



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

Кафедра МКОА

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

**На тему: «Влияние метеорологических факторов на процессы
загрязнения атмосферного воздуха в Архангельске и
Архангельской области»**

Исполнитель _____ Егорова Софья Анатольевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ Кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Мханна Ааед Исмаил Назир

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

И. о. заведующего кафедрой

(подпись)

Доктор физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дробжева Яна Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«9» июня 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>ВВЕДЕНИЕ.....</i>	<i>3</i>
<i>ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....</i>	<i>5</i>
1.1 Общегеографическая характеристика.....	5
1.2 Климатические условия.....	7
1.2.1 Температура воздуха.....	9
1.2.2 Атмосферные осадки.....	12
1.2.3 Ветер.....	15
<i>ГЛАВА 2. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА.....</i>	<i>19</i>
2.1 Температурный режим.....	19
2.2 Инверсии температуры.....	21
2.3 Ветер.....	22
2.4 Осадки.....	24
2.5 Солнечная радиация.....	26
<i>ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА.....</i>	<i>27</i>
3.1 Классификация источников загрязнения атмосферного воздуха.....	28
3.2 Характеристика загрязняющих веществ.....	30
3.3 Закономерности распространения в атмосферном воздухе загрязняющих веществ.....	32
3.4 Характеристика загрязнения атмосферного воздуха в городах.....	42
3.4.1 Архангельск.....	42
3.4.2 Новодвинск.....	44
3.4.3 Коряжма.....	46
<i>ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В АРХАНГЕЛЬСКЕ И АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.....</i>	<i>49</i>
4.1 Анализ первого случая с 08.02.2021 по 12.02.2021 в г. Архангельске.....	49
4.2 Анализ второго случая с 06.07.2021 по 10.07.2021 в г. Архангельске.....	54

4.3 Анализ третьего случая с 23.03.2020 по 27.03.2020 в г. Коряжма.....	58
.....	62
<i>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</i>	<i>62</i>
<i>ЛИТЕРАТУРА.....</i>	<i>65</i>

СОКРАЩЕНИЯ

АО – акционерное общество;

ВОЗ – всемирная организация здравоохранения;

ВКР – выпускная квалификационная работа;

ГБУ – государственное бюджетное учреждение;

ГВС – газовоздушная смесь;

ГСН - государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды;

ЗАО – закрытое акционерное общество;

ИЗАВ – источники загрязнения атмосферного воздуха

ПДК – предельно допустимая концентрация вредного воздействия в окружающей природной среде;

ЦБК - целлюлозно-бумажный комбинат.

ВВЕДЕНИЕ

Атмосферный воздух является одним из самых важных и необходимых ресурсов для жизни на Земле. Он обеспечивает дыхание и жизнедеятельность всех организмов, а также является средой передвижения для различных веществ и частиц. Однако, в последние несколько лет наблюдается значительное ухудшение качества атмосферного воздуха во многих регионах мира, в том числе и в Архангельской области.

Загрязнение атмосферного воздуха представляет собой серьезную проблему, которая негативно влияет на здоровье людей, экосистемы и климат. Оно вызывается выбросами различных вредных веществ, таких как оксиды азота, серы, углеводороды и твердые частицы. Однако, помимо выбросов, на качество атмосферного воздуха влияют и метеорологические факторы, такие как температура, влажность, скорость и направление ветра, атмосферное давление и другие.

Цель данной работы изучить влияния метеорологических факторов на процессы загрязнения атмосферного воздуха в Архангельске и Архангельской области.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- изучить основные метеорологические факторы, оказывающее влияние на загрязнение атмосферного воздуха;
- сформировать базу данных о загрязняющих веществах, метеорологических величинах в исследуемой территории;
- сопоставить метеорологические величин и концентрации загрязняющих веществ в атмосфере в Архангельске и Архангельской области за выбранные периоды.

В результате выполнения данной работы будет получена информация о влиянии метеорологических факторов на процессы загрязнения атмосферного воздуха в Архангельской области. Это позволит лучше понять механизмы формирования загрязнения в регионе и разработать рекомендации по улучшению качества атмосферного воздуха и снижению его негативного воздействия на окружающую среду и здоровье людей.

Исследование о влиянии метеорологических факторов на процессы загрязнения атмосферного воздуха в Архангельской области является актуальным и важным в современном мире, где проблема экологии и сохранения окружающей среды становится все более острой. Архангельская область, расположенная в северной части России, является одним из крупнейших промышленных регионов страны, где активно осуществляется добыча и переработка природных ресурсов. Это приводит к значительному загрязнению атмосферы и негативному воздействию на здоровье населения и экосистему региона. Поэтому изучение взаимосвязи метеорологических условий и загрязнения воздуха поможет разработать эффективные меры для снижения загрязнения и улучшения качества атмосферного воздуха в Архангельской области.

Объектом исследования в работе является атмосферный воздух в данном регионе. Исследование направлено на выявление влияния метеорологических условий, таких как температура, влажность, скорость и направление ветра, на процессы загрязнения атмосферы различными веществами. Отслеживание и анализ данных позволят определить, какие метеорологические условия способствуют усилению или ослаблению загрязнения воздуха, а также выявить основные источники загрязнения в данном регионе.

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Архангельская область, расположенная на северо-западе России, представляет собой уникальный регион с богатым физико-географическим разнообразием. Регион граничит с Белым и Баренцевым морями на севере, что оказывает значительное влияние на его климатические условия и природные особенности. Глубокие леса, многочисленные реки и озера, а также обширные болота создают сложный и разнообразный ландшафт, который играет ключевую роль в формировании климатических и экологических условий региона.

Знание физико-географических характеристик Архангельской области является фундаментальным для понимания климатических процессов, происходящих в регионе. Эти процессы, в свою очередь, определяют метеорологические условия, влияющие на качество атмосферного воздуха. В этом разделе мы рассмотрим основные географические особенности области, включая ее рельеф, гидрографию и природные зоны, а также проанализируем климатические условия, такие как температура воздуха, атмосферные осадки и ветер. Эти данные являются основой для дальнейшего изучения влияния метеорологических факторов на загрязнение атмосферного воздуха в Архангельской области.

1.1 Общегеографическая характеристика

Архангельская область расположена на севере европейской части России, занимает территорию 590 тыс. км². Граничит с Мурманской областью,

Республикой Коми, Республикой Карелия, Кировской и Вологодской областями. Географическое положение области включает как прибрежные, так и континентальные зоны, создавая разнообразие природных условий и ландшафтов.



Рисунок 1 - Физическая карта Архангельской области.

Рельеф Архангельской области представлен преимущественно холмистой местностью, что четко видно на представленной карте рельефа. Высоты варьируются от прибрежных низменностей до холмов и возвышенностей, что формирует уникальные условия для формирования различных экосистем. Основные реки региона, такие как Северная Двина, Пинега и Мезень, играют важную роль в гидрографической сети области. Эти реки не только формируют

водный баланс, но и оказывают влияние на местные климатические условия, обеспечивая влагу и поддерживая биологическое разнообразие.

Леса занимают значительную часть территории Архангельской области, представляя собой богатый ресурс и важный компонент экосистемы. Водные ресурсы региона включают многочисленные озера и болота, которые являются неотъемлемой частью природного ландшафта. Прибрежные районы характеризуются сложными экосистемами, которые зависят от влияния морских течений и погодных условий.

Эти физико-географические особенности формируют уникальные климатические условия региона, включая холодные зимы и умеренно теплые лета. Климатические характеристики региона будут более подробно рассмотрены в следующих разделах данной главы. Карта, приведенная выше, иллюстрирует географическое разнообразие Архангельской области и служит важным инструментом для дальнейшего анализа и изучения.

1.2 Климатические условия

Архангельская область находится на севере Восточно-Европейской равнины. Значительная протяженность территории с севера на юг и с запада на восток и разнообразие физико-географических условий создают большое различие климата отдельных ее частей.

Территория Архангельской области расположена в трех климатических поясах – арктическом, субарктическом и умеренном.

В арктическом поясе расположены архипелаг Новая Земля Франца-Иосифа и северный остров Новая земля. Остальная часть территории, а именно Архангельская область находится в атлантико-арктической области умеренного пояса. [3]

Климат области формируется в условиях малого количества солнечной радиации, влияния северных морей и активного западного переноса, благодаря которому влажные морские воздушные массы переносятся с Атлантического океана (летом – холодные, зимой – теплые). Также фактором влияющим на климат являются местные физико-географические особенности территории. [3]

Распределение тепла и влаги, которые определяется радиационным балансом и циркуляционными факторами, в основном зависит от характера подстилающей поверхности и рельефа местности. Для условий Архангельской области это наличие близости Атлантики и Северного Ледовитого океана, а также наличие густой речной сети, озер, болот, растительности, возвышенности, создающие пересеченный рельеф равнинной территории, плавно понижающейся к северу.

Сложное взаимодействие климатических факторов определяет особенности режима каждого климатического элемента – температуры атмосферного воздуха, атмосферных осадков, ветра, облачности и др.

Главную роль в формировании климата области играет радиационный процесс, который определяется географической широтой, поэтому количество солнечной радиации поступающей на данную область, зависит от высоты солнца над горизонтом и продолжительности дня. На побережье Баренцева моря солнце не заходит за горизонт с середины мая до конца июля, что составляет 1,5-2 месяца. К югу от Полярного круга в это время продолжительность дня заметно превышает продолжительность ночи, что приводит к явлению «белых ночей».

Атмосферная циркуляция оказывает значительное влияние на климат Архангельской области, поскольку территория находится в зоне активной циклонической деятельности и частого перемещения воздушных масс, которые различаются по месту своего формирования, температуре и влажности. Эти процессы являются основной причиной нарушения широтной зональности в

климатических пояса и нерегулярности изменений метеорологических параметров.

1.2.1 Температура воздуха

Климат Архангельской области, как и многих северных регионов России, характеризуется значительными колебаниями температуры воздуха в течение года. Среднемесячные температуры приземного воздуха в Архангельске демонстрируют ярко выраженные сезонные изменения, типичные для субарктического климатического пояса.

В зимние месяцы, начиная с декабря и заканчивая февралем, температура воздуха в регионе достигает своих минимальных значений. Так, в январе среднемесячный минимум составляет $-15,2^{\circ}\text{C}$, а средний максимум $-8,4^{\circ}\text{C}$. Февраль несколько теплее, со средним минимумом $-14,4^{\circ}\text{C}$ и средним максимумом $-7,1^{\circ}\text{C}$. Даже в марте, когда дневные температуры начинают повышаться, ночные температуры остаются низкими, достигая в среднем $-9,7^{\circ}\text{C}$.

Весенние месяцы отмечены постепенным потеплением. В апреле средняя температура воздуха колеблется от $-3,4^{\circ}\text{C}$ до $5,6^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует о начале активного таяния снега и пробуждении природы. В мае температура продолжает расти, достигая средних значений от $2,5^{\circ}\text{C}$ до $13,1^{\circ}\text{C}$.

Лето в Архангельской области относительно короткое, но умеренно теплое. В июне средняя температура варьируется от 7,7 °С до 18,7 °С, тогда как июль, самый теплый месяц, имеет средние значения от 11,5 °С до 22,1 °С. Август также теплый, со средними значениями от 9,3 °С до 18,6 °С, однако уже в сентябре начинается заметное снижение температуры.

Осенние месяцы характеризуются постепенным остыванием воздуха. В сентябре средние значения температуры составляют от 5,6 °С до 12,8 °С, а в октябре — от 0,4 °С до 5,0 °С. В ноябре температура падает еще больше, с минимальными значениями около -6,7 °С и максимальными -1,9 °С.

Таким образом, температурный режим Архангельской области свидетельствует о значительных сезонных колебаниях, что типично для субарктического климата. Эти данные играют важную роль в дальнейшем анализе метеорологических факторов, влияющих на загрязнение атмосферного воздуха в регионе. Таблица 1 иллюстрирует среднемесячные значения температуры воздуха в Архангельске, предоставляя детальную картину климатических условий региона.

Таблица 1 – Среднемесячная температура приземного воздуха в Архангельске в градусах Цельсия.

Месяц	Средний минимум	Средняя	Средний максимум
Январь	- 15,2	- 11,6	- 8,4
Февраль	- 14,4	- 10,7	- 7,1
Март	- 9,7	- 5,5	- 1,1
Апрель	- 3,4	0,8	5,6
Май	2,5	7,5	13,1
Июнь	7,7	13,1	18,7
Июль	11,5	16,5	22,1

Август	9,3	13,6	18,6
Сентябрь	5,6	8,8	12,8
Октябрь	0,4	2,5	5,0
Ноябрь	- 6,7	-4,2	- 1,9
Декабрь	- 11,3	- 8,2	- 5,3

Рисунок 2 иллюстрирует среднемесячные значения температуры атмосферного воздуха в Архангельске за период с 2018 по 2023 год. График демонстрирует характерные сезонные колебания температуры, типичные для северных регионов России, с четко выраженными зимними минимумами и летними максимумами.

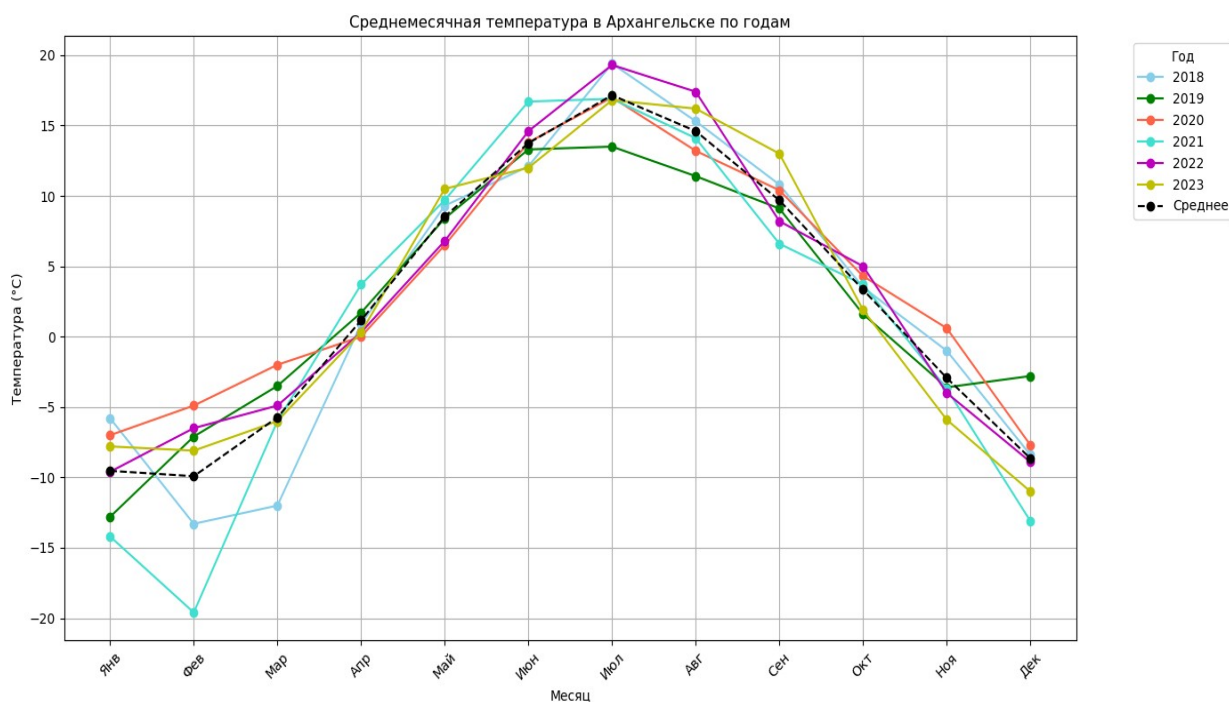


Рисунок 2 - Среднемесячная температура атмосферного воздуха в г. Архангельске 2018-2023 гг.

