



Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» (ФГБОУ ВО «РГГМУ», РГГМУ)

**Кафедра МКОА**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(Бакалаврская работа)

**На тему: «Влияние метеорологических условий на  
загрязнение воздуха в городе Ростове-на-Дону»**

**Исполнитель** Дмитров Ярослав Сергеевич

(фамилия, имя, отчество)

**Руководитель** Кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Мханна Аед Исмаил Назир

(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»**

**Заведующий кафедрой**

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна

(фамилия, имя, отчество)

« 16 » 06 2020 г.

Санкт-Петербург

2020

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Сокращения	4
Введение	5
1 Охрана атмосферного воздуха в городах	7
1.1 Проблема загрязнения атмосферы городов	7
1.1.1 Загрязнение воздуха в городах России	8
1.1.2 Загрязнение в различных регионах мира	12
1.2 Классификация источников загрязнения атмосферы	14
1.2.1 Классификация стационарных источников	14
1.2.2 Нестационарные источники загрязнения	15
1.3 Влияние загрязнителей на качество атмосферного воздуха	16
1.3.1 Последствия сгорания топливных жидкостей	17
1.3.2 Шумовое воздействие промышленных предприятий и автотранспорта	17
1.3.3 Пыль и другие аэрозоли	18
1.3.4 Смежные факторы	19
2 Физико-географическая характеристика г. Ростова-на-Дону	20
2.1 Общегеографическая характеристика	20
2.2 Климатические условия	22
2.3 Гидрологические условия	25
2.3.1 Река Дон	25
2.3.2 Малые реки	26
2.3.3 Пойменные озёра	28
2.4 Экологическая ситуация	29
2.4.1 Выбросы	29

3	Метеорологические параметры, влияющие на загрязнение воздуха	32
3.1	Ветер	32
3.2	Температура	32
3.3	Инверсии температуры	33
3.4	Осадки	34
3.5	Туманы	35
3.6	Солнечная радиация	37
4	Оценка влияния метеорологических факторов на качество атмосферного воздуха в г. Ростове-на-Дону	38
4.1	Анализ динамики метеорологических факторов	38
4.2	Анализ зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ от скорости ветра	44
4.3	Анализ зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ от температуры воздуха	45
4.4	Анализ зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ от количества температурных инверсий	47
4.5	Анализ зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ от количества осадков	50
4.6	Анализ зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ от количества туманов	51
	Заключение	53
	Список используемых источников	54

## СОКРАЩЕНИЯ

ПДК	–	предельно допустимая концентрация вредного воздействия в окружающей природной среде;
СКФМ	–	станция комплексного фонового мониторинга;
НМУ	–	неблагоприятные метеорологические условия;
ПЗА	–	потенциал загрязнения атмосферы;
ВКР	–	выпускная квалификационная работа;
ЭВУЗВ	–	экстремально высокий уровень загрязнения воздуха;
СМА	–	кальций-магниевый ацетат;
ОГМС	–	объединённая гидрометеорологическая станция;
UTC	–	всемирное скоординированное время;
ЕТР	–	европейская территория России;
ГМ	–	гидрометеорологические;
ИЗА	–	индекс загрязнения атмосферы;
НП	–	наибольшая повторяемость;
СИ	–	стандартный индекс;
ЗА	–	загрязнение атмосферы.
БС	–	Балтийская система высот
ПНЗ	–	пост наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха
ЗВ	–	загрязняющее вещество.

## ВВЕДЕНИЕ

Геоэкологические проблемы с каждым днем набирает первостепенное значение. Чаще всего они проявляются в крупных мегаполисах [1]. Проживание людей и их жизнедеятельность в мегаполисах приводит к тому, что меняется химический состав воздушной среды. Именно поэтому проблема загрязнения атмосферного воздуха крупных городов является одной из самых значимых геоэкологических проблем. Очень важным для Ростова-на-Дону является упадок экологического состояния воздушного бассейна, город является крупным административным, экономическим, культурным, научно-образовательным, промышленным центром и важнейшим транспортным узлом Юга России. Многие заводы и комплексы такие, как литейный, комбайновый и др. вносят огромный вклад в загрязнение окружающей среды [2].

Существует несколько уровней системы экологического мониторинга Российской Федерации:

1. Посты и станции контроля.
2. Территориальные или региональные центры, в которых происходит процесс подведения итогов и анализа материалов, а также формируют прогнозы и составляют оценку по состоянию объекта окружающей среды.
3. Головные организации Федерального уровня. Они работают над разработкой прогнозов и устанавливают состояние окружающей среды в глобальном и национальном масштабах.

Насчитывается три категории по степени срочности данных о загрязнении:

1. Экстренная информация, в которой заключается данные о резких переменах уровня загрязнения. После получения информации ее немедленно отправляют местной администрации и компетентным службам с целью принятия решения по уменьшению или устранению проблемы.

2. Оперативная информация, которая включает в себя месячный охват мониторинга. Проведение анализа данных осуществляется на территориальном уровне. Полученные данные применяются с целью оценить тенденции загрязнения окружающей среды, а также для аргументации решений по охране природы на местном уровне

3. Режимная информация, которая содержит в себе годовой период мониторинга. Включает в себя анализ причин и последствия загрязнений. Она формирует общегосударственную политику и действия для защиты окружающей среды, разрабатывает долгосрочные (от двадцати до тридцати лет) прогнозы по развитию сельскохозяйственного и промышленного комплекса.

Цель данной работы провести оценку влияния метеорологических факторов на качество атмосферного воздуха в Ростове-на-Дону.

Для достижения главной цели поставлены следующие задачи:

- составить список параметров, оказывающих наибольшее влияние на качество атмосферного воздуха;
- составить базы исходных данных (параметры загрязнённости атмосферы, метеорологические параметры);
- сопоставить метеорологические данные с данными о загрязнениях воздуха в городе Ростове-на-Дону за выбранный период.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается период с 2008 по 2018 г. по выявлению метеорологических характеристик и характеристик загрязнённости атмосферы г. Ростов-на-Дону.

