для этого применяются коэффициенты корреляции, которые численно выражают степень совместного изменения двух величин.

В данном исследовании корреляционные матрицы были сформированы на основе исходных данных, включающих концентрации загрязняющих примесей и метеорологические показатели: температуру воздуха, относительную влажность, скорость и направление ветра. Главным этапом анализа стала оценка статистической значимости полученных коэффициентов корреляции. Их практический смысл, а именно сила связи между уровнями загрязнения и метеоусловиями, интерпретировалась в соответствии с общепринятыми критериями, представленными в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1 – Интерпретация силы связи корреляции

Значение коэффициента корреляции $ r $	Интерпретация
до 0,2	очень слабая корреляция
до 0,5	слабая корреляция
до 0,7	средняя корреляция
до 0,9	высокая корреляция
свыше 0,9	очень высокая корреляция

В таблицах 5.2.2 – 5.2.13 представлены значения коэффициентов корреляции за период 2021 – 2024 гг. в трех исследуемых городах, между метеорологическими параметрами и концентрациями загрязняющих веществ (ЗВ), значимые коэффициенты при уровне значимости 0,05 выделены красным цветом.

Левый столбец обозначает метеопараметры: температура, влажность воздуха, скорость ветра, направление ветра. Верхняя строка обозначает загрязняющие вещества.

Таблица 5.2.2 – Корреляционная матрица за 2021 год в г.Сургут

Сургут, 2021 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	0,59	0,60	0,27	0,77	0,50	0,23
Влажность	0,09	-0,73	-0,56	-0,64	0,31	0,67
Скор. Ветра	0,24	-0,16	-0,21	0,46	-0,18	0,36
Напр. Ветра	0,24	0,31	-0,07	-0,08	0,46	-0,19

В таблице 5.2.2 представлена корреляционная матрица с 8 значимыми коэффициентами корреляции, значения которых меняются в диапазоне от 0.50 до 0.77. Сила связи от средней до высокой. В этом поле 33% значимых коэффициентов.

У всех значимых коэффициентов значения положительные, кроме пар загрязняющих веществ со влажностью, что означает, что при уменьшении этих метеопараметров, концентрации увеличиваются. Соответственно, при увеличении температуры концентрации загрязняющих веществ увеличиваются. У формальдегида и влажности сила связи положительная, что можно объяснить тем, что он является вторичным загрязнителем, образующийся в результате сложных фотохимических реакций, он может образовываться во влажной среде, а также не так эффективно вымываться, как другие вещества.

За 2021 год основными метеопараметрами, оказывающими влияние на концентрации, оказались температура воздуха и влажность.

Таблица 5.2.3 – Корреляционная матрица за 2022 год в г.Сургут

Сургут, 2022 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	0,63	-0,14	0,39	-0,70	0,16	-0,02
Влажность	-0,24	0,25	-0,07	0,55	-0,42	0,33
Скор. Ветра	0,15	0,19	-0,23	-0,38	0,22	-0,50
Напр. Ветра	0,45	-0,02	0,29	-0,14	0,23	0,44

В таблице 5.2.3 представлена корреляционная матрица с 4 значимыми коэффициентами корреляции, значения которых меняются в диапазоне от 0.50 до 0.70. Сила связи от средней до высокой. В этом поле 17% значимых коэффициентов.

Между взвешенными частицами и температурой средняя положительная связь, что означает, что при увеличении этого метеопараметра, концентрация увеличивается, вероятно с повышением температуры растет перенос пыли с

земли. Далее, при уменьшении температуры концентрации оксида углерода увеличиваются. У формальдегида и скорости ветра сила связи средняя отрицательная, что можно объяснить тем, что турбулентное перемешивание позволяет быстрее растворяться веществам в атмосфере и чем выше скорость, тем сильнее идет процесс рассеивания.

За 2022 год основными метеопараметрами, оказывающими влияние на концентрации, оказались температура воздуха и влажность.

Таблица 5.2.4 – Корреляционная матрица за 2023 год в г.Сургут

Сургут, 2023 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	0,69	0,27	0,68	0,26	0,01	-0,03
Влажность	-0,87	-0,49	-0,91	0,03	-0,25	0,21
Скор. Ветра	0,04	0,24	0,14	-0,50	0,22	-0,40
Напр. Ветра	0,72	0,64	0,76	0,47	0,59	-0,34

В таблице 5.2.4 представлена корреляционная матрица с 8 значимыми коэффициентами корреляции, значения которых меняются в диапазоне от 0.59 до 0.91. Сила связи от средней до очень высокой. В этом поле 33% значимых коэффициентов.

У всех значимых коэффициентов значения положительные, кроме пар загрязняющих веществ со влажностью, что означает, что при уменьшении этих метеопараметров, концентрации увеличиваются. Соответственно, при увеличении температуры концентрации загрязняющих веществ увеличиваются. Между загрязняющими веществами и направлением ветра сила связи высокая положительная, что можно объяснить наличием близлежащих промышленных предприятий.

За 2023 год основными метеопараметрами, оказывающими влияние на концентрации, оказались температура воздуха, влажность и направление ветра.

Таблица 5.2.5 – Корреляционная матрица за 2024 год в г.Сургут

Сургут, 2024 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	-0,05	-0,19	-0,23	-0,41	-0,07	0,01
Влажность	-0,07	-0,23	-0,41	0,41	-0,23	0,34
Скор. Ветра	0,40	0,00	0,09	0,61	-0,14	-0,05
Напр. Ветра	0,20	0,07	0,23	0,21	0,27	0,27

В таблице 5.2.5 представлена корреляционная матрица с 1 значимым коэффициентом корреляции, значение которого составляет 0.61. Сила связи средняя.

Между скоростью ветра и оксидом углерода положительная связь. Соответственно, при увеличении этого метеопараметра концентрация увеличивается. Обычно при увеличении скорости ветра концентрации падают, но в данном случае они растут, это можно объяснить тем, что ветер может приносить дым с высоким содержанием СО, если в округе были пожары, например, горел торф или лес.

В целом, за 2024 год можно сказать, что метеопараметры особо не оказывали влияния на загрязняющие вещества.

Таблица 5.2.6 – Корреляционная матрица за 2021 год в г.Нефтеюганск

Нефтеюганск, 2021 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	0,51	-0,12	0,63	-0,82	0,41	-0,10
Влажность	-0,08	-0,68	-0,39	-0,16	0,46	0,30
Скор. Ветра	0,16	-0,37	0,05	-0,40	-0,11	-0,02
Напр. Ветра	0,08	0,51	-0,25	-0,02	0,39	-0,17

В таблице 5.2.6 представлена корреляционная матрица с 5 значимыми коэффициентами корреляции, значения которых меняются в диапазоне от 0.51 до 0.82. Сила связи от средней до высокой. В этом поле 21% значимых коэффициентов.

Между взвешенными частицами и температурой средняя положительная связь, что означает, что при увеличении этого метеопараметра, концентрация

увеличивается. Аналогично с оксидом азота. Высокая обратная связь заметна между диоксидом азота и влажностью, то есть при увеличении влажности уменьшаются концентрации, что можно объяснить тем, что осадки положительно сказываются на вымывании вредных примесей.

В 2021 г. основным метеопараметром, оказавшим влияние на концентрации загрязняющих веществ в воздухе, оказалась температура воздуха.

Таблица 5.2.7 – Корреляционная матрица за 2022 год в г.Нефтеюганск

Нефтеюганск, 2022 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	0,69	0,49	0,60	-0,56	0,13	0,69
Влажность	-0,29	-0,29	-0,49	0,24	-0,30	-0,57
Скор. Ветра	-0,09	0,06	-0,40	0,34	0,11	-0,06
Напр. Ветра	0,45	-0,06	0,32	-0,21	0,34	0,21

В таблице 5.2.7 представлена корреляционная матрица с 5 значимыми коэффициентами корреляции, значения которых меняются в диапазоне от 0.56 до 0.69. Сила связи средняя. В этом поле 21% значимых коэффициентов.

Между взвешенными частицами и температурой положительная связь, что означает, что при увеличении этого метеопараметра, концентрация увеличивается. Аналогично с оксидом азота и формальдегидом. Отрицательная связь заметна между формальдегидом и влажностью, то есть при увеличении влажности уменьшаются концентрации, что можно объяснить тем, что осадки положительно сказываются на вымывании вредных примесей.

За 2022 год основным метеопараметром, оказывающим влияние на концентрации, оказалась температура воздуха.

Таблица 5.2.8 – Корреляционная матрица за 2023 год в г.Нефтеюганск

Нефтеюганск, 2023 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	0,87	-0,03	0,60	-0,61	-0,38	0,51
Влажность	-0,79	-0,13	-0,65	0,32	0,37	0,05
Скор. Ветра	0,04	-0,28	-0,11	0,11	-0,27	0,15
Напр. Ветра	0,78	0,16	0,36	-0,61	-0,42	0,11

В таблице 5.2.8 представлена корреляционная матрица с 8 значимыми коэффициентами корреляции, значения которых меняются в диапазоне от 0.51 до 0.87. Сила связи от средней до высокой. В этом поле 33% значимых коэффициентов.