График показывает относительно стабильные сезонные колебания температуры с небольшими межгодовыми вариациями. Зимние и летние

температуры демонстрируют предсказуемые паттерны, что указывает на устойчивость климатических условий региона.

Некоторые годы выделяются экстремальными значениями, например, особенно холодная зима 2018 года и 2021 года. Эти экстремумы могут быть связаны с аномальными погодными явлениями.

Незначительные, но видимые изменения в средней температуре могут указывать на более долгосрочные климатические тренды. Например, постепенное увеличение летних температур или вариабельность зимних минимальных температур может свидетельствовать о влиянии глобального потепления на региональный климат.

В заключение, представленный график позволяет получить наглядное представление о сезонных и межгодовых колебаниях температуры в Архангельске за последние шесть лет. Эти данные важны для дальнейшего анализа климатических условий и их влияния на экологические и социальные аспекты жизни в регионе.

1.2.2 Атмосферные осадки

Атмосферные осадки являются одним из ключевых климатических показателей, влияющих на гидрологические и экологические условия региона. Рисунок 3 иллюстрирует среднемесячное количество осадков в г. Архангельске за период с 2018 по 2023 гг., показывая значительные сезонные и межгодовые вариации.

В зимние месяцы количество осадков относительно невелико, колеблясь в диапазоне от 30 до 50 мм. Январь и февраль, как правило, характеризуются меньшим количеством осадков по сравнению с остальными месяцами года. Это объясняется холодными температурными условиями, при которых выпадает преимущественно снег.

В весенние месяцы наблюдается постепенное увеличение количества осадков. В марте и апреле количество осадков варьируется от 20 до 60 мм, а в мае оно достигает своего пика — до 80 мм. Весенние осадки важны для начала вегетационного периода и восстановления водных ресурсов после зимы.

Летние месяцы являются наиболее влажным периодом года. Июль и август демонстрируют максимальные значения осадков, достигая 100-120 мм. Июнь также характеризуется значительным количеством осадков, обычно превышающим 50 мм. Эти месяцы играют важную роль в поддержании уровня грунтовых вод и водных ресурсов региона.

Осенью количество осадков постепенно уменьшается. Сентябрь и октябрь по-прежнему остаются достаточно влажными месяцами, с осадками в диапазоне от 50 до 100 мм. Ноябрь характеризуется снижением количества осадков до уровня зимних значений (около 40-60 мм), что свидетельствует о переходе к зимним условиям.

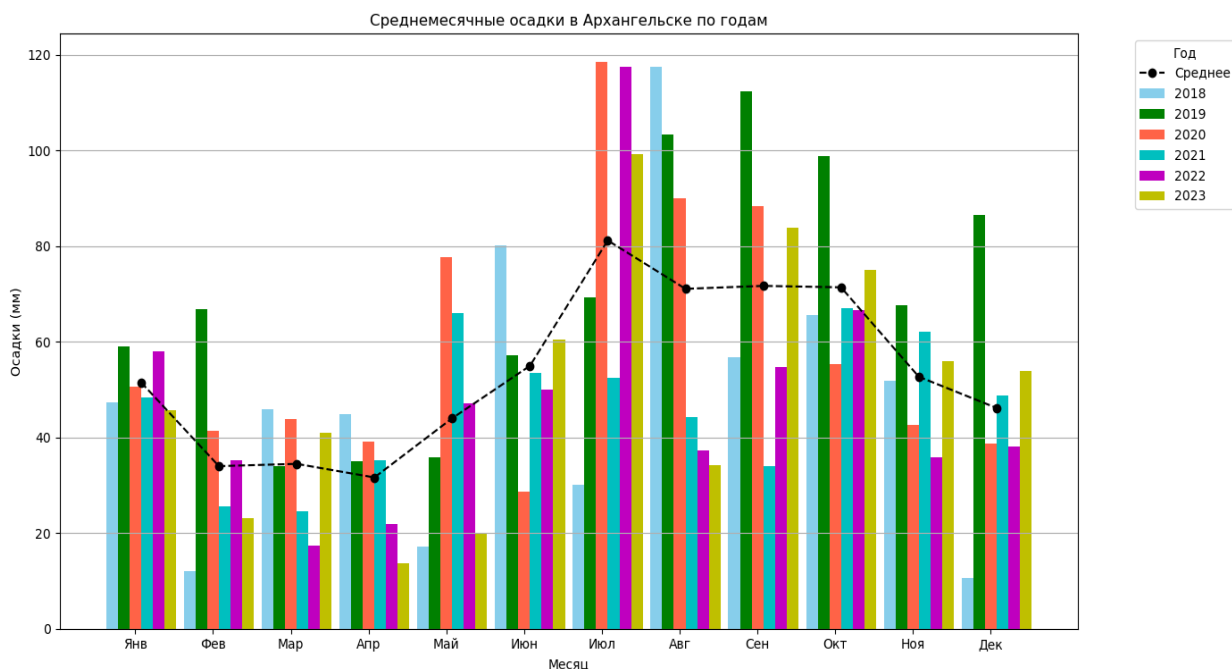


Рисунок 3 – График среднемесячного количества осадков в г. Архангельске с 2018 по 2023 гг.

График показывает стабильные сезонные колебания в количестве осадков с отчетливыми пиками в летние месяцы и минимальными значениями в зимний период. Эти тенденции остаются неизменными на протяжении всех рассматриваемых лет.

На графике видны годы с аномальными значениями осадков. Например, в июле наблюдается значительное увеличение количества осадков, превышающее 100 мм. Подобные аномалии могут быть связаны с интенсивными погодными явлениями, такими как сильные дожди и шторма.

Межгодовые колебания в количестве осадков могут свидетельствовать о долгосрочных изменениях климатических условий. Важно следить за такими изменениями для прогнозирования и управления водными ресурсами региона.

В целом, анализ представленного графика позволяет сделать вывод о значительных сезонных колебаниях в количестве осадков, что является характерной чертой климата Архангельской области. Эти данные важны для понимания гидрологических процессов и разработки стратегий адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

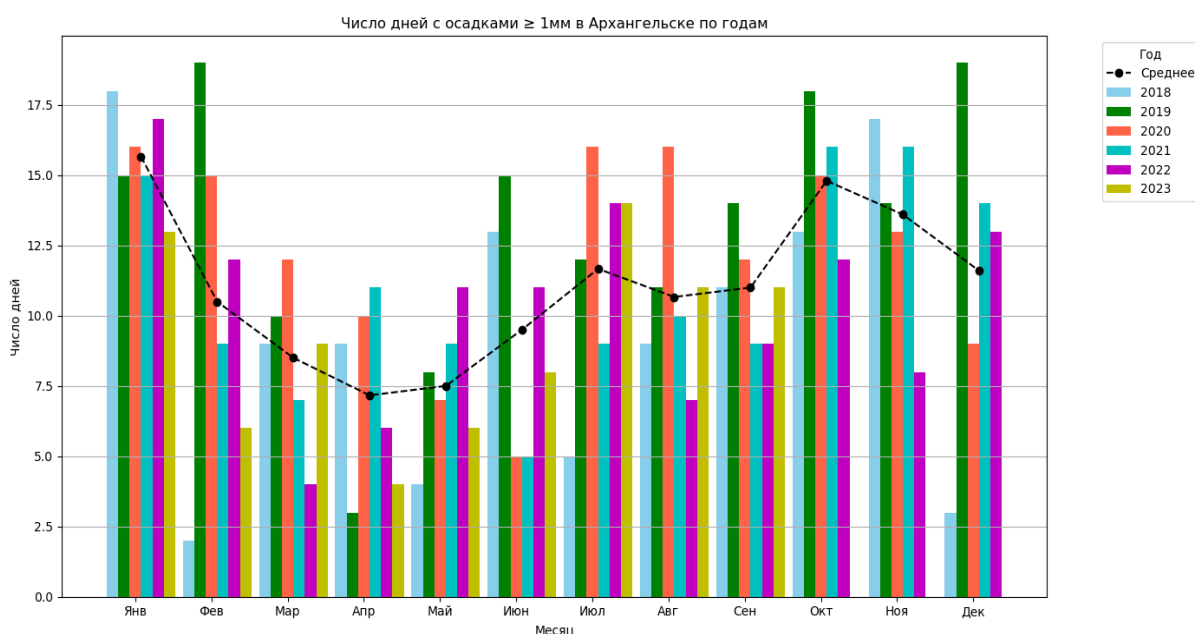


График показывает, что зимние месяцы (январь, февраль, декабрь) имеют высокое количество дней с осадками, с пиками до 18 дней, что связано с частыми снегопадами. Весной количество дней с осадками уменьшается, достигая минимума в апреле и мае, что свидетельствует о меньшей активности атмосферных фронтов. Летние месяцы характеризуются умеренным количеством дождливых дней, особенно в июле и августе, с максимумами до 15 дней, что указывает на частые летние дожди. Осенью снова наблюдается увеличение количества дней с осадками, особенно в октябре и ноябре, что связано с повышенной влажностью и частыми дождями. Межгодовые колебания показывают небольшие вариации, подтверждая устойчивость сезонных паттернов осадков в регионе.

1.2.3 Ветер

Географическое распределение различных направлений ветра и его скоростей определяется сезонным состоянием поля атмосферного давления. В холодное время года ветровой режим рассматриваемой территории формируется преимущественно под влиянием исландского минимума. С сентября по март преобладают ветры южной четверти – юго-восточные, южные, юго-западные. [2]

Частота направлений ветра, Архангельск

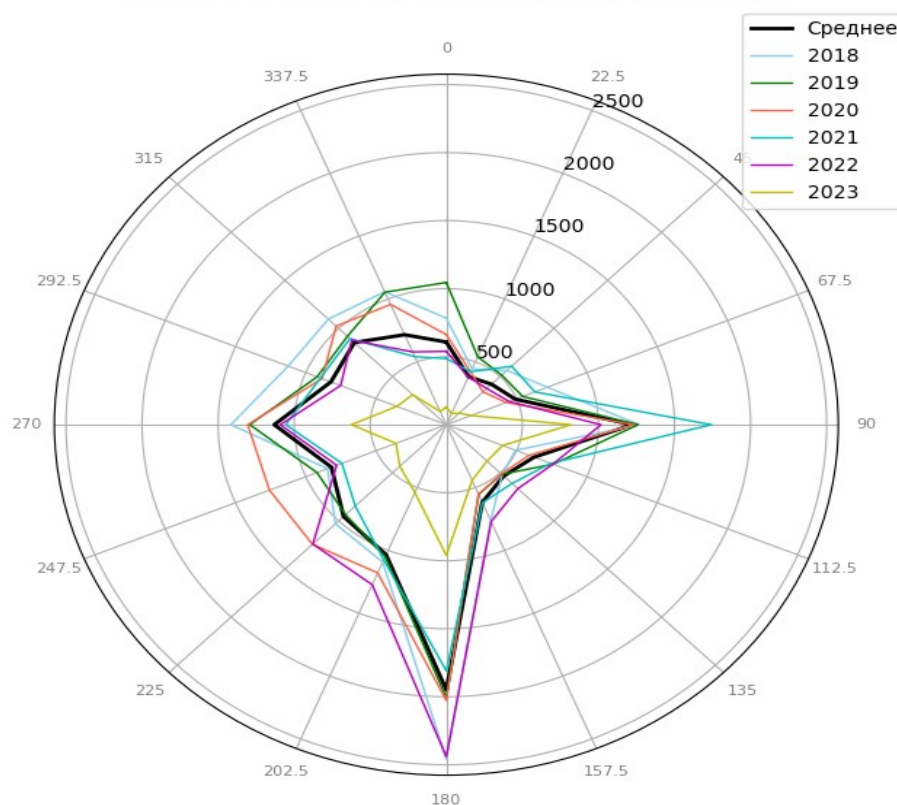


Рисунок 5 – Преобладающие направления ветра на территории Архангельска за период 2018-2023 гг.

Северный сектор (N: 0° - E: 90°)

В этом секторе направления ветра встречаются с умеренной частотой. Северные и северо-восточные ветры могут приносить холодные воздушные массы из Арктики, влияя на понижение температуры, особенно в зимний период.

Восточный сектор (E: 90° - S: 180°)

Частота восточных ветров и их поднаправления встречаются с умеренной частотой. Восточные ветры могут приносить континентальные воздушные массы, которые могут быть сухими и холодными зимой или теплыми летом.

Южный сектор (S: 180° - W: 270°)

Южные и юго-западные ветры являются одними из наиболее частых направлений. Эти ветры обычно приносят более теплые и влажные воздушные

массы, что оказывает влияние на повышение температуры и увеличение влажности, особенно в летние месяцы.

Западный сектор (W: 270° - N: 0°)

Западные и северо-западные ветры также встречаются довольно часто. Западные ветры приносят воздушные массы с Атлантического океана, которые могут быть умеренно теплыми и влажными, что особенно заметно в межсезонье.

Частота направлений ветра в Архангельске за период с 2018 по 2023 гг. показывает преобладание южных, западных и восточных ветров, что указывает на значительное влияние теплых и влажных воздушных масс. Северные и северо-восточные ветры встречаются реже и приносят более холодные условия. Западные ветры также менее часты, но их влияние незначительно. Эта стабильность ветровых условий важна для понимания климатических особенностей региона и их влияния на экологическую и метеорологическую ситуацию в Архангельске.

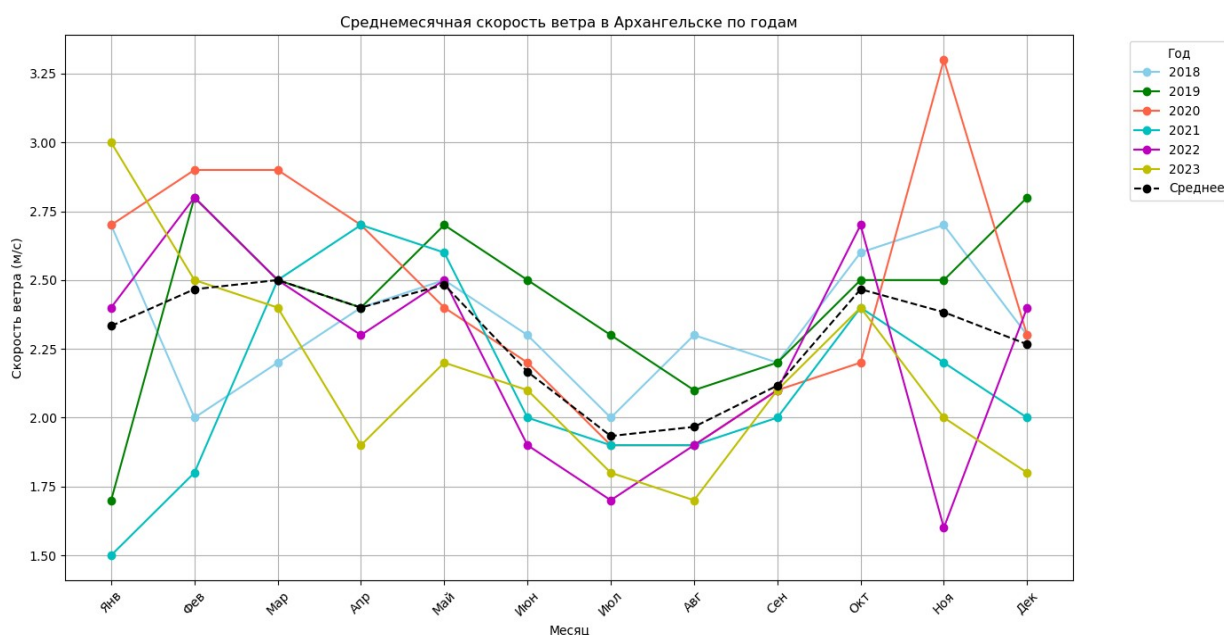


Рисунок 6 – Среднемесячная скорость ветра (м/с) в г. Архангельске 2018-2023гг.