С точки зрения использования данная тема важна и полученные результаты за указанный период в дальнейшем можно использовать.

Объектом исследования в данной работе является воздушный бассейн города Ростова-на-Дону.

Основной задачей при выполнении данной работы является оценка влияния метеорологических факторов на качество атмосферного воздуха в Ростове-на-Дону по данным метеостанции.

Бакалаврская работа состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка используемых источников.

Для написания ВКР использовалась в большей степени отечественная литература

## 1. Охрана атмосферного воздуха в городах

### 1.1 Проблема загрязнения атмосферы городов

Проблема загрязнения воздуха все чаще и чаще становится номер один в городах. Существует классификация, в которой источники загрязнения атмосферы можно разбить на мобильные и стационарные. Следовательно, организации промышленного типа и автомобили являются главной причиной загрязнения воздуха в мегаполисах. Следует учесть, что водный транспорт также наносит вред окружающей среде.

Автомобильный транспорт – это один из главных и проблемных источников отрицательного влияния на качество окружающей среды регионов, где есть потребность в рассмотрении в градостроительной практике. Именно этот источник сильнее всего загрязняет атмосферу, особенно на высоте от 1,5 до 2 метров (дыхание человека). По этой причине для создания решения по устранению проблем, которые связаны с химическим и физическим загрязнением воздуха документация планирования территории – генеральные планы населенных территорий, которые учитывают комплекс мер с целью снизить отрицательное воздействие автомобильного транспорта.

Примером может послужить соответствие с действующим Генеральным планом Ростова-на-Дону, с целью обеспечить защиту здоровья и среду обитания человека от отрицательного влияния автотранспорта предусматривается комплекс планировочных и эксплуатационных мероприятий, который будет описан далее.

- Увеличение доли защитных озеленений, особенно на границе с источниками загрязнения окружающей среды: производственными, инженерными, коммунальными транспортными и другими объектами,

являющимися источниками вредного воздействия на окружающую среду и здоровье населения;

- Организация озеленения вдоль основных транспортных магистралей города, являющихся источниками загрязнения окружающей среды.

### 1.1.1 Загрязнение воздуха в городах России

В бакалаврской работе на основе данных государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году» были рассмотрены загрязнения в различных регионах России. Далее представлены итоги мониторинга за фоновым содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на СКФМ [3].

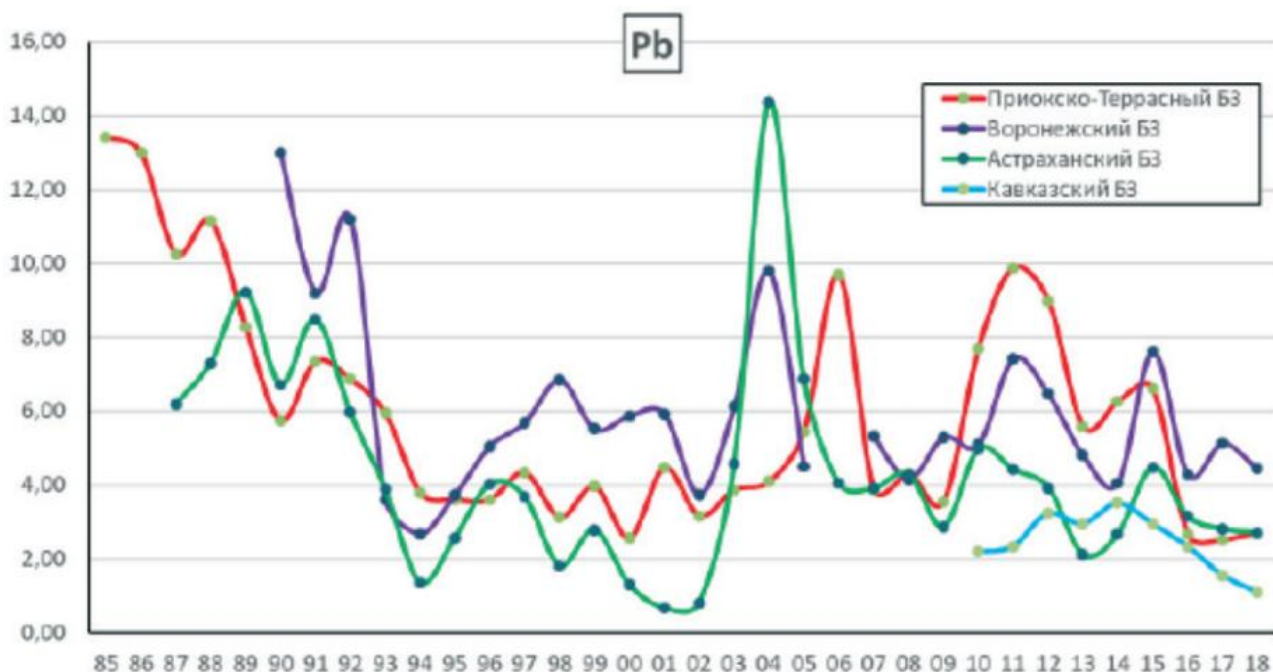


Рисунок 1 – Динамика среднегодового содержания свинца в атмосферном воздухе фоновых районов, 1987-2018 гг., нг/м<sup>3</sup>

Среднегодовые концентрации свинца в воздухе фоновых районов ЕТР за наблюдаемый период с 2010 по 2019 год значительно уменьшились. Особенно сильно они уменьшились в Приокско-Тerrasном БЗ.



На рисунке 2 видно, как менялись концентрации взвешенных частиц в воздухе за десятилетие. Сезонные изменения имеют ярко выраженный максимум в летний период, что обусловлено влиянием природных факторов.