Между взвешенными частицами и температурой высокая положительная связь, что означает, что при увеличении этого метеопараметра, концентрация увеличивается. Аналогично с оксидом азота и формальдегидом. Отрицательная связь заметна между взвешенными частицами и влажностью, то есть при увеличении влажности уменьшаются концентрации, что можно объяснить тем, что осадки положительно сказываются на вымывании вредных примесей. Аналогично с оксидом азота. Направление ветра также имела высокую связь с некоторыми загрязняющими веществами, что можно объяснить наличием близлежащих промышленных предприятий.

За 2023 год основными метеопараметрами, оказывающими влияние на концентрации, оказались температура воздуха и влажность, а также направление ветра.

Таблица 5.2.9 – Корреляционная матрица за 2024 год в г.Нефтеюганск

Нефтеюганск, 2024 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	-0,35	-0,49	-0,35	-0,79	-0,10	0,26
Влажность	0,03	-0,23	-0,45	0,18	-0,37	-0,71
Скор. Ветра	0,33	0,12	0,05	0,57	-0,21	-0,50
Напр. Ветра	0,08	0,20	0,38	0,06	0,18	0,21

В таблице 5.2.9 представлена корреляционная матрица с 4 значимыми коэффициентами корреляции, значение которых варьируется от 0.50 до 0.79. Сила связи от средней до высокой.

Сильная отрицательная связь заметна между температурой и оксидом углерода, это означает что увеличение температуры способствует уменьшению вредных примесей, и наоборот. Обычно при увеличении скорости ветра концентрации падают, но в данном случае они растут, это можно объяснить тем,

что ветер может приносить дым с высоким содержанием CO, если в округе были пожары, например, горел торф или лес. Наблюдается высокая отрицательная связь между влажностью и формальдегидом, то есть осадки снижают содержание примесей в воздухе. Аналогично с температурой, если скорость ветра уменьшается, то рассеивание примесей усложняется, поэтому значения концентраций могут расти.

В целом, за 2024 год можно сказать, что основными метеопараметрами оказывающими влияние на загрязняющие вещества температура и скорость ветра.

Таблица 5.2.10 – Корреляционная матрица за 2021 год в г.Нижневартовск

Нижневартовск 2021 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	0,76	-0,02	-0,11	0,41	0,53	0,31
Влажность	-0,25	-0,34	-0,12	-0,09	0,51	0,60
Скор. Ветра	-0,02	-0,82	-0,57	-0,69	-0,28	-0,22
Напр. Ветра	0,35	0,44	0,08	0,52	0,43	0,50

В таблице 5.2.10 представлена корреляционная матрица с 8 значимыми коэффициентами корреляции, значения которых меняются в диапазоне от 0.51 до 0.82. Сила связи от средней до высокой. В этом поле 33% значимых коэффициентов.

Сильная прямая связь между температурой и взвешенными частицами, это означает что увеличение температуры способствует увеличению вредных примесей. Аналогично с углерод сажей. Умеренная положительная связь прослеживается между этими же веществами и влажностью. Между скоростью ветра и тремя веществами (диоксид азота, оксид азота и оксид углерода) заметна высокая отрицательная связь, что означает, что при уменьшении скорости ветра будут увеличиваться концентрации. Справедливо, так как рассеивание примесей усложняется в безветренную погоду.

За 2021 год основными метеопараметрами, оказывающими влияние на концентрации, оказались температура воздуха и влажность, а также скорость ветра.

Таблица 5.2.11 – Корреляционная матрица за 2022 год в г.Нижневартовск

Нижневартовск 2022 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	0,52	-0,31	0,44	0,49	-0,24	0,69
Влажность	0,14	0,31	0,10	-0,14	0,45	0,13
Скор. Ветра	-0,11	0,23	-0,75	-0,01	-0,49	-0,69
Напр. Ветра	0,29	-0,02	0,54	0,50	0,12	0,70

В таблице 5.2.11 представлена корреляционная матрица с 7 значимыми коэффициентами корреляции, значения которых меняются в диапазоне от 0.50 до 0.75. Сила связи от средней до высокой. В этом поле 29% значимых коэффициентов.

Сильная прямая связь между температурой и формальдегидом, это означает что увеличение температуры способствует увеличению вредных примесей. Аналогично со взвешенными частицами. Сильная обратная зависимость прослеживается между скоростью ветра и оксидом азота. Аналогично с формальдегидом. Направление ветра также имела среднюю связь с некоторыми загрязняющими веществами, что можно объяснить наличием близлежащих промышленных предприятий.

За 2022 год основными метеопараметрами, оказывающими влияние на концентрации, оказались температура воздуха, а также скорость и направление ветра.

Таблица 5.2.12 – Корреляционная матрица за 2023 год в г.Нижневартовск

Нижневартовск 2023 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	0,68	0,40	0,79	0,63	0,10	0,26
Влажность	-0,73	-0,11	-0,53	-0,47	-0,46	-0,73
Скор. Ветра	-0,14	-0,35	-0,35	-0,58	-0,07	0,04
Напр. Ветра	0,49	0,54	0,63	0,38	0,51	0,61

В таблице 5.2.12 представлена корреляционная матрица с 11 значимыми коэффициентами корреляции, значения которых меняются в диапазоне от 0.51 до 0.79. Сила связи от средней до высокой. В этом поле 45% значимых коэффициентов.

Сильная прямая связь между температурой и оксидом азот, это означает что увеличение температуры способствует увеличению вредных примесей. Аналогично со взвешенными частицами и оксидом углерода. Сильная обратная зависимость прослеживается между влажностью и формальдегидом. Аналогично со взвешенными частицами и оксидом азота. Направление ветра также имело умеренную корреляционную связь с некоторыми загрязняющими веществами, что можно объяснить наличием близлежащих промышленных предприятий.

За 2023 год основными метеопараметрами, оказывающими влияние на концентрации, оказались температура воздуха, влажность, а также скорость ветра.

Таблица 5.2.13 – Корреляционная матрица за 2024 год в г.Нижневартовск

Нижневартовск 2024 год	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Формальдегид
Температура	-0,66	-0,33	-0,11	0,08	-0,07	0,15
Влажность	0,12	0,09	-0,33	-0,54	-0,28	-0,47
Скор. Ветра	0,73	0,27	-0,06	0,14	-0,19	-0,38
Напр. Ветра	0,20	-0,11	-0,15	-0,09	0,02	-0,15

В таблице 5.2.13 представлена корреляционная матрица с 3 значимыми коэффициентами корреляции, значения которых меняются в диапазоне от 0.54 до 0.73. Сила связи от средней до высокой. В этом поле 13% значимых коэффициентов.

Сильная прямая связь между скоростью ветра и взвешенными частицами, это означает что увеличение этого метеопараметра способствует увеличению вредных примесей. Сильная обратная зависимость прослеживается между

температурой и пылью. Чем ниже температура, тем выше концентрации взвешенных частиц. Средняя обратная связь между влажностью и оксидом углерода говорит о том, что при увеличении влажности – концентрации уменьшаются. Осадки хорошо способствуют снижению примесей.

За 2024 год основными метеопараметрами, оказывающими влияние на концентрации, оказались температура воздуха, скорость ветра и влажность воздуха.

Выводы

По результатам проведенных анализов корреляционных матриц можно сделать вывод, что наибольшее влияние на концентрации загрязняющих веществ оказали температура и влажность, в меньшей степени направление и скорость ветра.

При слабом ветре, сухой и жаркой погоде, а также низкой влажности концентрации возрастают в разы. Низкая влажность может быть обусловлена антициклонической деятельностью в регионе, что создает самые благоприятные условия для увеличения вредных примесей в атмосфере.

5.3 Экологическая ситуация района исследования

Проанализировав состояние атмосферного воздуха в крупных городах Ханты-Мансийского автономного округа - Югры – г. Сургут, г. Нефтеюганск, г. Нижневартовск можно сделать вывод, что повышенные концентрации загрязняющих веществ отмечаются как в зимний, так и в летний период. Во всех трех исследованных городах Югры наибольшее загрязнение выявлено по формальдегиду, углероду (сажа), взвешенным веществам и диоксиду азота.

Повышенные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в рассматриваемых городах ХМАО в основном отмечаются в периоды неблагоприятных метеорологических условий (зимой в морозную, безветренную погоду), а также при усилении фотохимических процессов (летом в солнечную, жаркую погоду, при лесных пожарах и горении торфа на болотах), что способствуют накоплению вредных примесей в приземном слое атмосферы.

Таким образом, территория ХМАО-Югры по совокупности метеорологических параметров характеризуется повышенным потенциалом загрязнения атмосферы.

Высокие концентрации формальдегида, углерода (сажа), взвешенных веществ и диоксида азота, обусловлены как промышленным загрязнением (переработка нефти и газа, факела, котельные, ГРЭС и др.), так и влиянием лесных пожаров, горением торфяных болот, а также выбросами от автотранспорта.