График показывает значительную межгодовую вариабельность скорости ветра. Например, январь и ноябрь выделяются высокими значениями скорости

ветра, достигающими разницы в 1.5 м/с и 1.65 м/с соответственно, что свидетельствует о более интенсивной атмосферной активности в эти месяцы.

Напротив, летние месяцы, особенно июль и август, на протяжении всех лет скорость ветра стабильно снижается, причем средние значения часто опускаются ниже 2.25 м/с. Это указывает на стабилизацию атмосферных условий и ослабление ветра в летний период.

ГЛАВА 2. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Существует неразрывная связь между уровнем загрязнения воздуха и некоторыми метеорологическими факторами, такими как температура воздуха, скорость и направление ветра, количество осадков и интенсивность солнечной радиации. Даже при отсутствии изменений в объеме и составе выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, под влиянием метеорологических условий их распределение и концентрация в разных местах могут существенно различаться. Поэтому при оценке степени загрязнения воздуха рекомендуется использовать комплексные параметры, учитывающие особенности конкретной метеорологической ситуации и влияние многолетних метеорологических условий на распределение и рассеивание загрязняющих веществ.

Влияние метеорологических факторов на загрязнение атмосферного воздуха выражается в такие факторах как, температурная инверсия, ветер, осадки, солнечная радиация.

Описание влияния этих метеорологических элементов дано в разделах 2.1-2.5.

2.1 Температурный режим

Температурный режим является одним из наиболее значимых факторов, влияющих на распределение и концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере. При повышении температуры воздуха, снижается высота подъема нагретых выбросов от промышленных источников. Это связано с тем, что нагретые выбросы поднимаются в атмосферу из-за разницы температур между выбросами и атмосферным воздухом. При повышении температуры окружающей среды, эта разница становится меньше, и выбросы не

поднимаются так высоко, как в холодных условиях. В результате загрязняющие вещества остаются в приземном слое атмосферы, увеличивая свою концентрацию.

Температурная стратификация также играет важную роль в рассеивании загрязняющих веществ. В условиях устойчивой стратификации, когда верхние слои воздуха теплее нижних, вертикальное движение воздуха ограничено. Это приводит к накоплению загрязняющих веществ в нижних слоях атмосферы, это часто наблюдается во время термических инверсий. В условиях застоя воздуха, когда отсутствует значительное движение воздушных масс, наибольшее накопление загрязняющих веществ происходит при высоких температурах. Связано это с тем, что высокие температуры повышают химическую активность загрязняющих веществ, а также, что в теплую погоду естественная вентиляция воздуха уменьшается за счет конвективных потоков. В результате загрязняющие вещества накапливаются в приземном слое атмосферы, что приводит к высоким концентрациям.

На загрязнение атмосферного воздуха особое влияние оказывают сезонные изменения. В зимний период, когда температура ниже, концентрация загрязняющих веществ также ниже, в отличие от летнего периода. Это объясняется несколькими факторами: во-первых, зимой выбросы часто теплее воздуха, что способствует их лучшему рассеиванию; во-вторых, зимой увеличивается частота и интенсивность осадков, вымывающих загрязняющие вещества из атмосферы; в-третьих, в более холодное время года чаще дуют сильные ветры, способствующие более эффективному рассеиванию загрязняющих веществ. Летом, несмотря на меньший объем выбросов, концентрация загрязняющих веществ часто достигает пиковых значений.

Связано это с тем, что в теплое время года разница температур между выбросами и окружающим воздухом уменьшается, что ограничивает подъем и рассеивание примесей. Кроме того, летом увеличивается количество солнечных

дней, что способствует фотохимическим реакциям в атмосфере и образованию вторичных загрязняющих веществ, таких как озон и фотохимический смог.

Экстремальные погодные условия, такие как тепловые волны, могут резко увеличить загрязнение воздуха. Во время аномальной жары высокие температуры могут привести к значительному увеличению содержания озона и других фотохимических загрязнителей. Такие условия особенно опасны в крупных городах, где высока плотность выбросов от транспорта и промышленности. Таким образом, температурный режим оказывает особое влияние на процессы загрязнения воздуха. Это способствует образованию дыма и тумана.

2.2 Инверсии температуры

Повышение температуры воздуха с увеличением высоты над уровнем моря, в отличие от ее обычного понижения в тропосфере, называется термической инверсией. Такие инверсии могут возникать как у поверхности (поверхностные инверсии), так и в свободной атмосфере. Поверхностные инверсии возникают чаще всего ночью, когда скорость ветра равна нулю (зимой может возникать и днем), из-за интенсивного теплового излучения от поверхности Земли, которое вызывает охлаждение поверхности и прилегающего к ней слоя воздуха. Толщина таких инверсий может составлять от нескольких десятков метров до нескольких сотен метров. В пределах инверсионного слоя, изменения температуры могут составлять от нескольких градусов до 15-20 °C и более.

Температурные инверсии в атмосфере действуют, как «застойные слои», препятствующие накоплению водяного пара, ядер конденсации и пыли. Это способствует образованию дыма и тумана. Особую опасность для городской атмосферы представляют приземные инверсии при слабом ветре, приводящие

к образованию «застойного воздуха». Высокие концентрации загрязняющих веществ наблюдаются при низких температурах. Зимние инверсии совпадают с антициклоническими областями, поэтому высокие концентрации дыма часто фиксируются в антициклоническую погоду.

2.3 Ветер

Ветер играет ключевую роль в формировании и распространении загрязнителей в атмосфере. Его влияние на качество воздуха многогранно и зависит от скорости, направления и устойчивости воздушных потоков. В этом разделе рассматриваются основные механизмы воздействия ветра на загрязнение атмосферного воздуха, а также их специфические проявления в Архангельской области.

Дисперсия загрязняющих веществ: Высокая скорость ветра способствует эффективному рассеиванию загрязняющих веществ в атмосфере. При сильном ветре концентрации загрязнителей уменьшаются, так как они быстрее рассеиваются на большие расстояния от источника выбросов. Низкая скорость ветра, напротив, приводит к накоплению загрязняющих веществ вблизи источников выбросов. В таких условиях возможно образование высоких концентраций загрязнителей, что особенно опасно в урбанизированных районах.

Вертикальное перемешивание: Сильный ветер способствует вертикальному перемешиванию воздушных масс, что помогает загрязняющим веществам подниматься на более высокие уровни атмосферы, где они могут распространяться на большие расстояния. В условиях слабого ветра вертикальное перемешивание ограничено, что может привести к повышенной концентрации загрязнителей в приземном слое воздуха.

Транспортировка загрязняющих веществ: Направление ветра определяет путь транспортировки загрязняющих веществ. Например, при преобладании западных ветров, характерных для Архангельской области, загрязнители могут переноситься с западных промышленных зон на восток, влияя на качество воздуха в этих районах. Изменения направления ветра могут привести к изменению областей с наибольшим загрязнением. Важно учитывать сезонные и суточные изменения направлений ветра при прогнозировании загрязнения воздуха.

Географическое положение Архангельской области, граничащей с морями, обуславливает значительное влияние морских ветров. Морские ветры могут приносить как чистый морской воздух, так и загрязненные воздушные массы из других регионов.

Инверсии температуры: Инверсии, часто возникающие при слабом ветре, создают условия для накопления загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. Это особенно актуально для зимнего периода, когда инверсии наиболее часты.

Атмосферная турбулентность: Высокая турбулентность, связанная с сильным ветром, способствует лучшему перемешиванию воздуха и снижению концентрации загрязнителей. Напротив, низкая турбулентность способствует стабильности воздушных слоев и накоплению загрязняющих веществ.

Примеры влияния ветра на загрязнение воздуха в Архангельской области:

Летний период: В летние месяцы, когда преобладают слабые ветры и частые инверсии температуры, наблюдается повышение концентрации загрязняющих веществ, таких как диоксид азота и взвешенные частицы.

Зимний период: В зимние месяцы, при сильных и устойчивых ветрах, концентрация загрязняющих веществ обычно ниже из-за эффективного рассеивания и перемешивания воздушных масс.

Ветер является одним из важнейших метеорологических факторов, влияющих на загрязнение атмосферного воздуха. Его скорость, направление и

устойчивость определяют как транспортировку, так и дисперсию загрязняющих веществ. Для Архангельской области, с ее уникальными климатическими и географическими условиями, учет влияния ветра критически важен при прогнозировании и управлении качеством воздуха. Понимание этих процессов позволяет более эффективно разрабатывать стратегии по снижению загрязнения и защите здоровья населения.

2.4 Осадки

Осадки – одни из важных метеорологических факторов, которые могут оказывать существенное влияние на качество воздуха. Осадки играют важную роль в очищении атмосферы от скопления различных примесей. Дождь, снег, град и другие виды осадков способны вымывать из воздуха частицы пыли, дыма, аэрозолей и газов, что приводит к снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха. Этот процесс является естественным механизмом очистки атмосферы. Взаимодействие осадков с загрязняющими веществами определяется рядом факторов, в том числе физическими и химическими свойствами частиц, интенсивностью, продолжительностью и типом осадков. Процесс вымывания загрязняющих веществ из атмосферы, включает в себя абсорбцию частиц на поверхности капель осадков, их растворение в воде механическое удаление после соприкосновения с поверхностью.

Влияние осадков на загрязнение воздуха

Смывка загрязняющих веществ: Дождевые осадки способствуют эффективному удалению загрязняющих веществ из атмосферы. Капли дождя захватывают аэрозоли, пыль и газообразные загрязнители, очищая воздух и снижая концентрацию вредных веществ. Снег, подобно дождю, также удаляет загрязняющие вещества, хотя этот процесс может быть медленнее. Снег

накапливает загрязнители на своей поверхности, которые затем оседают на землю при таянии снега.

Уменьшение концентрации загрязняющих веществ: Периоды с частыми и обильными осадками обычно характеризуются более низкими концентрациями загрязняющих веществ. Это связано с тем, что осадки способствуют «очищению» атмосферы, снижая уровень таких загрязнителей, как взвешенные частицы, диоксид азота и озон. В отсутствие осадков концентрация загрязняющих веществ может увеличиваться из-за отсутствия механизма их удаления из атмосферы.

Дождь является наиболее эффективным средством для смыва загрязнителей из атмосферы. Капли дождя захватывают частицы пыли и аэрозоли, что приводит к значительному уменьшению их концентрации в воздухе. В интенсивных дождевых периодах наблюдается быстрое снижение загрязнения, однако кратковременные ливни могут не оказывать долгосрочного эффекта.

Снег, в отличие от дождя, может удерживать загрязнители на своей поверхности в течение длительного времени. Это приводит к накоплению загрязняющих веществ на поверхности снега, которые высвобождаются при его таянии. В зимние месяцы, когда осадки в виде снега преобладают, возможно временное увеличение загрязнения воздуха из-за низкой скорости смывания загрязнителей.

В Архангельской области наблюдаются значительные сезонные колебания в количестве и типе осадков. Летние месяцы характеризуются частыми дождями, что способствует эффективному очищению атмосферы от загрязнителей. В зимние месяцы осадки выпадают в виде снега, что приводит к накоплению загрязняющих веществ на поверхности снега и их последующему высвобождению при таянии.

Межгодовые различия в количестве осадков могут значительно влиять на уровень загрязнения воздуха. Годы с обильными осадками обычно

характеризуются более низкими уровнями загрязнения, тогда как годы с дефицитом осадков могут демонстрировать повышенные концентрации загрязняющих веществ.

Осадки играют важную роль в динамике загрязнения атмосферного воздуха, оказывая значительное влияние на уровень загрязняющих веществ в атмосфере. Понимание механизмов взаимодействия осадков с загрязнителями и их сезонных и межгодовых вариаций критически важно для эффективного управления качеством воздуха. В Архангельской области, с ее уникальными климатическими условиями, учет влияния осадков является ключевым элементом в прогнозировании и снижении уровня загрязнения воздуха.

2.5 Солнечная радиация

Солнечная радиация играет важную роль в процессах, связанных с загрязнением атмосферного воздуха и опасными атмосферными явлениями. Ультрафиолетовое излучение, являющееся частью солнечного спектра, это важный источник энергии для фотохимических реакций в атмосфере. Например, воздействие ультрафиолетового излучения на диоксид серы приводит к его окислению до сульфатного аэрозоля, что способствует образованию аэрозолей.

Когда в атмосфере присутствуют оксиды азота и органические соединения, солнечная радиация может стимулировать фотохимические реакции, приводящие к образованию фотохимических облаков. Этот процесс может привести к образованию опасных газов и аэрозолей, таких как озон, пероксиацетилнитрат и другие продукты реакции.

Также, солнечная радиация вызывает нагрев земной поверхности, что приводит к возникновению конвективных воздушных потоков. Эти потоки способствуют переносу загрязняющих веществ от источников выбросов на

большие расстояния, что может привести к дополнительному загрязнению воздуха в отдаленных районах.[6]

Таким образом, солнечная радиация является не только источником энергии для фотохимических процессов в атмосфере, но и играет важную роль в переносе примесей, усиливая их воздействие на загрязнение атмосферы.

ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Атмосферное загрязнение является одной из наиболее серьезных экологических проблем современности, оказывая значительное влияние на здоровье человека и окружающую среду. В Архангельской области, как и в других регионах, качество воздуха напрямую зависит от множества факторов, включая антропогенные выбросы, метеорологические условия и природные явления.

Целью данной главы является детальное изучение источников загрязнения, состава и концентрации загрязняющих веществ, а также закономерностей их распространения в атмосфере. Мы рассмотрим классификацию источников загрязнения, включая промышленные предприятия, транспорт и бытовые выбросы, и их вклад в общее загрязнение воздуха. Особое внимание будет уделено анализу различных типов загрязняющих веществ, таких как взвешенные частицы, оксиды азота, серы и углерода, а также их воздействию на здоровье и экосистемы.

В этой главе дана характеристика загрязнения атмосферного воздуха в городах Архангельской области, таких как Архангельск, Новодвинск и Коржма. Эти города являются важными промышленными центрами региона, и их вклад в общее загрязнение воздуха требует особого внимания. В этой части главы будут представлены данные мониторинга качества воздуха и проведен анализ тенденций и динамики загрязнения.

Таким образом, третья глава предоставляет всесторонний обзор характеристик загрязнения атмосферного воздуха, что является необходимым шагом для понимания и решения экологических проблем в Архангельской области.

3.1 Классификация источников загрязнения атмосферного воздуха

Источники загрязнения атмосферного воздуха (ИЗАВ) – это источники предприятия, которые осуществляют загрязнение атмосферного воздуха.

Источники загрязнения атмосферного воздуха делятся на три группы: по происхождению, по организации выбросов загрязняющих веществ, по степени подвижности.

Рассмотрим первую группу загрязняющих источников – по происхождению. Они в свою очередь подразделяются на природные и антропогенные. Природные (естественные) источник обусловлены природными процессами и явлениями. К загрязняющим веществам, естественного происхождения относят: пыль растительного, животного и вулканического происхождения, пыль, при эрозии почвы, частицы морской соли, туманы, дым и газы от лесных пожаров. Антропогенные (искусственные) источники, обусловлены деятельностью человека. Они делятся на: транспортные (автотранспорт железнодорожный, речной, морской и воздушный), производственные, бытовые (котельные, предприятия по утилизации и переработке бытовых отходов). [5]

Вторая группа источников по организации выбросов загрязняющих веществ, делится на организованные и неорганизованные. Организованные – это те выбросы, которые осуществляются через специальные конструкции, такие как газоотводы, воздухопроводы, трубы и т.п. Эти выбросы характеризуются значительной высотой, а также высокими концентрациями и объемами загрязняющих веществ. Неорганизованные – это выбросы, которые поступают в атмосферу без предварительной очистки. К таким источникам относятся автостоянки, склады горюче-смазочных или сыпучих материалов и другие места, откуда может происходить утечка загрязняющих веществ.