Рисунок 2 – Динамика среднегодового содержания взвешенных частиц в атмосферном воздухе фоновых районов, 1987-2018 гг., нг/м<sup>3</sup>

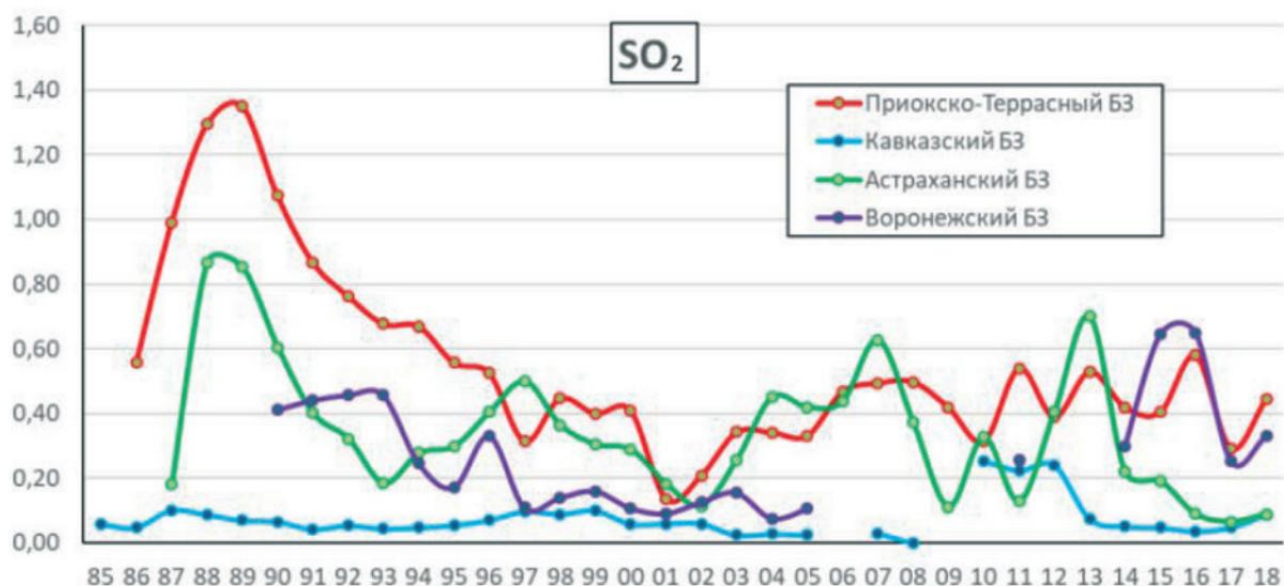


Рисунок 3 – Динамика среднегодового содержания диоксида серы в атмосферном воздухе фоновых районов, 1987-2018 гг., нг/м<sup>3</sup>

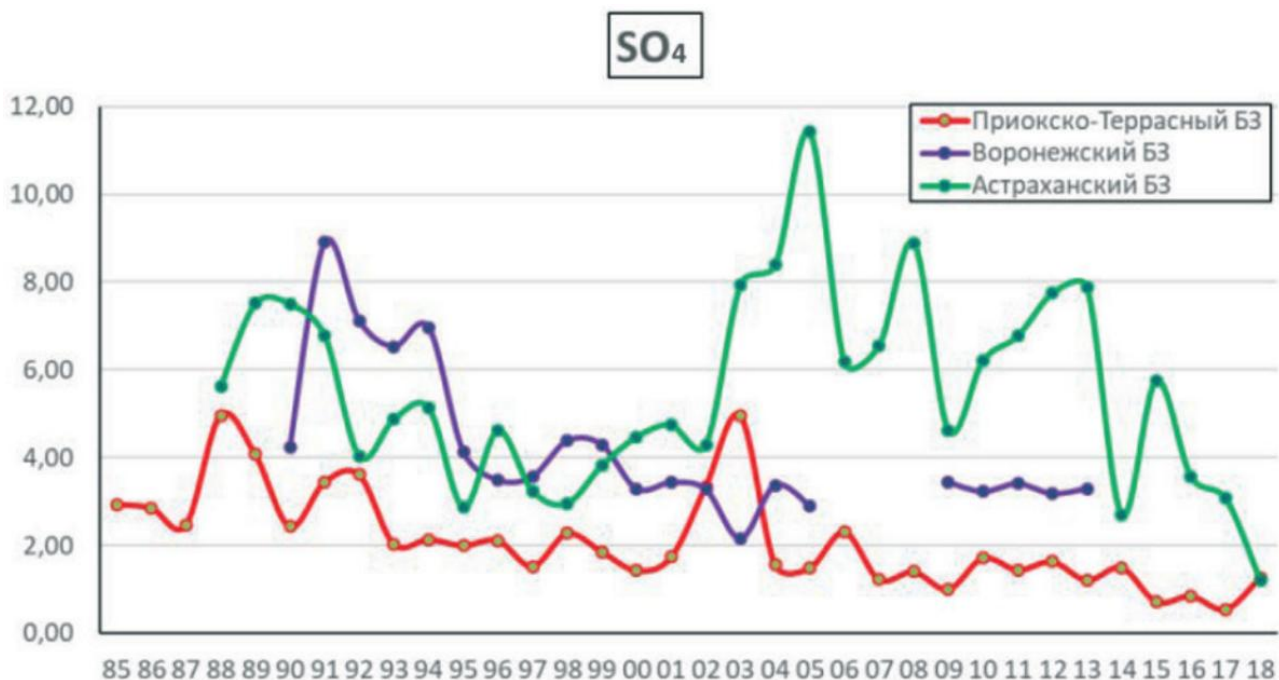


Рисунок 4 – Динамика среднегодового содержания сульфатов в атмосферном воздухе фоновых районов, 1987-2018 гг., нг/м<sup>3</sup>

Исходя из графика на рисунке 3 в долгосрочной динамике можно отметить стабилизацию уровней концентраций после наблюдающегося их уменьшения в течение последнего десятилетия. Сезонные изменения имеют ярко выраженный максимум в холодный период года, что связано с отопительным сезоном.