Для снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха можно предложить следующие мероприятия:

- внедрение наилучших доступных технологий на предприятиях-загрязнителях,
- установка фильтров от дыма на котельных;
- правильная регулировка топливной системы автомобиля позволяет снизить количество вредных веществ в отработавших газах в 1,5 раза, а специальные нейтрализаторы снижают токсичность в шесть и более раз;

- озеленение территорий;
- соблюдение противопожарных мер во избежание возгорания;
- прививать экологическую культуру и воспитание населения.

Заключение

В данной работе проведена оценка качества атмосферного воздуха за период 2021-2024 гг. в крупных городах Ханты-Мансийского автономного округа - Югры – г. Сургут, г. Нефтеюганск, г. Нижневартовск.

Выполнен сравнительный анализ уровней загрязняющих веществ в воздушной среде городов ХМАО.

Исследована взаимосвязь между метеорологическими параметрами и концентрациями загрязняющих веществ с помощью корреляционного анализа.

Проведена оценка общей экологической ситуации в пределах исследуемой территории.

Предложены мероприятия для снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха в исследованных городах автономного округа.

Проанализировав состояние атмосферного воздуха в г. Сургут, г. Нефтеюганск, г. Нижневартовск можно сделать вывод, что повышенные концентрации загрязняющих веществ отмечаются как в зимний, так и в летний период. Во всех трех исследованных городах Югры наибольшее загрязнение выявлено по формальдегиду, углероду (сажа), взвешенным веществам и диоксиду азота.

По результатам проведенных анализов корреляционных матриц можно сделать вывод, что наибольшее влияние на концентрации загрязняющих веществ оказали температура и влажность, в меньшей степени скорость ветра.

При слабом ветре, сухой и жаркой погоде, а также низкой влажности концентрации возрастают в разы. Низкая влажность может быть обусловлена антициклонической деятельностью в регионе, что создает самые благоприятные условия для увеличения вредных примесей в атмосфере.

Повышенные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в рассматриваемых городах ХМАО в основном отмечаются в периоды неблагоприятных метеорологических условий (зимой в морозную, безветренную погоду), а также при усилении фотохимических процессов (летом в солнечную,

жаркую погоду, при лесных пожарах и горении торфа на болотах), что способствуют накоплению вредных примесей в приземном слое атмосферы.

Таким образом, территория ХМАО-Югры по совокупности метеорологических параметров характеризуется повышенным потенциалом загрязнения атмосферы.

Высокие концентрации формальдегида, углерода (сажа), взвешенных веществ и диоксида азота, обусловлены как промышленным загрязнением (переработка нефти и газа, факела, котельные, ГРЭС и др.), так и влиянием лесных пожаров, горением торфяных болот, а также выбросами от автотранспорта.

Список использованной литературы

1. Официальный сайт администрации Нижневартовского района [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://nvraion.ru/o-rayone/geograficheskoe-polozhenie/> (дата обращения: 15.01.2025).
2. Общее географическое описание Нижневартовского района [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.nvraion.ru/ecology/geographical-description/> (дата обращения: 15.01.2025).
3. Архив погоды г.Нижневартовск [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://global-weather.ru/archive/nizhnevartovsk> (дата обращения: 15.01.2025).
4. Официальный сайт администрации г.Сургут [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.admsurgut.ru/o-surgute/> (дата обращения: 15.01.2025).
5. Архив погоды г.Сургут [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://global-weather.ru/archive/surgut_xanty-mansijskij_ao (дата обращения: 15.01.2025).
6. Общая характеристика муниципального образования г.Сургут [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://invest.admsurgut.ru/pages/Obshchaya-harakteristika-municipalnogo-obrazovaniya> (дата обращения: 15.01.2025).
7. Официальный сайт администрации г.Нефтеюганск [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.admugansk.ru> (дата обращения: 15.01.2025).
8. Архив погоды г.Нефтеюганск [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://global-weather.ru/archive/nefteyugansk> (дата обращения: 15.01.2025).
9. Общая характеристика муниципального образования г.Нефтеюганск [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://invest.admugansk.ru> (дата обращения: 15.01.2025).
10. Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы / Матвеев Л.Т.; Ленинград: Гидрометеиздат, 2000. – 548 с.
11. Состав земной атмосферы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ecportal.su/public/atmosphere/view/1880.html> (дата обращения: 10.03.2025).

12. Строение атмосферы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/glossary/4806-atm-vert-structure> (дата обращения: 12.03.2025).
13. Современные методы оценки рисков в экологии: учебное пособие / А.А. Касьяненко. – М.: Изд-во РУДН, 2008. – 271 с.
14. Основные виды загрязнений атмосферного воздуха Земли [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.ozoneprogram.ru/biblioteka/slovar/zagrjaznenie_atmosfery/vidy_zagrjaznenija_atmosfery/ (дата обращения: 10.04.2025).
15. Рубцов Д.Е. Аэрозольное загрязнение атмосферы / Успехи современного естествознания. – 2010. – № 7. – С. 14-14.
16. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. - М. : 1991 – 694 с.
17. Химия окружающей среды. Загрязнение атмосферы: лекция 4, 1. Поллютанты / Ильяш В.В. ВГУ, кафедра экологической геологии. – 5 с.
18. Аникушкин А.С., Григорчук К.В. Загрязнение атмосферы оксидами азота и углерода / Успехи современного естествознания. М. : 2006. – № 10. – С. 64-66.
19. Л. П. Игнатьева, М. В. Чирцова, М. О. Потапова «ГИГИЕНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА» Учебное пособие. Иркутск, ИГМУ – 2015 г.
20. Котельников, С.Н. Основные механизмы взаимодействия озона с живыми системами и особенности проблемы приземного озона для России. Том.71 / Котельников С.Н.; Труды ИОФ им. А.М. Прохорова РАН. – М., 2015. – С.10-41.
21. ГОСТ 17.2.3.01-86. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых мест - М.: Стандартиформ, 2005 – 4 с.
22. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования. - М. : 1977 – 7 с.
23. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических

(профилактических) мероприятий" (с изменениями и дополнениями)», утвержден Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. N 3.».

24. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утверждён Постановлением ГГСВ РФ №2 от 28.11.21.

25. Безуглая, Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов / Безуглая Э. Ю.; Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. – 184 с.

26. Безуглая, Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах / Безуглая Э. Ю.; Ленинград: 1986, – 200 с.

27. Берлянд, М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы / Берлянд, М. Е.; Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.

28. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий / ОНД-86. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.

29. Мханна А.И.Н., Руденко С.В., Озерова Н.А. Метеорологические факторы, влияющие на распространение загрязняющих веществ в атмосфере крупных городов, например, г.Санкт-Петербург / Труды II Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития». Санкт-Петербург: РГГМУ. – с.468–472.

30. Система мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] – Режим доступа: esopeterburg.ru. (дата обращения: 15.04.2025).

31. Пашкевич М.А., Шуйский В.Ф. Экологический мониторинг / Учебное пособие. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2002. 89 с.

32. Система государственного экологического мониторинга [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://prirodnadzor.admhmao.ru/sostoyanie-okruzhayushchey-sredy/sistema-ekologicheskogo-monitoringa/sistema->

gosudarstvennogo-ekologicheskogo-monitoringa/131954/sistema-gosudarstvennogo-ekologicheskogo-monitoringa/ (дата обращения: 20.04.2025).

33. Состояние атмосферного воздуха в населенных пунктах Ханты-Мансийского автономного округа - Югры [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://prirodnadzor.admhmao.ru/sostoyanie-okruzhayushchey-sredy/atmosfernyy-vozdukh/sostoyanie-vozdukha-v-gorodakh/131958/sostoyanie-atmosfernogo-vozdukha-v-naselennykh-punktakh-yugry/> (дата обращения: 20.04.2025).

34. Территориальная система экологического мониторинга [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://prirodnadzor.admhmao.ru/sostoyanie-okruzhayushchey-sredy/sistema-ekologicheskogo-monitoringa/territorialnaya-sistema/131955/territorialnaya-sistema-ekologicheskogo-monitoringa/> (дата обращения: 20.04.2025).

35. Расписание погоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://rp5.ru/> (дата обращения: 28.04.2025).