Третья группа по степени подвижности, делится на стационарные и передвижные. Стационарные источники выбросов бывают организованные и неорганизованные. Организованные источники – оснащены специальными устройствами для производства выбросов, к ним можно отнести трубы, вентиляционные системы, газоходы и воздухопроводы и т.п. Неорганизованные источники, не имеют таких устройств для производства выбросов; к ним относятся цеха, где проводится сварка, склады, на которых происходит хранение химически-опасных веществ. Передвижные источники, это те, которые могут перемещаться в пространстве, к ним относятся все виды транспорта; дизельные передвижные установки; строительная, сельскохозяйственная и дорожная техника. [5]



Рисунок 7 – Основные центры загрязнения атмосферного воздуха в Архангельске и Архангельской области

3.2 Характеристика загрязняющих веществ

В состав взвешенных веществ включаются различные частицы, такие как пыль, зола, сажа, дым, различные сульфаты, нитраты и другие твердые элементы, которые образуются в процессе сгорания различных видов топлива в ходе производственных процессов. Эти вещества могут быть как высокотоксичными, так и безвредными, в зависимости от своего состава. Кроме

того, они могут образовываться естественным образом, например, в результате почвенной эрозии.

При попадании в дыхательную систему человека, взвешенные частицы могут вызывать проблемы с дыханием и кровообращением. Твердые частицы, проникающие в организм во время вдыхания, оказывают негативное воздействие не только на дыхательные пути, но и на другие органы, так как в их составе находятся различные токсичные вещества.

Среди веществ, загрязняющих атмосферный воздух в результате деятельности человека, значительное влияние оказывают оксиды азота (NO). Они образуются при сгорании органического топлива при высоких температурах и изначально присутствуют в форме оксидов азота, которые впоследствии превращаются в диоксид азота. Оксиды и диоксиды азота играют важную роль в сложных фотохимических процессах, происходящих в тропосфере под воздействием солнечной радиации.

При низких концентрациях диоксида азота могут возникать проблемы с дыханием и появляться кашель. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует не допускать превышения уровня в 40 мкг/м^3 , так как при более высоких значениях могут проявляться болезненные симптомы.

Оксид углерода попадает в атмосферу из-за выбросов промышленных объектов, где топливо сгорает не полностью. Особенно значительные количества этого вещества выбрасывают предприятия металлургической и нефтехимической отраслей. Однако, основной вклад в выбросы оксида углерода поступает от автомобильного транспорта.

При сжигании топлива, в составе которого входит сера, в атмосферу поступает такое вещество, как диоксид серы SO_2 . Основными источниками этого вещества являются электростанции, котельные и металлургические предприятия.

По данным Всемирной организации здравоохранения, превышение ПДК диоксида серы может значительно увеличить риски развития различных

заболеваний дыхательных путей. Это вещество вызывает воспаление носоглотки, воздействуя на слизистые оболочки.

Бенз(а)пирен выделяется в атмосферу при сгорании разнообразных видов топлива. Это вещество в больших объемах выбрасывают предприятия цветной и черной металлургии, энергетики и строительной промышленности.

Формальдегид – это одно из вредных веществ, загрязняющих городскую атмосферу. В промышленности формальдегид образуется при сжигании жидкого топлива, производстве искусственных смол и пластмасс. Также формальдегид выделяется в атмосферу вместе с другими углеводородами на различных заводах: деревообрабатывающей промышленности, целлюлозно-бумажной, химической и нефтехимической промышленности.

В нижних слоях атмосферы озон формируется преимущественно в результате фотохимической реакции, в которых участвуют окислы азота, летучие углеводороды, угарный газ, и другие вещества, известные как предшественники озона. Озон – бесцветный газ, обладающий сильными окислительными свойствами.

3.3 Закономерности распространения в атмосферном воздухе загрязняющих веществ

Любое загрязняющее вещество относительно быстро рассеивается в атмосфере воздушными потоками. Однако скорость и

интенсивность рассеивания в значительной степени зависит от погодных условий.

Рассеивание примесей в атмосферном воздухе зависит от двух основных факторов: скорости ветра и вертикального распределения температуры воздуха. Как правило, чем скорость ветра выше, тем интенсивнее рассеивание примесей.

Вертикальное распределение температуры воздуха зависит от степени нагрева поверхности земли и слоя воздуха, который находится у ее поверхности. Чем сильнее нагревается поверхность, тем интенсивнее происходит вертикальное перемешивание атмосферного воздуха.

Вертикальное распределение температуры также обусловлено тем, что плотность сухого воздуха уменьшается с увеличением высоты, по мере того как воздух опускается к поверхности Земли. По мере подъема сухой воздух адиабатически расширяется и охлаждается примерно на 1°C на каждые 100 м, что называется температурным градиентом. Величина температурного градиента может быть разной. Летом он приближается к 1°C , а в холодную погоду опускается до отрицательных значений. Как влияет температурный градиент на перемешивание струи представлено на рисунках.

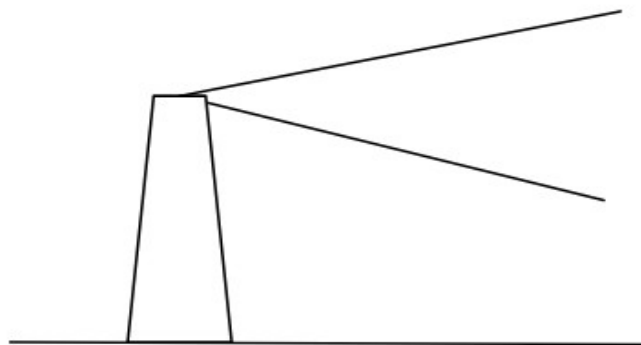


Рисунок 8 - Конусообразный факел

Конусообразный факел, обычно можно наблюдать при безразличной устойчивой атмосфере, когда преобладает механическая турбулентность, а небо

затянуто облаками. Половина угла наклона факела составляет почти 10° . Большая часть загрязнений переносится ветром на значительные расстояния, прежде чем достигнуть уровня земли. [4]

Характеристики устойчивой атмосферы: В стабильных условиях вертикальное перемешивание ограничено, что приводит к минимальному рассеиванию загрязняющих веществ вверх. Это обычно происходит при температурной инверсии, когда температура воздуха повышается с высотой, создавая барьер для вертикального перемешивания.

Плоский факел: Изображение показывает факел, распространяющийся горизонтально с небольшой вертикальной дисперсией, что типично для стабильных атмосферных условий.

Влияние на окружающую среду: Поскольку вертикальное перемешивание ограничено, загрязняющие вещества остаются в нижних слоях атмосферы, что приводит к высоким концентрациям в приземном слое. Загрязняющие вещества могут распространяться на большие расстояния от источника выбросов, оставаясь на низких высотах.

Воздействие на здоровье: Высокие концентрации загрязняющих веществ в приземном слое могут негативно сказываться на здоровье людей, особенно в населенных пунктах, находящихся по пути распространения факела.

Примеры стабильных атмосферных условий:

Ночные инверсии: Обычно возникают ночью, когда поверхность земли быстро остывает, а воздух над ней остается более теплым.

Антициклоны: Области высокого давления, где вертикальное движение воздуха ограничено и преобладает нисходящий поток, также способствуют стабильности атмосферы.

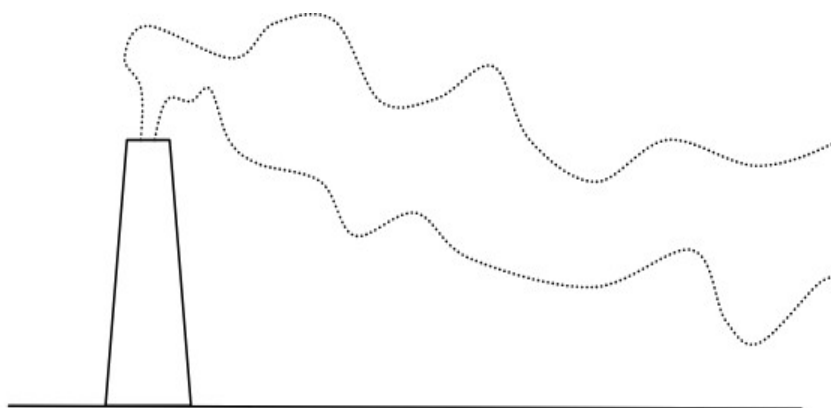


Рисунок 9 - Волнообразный факел

Волнообразный факел наблюдается в условиях сильной конвективной турбулентности и является следствием сверхadiaбатического вертикального градиента температуры, который приводит к значительной неустойчивости атмосферы. Характерен для ясных дней, когда земная поверхность нагревается солнечными лучами. Тепловые вихри могут быть достаточно сильными, чтобы переносить выбросы вниз до уровня земли за короткое время. Хотя здесь наблюдается тенденция к рассеиванию примесей в большом объеме, в отдельных участках приземного слоя концентрация их может быть значительной. [4]

Характеристики турбулентной атмосферы: Турбулентная атмосфера характеризуется хаотичными и неравномерными движениями воздушных масс. В таких условиях происходит интенсивное перемешивание воздуха, что способствует быстрому рассеиванию загрязняющих веществ.

Неравномерный факел: Изображение показывает факел, имеющий волнообразную форму и значительную вертикальную и горизонтальную дисперсию, что указывает на сильную турбулентность и неустойчивые условия.

Влияние на окружающую среду: Интенсивное вертикальное и горизонтальное перемешивание приводит к быстрому снижению концентрации загрязняющих веществ в атмосфере. Это уменьшает вероятность высоких концентраций загрязнений в приземном слое. Загрязняющие вещества

распространяются на большую площадь, что может снизить их концентрацию в одной точке, но увеличить общую область воздействия.

Уменьшение локального загрязнения: Турбулентность способствует быстрому уменьшению уровня загрязнения вблизи источника выбросов, что может снизить негативное воздействие на здоровье населения в непосредственной близости от источника.

Примеры турбулентных атмосферных условий:

Дневное нагревание: В дневное время солнечное нагревание поверхности земли вызывает образование турбулентных восходящих потоков, что усиливает вертикальное перемешивание.

Фронтальные зоны: Прохождение атмосферных фронтов часто сопровождается турбулентными движениями воздуха, что приводит к интенсивному перемешиванию воздушных масс.

Таким образом, турбулентная атмосфера способствует эффективному рассеиванию загрязняющих веществ, что уменьшает локальные концентрации и снижает риск негативного воздействия на здоровье человека.

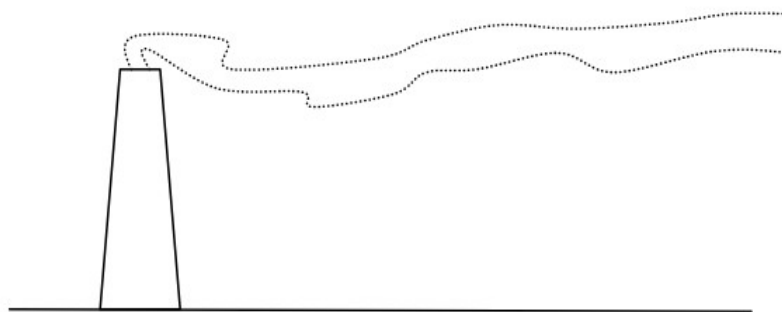


Рисунок 10 - Нитевидный факел

Нитевидный факел наблюдается при значительном отрицательном температурном градиенте и формировании инверсии над трубой. Механическая турбулентность в таких условиях минимальная. Если плотность ГВС 30 незначительно отличается от плотности воздуха, загрязняющие примеси

перемещаются в направлении ветра приблизительно на одинаковой высоте. Чаще всего это бывает в ясные ночи, когда земля, излучая тепло, охлаждается. Земной поверхности достигает лишь небольшое количество летучих веществ. [4]

Характеристики инверсии:

Температурная инверсия: Инверсия температуры возникает, когда температура воздуха повышается с высотой, создавая стабильный слой, который препятствует вертикальному перемешиванию. Этот слой действует как крышка, удерживая загрязняющие вещества в нижних слоях атмосферы. Изображение показывает факел, распространяющийся горизонтально под слоем инверсии, с небольшой вертикальной дисперсией.

Влияние на окружающую среду: В условиях инверсии загрязняющие вещества не могут подниматься выше слоя инверсии и остаются в приземном слое, что приводит к накоплению и высоким концентрациям загрязнений. Инверсия часто приводит к значительному ухудшению качества воздуха, особенно в урбанизированных районах, где концентрация источников выбросов высока. Инверсии могут длиться от нескольких часов до нескольких дней, в течение которых качество воздуха остается на низком уровне, что может существенно повлиять на здоровье населения.

Примеры инверсий:

Ночные инверсии: Часто возникают ночью, когда поверхность земли быстро остывает, в то время как воздух над ней остается более теплым.

Инверсии в условиях антициклонов: В антициклонах, где присутствует область высокого давления и слабый ветер, также часто наблюдаются инверсии.

Таким образом, температурная инверсия создает условия для накопления загрязняющих веществ в приземном слое, что может значительно ухудшить качество воздуха и оказать негативное влияние на здоровье населения.

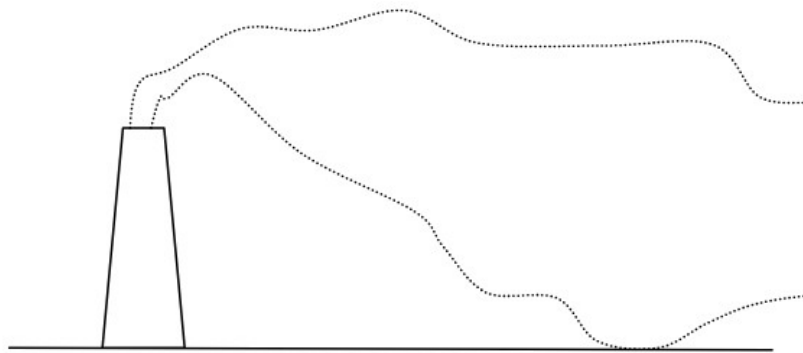


Рисунок 11 - Задымляющий факел

Задымляющий факел наблюдается в том случае, если устойчивый слой воздуха находится на небольшом расстоянии, над точкой выброса, а неустойчивый – ниже выброса. Температурный профиль, способствующий образованию задымления, формируется рано утром. Утреннее солнце нагревает землю, развивается отрицательный температурный градиент в направлении от поверхности земли. Когда неустойчивый слой достигает высоты трубы, большие объемы выброса из нее переносятся в направлении ветра к поверхности земли. Это длится не более получаса. Но в течение этого времени приземная концентрация может достигать относительно высоких значений. Задымлению способствуют ясное небо и слабый ветер. Чаще всего такие условия создаются летом. [4]

Характеристики нисходящих потоков: Эти условия возникают, когда воздух движется вниз по вертикали, что может быть вызвано антициклонами или сильными охлаждающими процессами. Нисходящие потоки препятствуют подъему загрязняющих веществ и способствуют их распространению в нижних слоях атмосферы. Изображение показывает факел, который наклоняется вниз и распространяется вблизи поверхности земли. Это указывает на присутствие нисходящих воздушных потоков, которые удерживают загрязняющие вещества в нижних слоях атмосферы.

Влияние на окружающую среду: Нисходящие потоки способствуют накоплению загрязнителей в приземном слое, что приводит к повышению их концентраций на уровне, где происходит дыхание людей. Загрязняющие вещества не поднимаются вверх и не рассеиваются на большие расстояния, что приводит к сильному локальному загрязнению воздуха.

Потенциальное воздействие на здоровье: Высокие концентрации загрязняющих веществ в приземном слое могут оказывать значительное негативное воздействие на здоровье населения, особенно в урбанизированных и промышленных районах.