Значительные межгодовые колебания средних концентраций сульфатов (рисунок 4) препятствуют дать характеристику трендам перемен, однако можно наблюдать за стабилизацией уровней содержания сульфатов в центре ЕТР за последнее десятилетие после их уменьшения в предыдущие годы.

На рисунке 5 показана динамика среднегодового содержания диоксида азота, среднегодовые фоновые концентрации диоксида азота в воздухе сохранились на уровне прошлых лет. Сезонные изменения ясно выражены: в холодный период в центре ЕТР можно увидеть высокие показатели и увеличивается повторяемость среднесуточных высоких концентраций.

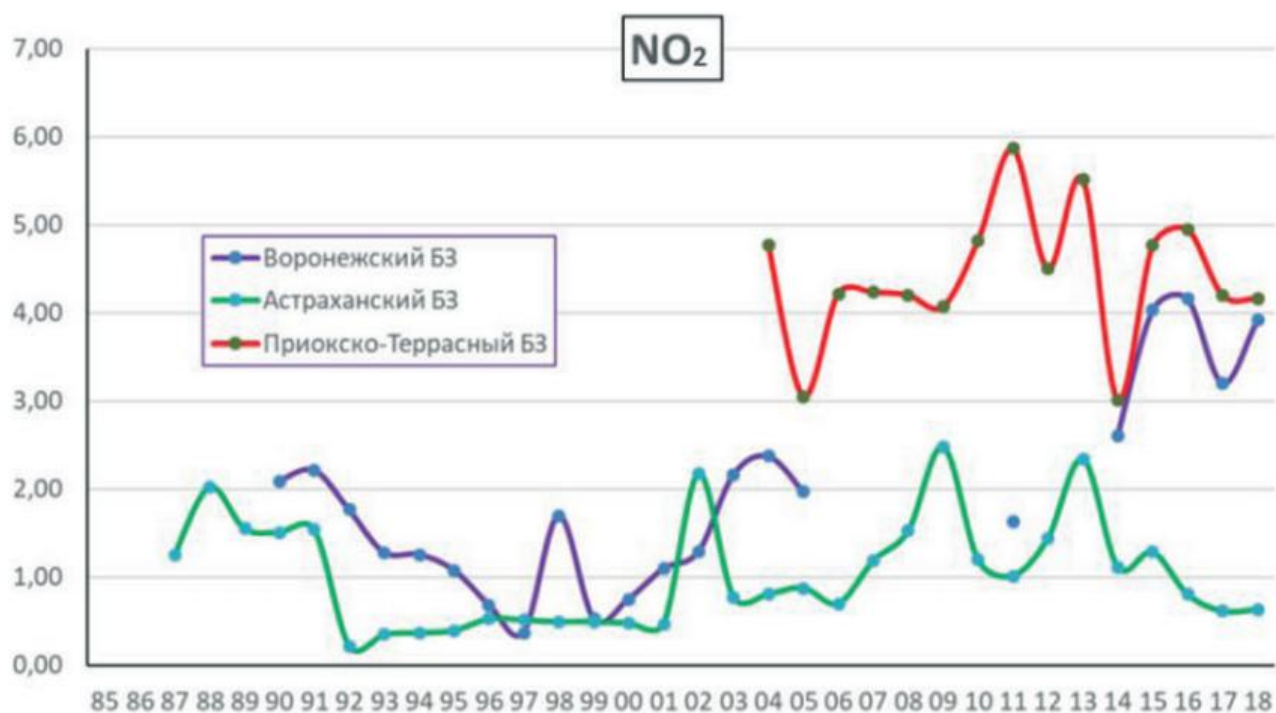


Рисунок 5 – Динамика среднегодового содержания диоксида азота в атмосферном воздухе фоновых районов, 1987-2018 гг., нг/м<sup>3</sup>

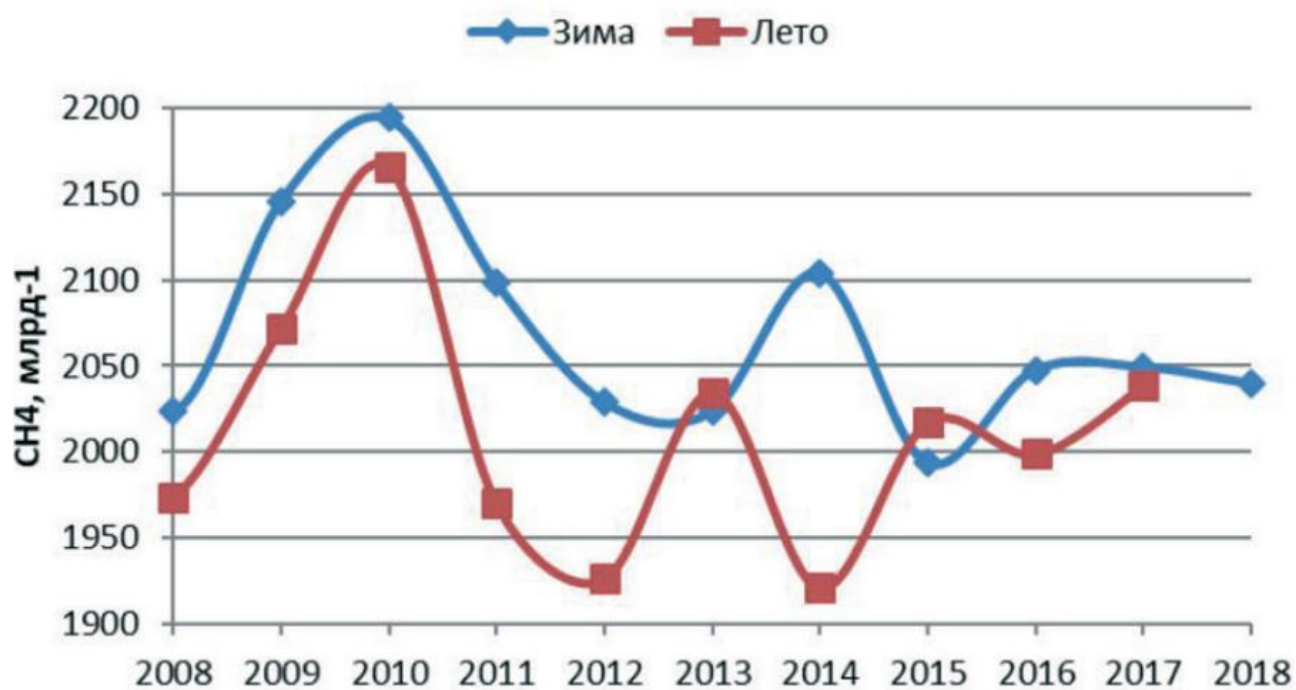


Рисунок 6 – Динамика средних сезонных концентраций метана в приземном слое атмосферы на СКФМ в Приокско-Тerrasном биосферном заповеднике, 2008-2018 гг.