Приложения

Таблица 1 – Исходные данные по концентрациям загрязняющих веществ (в долях ПДК_{сс}) с 2021 по 2024 гг. в г. Сургут

Дата	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Диоксид серы	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Фенол	Формальдегид
Январь 2021	0,33	0,50	0,04	0,17	0,08	0,08	0,67	0,60
Февраль 2021	0,09	0,63	0,16	0,17	0,08	0,08	0,33	0,60
Март 2021	0,07	0,50	0,12	0,17	0,10	0,04	0,67	0,80
Апрель 2021	0,33	0,75	0,04	0,17	0,14	0,04	0,33	0,70
Май 2021	0,36	0,88	0,06	0,22	0,16	0,06	0,30	0,70
Июнь 2021	0,67	1,00	0,14	0,17	0,19	0,06	1,00	0,60
Июль 2021	0,40	0,75	0,12	0,27	0,14	0,80	0,67	0,70
Август 2021	0,73	1,00	0,20	0,17	0,12	1,40	0,67	0,80
Сентябрь 2021	0,67	0,50	0,16	0,13	0,11	0,60	0,67	0,90
Октябрь 2021	0,67	0,25	0,20	0,08	0,11	0,40	0,33	0,80
Ноябрь 2021	0,47	0,50	0,20	0,12	0,11	0,40	0,67	0,80
Декабрь 2021	0,47	0,50	0,20	0,17	0,10	0,40	0,67	0,80
Январь 2022	0,53	0,50	0,20	0,17	0,13	0,40	0,67	0,70
Февраль 2022	0,53	0,50	0,22	0,17	0,12	0,60	0,33	0,70
Март 2022	0,60	0,50	0,22	0,17	0,11	0,60	1,00	0,80
Апрель 2022	0,47	0,24	0,26	0,18	0,11	0,60	0,17	0,70
Май 2022	0,60	0,30	0,20	0,22	0,10	0,56	0,17	0,70
Июнь 2022	0,57	0,28	0,10	0,14	0,09	0,56	3,17	0,84
Июль 2022	0,60	0,30	0,20	0,17	0,10	0,60	0,33	0,90
Август 2022	0,76	0,49	0,16	0,43	0,12	0,56	0,50	1,10
Сентябрь 2022	0,57	0,44	0,18	0,30	0,10	0,50	0,33	0,80
Октябрь 2022	0,62	0,33	0,08	0,20	0,09	0,54	0,33	0,90
Ноябрь 2022	0,53	0,32	0,10	0,23	0,17	0,58	0,17	1,10
Декабрь 2022	0,47	0,21	0,12	0,17	0,15	0,56	0,33	1,10
Январь 2023	0,31	0,30	0,10	0,13	0,12	0,66	0,17	1,20
Февраль 2023	0,28	0,30	0,07	0,09	0,14	0,65	0,26	1,18
Март 2023	0,58	0,33	0,22	0,20	0,11	0,60	0,17	0,80
Апрель 2023	0,58	0,36	0,28	0,23	0,11	0,64	0,17	0,70
Май 2023	0,73	0,30	0,16	0,33	0,12	0,60	0,17	0,70
Июнь 2023	0,57	0,32	0,18	0,27	0,10	0,52	0,33	1,30
Июль 2023	0,69	0,29	0,20	0,23	0,11	0,54	0,23	1,21
Август 2023	0,49	0,25	0,20	0,18	0,15	0,56	0,17	1,10
Сентябрь 2023	0,53	0,23	0,26	0,17	0,15	0,44	0,33	1,00
Октябрь 2023	0,26	0,15	0,36	0,12	0,13	0,48	0,17	0,90
Ноябрь 2023	0,25	0,15	0,30	0,10	0,09	0,44	0,33	0,90
Декабрь 2023	0,27	0,05	0,26	0,03	0,11	0,30	0,17	1,30
Январь 2024	0,19	0,09	0,32	0,05	0,11	0,32	0,17	0,90
Февраль 2024	0,47	0,30	0,20	0,20	0,10	0,50	0,17	0,90

Март 2024	0,29	0,37	0,04	0,30	0,10	0,96	0,17	1,40
Апрель 2024	0,39	0,33	0,04	0,28	0,13	0,62	0,33	1,60
Май 2024	0,47	0,27	0,10	0,27	0,13	0,60	0,33	1,00
Июнь 2024	0,51	0,18	0,06	0,12	0,11	0,52	0,17	1,00
Июль 2024	0,29	0,23	0,02	0,12	0,08	0,48	0,17	1,00
Август 2024	0,29	0,15	0,02	0,03	0,10	0,48	0,33	1,30
Сентябрь 2024	0,27	0,15	0,02	0,07	0,08	0,40	0,17	1,30
Октябрь 2024	0,26	0,18	0,04	0,10	0,15	0,40	0,33	1,30
Ноябрь 2024	0,39	0,14	0,06	0,07	0,16	0,42	0,17	0,90
Декабрь 2024	0,61	0,21	0,04	0,07	0,16	0,40	0,17	1,60
Ср. знач.	0,46	0,37	0,15	0,17	0,12	0,49	0,41	0,95

Таблица 2 – Исходные данные по концентрациям загрязняющих веществ (в долях ПДКсс) с 2021 по 2024 гг. в г. Нефтеюганск

Дата	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Диоксид серы	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Фенол	Формальдегид
Январь 2021	0,53	0,75	0,04	0,15	0,15	0,10	0,33	0,70
Февраль 2021	0,33	0,60	0,10	0,13	0,14	0,04	0,33	0,70
Март 2021	0,33	0,55	0,12	0,17	0,13	0,04	0,67	0,70
Апрель 2021	0,73	0,45	0,08	0,13	0,13	0,02	0,33	0,70
Май 2021	0,60	0,55	0,10	0,23	0,11	0,04	0,67	0,70
Июнь 2021	0,60	1,00	0,14	0,17	0,10	0,06	0,67	0,70
Июль 2021	0,40	0,50	0,08	0,27	0,08	0,80	0,67	0,70
Август 2021	0,93	0,55	0,22	0,17	0,09	1,20	0,67	0,70
Сентябрь 2021	0,80	0,04	0,16	0,17	0,09	0,70	0,90	0,80
Октябрь 2021	0,67	0,25	0,20	0,13	0,08	0,40	1,00	0,70
Ноябрь 2021	0,45	0,50	0,20	0,12	0,12	0,60	0,33	0,70
Декабрь 2021	0,60	0,50	0,18	0,08	0,12	0,60	0,67	0,80
Январь 2022	0,53	0,25	0,18	0,17	0,13	0,60	0,67	0,70
Февраль 2022	0,60	0,25	0,20	0,17	0,13	0,60	0,67	0,70
Март 2022	0,53	0,20	0,20	0,08	0,12	0,48	1,00	0,70
Апрель 2022	0,47	0,16	0,24	0,13	0,10	0,60	0,17	0,70
Май 2022	0,60	0,30	0,20	0,22	0,07	0,40	0,17	0,80
Июнь 2022	0,55	0,28	0,14	0,15	0,08	0,50	0,40	0,78
Июль 2022	0,67	0,30	0,20	0,33	0,07	0,60	0,33	0,80
Август 2022	0,75	0,17	0,16	0,18	0,09	0,54	0,50	0,70
Сентябрь 2022	0,58	0,31	0,16	0,17	0,08	0,34	0,33	0,80
Октябрь 2022	0,60	0,25	0,10	0,15	0,07	0,36	0,33	0,70
Ноябрь 2022	0,51	0,14	0,10	0,10	0,08	0,36	0,33	0,70
Декабрь 2022	0,47	0,18	0,10	0,15	0,08	0,34	0,33	0,70
Январь 2023	0,35	0,14	0,08	0,07	0,09	0,22	0,15	0,70
Февраль 2023	0,31	0,35	0,28	0,12	0,09	0,64	0,40	0,75
Март 2023	0,53	0,20	0,20	0,10	0,09	0,30	0,17	0,80
Апрель 2023	0,61	0,20	0,24	0,13	0,09	0,28	0,33	0,80

Май 2023	0,67	0,20	0,12	0,12	0,09	0,40	0,33	0,70
Июнь 2023	0,63	0,20	0,20	0,17	0,08	0,38	0,33	0,80
Июль 2023	0,64	0,23	0,24	0,18	0,08	0,26	0,18	0,80
Август 2023	0,63	0,13	0,12	0,08	0,08	0,34	0,17	0,80
Сентябрь 2023	0,60	0,20	0,24	0,12	0,07	0,34	0,17	0,80
Октябрь 2023	0,49	0,11	0,34	0,08	0,07	0,44	0,33	0,80
Ноябрь 2023	0,40	0,14	0,20	0,08	0,12	0,52	0,33	0,80
Декабрь 2023	0,27	0,15	0,38	0,08	0,15	0,56	0,33	0,70
Январь 2024	0,38	0,19	0,36	0,15	0,14	0,46	0,17	0,80
Февраль 2024	0,47	0,27	0,22	0,13	0,16	0,48	0,17	0,70
Март 2024	0,42	0,29	0,06	0,28	0,15	0,96	0,17	0,80
Апрель 2024	0,35	0,31	0,04	0,28	0,16	0,64	0,33	0,80
Май 2024	0,47	0,29	0,08	0,27	0,16	0,60	0,17	0,80
Июнь 2024	0,43	0,24	0,06	0,18	0,11	0,58	0,17	0,80
Июль 2024	0,35	0,08	0,01	0,03	0,07	0,54	0,33	0,80
Август 2024	0,38	0,05	0,02	0,02	0,07	0,44	0,33	0,80
Сентябрь 2024	0,34	0,09	0,04	0,05	0,07	0,42	0,33	0,70
Октябрь 2024	0,33	0,13	0,04	0,05	0,11	0,40	0,17	0,70
Ноябрь 2024	0,41	0,06	0,04	0,02	0,17	0,40	0,17	0,70
Декабрь 2024	0,49	0,31	0,04	0,12	0,17	0,40	0,17	0,70
Ср. знач.	0,52	0,28	0,15	0,14	0,11	0,44	0,38	0,74

Таблица 3 – Исходные данные по концентрациям загрязняющих веществ (в долях ПДКсс) с 2021 по 2024 гг. в г. Нижневартовск