Примеры условий с нисходящими потоками:

Антициклоны: Антициклоны характеризуются областями высокого давления и нисходящими воздушными потоками, которые препятствуют вертикальному перемешиванию воздуха.

Охлаждение поверхности: В ночное время или зимой, когда поверхность земли быстро охлаждается, могут возникать нисходящие потоки, способствующие накоплению загрязнителей в приземном слое.

Таким образом, условия с нисходящими потоками воздуха создают благоприятные условия для накопления загрязняющих веществ в нижних слоях атмосферы, что может значительно ухудшить качество воздуха и повлиять на здоровье населения.

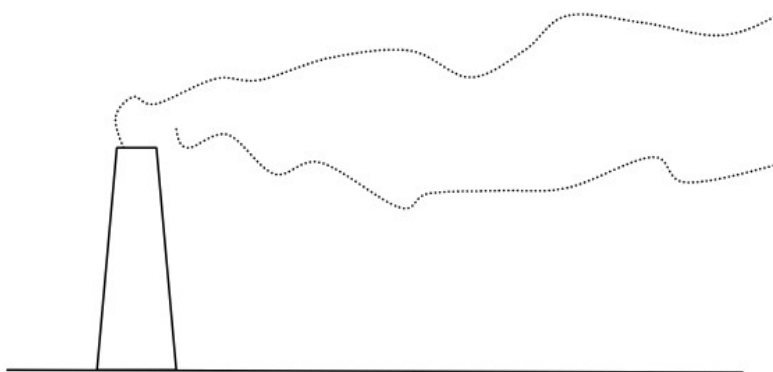


Рисунок 13 - Приподнятый факел

Приподнятый факел появляется образуется, когда инверсионный слой располагается ниже выброса. Он возникает в полдень и на рассвете при ясном небе. В течение дня, под воздействием солнечных лучей отрицательный температурный градиент развивается на весь нижний слой атмосферы. Тепло, излучаемое поверхностью земли после полудня, способствует формированию приземной инверсии. По мере углубления инверсионного слоя, приподнятая струя 31 ГВС переходит в нитевидный факел. В таких условиях загрязняющие вещества рассеиваются во время перемещения примесей в направлении ветра не образуя значительных концентраций у поверхности земли. [4]

Характеристики восходящих потоков: Эти условия возникают, когда воздух движется вверх по вертикали. Восходящие потоки могут быть вызваны нагревом поверхности земли (конвекцией) или механическими подъемами, связанными с топографией местности. Изображение показывает факел, который поднимается вверх и распространяется на более высоких уровнях атмосферы. Это указывает на наличие восходящих потоков воздуха, которые способствуют подъему загрязняющих веществ.

Влияние на окружающую среду: Восходящие потоки способствуют подъему загрязняющих веществ на более высокие уровни атмосферы, что снижает их концентрацию в приземном слое и улучшает качество воздуха вблизи источника выбросов. Загрязняющие вещества поднимаются на большие высоты, где они могут распространяться на большие расстояния, что способствует их размыванию и снижению концентрации. Подъем загрязняющих веществ на более высокие уровни атмосферы способствует их размыванию и снижению концентрации, что уменьшает локальное воздействие на здоровье населения.

Примеры условий с восходящими потоками:

Дневная конвекция: В дневное время поверхность земли нагревается, создавая восходящие потоки воздуха, которые поднимают загрязняющие вещества вверх.

Горная местность: В районах с горной местностью восходящие потоки могут быть вызваны подъемом воздуха вдоль склонов гор.

Таким образом, условия с восходящими потоками воздуха способствуют подъему и размыванию загрязняющих веществ, что улучшает качество воздуха в приземном слое и уменьшает локальные концентрации загрязнений.

Анализ различных типов распространения загрязняющих веществ в атмосфере, представленных на пяти картинках, позволяет сделать важные выводы о влиянии метеорологических условий на качество воздуха. Каждая из иллюстраций демонстрирует особенности поведения выбросов в различных атмосферных условиях, что имеет критическое значение для понимания процессов загрязнения и разработки эффективных стратегий по их снижению.

В условиях устойчивой атмосферы (Рисунок 9) загрязняющие вещества распространяются преимущественно горизонтально, что приводит к высоким концентрациям в приземном слое на значительном расстоянии от источника выбросов. Эти условия требуют особого внимания при прогнозировании эпизодов сильного загрязнения и разработке мер по его снижению.

Турбулентные условия:

В турбулентной атмосфере (Рисунок 10) загрязняющие вещества подвергаются интенсивному вертикальному и горизонтальному перемешиванию, что способствует быстрому размыванию и снижению локальных концентраций загрязнений. Такие условия чаще всего способствуют улучшению качества воздуха вблизи источника выбросов.

Температурная инверсия:

При температурной инверсии (Рисунок 11) вертикальное перемешивание ограничено, что приводит к накоплению загрязняющих веществ в приземном

слое и ухудшению качества воздуха. Эти условия часто наблюдаются в ночное время и в антициклонах, что требует особого контроля за выбросами в эти периоды.

В условиях нисходящих потоков (Рисунок 12) загрязняющие вещества удерживаются в нижних слоях атмосферы, что приводит к высоким приземным концентрациям. Это особенно опасно для урбанизированных и промышленных районов, где необходимо применять дополнительные меры по снижению выбросов.

Восходящие потоки воздуха:

В условиях восходящих потоков (Рисунок 13) загрязняющие вещества поднимаются на большие высоты, что способствует их размыванию и снижению концентраций в приземном слое. Это положительно влияет на качество воздуха вблизи источника выбросов, но может привести к распространению загрязнений на большие расстояния.

Комплексное понимание различных типов атмосферных условий и их влияния на распространение загрязняющих веществ является ключевым элементом для разработки эффективных мер по контролю и снижению загрязнения воздуха. Каждый тип условий требует специфического подхода и стратегий для минимизации негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. Использование метеорологических данных в сочетании с мониторингом выбросов позволяет прогнозировать эпизоды сильного загрязнения и принимать превентивные меры, направленные на улучшение качества воздуха.

3.4 Характеристика загрязнения атмосферного воздуха в городах

3.4.1 Архангельск

Основные источники загрязнения атмосферы в г. Архангельске - это предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, теплоэнергетики, а также автомобильный, речной и железнодорожный транспорт. Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха осуществляются на трех стационарных постах государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды (ГСН). Эти посты классифицируются как «городской фоновый» (пост №5), который расположен в жилых районах, «промышленный» (пост №6), расположен около промышленных предприятий и «автомобильный», расположен вблизи автомагистралей с высоким уровнем движением транспорта (пост №4).



Рисунок 13 – Схема размещения стационарных постов ГСН в г. Архангельске

За период с 2018 по 2022 гг. в г. Архангельске уровень загрязнения атмосферы был повышенный. За период с 2018 по 2022 гг. в атмосферном воздухе города зафиксированы повышенные концентрации формальдегида. За этот период произошло снижение содержания взвешенных веществ, оксида углерода, диоксида и оксида азота, бенз(а)пирена и сероводорода.

В 2022 году по сравнению с прошлыми годами количество превышений максимально разовых концентраций сероводорода в диапазоне 1,1-2,0 ПДКм.р. сократилось на 1,4 раза, а превышений свыше 2,1 ПДК было зафиксировано только одно. Количество превышений максимально разовых концентраций оксида углерода и оксида азота в пределах 1,1-2,0 ПДКм.р. уменьшилось вдвое.

Также в 2022 году зафиксированы превышения максимально разовых концентраций взвешенных веществ, частиц PM_{2,5} и PM₁₀ в диапазоне 1,1-5,0 ПДКм.р. Количество превышений максимально разовых концентраций взвешенных веществ в диапазоне 1,1-2,0 ПДКм.р увеличилось вдвое, в то время как количество превышений максимально разовых концентраций частиц PM₁₀ и PM_{2,5} в этом диапазоне сократилось на 1,4 и 1,8 раза соответственно. По остальным контролируемым загрязняющим веществам существенных изменений не наблюдалось.

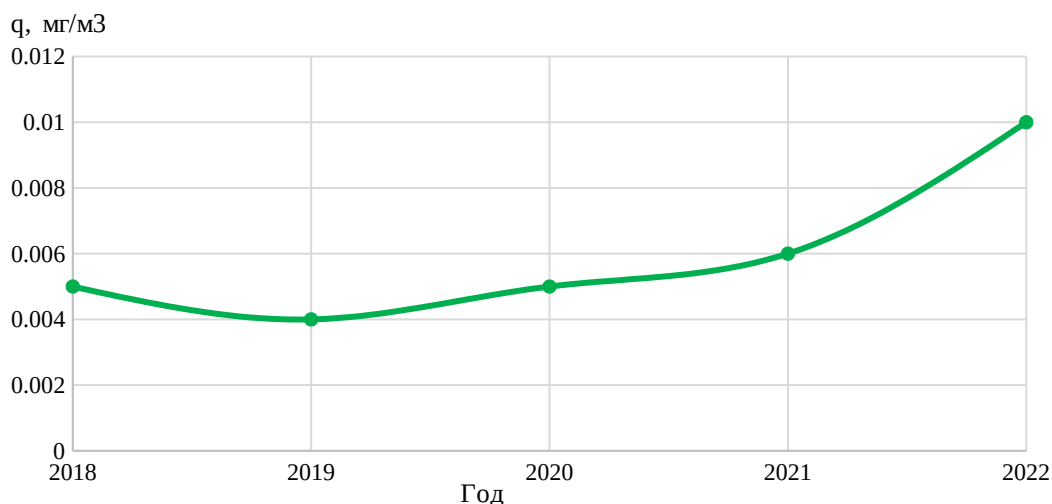


Рисунок 14 – График изменения среднегодовых концентраций формальдегида в г. Архангельске

3.4.2 Новодвинск

Основные источники загрязнения атмосферы в г. Новодвинске это: АО «Архангельский ЦБК», который является главным поставщиком выбросов от

стационарных источников, а также ЗАО «Архангельский фанерный завод» и автотранспорт. Наблюдения за контролем загрязнения атмосферного воздуха проводятся на двух стационарных постах ГНС. Эти посты классифицируются на «городской фоновый» (пост №1), расположен в жилом районе и «промышленный» (пост №3), находится вблизи предприятия.

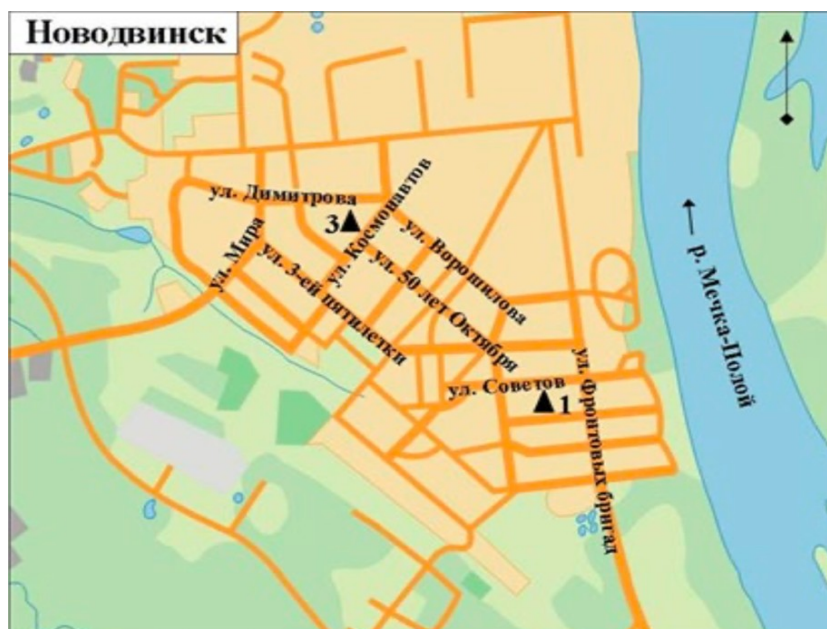


Рисунок 15 – Схема размещения стационарных постов ГНС в г. Новодвинске

Уровень загрязнения за период с 2018 по 2022 гг. был повышенный. За этот период в г. Новодвинске были зафиксированы повышенные концентрации формальдегида. За последние шесть лет в атмосферном воздухе города повысились концентрации бенз(а)пирена. За указанный период зафиксировано снижение оксида углерода, сероводорода, взвешенных веществ и диоксида азота.

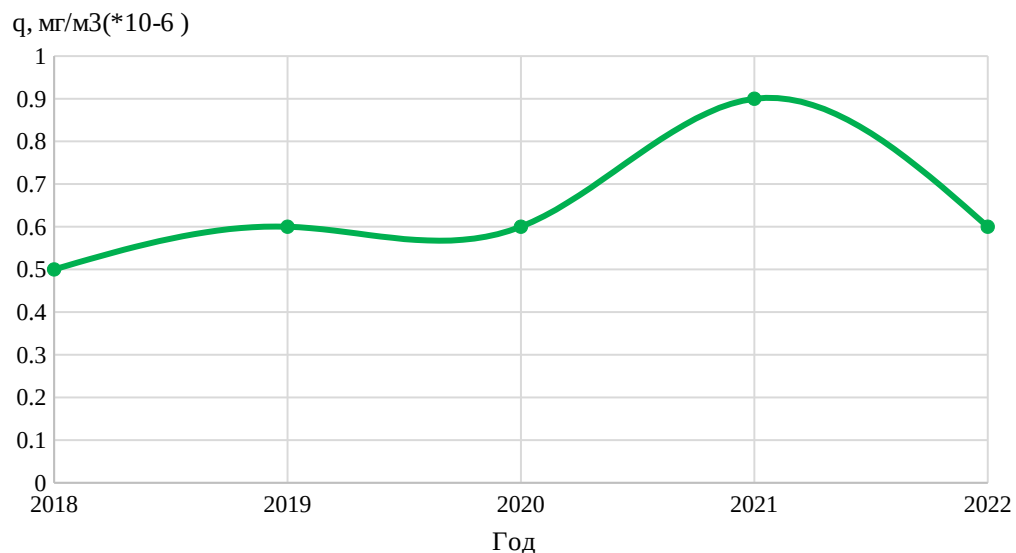


Рисунок 16 – График изменения среднегодовой концентрации бенз(а)пирена в г. Новодвинске

3.4.3 Коряжма

Основные источники загрязнения атмосферы: филиал АО «Группа «Илим» в г. Коряжме, вклад которого в выбросы стационарных источников составляет 98%. Наблюдения проводятся на одном стационарном посту ведомственной службой – санитарно-промышленной лабораторией филиала АО «Группа «Илим» в г. Коряжме. Пост относится к категории «промышленный».

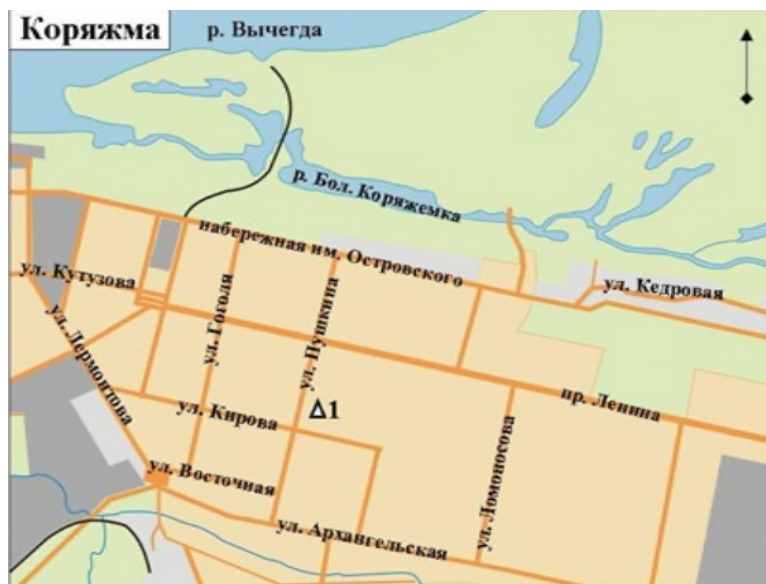


Рисунок 16 – Схема размещения стационарного поста в г. Коряжма

Уровень загрязнения за период с 2018 по 2022 гг. был относительно низким. Случаев высокого и экстремально высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха не отмечалось. За последние несколько лет в атмосферном воздухе города возросло содержание взвешенных веществ, метилмеркаптана и диоксида азота.