Изменения средних зимних (декабрь-февраль) и средних летних (июнь-август) концентраций метана за последние 3-4 года данных, представленных на рисунке 6 были наименьшими за весь период наблюдений.

На всех вышеуказанных графиках изображены результаты наблюдений на СКФМ, расположенных в следующих биосферных заповедниках: Кавказском (расположен в пределах трёх субъектов Российской Федерации – Краснодарского края, Республики Адыгея и Карачаево-Черкесской Республики), Приокско-Тerrasном (Московская область), Астраханском (Астраханская область), Воронежском (Воронежская и Липецкая области), Яйлю (Республика Алтай).

### 1.1.2 Загрязнение в различных регионах мира

В данной работе мы рассмотрели несколько городов мира (Нью-Йорк, Варшаву, Москву, Париж, Бангкок, Шанхай) с целью выявления загрязнения по данным международного информационного ресурса качества атмосферы в настоящее время. Индекс качества воздуха (параметр оценки, который применяется в США, Китае, Канада, Европейских странах и т.д.) показал в реальном времени загрязнение воздуха. В соответствии с отчетом Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality, данный индекс вычисляется по формуле:

$$(1) \quad I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} (C - C_{low}) + I_{low}$$

где:

$C$  – Концентрация загрязняющего вещества.

$C_{low}$  – Концентрация контрольной точки, которая составляет  $\leq C$ .

$C_{high}$  – Концентрация контрольной точки, которая составляет  $\geq C$ .

$I_{low}$  – Индекс контрольной точки, соответствующий  $C_{low}$ .

$I_{high}$  – Индекс контрольной точки, соответствующий  $C_{high}$ .

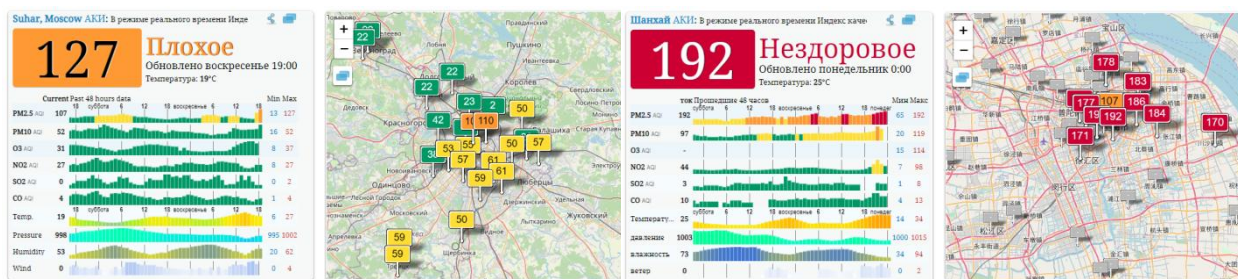


Рисунок 7 – Загрязнение воздуха в Москве и Шанхае

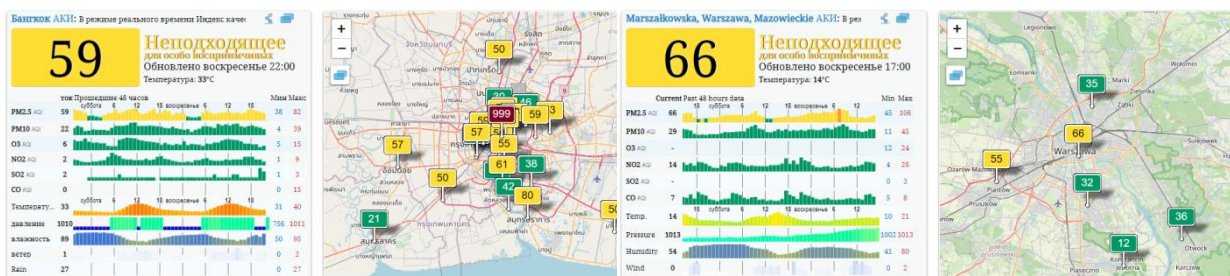


Рисунок 8 – Загрязнение воздуха в Бангкоке и Варшаве



Рисунок 9 – Загрязнение воздуха в Париже и Нью-Йорке

На рисунках 7-9 показаны значения концентраций загрязняющих веществ. Из данных мы делаем вывод, что Москва и Шанхай содержат высокий процент концентрации загрязнения. Индекс качества (ИКВ) в Шанхае составляет 192, а в Москве – 127. Что касается загрязнения атмосферы Бангкока

(59) и Варшавы (66), их охарактеризовали неподходящими, а Нью-Йорк (25) и Париж (24) имеет средний индекс.

## 1.2 Классификация источников загрязнения атмосферного воздуха

Загрязнение атмосферного воздуха – поступление в атмосферный воздух или образование вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха.

В соответствии с установленной классификацией, абсолютно все источники загрязнения окружающей среды подразделяются на два типа: передвижные и стационарные.