Дата	Взвешенные частицы	Диоксид азота	Диоксид серы	Оксид азота	Оксид углерода	Углерод сажа	Фенол	Формальдегид
Январь 2021	0,40	1,00	0,10	0,32	0,08	0,10	0,67	0,70
Февраль 2021	0,20	1,00	0,14	0,17	0,08	0,06	0,33	0,70
Март 2021	0,27	1,00	0,14	0,33	0,08	0,06	0,67	0,90
Апрель 2021	0,73	0,75	0,06	0,27	0,08	0,04	0,33	0,50
Май 2021	0,65	0,65	0,08	0,15	0,08	0,06	0,33	0,80
Июнь 2021	0,67	1,00	0,08	0,17	0,08	0,08	1,00	0,30
Июль 2021	0,47	0,75	0,08	0,17	0,08	0,98	1,00	1,00
Август 2021	0,80	1,00	0,18	0,33	0,13	1,20	1,00	2,00
Сентябрь 2021	0,67	0,80	0,14	0,20	0,08	0,79	0,67	1,82
Октябрь 2021	0,67	0,50	0,20	0,13	0,07	0,40	1,00	1,00
Ноябрь 2021	0,40	0,50	0,18	0,13	0,06	0,40	0,67	1,00
Декабрь 2021	0,40	0,50	0,14	0,15	0,07	0,40	1,00	1,00
Январь 2022	0,60	0,50	0,18	0,17	0,07	0,60	0,67	1,00
Февраль 2022	0,60	0,50	0,20	0,17	0,07	0,40	0,67	0,70
Март 2022	0,60	0,68	0,20	0,17	0,06	0,52	1,00	0,80
Апрель 2022	0,60	0,20	0,26	0,18	0,06	0,60	0,17	1,00
Май 2022	0,60	0,30	0,20	0,17	0,06	0,40	0,33	1,00
Июнь 2022	0,61	0,26	0,10	0,12	0,07	0,52	0,40	2,29

Июль 2022	0,60	0,50	0,40	0,50	0,07	0,60	0,33	2,70
Август 2022	0,77	0,35	0,24	0,48	0,08	0,54	0,50	2,70
Сентябрь 2022	0,68	0,41	0,14	0,27	0,06	0,62	0,33	2,40
Октябрь 2022	0,73	0,40	0,10	0,28	0,05	0,62	0,33	1,90
Ноябрь 2022	0,56	0,42	0,14	0,27	0,04	0,72	0,33	1,10
Декабрь 2022	0,54	0,29	0,18	0,25	0,04	0,64	0,33	1,70
Январь 2023	0,35	0,29	0,08	0,12	0,06	0,60	0,17	1,10
Февраль 2023	0,28	0,36	0,26	0,11	0,06	0,64	0,12	0,65
Март 2023	0,65	0,32	0,20	0,18	0,05	0,72	0,17	1,30
Апрель 2023	0,67	0,31	0,28	0,17	0,05	0,70	0,17	1,60
Май 2023	0,67	0,30	0,20	0,33	0,07	0,60	0,17	2,00
Июнь 2023	0,65	0,31	0,24	0,27	0,08	0,58	0,17	0,90
Июль 2023	0,63	0,29	0,22	0,22	0,08	0,66	0,20	1,20
Август 2023	0,55	0,31	0,20	0,23	0,07	0,62	0,17	1,20
Сентябрь 2023	0,60	0,34	0,28	0,25	0,06	0,44	0,17	1,00
Октябрь 2023	0,49	0,34	0,46	0,30	0,05	0,38	0,17	0,90
Ноябрь 2023	0,41	0,24	0,28	0,18	0,06	0,34	0,17	1,00
Декабрь 2023	0,44	0,04	0,34	0,03	0,06	0,46	0,17	0,90
Январь 2024	0,42	0,07	0,34	0,07	0,05	0,44	0,17	0,97
Февраль 2024	0,43	0,45	0,24	0,30	0,05	0,46	0,17	1,90
Март 2024	0,44	0,38	0,06	0,30	0,06	0,90	0,17	1,80
Апрель 2024	0,43	0,31	0,06	0,28	0,22	0,62	0,33	1,30
Май 2024	0,43	0,29	0,08	0,25	0,22	0,58	0,33	1,40
Июнь 2024	0,40	0,22	0,08	0,22	0,07	0,56	0,33	1,80
Июль 2024	0,22	0,23	0,01	0,20	0,07	0,52	0,17	1,60
Август 2024	0,35	0,13	0,02	0,10	0,07	0,46	0,17	1,30
Сентябрь 2024	0,23	0,19	0,02	0,10	0,06	0,40	0,33	1,00
Октябрь 2024	0,33	0,32	0,06	0,23	0,08	0,42	0,33	1,10
Ноябрь 2024	0,46	0,32	0,08	0,23	0,06	0,46	0,17	1,20
Декабрь 2024	0,53	0,28	0,04	0,07	0,08	0,40	0,17	0,80
Ср. знач.	0,52	0,44	0,17	0,21	0,07	0,51	0,39	1,27

Таблица 4 – Исходные данные по метеопараметрам с 2021 по 2024 гг. в г.

Сургут

Дата	Температура, °С	Влажность, %	Скор. ветра, м/с	Напр. Ветра, °
Январь 2021	-28,4	75	3,2	248
Февраль 2021	-22,8	80	3,2	248
Март 2021	-10,1	79	3,8	225
Апрель 2021	2,2	73	4,4	158
Май 2021	9,7	71	4,5	68
Июнь 2021	13,8	65	3,9	315
Июль 2021	16,4	78	3,9	
Август 2021	17,5	78	3,4	360
Сентябрь 2021	7,2	85	3,9	158

Октябрь 2021	1,3	87	4,6	180
Ноябрь 2021	-10,2	92	4,3	225
Декабрь 2021	-17,7	82	3,9	225
Январь 2022	-14,3	84	3,8	225
Февраль 2022	-12,6	81	4,0	203
Март 2022	-10,9	73	4,5	270
Апрель 2022	-0,2	67	4,0	248
Май 2022	11,4	63	4,3	180
Июнь 2022	13,7	74	4,2	338
Июль 2022	18,2	66	3,5	360
Август 2022	15,9	73	3,8	360
Сентябрь 2022	7,2	77	3,6	248
Октябрь 2022	2,4	83	4,0	203
Ноябрь 2022	-12,9	85	3,7	248
Декабрь 2022	-18,9	82	3,5	248
Январь 2023	-16,6	83	4,1	225
Февраль 2023	-13,0	84	3,5	248
Март 2023	-6,6	78	4,8	225
Апрель 2023	-4,7	70	5,1	338
Май 2023	9,6	55	3,8	360
Июнь 2023	14,2	64	4,3	270
Июль 2023	20,4	67	3,5	270
Август 2023	15,9	74	3,9	360
Сентябрь 2023	10,9	78	3,2	
Октябрь 2023	2,7	81	4,2	225
Ноябрь 2023	-7,1	88	4,0	158
Декабрь 2023	-18,1	81	4,1	158
Январь 2024	-20,0	78	3,8	180
Февраль 2024	-15,9	80	4,0	180
Март 2024	-10,6	82	3,8	270
Апрель 2024	-3,6	72	4,2	338
Май 2024	3,2	67	4,7	360
Июнь 2024	16,2	63	3,7	360
Июль 2024	18,9	68	3,7	45
Август 2024	15,6	83	3,3	360
Сентябрь 2024	10,1	84	4,4	270
Октябрь 2024	1,7	85	3,9	270
Ноябрь 2024	-5,6	89	5,1	248
Декабрь 2024	-8,9	92	4,5	203
Ср. знач.	-0,3	77	4,0	249

Таблица 5 – Исходные данные по метеопараметрам с 2021 по 2024 гг. в г.

Нефтеюганск

Дата	Температура, °С	Влажность, %	Скор. ветра, м/с	Напр. Ветра, °
Январь 2021	-28,4	75	3,2	248
Февраль 2021	-22,8	80	3,2	248
Март 2021	-10,1	79	3,8	225
Апрель 2021	2,2	73	4,4	158
Май 2021	9,7	71	4,5	68
Июнь 2021	13,8	65	3,9	315
Июль 2021	16,4	78	3,9	
Август 2021	17,5	78	3,4	360
Сентябрь 2021	7,2	85	3,9	158
Октябрь 2021	1,3	87	4,6	180
Ноябрь 2021	-10,2	92	4,3	225
Декабрь 2021	-17,7	82	3,9	225
Январь 2022	-14,3	84	3,8	225
Февраль 2022	-12,6	81	4,0	203
Март 2022	-10,9	73	4,5	270
Апрель 2022	-0,2	67	4,0	248
Май 2022	11,4	63	4,3	180
Июнь 2022	13,7	74	4,2	338
Июль 2022	18,2	66	3,5	360
Август 2022	15,9	73	3,8	360
Сентябрь 2022	7,2	77	3,6	248
Октябрь 2022	2,4	83	4,0	203
Ноябрь 2022	-12,9	85	3,7	248
Декабрь 2022	-18,9	82	3,5	248
Январь 2023	-16,6	83	4,1	225
Февраль 2023	-13,0	84	3,5	248
Март 2023	-6,6	78	4,8	225
Апрель 2023	-4,7	70	5,1	338
Май 2023	9,6	55	3,8	360
Июнь 2023	14,2	64	4,3	270
Июль 2023	20,4	67	3,5	270
Август 2023	15,9	74	3,9	360
Сентябрь 2023	10,9	78	3,2	
Октябрь 2023	2,7	81	4,2	225
Ноябрь 2023	-7,1	88	4,0	158
Декабрь 2023	-18,1	81	4,1	158
Январь 2024	-20,0	78	3,8	180
Февраль 2024	-15,9	80	4,0	180
Март 2024	-10,6	82	3,8	270
Апрель 2024	-3,6	72	4,2	338
Май 2024	3,2	67	4,7	360
Июнь 2024	16,2	63	3,7	360
Июль 2024	18,9	68	3,7	45