В 2022 году по сравнению с предыдущими годами количество превышений максимально разовых концентраций сероводорода значительно сократилось: в пределах 1,1-2,0 ПДКм.р. – на 3,4 раза, а в пределах 2,1-5,0 ПДКм.р. – на 7 раз. В 2022 году превышений концентрации свыше 5 ПДКм.р. не зафиксировано. По остальным загрязняющим веществам изменений в атмосферном воздухе не зафиксировано.

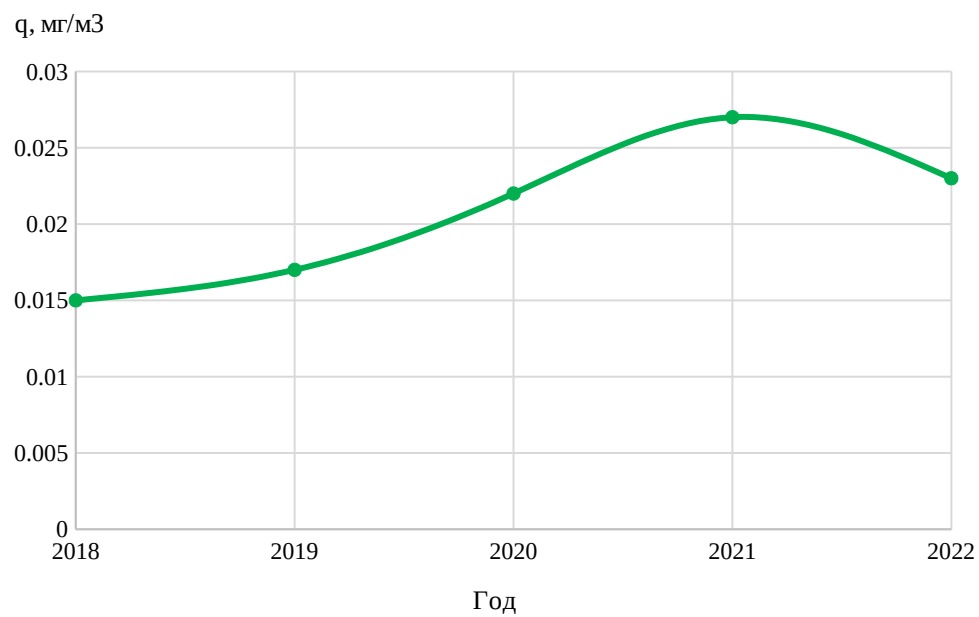


Рисунок 17 – График изменения среднегодовых концентраций азота в г. Коряжме.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В АРХАНГЕЛЬСКЕ И АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Практической задачей данной ВКР является установить взаимосвязь между метеорологическими факторами и загрязнением атмосферного воздуха в Архангельске и Архангельской области.

В предыдущих главах работы уже было указано, что метеорологические факторы оказывают прямое влияние на концентрацию, преобразование и распространение загрязняющих веществ в атмосфере.

На основе данных о загрязнении амфогного воздуха в рассматриваемой области, а также на базе данных отборных метеорологических величин за период с 2018 по 2023 гг. для исследования были выбраны наиболее показательные случаи превышения ПДК.

Для наиболее детального исследования, рассмотрим 3 случая, при которых наблюдались увеличения примесей. Случаи, которые были выбраны для рассмотрения, зафиксированы в г. Коряжме и г. Архангельске.

4.1 Анализ первого случая с 08.02.2021 по 12.02.2021 в г. Архангельске

Первым случаем для рассмотрения является период с 08.02.2021 по 12.02.2021 в г. Архангельске.

Проанализировав архивы погоды для выбранного периода, были построены графики зависимостей метеорологических факторов и выбросов загрязняющих веществ. Для полноценного проведения анализа использовались среднесуточные значения концентраций загрязняющих веществ (NO, NO₂, PM_{2,5}, PM₁₀, O₃), которые были получены с сайта ГБУ Архангельской области

«Центра природопользования и охраны окружающей среды» и среднесуточные значения метеорологических величин, полученные с сайта <https://rp5.ru/>. Также, для определения корреляционной связи использовалась шкала Чеддока.

Таблица 2 шкала Чеддока для качественной оценки показателей тесноты связи.

Количественная мера тесноты связи	Качественная характеристика силы связи
0,1-0,3	Слабая
0,3-0,5	Умеренная
0,5-0,7	Заметная
0,7-0,9	Высокая
0,9-0,99	Весьма высокая

В феврале 2021 года на территории Архангельска были зафиксированы случаи превышения среднесуточной предельно допустимой концентрации оксида азота до 1,96 ПДК с.с, пыли РМ 2,5 до 3,29 ПДК с.с . Дважды зафиксированы превышения среднесуточной предельно допустимой концентрации озона 1,20 и 1,27 ПДК с.с. Девятого февраля – превышение предельно допустимой максимально разовой концентрации диоксида азота до 1.08 ПДК м.р. .

Как установлено в предыдущей главе, ветер оказывает положительный результат на рассеивание примесей. Но, исходя из анализа связи скорости ветра и загрязняющих веществ видим, что связь между этими элементами отрицательная, что говорит об обратной связи. При среднесуточных значениях коэффициент корреляции скорости ветра и оксида азота будет равняться -0,2 – связь слабая; коэффициент корреляции скорости ветра и диоксида азота -0,7 – связь высокая; коэффициенты корреляции скорости ветра и взвешенных твердых частиц РМ2,5 и РМ10 составили -0,7 и -0,7; коэффициент корреляции скорости ветра и озона -0,2 – связь слабая.

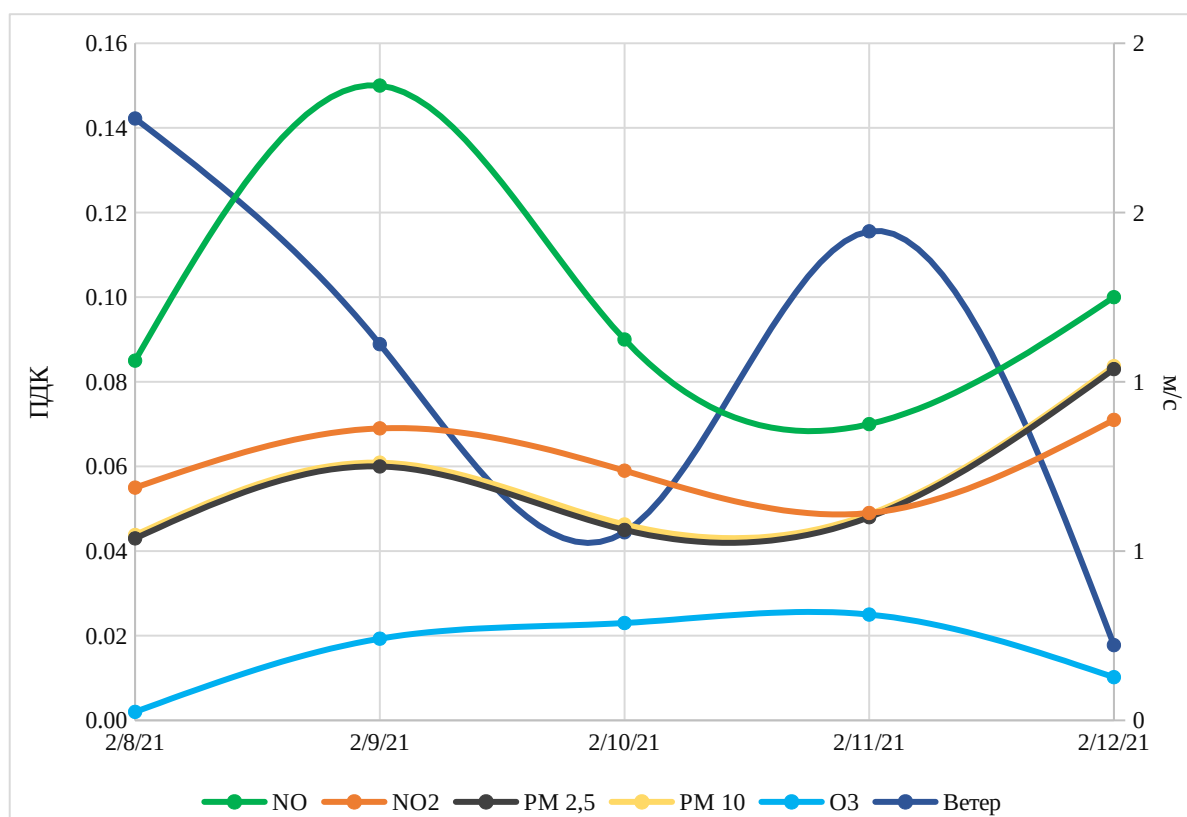


Рисунок 18 –График зависимости среднесуточных концентраций основных загрязняющих веществ (NO, NO2, PM2,5, PM10, O3) и скорости ветра с 8 по 12 февраля 2021 года в г. Архангельске

График демонстрирует среднесуточные значения загрязняющих веществ, которые являются наиболее опасными для загрязнения атмосферы, и скорости ветра за период с 8 по 12 февраля 2021 года.

В предыдущей главе было рассмотрено, как влияет температура воздуха на концентрацию загрязняющих веществ. Для анализа использовались среднесуточные значения температуры атмосферного воздуха и концентраций основных загрязняющих веществ (NO, NO2, PM 2,5, PM 10, O3). Данные о температуре атмосферного воздуха были полученные с сайта <https://rp5.ru/>.

Проводя корреляционный анализ, были получены следующие значения. Корреляционный коэффициент между температурой и оксидом азота составил 0,1. Значение между температурой воздуха и диоксидом азота -0,3. Значение

между температурой воздуха и взвешенными частицами составило $-0,7$.
Значение между температурой воздуха и озоном составило $-0,2$.

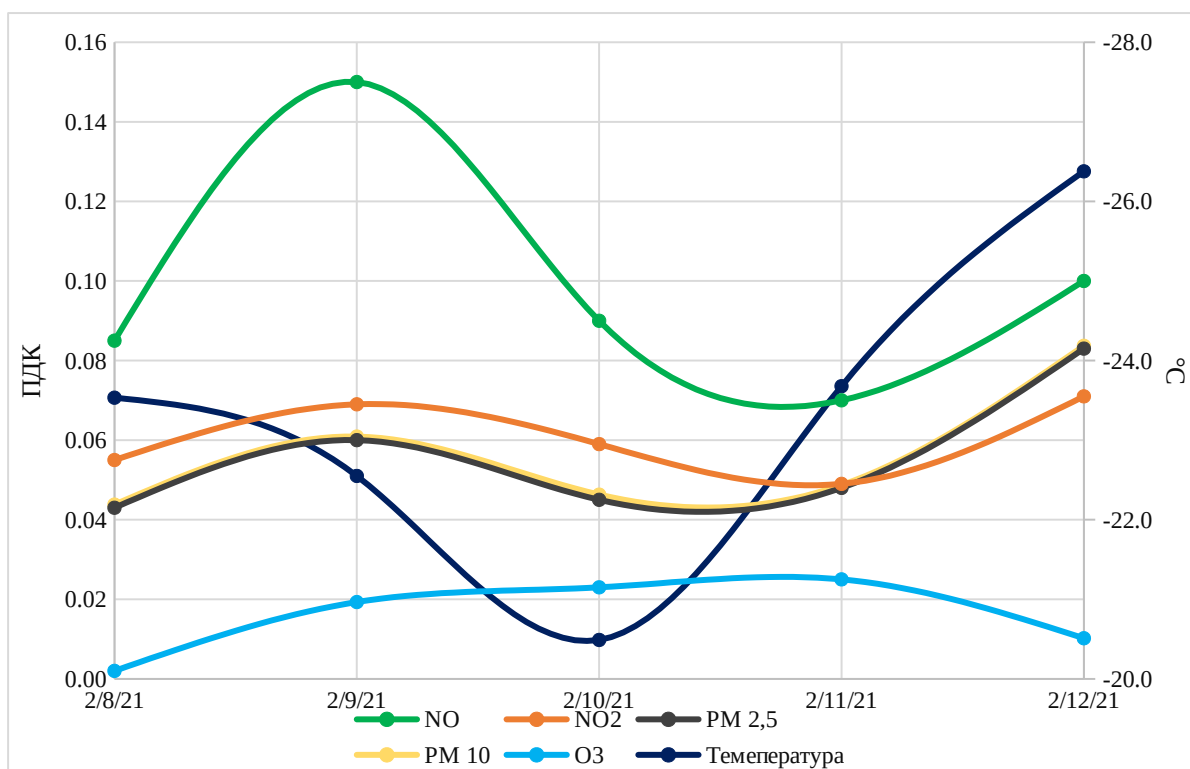


Рисунок 19 –График среднесуточных концентраций основных загрязняющих веществ (NO, NO2, PM2,5, PM10, O3) и температуры атмосферного воздуха с 8 по 12 февраля 2021 года в г. Архангельске

График демонстрирует среднесуточные значения загрязняющих веществ, которые являются наиболее опасными для загрязнения атмосферы, и среднесуточные значения температуры атмосферного воздуха за период с 8 по 12 февраля 2021 года.

Далее рассмотрим зависимость среднесуточной концентрации загрязняющих веществ (NO, NO2, PM 2,5, PM 10, O3) и атмосферного давления. Данные о значениях атмосферного давления были получены также с сайта <https://rp5.ru/>.

В ходе корреляционного анализа были получены следующие значения. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и концентрацией

оксида азота составил $-0,3$ – связь слабая. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и диоксидом азота $0,004$ – связи нет. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и взвешенными частицами $0,5$ – связь заметная. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и озоном $0,5$ – связь заметная.