### 1.2.1 Классификация стационарных источников

Очаги загрязнений окружающей среды, которые нельзя переместить, подразделяются на:

- Организованные – приспособления, имеющие выделенные каналы для попадания в воздух. Перечень стационарных источников в этом случае включает в себя трубы тепловых котельных, вентиляционные шахты, воздуховоды. Эти элементы можно оборудовать очистительными установками и уменьшить урон, наносимый окружающей среде [4].
- Неорганизованные – трудно контролируемые очаги загрязнения атмосферного воздуха, которые не подвергаются фильтрации. Это насыпные площадки, карьеры, свалки бытовых отходов, территории открытого хранения топлива, участки с проведением взрывных работ.

К прочим стационарным очагам загрязнений относят:

- Мойки автомобилей. На автомойках с машин смывается множество вредных элементов. При их попадании в канализацию образуется ил, который редко подвергается обезвреживанию из-за недостатка финансов. Ил выбрасывается необработанным и попадает в водоёмы, а также при испарении загрязняет воздух.
- Отдельные составляющие нефте- и газоперерабатывающих заводов. Во время производства множество выбросов попадает в атмосферу, но ещё опаснее могут быть вредоносные отходы, которые зачастую неправильно утилизируют либо не утилизируют совсем.

В зависимости от степени контроля со стороны надзорных органов, стационарные источники подразделяются на:

- Регулируемые. Находятся под постоянным наблюдением экологических инстанций.
- Нерегулируемые. В эту группу входят вредные производства, которые невозможно контролировать (резкие выбросы веществ при авариях и прочих ЧС).

По способу поступления вредных веществ в атмосферу выделяют следующие виды источников:

- Линейные. К ним относятся проемы окон, эстакадные проливы. Площадные – это поверхности, с которых испаряются вредоносные вещества (площади хранения материалов).
- Точечные. Выбрасывают загрязнения в атмосферу из установленного отверстия: дымовых труб, вентиляционных шахт.

### 1.2.2 Нестационарные источники загрязнения

Передвижные источники вредных элементов не имеют привязки к определённой территории. К ним относятся такие виды транспорта, как:

- автомобильный;
- железнодорожный;
- морской;
- авиационный.

Наибольшее количество выбросов выделяют автомобили. Самым безвредным признан железнодорожный транспорт, так как он незначительно влияет на уровень загрязнения. Если на долю автомобилей приходится 75% вредных выхлопов, то ЖД транспорт выделяет лишь 3% выбросов.

Такие техники как строительные, промышленные и сельскохозяйственные также включены в передвижные источники загрязнения.

### 1.3 Влияние загрязнителей на качество атмосферного воздуха

Под загрязнением атмосферы понимается преобразование состава атмосферы в следствии присутствия примесей.

Вредное физическое воздействие на атмосферный воздух – вредное воздействие шума, вибрации, ионизирующего излучения, температурного и других физических факторов, изменяющих температурные, энергетические, волновые, радиационные и другие физические свойства атмосферного воздуха, на здоровье человека и окружающую среду.

Главная проблема современности заключается в загрязнении атмосферы, а также во вредном физическом воздействии на атмосферный воздух в мегаполисах. Данная проблема заслуживает колоссального внимания и по сей день является актуальной, так как воздействие автомобильного транспорта и промышленности на жизнедеятельность людей и на окружающую среду весьма значительное. Для установления отрицательного влияния загрязнения на экологическое состояние окружающей среды, а также здоровье человека, определяют ряд пунктов:

- Воздействие выбросов, которые появились в результате сгорания жидкостей топлива;
- Шумовое воздействие автомобилей;



- Различного образования пыль, загрязняющая атмосферу; среди которых пыль, появляющаяся от резиновых шин, также по причине роста объемов продуктов износа или стирания шин.

С целью исследования влияния определённых факторов на атмосферу и здоровье населения был проведен анализ последствий после каждого типа отрицательного влияния.

### 1.3.1 Результат сгорания топливных жидкостей

После того, как происходит процесс сжигания топливных жидкостей и дальнейшее загрязнение выхлопными бассейна воздуха, уваливается процент заболеваемости такими болезнями, как бронхит, бронхиальная астма, инсульт, пневмония и т.п. Также происходит рост смертности по причине ослабленного иммунитета. Дети, которые не достигли шестилетнего возраста, тяжело переносят подобные проблемы со здоровьем, а у новорождённых происходит нарушения структур, связанных с генами, или, что хуже, это приводит к неизлечимым заболеваниям. Следовательно, увеличивается рост на 10% детской смертности за год.

Для того, чтобы организм здорового человека справился с отравленным воздухом требуется огромное количество физиологических сил, следовательно, происходит упадок работоспособности и производительность труда.

### 1.3.2 Шумовое воздействие промышленных предприятий и автотранспорта

Шум от автомобилей, а также от промышленных компаний несут огромное количество вреда на атмосферный воздух. Шумы, возникающие во время работы двигателя машины, приводят к чрезмерной усталости, которая может применяться в качестве предлога для различных психических и нервных расстройств. На сегодняшний день в мегаполисах постоянно увеличивается порог шума. Это может привести к сокращению человеческой жизни

При постоянном шуме невозможно осуществлять надлежащие дела (плодотворную работу, отдых, сон и т.д.). Вся усталость, которая накапливается со временем, приводит к психическим и нервным расстройствам.

Экологические и климатические факторы несут влияние на определение уровней шума. К примеру, в зеленой и насыщенной зоне уровень шума будет намного ниже, в отличии от мегаполиса.

### 1.3.3 Пыль и другие аэрозоли

Качество воздуха в атмосфере обуславливает содержанием взвешенных частиц (пыль). Если пыль является технологическим происхождения, то она описывается огромным множеством объема или формы частиц, химической структуры плотности и т.д. Следовательно, что влияние пыли будет разнообразным на человеческий организм и окружающую среду [5].

Ф.Ф. Эрисман является знаменитым гигиенистом России. В своих работах он выделяет несколько факторов нанесения вреда человеку в следствии повреждений:

- механическое повреждение (органы дыхания из-за резкой концентрации пыли);
- химическое повреждение (отравление пылью, в которой содержатся токсины);
- бактериологическое повреждение (в организм человека попадают патогенные микроорганизмы).