Август 2024	15,6	83	3,3	360
Сентябрь 2024	10,1	84	4,4	270
Октябрь 2024	1,7	85	3,9	270
Ноябрь 2024	-5,6	89	5,1	248
Декабрь 2024	-8,9	92	4,5	203
Ср. знач.	-0,3	77	4,0	249

Таблица 6 – Исходные данные по метеопараметрам с 2021 по 2024 гг. в г. Нижневартовск

Дата	Температура, °С	Влажность, %	Скор. ветра, м/с	Напр. Ветра, °
Январь 2021	-28,7	77	2,7	270
Февраль 2021	-22,3	77	3,0	270
Март 2021	-9,9	75	3,4	248
Апрель 2021	1,7	64	3,7	180
Май 2021	9,4	62	3,9	270
Июнь 2021	13,3	63	2,9	360
Июль 2021	16,6	76	3,3	248
Август 2021	16,4	81	2,5	360
Сентябрь 2021	7,0	84	3,3	360
Октябрь 2021	1,2	85	3,8	248
Ноябрь 2021	-10,2	88	4,0	248
Декабрь 2021	-17,9	83	3,5	248
Январь 2022	-14,3	86	3,9	248
Февраль 2022	-12,4	83	3,7	248
Март 2022	-10,5	74	3,6	270
Апрель 2022	0,6	65	3,1	270
Май 2022	11,8	64	3,9	180
Июнь 2022	14,0	79	3,4	360
Июль 2022	17,2	75	2,6	360
Август 2022	14,9	79	2,8	360
Сентябрь 2022	7,2	80	3,1	248
Октябрь 2022	1,9	87	3,6	248
Ноябрь 2022	-12,9	87	3,2	248
Декабрь 2022	-19,2	82	2,9	248
Январь 2023	-17,4	84	3,5	270
Февраль 2023	-12,8	86	3,4	225
Март 2023	-6,0	78	4,4	248
Апрель 2023	-4,7	69	3,9	270
Май 2023	9,5	51	3,4	360
Июнь 2023	14,3	62	3,4	270
Июль 2023	20,0	70	2,9	248
Август 2023	15,4	79	3,1	360
Сентябрь 2023	10,2	83	2,6	
Октябрь 2023	2,7	85	3,8	248

Ноябрь 2023	-6,8	89	4,2	158
Декабрь 2023	-17,6	82	4,0	158
Январь 2024	-19,1	78	3,9	180
Февраль 2024	-16,2	80	3,8	180
Март 2024	-9,4	82	3,3	270
Апрель 2024	-3,3	72	3,6	180
Май 2024	3,6	69	4,0	248
Июнь 2024	16,1	66	3,1	270
Июль 2024	18,6	71	2,9	45
Август 2024	15,3	84	2,6	360
Сентябрь 2024	9,6	83	3,2	270
Октябрь 2024	1,7	84	3,1	270
Ноябрь 2024	-5,6	84	4,7	248
Декабрь 2024	-8,5	85	4,8	225
Ср. знач.	-0,3	77	3,4	259

Таблица 7 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2021 год в г.Сургут

2021	Пара	r	σr	t*	ткр	Вывод
1	PM-Темп	0,59	0,20	3,00	2,20	значимый
2	PM-Влаж	0,09	0,30	0,29	2,20	не значимый
3	PM-Скор.В	0,24	0,28	0,86	2,20	не значимый
4	PM-Напр.В	0,24	0,28	0,84	2,20	не значимый
5	NO2-Темп	0,60	0,19	3,06	2,20	значимый
6	NO2-Влаж	-0,73	0,14	5,26	2,20	значимый
7	NO2-Скор.В	-0,16	0,29	0,54	2,20	не значимый
8	NO2-Напр.В	0,31	0,27	1,16	2,20	не значимый
9	NO-Темп	0,27	0,28	0,97	2,20	не значимый
10	NO-Влаж	-0,56	0,21	2,72	2,20	значимый
11	NO-Скор.В	-0,21	0,29	0,72	2,20	не значимый
12	NO-Напр.В	-0,07	0,30	0,24	2,20	не значимый
13	CO-Темп	0,77	0,12	6,23	2,20	значимый
14	CO-Влаж	-0,64	0,18	3,57	2,20	значимый
15	CO-Скор.В	0,46	0,24	1,94	2,20	не значимый
16	CO-Напр.В	-0,08	0,30	0,26	2,20	не значимый
17	УС-Темп	0,50	0,23	2,23	2,20	значимый
18	УС-Влаж	0,31	0,27	1,13	2,20	не значимый
19	УС-Скор.В	-0,18	0,29	0,62	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	0,46	0,24	1,93	2,20	не значимый
21	Форм-Темп	0,23	0,29	0,81	2,20	не значимый
22	Форм-Влаж	0,67	0,17	3,98	2,20	значимый
23	Форм-Скор.В	0,36	0,26	1,35	2,20	не значимый
24	Форм-Напр.В	-0,19	0,29	0,66	2,20	не значимый

Таблица 8 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2022 год в г.Сургут

2022	Пара	r	σr	t*	ткр	Вывод
1	PM-Темп	0,63	0,18	3,42	2,20	значимый
2	PM-Влаж	-0,24	0,28	0,83	2,20	не значимый
3	PM-Скор.В	0,15	0,29	0,50	2,20	не значимый
4	PM-Напр.В	0,45	0,24	1,85	2,20	не значимый
5	NO2-Темп	-0,14	0,30	0,47	2,20	не значимый
6	NO2-Влаж	0,25	0,28	0,87	2,20	не значимый
7	NO2-Скор.В	0,19	0,29	0,66	2,20	не значимый
8	NO2-Напр.В	-0,02	0,30	0,07	2,20	не значимый
9	NO-Темп	0,39	0,25	1,55	2,20	не значимый
10	NO-Влаж	-0,07	0,30	0,22	2,20	не значимый
11	NO-Скор.В	-0,23	0,29	0,80	2,20	не значимый
12	NO-Напр.В	0,29	0,28	1,04	2,20	не значимый
13	CO-Темп	-0,70	0,16	4,49	2,20	значимый
14	CO-Влаж	0,55	0,21	2,61	2,20	значимый
15	CO-Скор.В	-0,38	0,26	1,49	2,20	не значимый
16	CO-Напр.В	-0,14	0,30	0,46	2,20	не значимый
17	УС-Темп	0,16	0,29	0,54	2,20	не значимый
18	УС-Влаж	-0,42	0,25	1,69	2,20	не значимый
19	УС-Скор.В	0,22	0,29	0,78	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	0,23	0,29	0,81	2,20	не значимый
21	Форм-Темп	-0,02	0,30	0,07	2,20	не значимый
22	Форм-Влаж	0,33	0,27	1,21	2,20	не значимый
23	Форм-Скор.В	-0,50	0,22	2,24	2,20	значимый
24	Форм-Напр.В	0,44	0,24	1,82	2,20	не значимый

Таблица 9 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2023 год в г.Сургут

2023	Пара	r	σr	t*	ткр	Вывод
1	PM-Темп	0,69	0,16	4,34	2,20	значимый
2	PM-Влаж	-0,87	0,07	12,18	2,20	значимый
3	PM-Скор.В	0,04	0,30	0,15	2,20	не значимый
4	PM-Напр.В	0,72	0,15	4,88	2,20	значимый
5	NO2-Темп	0,27	0,28	0,95	2,20	не значимый
6	NO2-Влаж	-0,49	0,23	2,11	2,20	не значимый
7	NO2-Скор.В	0,24	0,28	0,85	2,20	не значимый
8	NO2-Напр.В	0,64	0,18	3,58	2,20	значимый
9	NO-Темп	0,68	0,16	4,12	2,20	значимый

10	NO-Влаж	-0,91	0,05	17,70	2,20	значимый
11	NO-Скор.В	0,14	0,30	0,46	2,20	не значимый
12	NO-Напр.В	0,76	0,13	5,97	2,20	значимый
13	СО-Темп	0,26	0,28	0,92	2,20	не значимый
14	СО-Влаж	0,03	0,30	0,09	2,20	не значимый
15	СО-Скор.В	-0,50	0,23	2,19	2,20	не значимый
16	СО-Напр.В	0,47	0,23	2,03	2,20	не значимый
17	УС-Темп	0,01	0,30	0,04	2,20	не значимый
18	УС-Влаж	-0,25	0,28	0,87	2,20	не значимый
19	УС-Скор.В	0,22	0,29	0,77	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	0,59	0,20	2,96	2,20	значимый
21	Форм-Темп	-0,03	0,30	0,09	2,20	не значимый
22	Форм-Влаж	0,21	0,29	0,72	2,20	не значимый
23	Форм-Скор.В	-0,40	0,25	1,60	2,20	не значимый
24	Форм-Напр.В	-0,34	0,27	1,29	2,20	не значимый