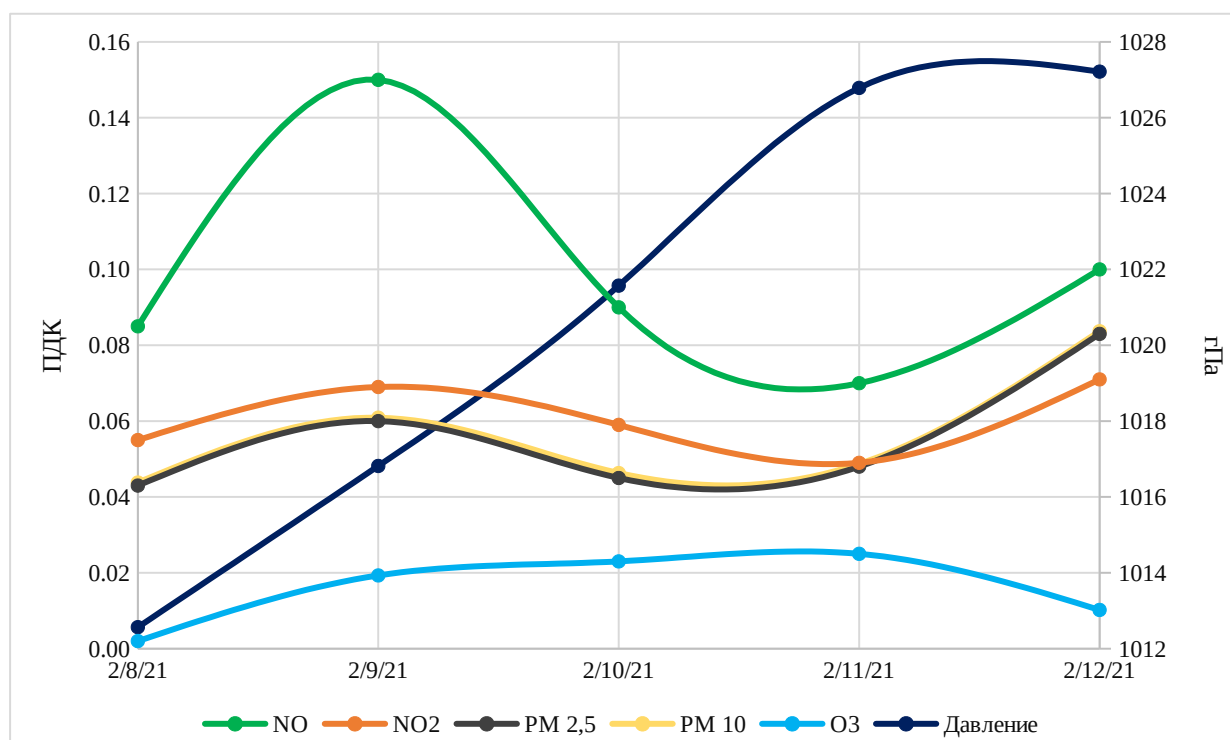


Рисунок 20 –График среднесуточных концентраций основных загрязняющих веществ (NO, NO2, PM2,5, PM10, O3) и давления с 8 по 12 февраля 2021 года в г. Архангельске

В период с 8 по 12 февраля наблюдались такие явления как дождь и снег с дождем, что приводило к выпадению осадков $0,4-0,5$ мм. Во второй главе упоминалось, что осадки способствуют вымыванию загрязняющих веществ из атмосферы, поэтому концентрация загрязняющих веществ (NO, NO2, PM2,5, PM10). Также 12 февраля был зафиксирован туман, что могло привести к концентрации загрязняющих веществ (NO, NO2, PM2,5, PM10).

4.2 Анализ второго случая с 06.07.2021 по 10.07.2021 в г. Архангельске

Вторым случаем для рассмотрения будет период с 06.07.2021 по 10.07.2021 в г. Архангельске. В течение месяца были дважды зафиксированы превышения среднесуточной предельно допустимой концентрации пыли РМ 2,5 в пределах от 1,03 до 1,09 ПДКс.с. Однократно было зафиксировано превышения РМ 10 до 1,02 ПДКс.с. Многократно наблюдалось превышение озона, наибольшее значение составило 1,8 ПДКс.с.

Для анализа были использованы данные среднесуточных концентраций загрязняющих веществ (NO, NO₂, H₂S, РМ_{2,5}, РМ₁₀, O₃) и среднесуточные значения метеорологических параметров (скорость ветра, температура атмосферного воздуха, давление). Значения среднесуточных концентраций загрязняющих веществ (NO, NO₂, H₂S, РМ_{2,5}, РМ₁₀, O₃), были получены с сайта ГБУ Архангельской области «Центра природопользования и охраны окружающей среды», и среднесуточных метеорологических параметров, полученные с сайта <https://rp5.ru/>. Для определения корреляционной связи использовалась шкала Чеддока.

На рисунке 21 представлен график зависимости среднесуточных значений скорости ветра и среднесуточных концентраций основных загрязняющих веществ (NO, NO₂, РМ_{2,5}, РМ₁₀, H₂S, O₃). Максимальная среднесуточная скорость ветра составила 2,6 м/с 09.07.2021, минимальная 0,8 м/с 06.07.2021.

Проведя корреляционный анализ между скоростью ветра и концентрацией загрязняющих веществ (NO, NO₂, РМ_{2,5}, РМ₁₀, H₂S, O₃) были получены следующие значения. Корреляционный коэффициент между скоростью ветра и оксидом азота составил -0,6 – связь обратная заметная.

Корреляционный коэффициент между скоростью ветра и диоксидом $-0,6$ – обратная заметная связь. Корреляционный коэффициент между скоростью ветра и сероводородом $-0,6$ – обратная заметная связь. Корреляционный коэффициент между скоростью ветра и взвешенными частицами $PM_{2,5}$ и PM_{10} составил $-0,7$ (связь обратная заметная) и $-0,1$ (связь обратная слабая) соответственно. Корреляционный коэффициент между скоростью ветра и озоном составил $0,9$ – весьма высокая связь.

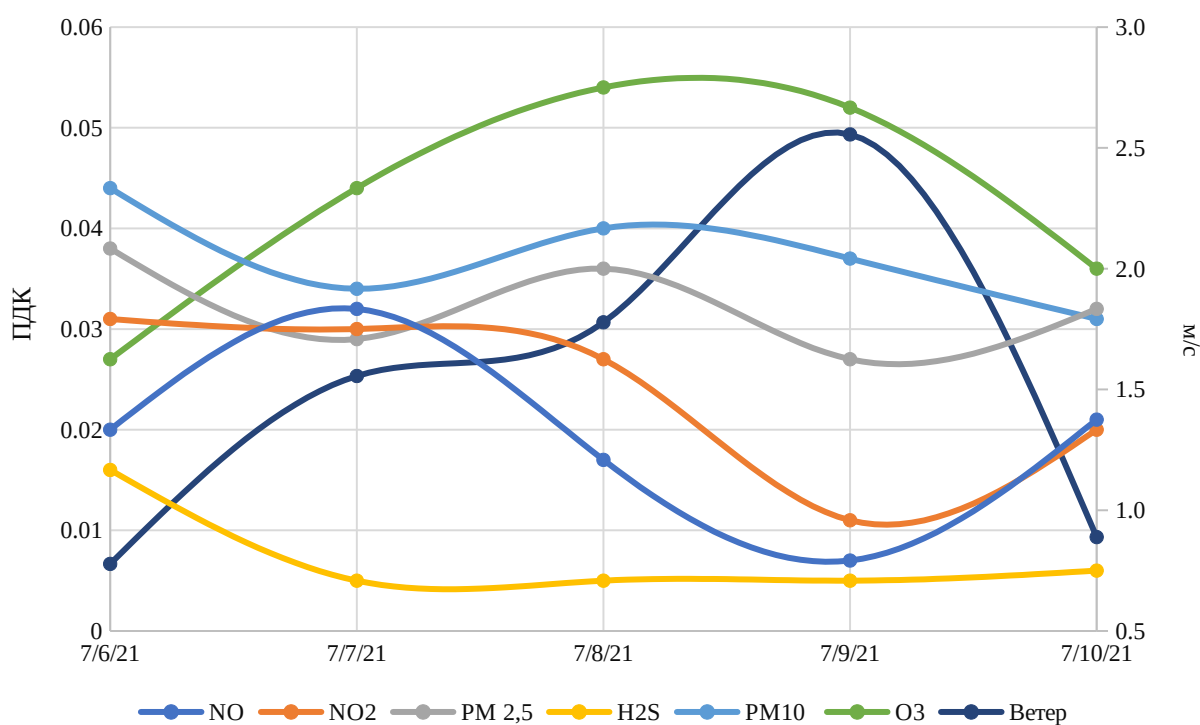


Рисунок 21 –График зависимости среднесуточных концентраций основных загрязняющих веществ (NO , NO_2 , H_2S , $PM_{2,5}$, PM_{10} , O_3) и скорости ветра с 6 по 10 июля 2021 года в г. Архангельске

Далее проанализируем зависимость среднесуточных концентраций основных загрязняющих веществ (NO , NO_2 , H_2S , $PM_{2,5}$, PM_{10} , O_3) и температуры атмосферного воздуха.

Во второй главе было установлено, что при высоких значениях температуры наблюдается высокая концентрация примесей в приземном слое атмосферы. Максимальная среднесуточная температура атмосферного воздуха

за выбранный период наблюдалась 08.07.021 – 24,3 °С, минимальная 17,0 °С – 10.07.2021. Значения среднесуточных концентраций загрязняющих веществ (NO, NO₂, H₂S, PM_{2,5}, PM₁₀, O₃), были получены с сайта ГБУ Архангельской области «Центра природопользования и охраны окружающей среды», и среднесуточных значений температуры воздуха, полученные с сайта <https://rp5.ru/>. Для определения корреляционной связи использовалась шкала Чеддока.

В ходе корреляционного анализа между температурой атмосферного воздуха и концентрацией основных загрязняющих веществ (NO, NO₂, H₂S, PM_{2,5}, PM₁₀, O₃), были получены следующие значения. Корреляционный коэффициент между температурой и оксидом азота 0,0 – связи нет. Корреляционный коэффициент между температурой и диоксидом азота 0,4 – связь умеренная.

Корреляционный коэффициент между температурой и сероводородом 0,04 – связи нет. Корреляционный коэффициент между температурой и взвешенными частицами PM_{2,5} и PM₁₀ составил 0,2 (связь слабая) и 0,6 (умеренная связь) соответственно. Корреляционный коэффициент между температурой и озоном составил 0,4 – связь умеренная.

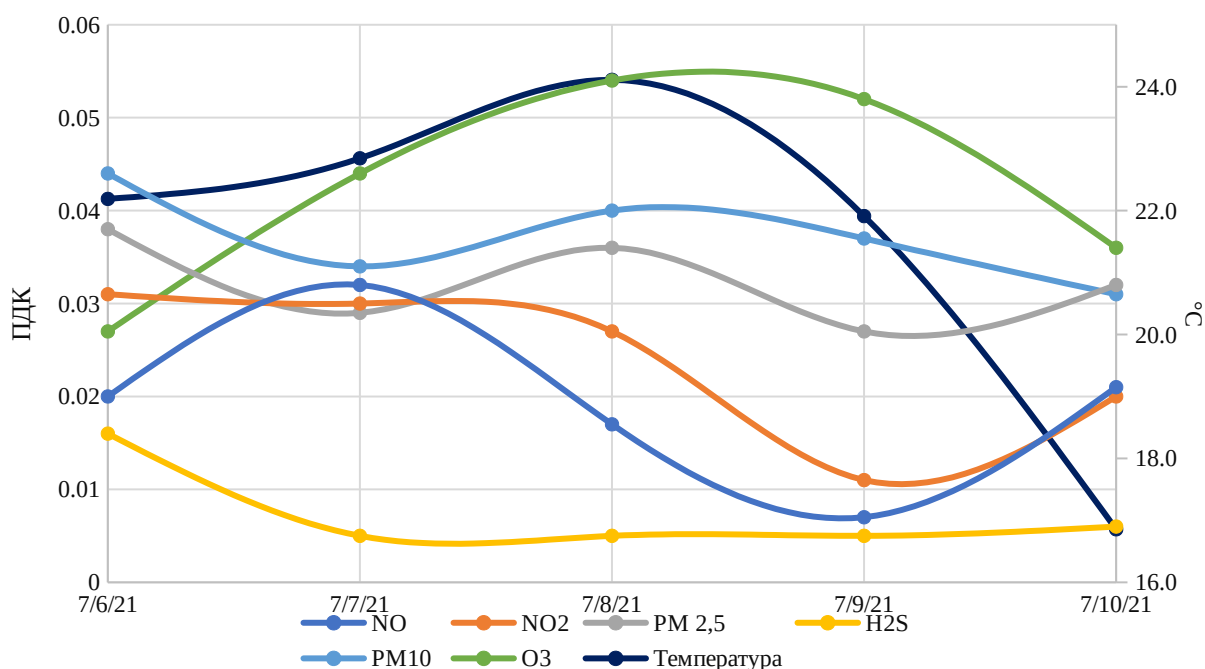


Рисунок 22 – График среднесуточных концентраций основных загрязняющих веществ (NO, NO₂, H₂S, PM_{2,5}, PM₁₀, O₃) и температуры атмосферного воздуха с 6 по 10 июля 2021 года в г. Архангельске

График демонстрирует среднесуточные значения загрязняющих веществ (NO, NO₂, H₂S, PM_{2,5}, PM₁₀, O₃), которые были превышены, и среднесуточные значения температуры воздуха за анализируемый период.

При анализе графика зависимости среднесуточной концентрации загрязняющих веществ (NO, NO₂, PM_{2,5}, PM₁₀, O₃) и атмосферного давления, был проведен корреляционный анализ и получены следующие значения.

Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и концентрацией оксида азота составил 0,1 – связь слабая. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и концентрацией диоксида азота - 0,3 – связь обратная умеренная. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и концентрацией сероводорода -0,01 – связи нет. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и концентрацией взвешенных частиц PM_{2,5} и PM₁₀ составил -0,3 (связь отсутствует) и 0,6 (связь заметная). Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и концентрацией озона -0,5 – связь обратная заметная.

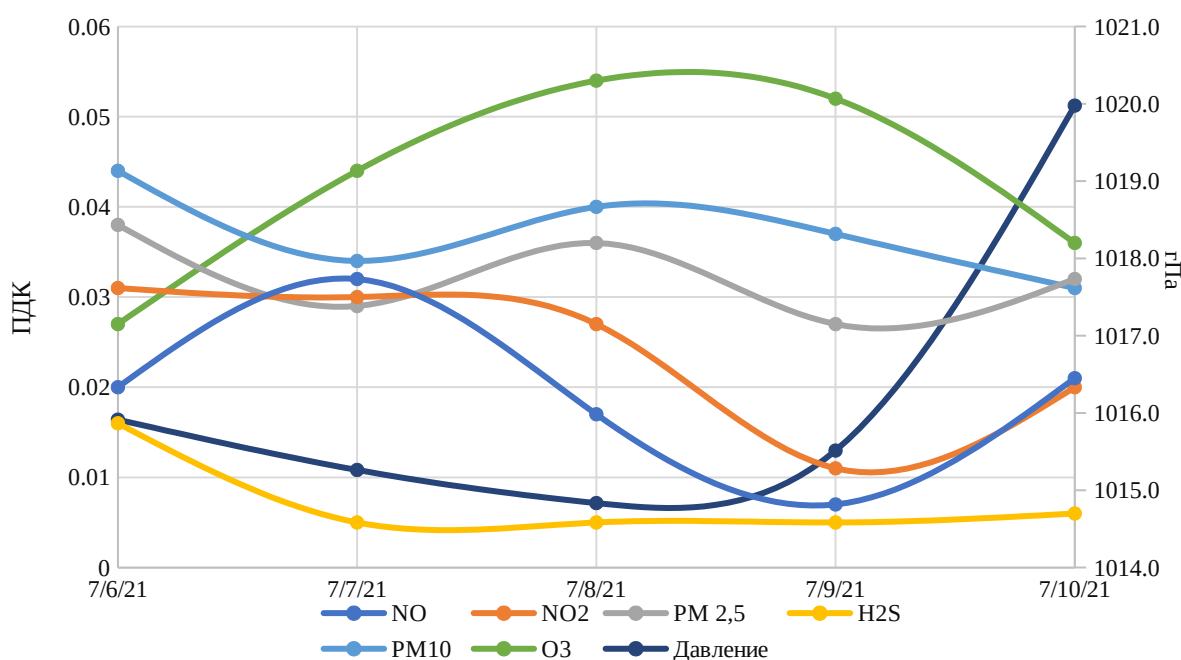


Рисунок 23 – График среднесуточных концентраций основных загрязняющих веществ (NO, NO2, PM2,5, PM10, O3) и давления с 6 по 10 июля 2021 года в г. Архангельске

4.3 Анализ третьего случая с 23.03.2020 по 27.03.2020 в г. Коряжма

Третьим случаем для рассмотрения был выбран период с 23.03.2020 по 27.03.2020 в городе Коряжма. На стационарном посту контроля загрязнения атмосферного воздуха в течение месяца не зафиксировано среднесуточных предельно-допустимых концентраций сероводорода. Максимальное превышение 1,4 ПДКм.р. В течение 4 дней месяца наблюдались превышения среднесуточных предельно-допустимых концентраций диоксида азота. Максимальное превышение зафиксировано 23 марта и составило 1,2 ПДКс.с. В течение 21 дня наблюдались превышения среднесуточных предельно-допустимых концентраций диоксида серы. Максимальное превышение зафиксировано 24 марта и составило 1,5 ПДКс.с. В течение 9 дней наблюдались превышения максимально-разовых предельно-допустимых концентраций по

сероводороду. Максимальная концентрация сероводорода 10,6 ПДКм.р. наблюдалась однократно 24 марта.