Гигиенисты утверждают о том, что частицы пыли размером не более пяти микрометров имеют возможность попадать значительно в легкие в альвеолы, а с размером от пяти до десяти макромеров содержатся в верхних дыхательных путях и практически не попадают в легкие. Е.А. Штокман говорит, что пыль приносит вред зрению, коже, дыхательной системе, а также влияет на ЖКТ.

Оксид углерода (СО) подразумевает под собой основное вещество (газ без вкуса, запаха и цвета), которое создается при горении горючих жидкостей. Изучив материалы из книги «Очистка воздуха», автором которой является А.

Штокман, можно сказать о том, что в кровь через легкие попадает оксид углерода. После того, как он присоединится к гемоглобину, происходит процесс образования карбоксигемоглобин. Это значит, что процесс получения в организм кислорода недоступен, а в опасных моментах возникает удушье.

#### 1.3.4 Смежные факторы

Зимой, с целью снизить скольжение во время движения, на улицах рассыпают реагенты (противообледенительные химические материалы). Основой для приобретения данных материалов выступают природные источники бишофита ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ), галита ( $NaCl$ ), карналлита ( $KOMgCl_2 \cdot 6H_2O$ ), а также остатки химических удобрений из минеральной или пищевой промышленности [6].

Данные реагенты выступают одним из возможным факторов влияния на окружающую среду. На первый взгляд, их применение приводит к переменам в экосистеме. Однако за последние несколько десятков лет было доказано, что высокий уровень жизни и экономической системы требуют безопасность для транспортных связей. Это оказало влияние на применение соли на зимних дорогах и на исследования их воздействия на окружающей мир.

В последние годы материалы на основе ацетата широко используются за рубежом. Одним из представителей этой группы является СМА ( $[CaMg_2(CH_3COO)_2]_6$  торговая марка Cryotech, США). На сегодняшний день СМА применяют в различных странах для того, чтобы решить проблемы с экологией и проблемы, которые относятся к коррозии металла и отслаиванию цементобетона. СМА является причиной возникновения таких процессов, как низкая коррозия металла, забора, дорожных знаков и т.п. Принято считать, что СМА несет такой же вред, что и водопроводная труба, следовательно, он не раз применяется в качестве стандарта коррозии, где дают оценку остальные антифризные средства.

## 2. Физико-географическая характеристика г. Ростова-на-Дону

### 2.1 Общегеографическая характеристика

Крупнейший город на юго-западе России, административный центр Южного федерального округа и Ростовской области – Ростов-на-Дону представляет собой важный экономический, культурный, научно-образовательный, промышленный центр, а также крупнейший транспортный узел Юга России.

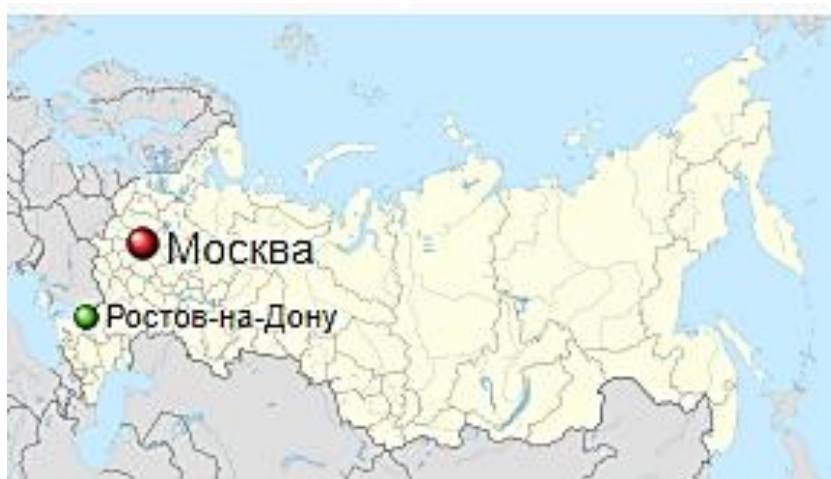


Рисунок 10 – Расположение города Ростова-на-Дону

Ростов-на-Дону расположен (рисунок 10) на юго-западе страны в юго-восточной части Восточно-Европейской равнины, большей частью располагается на правом берегу реки Дон, на левом берегу находятся некоторые промышленные предприятия и торгово-развлекательные центры. Юго-западные окраины города примыкают к дельте реки Дон. Высота города над уровнем моря в среднем составляет 74 м. У Ростова-на-Дону высота правого берега достигает до 80 м. На левом берегу поднимается невысокая Батайская гряда, высотой около 10 м и только у города Азова левый берег Дона значительно возвышается над правым. Город расположен между  $47^{\circ}37'$  и  $47^{\circ}15'$

с.ш. Протяжённость Ростова-на-Дону в административных границах: с севера на юг длина составляет 32,5 км, с запада на восток ещё короче – 27 километров. Таким образом, географический центр Ростова-на-Дону находится в Ленинском районе (микрорайон Новое поселение), среди частных домов Псковского переулка и имеет координаты: 47°24' с.ш, 39°67' в.д.

Площадь территории города составляет 348 км<sup>2</sup>. Территория Ростова-на-Дону, в соответствии со статьёй 18 Устава города Ростова-на-Дону, территория муниципального образования подразделяется на восемь районов города, как показано на рисунке 11. Границы районов определены актами об образовании этих районов и фиксируются в плане города.