Таблица 10 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2024 год в г.Сургут

2024	Пара	r	σr	t*	tkp	Вывод
1	PM-Темп	-0,05	0,30	0,16	2,20	не значимый
2	PM-Влаж	-0,07	0,30	0,24	2,20	не значимый
3	PM-Скор.В	0,40	0,25	1,57	2,20	не значимый
4	PM-Напр.В	0,20	0,29	0,68	2,20	не значимый
5	NO2-Темп	-0,19	0,29	0,64	2,20	не значимый
6	NO2-Влаж	-0,23	0,29	0,81	2,20	не значимый
7	NO2-Скор.В	0,00	0,30	0,02	2,20	не значимый
8	NO2-Напр.В	0,07	0,30	0,23	2,20	не значимый
9	NO-Темп	-0,23	0,29	0,80	2,20	не значимый
10	NO-Влаж	-0,41	0,25	1,62	2,20	не значимый
11	NO-Скор.В	0,09	0,30	0,31	2,20	не значимый
12	NO-Напр.В	0,23	0,28	0,82	2,20	не значимый
13	СО-Темп	-0,41	0,25	1,63	2,20	не значимый
14	СО-Влаж	0,41	0,25	1,61	2,20	не значимый
15	СО-Скор.В	0,61	0,19	3,21	2,20	значимый
16	СО-Напр.В	0,21	0,29	0,72	2,20	не значимый
17	УС-Темп	-0,07	0,30	0,22	2,20	не значимый
18	УС-Влаж	-0,23	0,29	0,79	2,20	не значимый
19	УС-Скор.В	-0,14	0,30	0,46	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	0,27	0,28	0,99	2,20	не значимый
21	Форм-Темп	0,01	0,30	0,04	2,20	не значимый
22	Форм-Влаж	0,34	0,27	1,29	2,20	не значимый
23	Форм-Скор.В	-0,05	0,30	0,16	2,20	не значимый

24	Форм-Напр.В	0,27	0,28	0,99	2,20	не значимый
----	-------------	------	------	------	------	-------------

Таблица 11 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2021 год в г.Нефтеюганск

2021	Пара	r	σr	t*	ткр	Вывод
1	PM-Темп	0,51	0,22	2,27	2,20	значимый
2	PM-Влаж	-0,08	0,30	0,27	2,20	не значимый
3	PM-Скор.В	0,16	0,29	0,54	2,20	не значимый
4	PM-Напр.В	0,08	0,30	0,26	2,20	не значимый
5	NO2-Темп	-0,12	0,30	0,41	2,20	не значимый
6	NO2-Влаж	-0,68	0,16	4,12	2,20	значимый
7	NO2-Скор.В	-0,37	0,26	1,40	2,20	не значимый
8	NO2-Напр.В	0,51	0,22	2,28	2,20	значимый
9	NO-Темп	0,63	0,18	3,41	2,20	значимый
10	NO-Влаж	-0,39	0,26	1,51	2,20	не значимый
11	NO-Скор.В	0,05	0,30	0,16	2,20	не значимый
12	NO-Напр.В	-0,25	0,28	0,90	2,20	не значимый
13	CO-Темп	-0,82	0,10	8,39	2,20	значимый
14	CO-Влаж	-0,16	0,29	0,53	2,20	не значимый
15	CO-Скор.В	-0,40	0,25	1,59	2,20	не значимый
16	CO-Напр.В	-0,02	0,30	0,07	2,20	не значимый
17	УС-Темп	0,41	0,25	1,65	2,20	не значимый
18	УС-Влаж	0,46	0,24	1,91	2,20	не значимый
19	УС-Скор.В	-0,11	0,30	0,37	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	0,39	0,26	1,53	2,20	не значимый
21	Форм-Темп	-0,10	0,30	0,35	2,20	не значимый
22	Форм-Влаж	0,30	0,27	1,10	2,20	не значимый
23	Форм-Скор.В	-0,02	0,30	0,05	2,20	не значимый
24	Форм-Напр.В	-0,17	0,29	0,59	2,20	не значимый

Таблица 12 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2022 год в г.Нефтеюганск

2022	Пара	r	σr	t*	ткр	Вывод
1	PM-Темп	0,69	0,16	4,33	2,20	значимый
2	PM-Влаж	-0,29	0,28	1,05	2,20	не значимый
3	PM-Скор.В	-0,09	0,30	0,30	2,20	не значимый
4	PM-Напр.В	0,45	0,24	1,89	2,20	не значимый
5	NO2-Темп	0,49	0,23	2,14	2,20	не значимый
6	NO2-Влаж	-0,29	0,28	1,03	2,20	не значимый

7	NO2-Скор.В	0,06	0,30	0,19	2,20	не значимый
8	NO2-Напр.В	-0,06	0,30	0,20	2,20	не значимый
9	NO-Темп	0,60	0,19	3,11	2,20	значимый
10	NO-Влаж	-0,49	0,23	2,11	2,20	не значимый
11	NO-Скор.В	-0,40	0,25	1,59	2,20	не значимый
12	NO-Напр.В	0,32	0,27	1,17	2,20	не значимый
13	СО-Темп	-0,56	0,21	2,68	2,20	значимый
14	СО-Влаж	0,24	0,28	0,83	2,20	не значимый
15	СО-Скор.В	0,34	0,27	1,25	2,20	не значимый
16	СО-Напр.В	-0,21	0,29	0,74	2,20	не значимый
17	УС-Темп	0,13	0,30	0,44	2,20	не значимый
18	УС-Влаж	-0,30	0,27	1,11	2,20	не значимый
19	УС-Скор.В	0,11	0,30	0,37	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	0,34	0,27	1,27	2,20	не значимый
21	Форм-Темп	0,69	0,16	4,46	2,20	значимый
22	Форм-Влаж	-0,57	0,20	2,82	2,20	значимый
23	Форм-Скор.В	-0,06	0,30	0,19	2,20	не значимый
24	Форм-Напр.В	0,21	0,29	0,74	2,20	не значимый

Таблица 13 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2023 год в г.Нефтеюганск

2023	Пара	r	σr	t*	tkp	Вывод
1	PM-Темп	0,87	0,07	12,37	2,20	значимый
2	PM-Влаж	-0,79	0,11	6,93	2,20	значимый
3	PM-Скор.В	0,04	0,30	0,14	2,20	не значимый
4	PM-Напр.В	0,78	0,12	6,62	2,20	значимый
5	NO2-Темп	-0,03	0,30	0,10	2,20	не значимый
6	NO2-Влаж	-0,13	0,30	0,44	2,20	не значимый
7	NO2-Скор.В	-0,28	0,28	1,02	2,20	не значимый
8	NO2-Напр.В	0,16	0,29	0,55	2,20	не значимый
9	NO-Темп	0,60	0,19	3,12	2,20	значимый
10	NO-Влаж	-0,65	0,17	3,75	2,20	значимый
11	NO-Скор.В	-0,11	0,30	0,38	2,20	не значимый
12	NO-Напр.В	0,36	0,26	1,36	2,20	не значимый
13	СО-Темп	-0,61	0,19	3,18	2,20	значимый
14	СО-Влаж	0,32	0,27	1,19	2,20	не значимый
15	СО-Скор.В	0,11	0,30	0,37	2,20	не значимый
16	СО-Напр.В	-0,61	0,19	3,27	2,20	значимый
17	УС-Темп	-0,38	0,26	1,48	2,20	не значимый
18	УС-Влаж	0,37	0,26	1,42	2,20	не значимый
19	УС-Скор.В	-0,27	0,28	0,95	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	-0,42	0,25	1,70	2,20	не значимый
21	Форм-Темп	0,51	0,22	2,29	2,20	значимый

22	Форм-Влаж	0,05	0,30	0,17	2,20	не значимый
23	Форм-Скор.В	0,15	0,29	0,51	2,20	не значимый
24	Форм-Напр.В	0,11	0,30	0,36	2,20	не значимый

Таблица 14 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2024 год в г.Нефтеюганск