Данные о среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, которые использовались для проведения анализа, были взяты с официального сайта ГБУ Архангельской области «Центра природопользования и охраны окружающей среды» и данные о среднесуточных метеорологических факторах взяты с сайта <https://rp5.ru/>. Минимальная температура за анализируемый период -5,3 °С, а максимальная 3,1 °С.

На рисунке 24 представлен график зависимости концентрации загрязняющих веществ (NO, NO₂, SO₂, CO, H₂S) и среднесуточных значениях температуры воздуха.

По итогам корреляционного анализа, были получены следующие значения. Коэффициент корреляции между температурой и оксидом азота -0,9 – обратная связь весьма высокая. Коэффициент корреляции между температурой воздуха и диоксидом азота 0,6 – связь заметная. Коэффициент корреляции между температурой и оксидом серы 0, связи нет. Коэффициент корреляции между температурой воздуха и оксидом углерода -0,4 – обратная умеренная связь. Коэффициент корреляции между температурой и сероводородом -0,05 – связи нет.

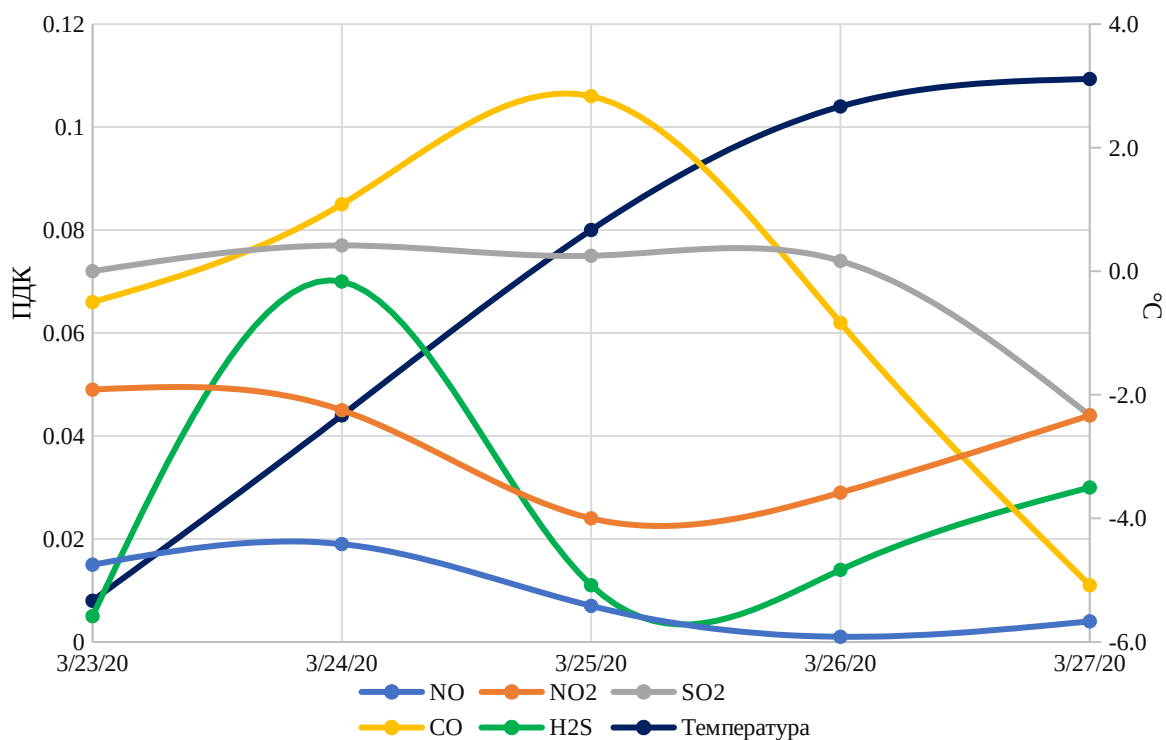


Рисунок 24 – График зависимости среднесуточных концентраций основных загрязняющих веществ (NO, NO2, SO2, CO, H2S) и температуры с 23 по 27 марта 2022 года в г. Коряжме.

Максимальная среднесуточная скорость ветра в анализируемый период составила 4 м/с, а минимальная 2 м/с.

Проведя корреляционный анализ между среднесуточными концентрациями загрязняющих веществ (NO, NO2, SO2, CO, H2S) и скоростью ветра, были получены следующие значения коэффициента корреляции. Корреляционный коэффициент между скоростью ветра и оксида азота -0,8 – обратная высокая связь. Корреляционный коэффициент между скоростью ветра и диоксидом азота -0,9 – обратная высокая связь. Корреляционный коэффициент между скоростью ветра и оксидом серы 0 – связи нет. Корреляционный коэффициент между скоростью ветра и оксидом углерода -0,4 обратная умеренная связь. Коэффициент корреляции между скоростью ветра и сероводородом -0,05 – связи нет.

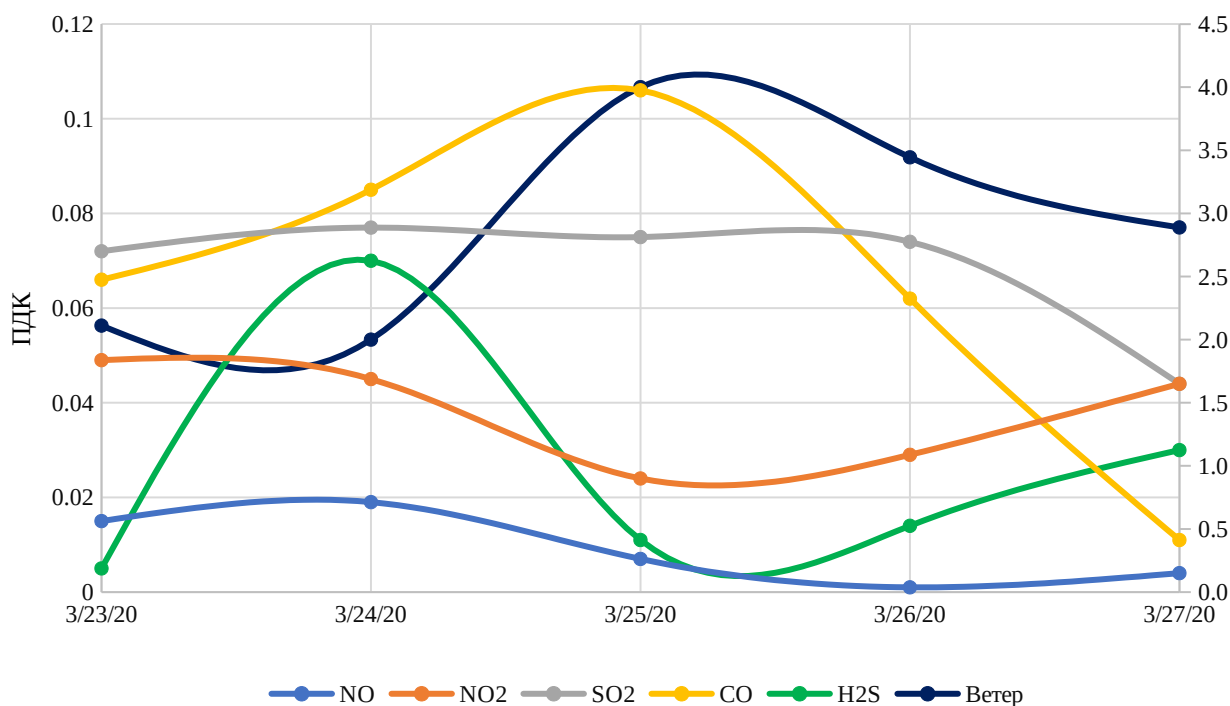


Рисунок 25 – График зависимости среднесуточных концентраций основных загрязняющих веществ (NO, NO₂, SO₂, CO, H₂S) и скорости ветра с 23 по 27 марта 2020 года в г. Коряжма

Далее рассмотрим рисунок 26 на котором изображен график зависимости среднесуточной концентрации загрязняющих веществ (NO, NO₂, SO₂, CO, H₂S) и атмосферного давления. Максимальное давление за выбранный период зафиксировано 23.03.2020 1032,9 гПа. Минимальное давление зафиксировано 26.03.2020 составило 1011,4 гПа.

При корреляционном анализе, сделаны следующие выводы. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и оксидом азота составил 0,9 – связь высокая. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и диоксида азота составил 0,9 – связь высокая. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и оксидом серы 0,04 – связи нет. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и оксидом углерода -0,05 – связи нет. Коэффициент корреляции между атмосферным давлением и сероводородом 0,3 – связь умеренная.

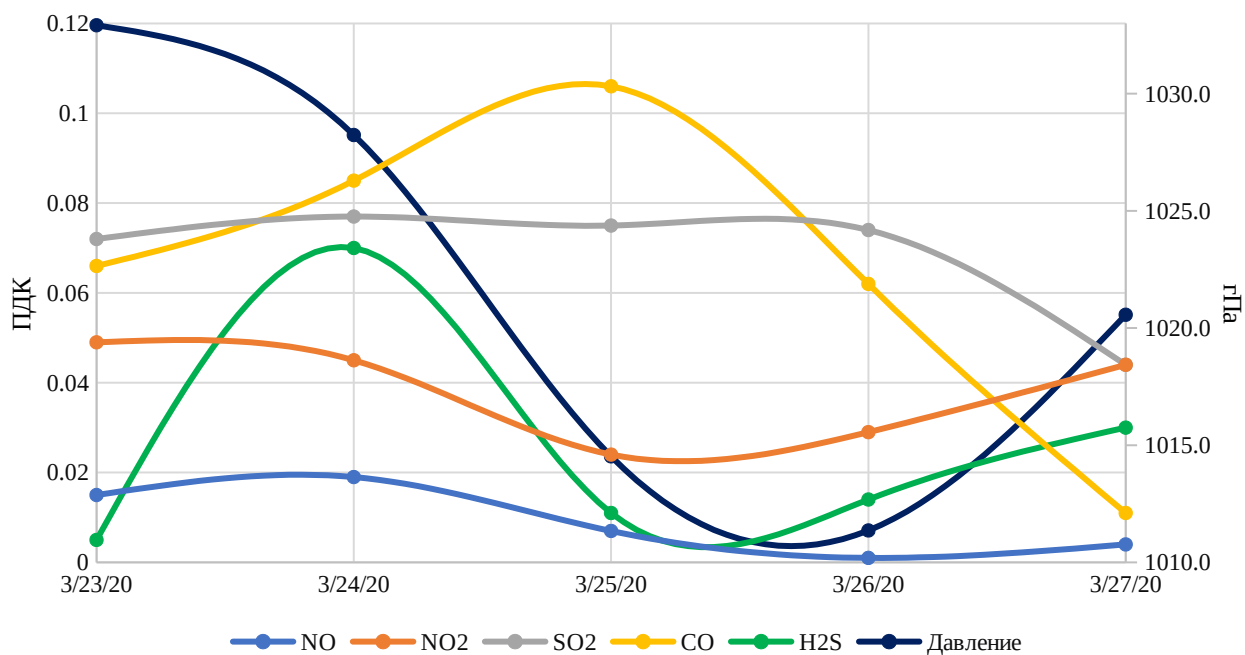


Рисунок 26 – График среднесуточных концентраций основных загрязняющих веществ (NO, NO₂, SO₂, CO, H₂S)) и давления с 23 по 27 марта 2020 года в г. Коряжма

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной ВКР было проведено исследование влияния метеорологических величин на процессы загрязнения атмосферного воздуха в Архангельске и Архангельской области.

В ходе работы были выполнены поставленные задачи:

1. Изучены основные метеорологические факторы, влияющие на загрязнение атмосферного воздуха;
2. Сформирована база используемых данных о загрязняющих веществах и метеорологических величинах для исследуемой территории;
3. Сопоставлены метеорологические величины и концентрации загрязняющих веществ в атмосфере Архангельска и Архангельской области.

Исследование в работе проводилось с использованием корреляционного анализа зависимости между метеорологическими факторами (такими как температура воздуха, скорость ветра, атмосферное давление) и концентрациями загрязняющих веществ. Для анализа были выбраны три срока первый 08.02.2021 по 12.02.2021 в г. Архангельске, второй с 06.07.2021 по 10.07.2021 г. Архангельске, третий с 23.03.2020 по 27.03.2020 в г. Коряжме.

На основе проведенного корреляционного анализа выбранных случаев, можно сделать следующие выводы о влиянии метеорологических величин на загрязнение атмосферного воздуха:

1. Влияние скорости ветра: в большинстве случаев анализ показал отрицательную связь между скоростью ветра и концентрацией загрязняющих веществ, что подтверждает теоретическую часть о том, что увеличение скорости ветра способствует рассеиванию примесей; исключительным случаем является связь между скоростью ветра и озоном, который показал положительный коэффициент (0,9 - связь высокая), что может быть связано с фотохимическими реакциями в атмосфере, которые усиливаются при сильной скорости ветра;
2. Влияние атмосферного давления: анализ связи между атмосферным давлением и концентрацией загрязняющих веществ показал слабую или

умеренную связь. Но, в городе Коряжма, коэффициент корреляции был положительный (0,9);

3. Влияния температуры воздуха: высокая корреляционная связь наблюдалась между температурой атмосферного воздуха и взвешенными частицами (PM_{2,5} и PM₁₀).

В выпускной квалификационной работе задачи решены, а цели достигнуты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2022 год / отв. ред. О.В. Перхурова; ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды». – Текст электронный. – Архангельск: САФУ, 2023. – 529 с. – Режим доступа https://old.eco29.ru/doklad/Doklad_2022.pdf ;
2. Васильев Л. Ю. Климатическое районирование Архангельской области: дис. – Санкт-Петербург, 2006, 2006. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://static.freereferats.ru/avtoreferats/01003041999.pdf?ver=3> ;
3. «Общая характеристика Архангельской области и Ненецкого автономного округа» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sevmeteo.ru/files/arh-nao.pdf> ;
4. Игнатьева, Л.П. «Гигиена атмосферного воздуха: Учебное пособие / Л.П. Игнатьева, М.В. Чирцова, М.О. Потапова; ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрав России, Кафедра коммуникабельной гигиены и гигиены детей и подростков. – Иркутск: ИГМУ, 2015. – 79с. [Электронный ресурс] – Режим доступа [:https://irkgmu.ru/src/downloads/1c7cb547_gigiena_atmosfernogo_vozduha.pdf](https://irkgmu.ru/src/downloads/1c7cb547_gigiena_atmosfernogo_vozduha.pdf) ;
5. Гурова О.С. «Основные принципы классификации источников загрязнения воздушной среды городских территорий Южного Федерального Округа» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/PDF/11trgsu513.pdf> ;
6. Морозов, А.Е. «Метеорологические условия и загрязнения атмосферы: учебное пособие» / А.Е. Морозов, Н.И. Старобудцева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. – 128 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/9800/1/Morozov_20.pdf ;

7. Справочно-информационный портал «Погода и климат» [Электронный ресурс] - Режим доступа <http://www.pogodaiklimat.ru/> ;
8. Государственное бюджетное учреждение Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://old.eco29.ru/infosystems/gis> ;
9. «Расписание погоды» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rp5.ru/> ;
10. «Северное УГМС» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sevmeteo.ru/> ;
11. «Специализированные массивы для климатических исследований», В.М.Веселов, И.Р.Прибыльска, О.А.Мирзаебасов [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://aisori-m.meteo.ru/> .