2024	Пара	r	σr	t*	tkp	Вывод
1	PM-Темп	-0,35	0,26	1,32	2,20	не значимый
2	PM-Влаж	0,03	0,30	0,09	2,20	не значимый
3	PM-Скор.В	0,33	0,27	1,22	2,20	не значимый
4	PM-Напр.В	0,08	0,30	0,28	2,20	не значимый
5	NO2-Темп	-0,49	0,23	2,15	2,20	не значимый
6	NO2-Влаж	-0,23	0,29	0,80	2,20	не значимый
7	NO2-Скор.В	0,12	0,30	0,41	2,20	не значимый
8	NO2-Напр.В	0,20	0,29	0,69	2,20	не значимый
9	NO-Темп	-0,35	0,27	1,31	2,20	не значимый
10	NO-Влаж	-0,45	0,24	1,88	2,20	не значимый
11	NO-Скор.В	0,05	0,30	0,15	2,20	не значимый
12	NO-Напр.В	0,38	0,26	1,47	2,20	не значимый
13	CO-Темп	-0,79	0,11	6,94	2,20	значимый
14	CO-Влаж	0,18	0,29	0,62	2,20	не значимый
15	CO-Скор.В	0,57	0,20	2,81	2,20	значимый
16	CO-Напр.В	0,06	0,30	0,19	2,20	не значимый
17	УС-Темп	-0,10	0,30	0,35	2,20	не значимый
18	УС-Влаж	-0,37	0,26	1,40	2,20	не значимый
19	УС-Скор.В	-0,21	0,29	0,75	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	0,18	0,29	0,61	2,20	не значимый
21	Форм-Темп	0,26	0,28	0,92	2,20	не значимый
22	Форм-Влаж	-0,71	0,15	4,83	2,20	значимый
23	Форм-Скор.В	-0,50	0,23	2,24	2,20	значимый
24	Форм-Напр.В	0,21	0,29	0,74	2,20	не значимый

Таблица 15 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2021 год в г.Нижневартовск

2021	Пара	r	σr	t*	tkp	Вывод
1	PM-Темп	0,76	0,13	5,86	2,20	значимый
2	PM-Влаж	-0,25	0,28	0,90	2,20	не значимый
3	PM-Скор.В	-0,02	0,30	0,05	2,20	не значимый
4	PM-Напр.В	0,35	0,27	1,31	2,20	не значимый

5	NO2-Темп	-0,02	0,30	0,07	2,20	не значимый
6	NO2-Влаж	-0,34	0,27	1,27	2,20	не значимый
7	NO2-Скор.В	-0,82	0,10	8,48	2,20	значимый
8	NO2-Напр.В	0,44	0,24	1,84	2,20	не значимый
9	NO-Темп	-0,11	0,30	0,36	2,20	не значимый
10	NO-Влаж	-0,12	0,30	0,40	2,20	не значимый
11	NO-Скор.В	-0,57	0,20	2,81	2,20	значимый
12	NO-Напр.В	0,08	0,30	0,27	2,20	не значимый
13	CO-Темп	0,41	0,25	1,64	2,20	не значимый
14	CO-Влаж	-0,09	0,30	0,29	2,20	не значимый
15	CO-Скор.В	-0,69	0,16	4,34	2,20	значимый
16	CO-Напр.В	0,52	0,22	2,37	2,20	значимый
17	УС-Темп	0,53	0,22	2,43	2,20	значимый
18	УС-Влаж	0,51	0,22	2,27	2,20	значимый
19	УС-Скор.В	-0,28	0,28	1,02	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	0,43	0,25	1,74	2,20	не значимый
21	Форм-Темп	0,31	0,27	1,13	2,20	не значимый
22	Форм-Влаж	0,60	0,19	3,16	2,20	значимый
23	Форм-Скор.В	-0,22	0,29	0,77	2,20	не значимый
24	Форм-Напр.В	0,50	0,23	2,18	2,20	не значимый

Таблица 16 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2022 год в г.Нижневартовск

2022	Пара	r	σr	t*	tkp	Вывод
1	PM-Темп	0,52	0,22	2,40	2,20	значимый
2	PM-Влаж	0,14	0,30	0,46	2,20	не значимый
3	PM-Скор.В	-0,11	0,30	0,38	2,20	не значимый
4	PM-Напр.В	0,29	0,28	1,04	2,20	не значимый
5	NO2-Темп	-0,31	0,27	1,14	2,20	не значимый
6	NO2-Влаж	0,31	0,27	1,12	2,20	не значимый
7	NO2-Скор.В	0,23	0,29	0,80	2,20	не значимый
8	NO2-Напр.В	-0,02	0,30	0,07	2,20	не значимый
9	NO-Темп	0,44	0,24	1,83	2,20	не значимый
10	NO-Влаж	0,10	0,30	0,34	2,20	не значимый
11	NO-Скор.В	-0,75	0,13	5,79	2,20	значимый
12	NO-Напр.В	0,54	0,22	2,49	2,20	значимый
13	CO-Темп	0,49	0,23	2,12	2,20	не значимый
14	CO-Влаж	-0,14	0,30	0,49	2,20	не значимый
15	CO-Скор.В	-0,01	0,30	0,03	2,20	не значимый
16	CO-Напр.В	0,50	0,23	2,21	2,20	значимый
17	УС-Темп	-0,24	0,28	0,83	2,20	не значимый
18	УС-Влаж	0,45	0,24	1,86	2,20	не значимый

19	УС-Скор.В	-0,49	0,23	2,15	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	0,12	0,30	0,40	2,20	не значимый
21	Форм-Темп	0,69	0,16	4,39	2,20	значимый
22	Форм-Влаж	0,13	0,30	0,45	2,20	не значимый
23	Форм-Скор.В	-0,69	0,16	4,40	2,20	значимый
24	Форм-Напр.В	0,70	0,15	4,50	2,20	значимый

Таблица 17 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2023 год в г.Нижевартовск

2023	Пара	r	σr	t*	tkp	Вывод
1	PM-Темп	0,68	0,16	4,12	2,20	значимый
2	PM-Влаж	-0,73	0,14	5,27	2,20	значимый
3	PM-Скор.В	-0,14	0,30	0,48	2,20	не значимый
4	PM-Напр.В	0,49	0,23	2,15	2,20	не значимый
5	NO2-Темп	0,40	0,25	1,60	2,20	не значимый
6	NO2-Влаж	-0,11	0,30	0,38	2,20	не значимый
7	NO2-Скор.В	-0,35	0,26	1,32	2,20	не значимый
8	NO2-Напр.В	0,54	0,21	2,52	2,20	значимый
9	NO-Темп	0,79	0,11	6,91	2,20	значимый
10	NO-Влаж	-0,53	0,22	2,40	2,20	значимый
11	NO-Скор.В	-0,35	0,27	1,31	2,20	не значимый
12	NO-Напр.В	0,63	0,18	3,50	2,20	значимый
13	CO-Темп	0,63	0,18	3,52	2,20	значимый
14	CO-Влаж	-0,47	0,23	2,03	2,20	не значимый
15	CO-Скор.В	-0,58	0,20	2,90	2,20	значимый
16	CO-Напр.В	0,38	0,26	1,48	2,20	не значимый
17	УС-Темп	0,10	0,30	0,33	2,20	не значимый
18	УС-Влаж	-0,46	0,24	1,92	2,20	не значимый
19	УС-Скор.В	-0,07	0,30	0,22	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	0,51	0,22	2,26	2,20	значимый
21	Форм-Темп	0,26	0,28	0,93	2,20	не значимый
22	Форм-Влаж	-0,73	0,14	5,16	2,20	значимый
23	Форм-Скор.В	0,04	0,30	0,14	2,20	не значимый
24	Форм-Напр.В	0,61	0,19	3,27	2,20	значимый

Таблица 18 – Расчетные данные по корреляционному анализу за 2024 год в г.Нижневартовск

2024	Пара	r	σr	t*	ткр	Вывод
1	PM-Темп	-0,66	0,17	3,91	2,20	значимый
2	PM-Влаж	0,12	0,30	0,39	2,20	не значимый
3	PM-Скор.В	0,73	0,14	5,30	2,20	значимый
4	PM-Напр.В	0,20	0,29	0,69	2,20	не значимый
5	NO2-Темп	-0,33	0,27	1,25	2,20	не значимый
6	NO2-Влаж	0,09	0,30	0,30	2,20	не значимый
7	NO2-Скор.В	0,27	0,28	0,98	2,20	не значимый
8	NO2-Напр.В	-0,11	0,30	0,36	2,20	не значимый
9	NO-Темп	-0,11	0,30	0,35	2,20	не значимый
10	NO-Влаж	-0,33	0,27	1,21	2,20	не значимый
11	NO-Скор.В	-0,06	0,30	0,19	2,20	не значимый
12	NO-Напр.В	-0,15	0,29	0,51	2,20	не значимый
13	CO-Темп	0,08	0,30	0,27	2,20	не значимый
14	CO-Влаж	-0,54	0,21	2,51	2,20	значимый
15	CO-Скор.В	0,14	0,30	0,46	2,20	не значимый
16	CO-Напр.В	-0,09	0,30	0,31	2,20	не значимый
17	УС-Темп	-0,07	0,30	0,24	2,20	не значимый
18	УС-Влаж	-0,28	0,28	1,02	2,20	не значимый
19	УС-Скор.В	-0,19	0,29	0,65	2,20	не значимый
20	УС-Напр.В	0,02	0,30	0,08	2,20	не значимый
21	Форм-Темп	0,15	0,30	0,49	2,20	не значимый
22	Форм-Влаж	-0,47	0,24	1,99	2,20	не значимый
23	Форм-Скор.В	-0,38	0,26	1,46	2,20	не значимый
24	Форм-Напр.В	-0,15	0,29	0,51	2,20	не значимый