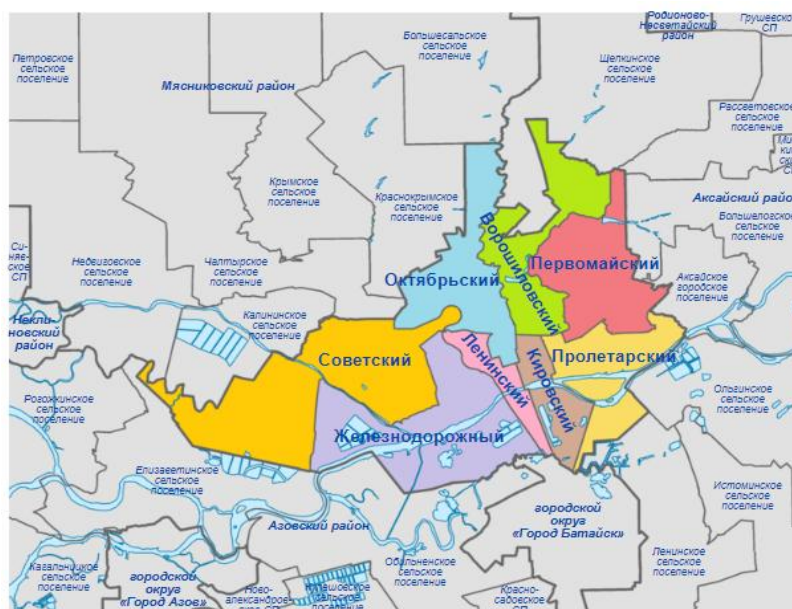


Рисунок 11 – Районы г. Ростова-на-Дону, 2020 г

Таким образом, в пределах города выделяют следующие районы: Ворошиловский, Железнодорожный, Кировский, Ленинский, Октябрьский, Первомайский, Пролетарский, Советский [7].

## 2.2 Климатические условия

Климат г. Ростов-на-Дону устанавливается, первым делом, с помощью географического положения. Город находится в умеренной и умеренно-континентальной зоне (теплая зима, небольшой снег). Располагается Ростов-на-Дону в западной транспортной зоне, где находятся морские и континентальные массы. Морские воздушные массы приходят с юго-запада и северо-запада с атлантическими циклонами. Циклонный климат можно охарактеризовать осадками, резкой и теплой зимой, а летом возможно похолодание. С востока, юга и юго-востока сухой континентальный воздух поступает с антициклонами. Данный тип погоды можно описать низкими облачными покровами, отсутствием осадков, высокой температурой воздуха летом. Большое расстояние от Атлантики и Арктики содействует послаблению воздушных масс, которые движутся оттуда. Удаленность от Арктики и Атлантики способствует ослаблению движущихся оттуда воздушных масс. Именно западный перенос воздушных масс из Атлантического океана препятствует проникновению на территорию Ростовской области холодных воздушных масс, которые образуются над Северным Ледовитым океаном. Под его влиянием арктические воздушные массы трансформируются. Но иногда меридиональные циркуляции прорываются в регион, принося холодный арктический воздух и вызывая резкое похолодание. Как в формировании климата всей территории, так и в формировании местного климата, велика роль рельефа. Рельеф Ростовской области оказывает существенное влияние на климат территории. Это проявляется в распределении воздушных масс по территории региона, в их циркуляции над земной поверхностью, в равномерности нагрева земной поверхности, в быстром испарении осадков и в других климатических характеристиках. Низкие абсолютные высоты относительно уровня моря смягчают зиму, но увеличивают летнюю жару. Восточный ветер преобладает в течении года.

По климатическому районированию территории Россия связана к климатическому подрайону ШБ «часть южных районов с очень теплым летом»

[8], характеризующая среднемесячной температурой воздуха в январе в интервале от минус 5°С до плюс 2°С, в июле – от плюс 21°С до плюс 25°С.

Таблица 1 – Температура воздуха

Месяц	Абсолютный минимум	Средний минимум	Средняя	Средний максимум	Абсолютный максимум
Январь	-31,9	-5,4	-3,0	-0,1	15,0
Февраль	-30,9	-5,7	-2,8	0,7	19,8
Март	-28,1	-1,1	2,4	6,8	26,0
Апрель	-10,4	6,0	10,5	16,2	33,6
Май	-4,3	11,5	16,6	22,6	35,6
Июнь	-0,1	15,8	20,9	26,8	38,4
Июль	7,6	18,0	23,4	29,4	39,6
Август	2,6	17,1	22,7	29,0	40,1
Сентябрь	-4,6	11,8	16,7	22,8	38,1
Октябрь	-10,4	6,1	9,9	14,9	31,0
Ноябрь	-25,1	0,4	3,0	6,4	25,0
Декабрь	-28,5	-3,9	-1,6	1,3	18,5
Год	-31,9	5,9	9,9	14,7	40,1

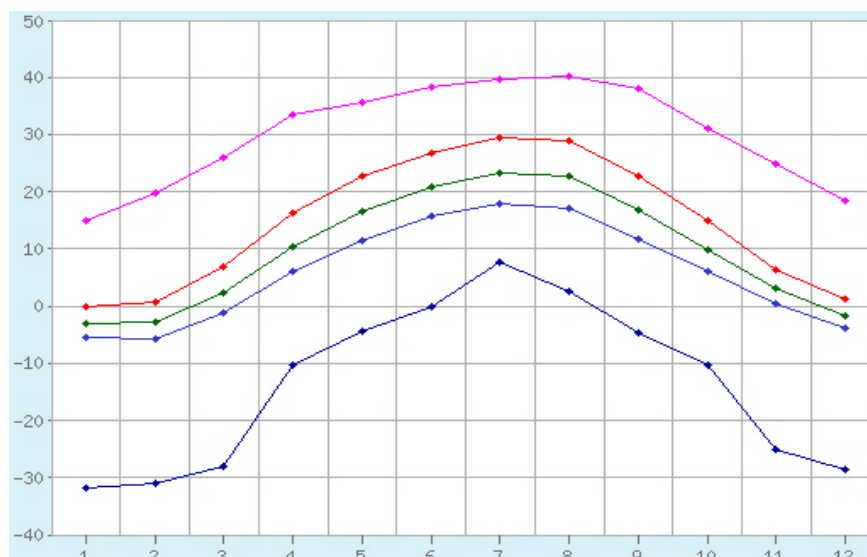


Рисунок 12 – График изменения температуры

Таблица 2 – Осадки

Месяц	Норма	Месячный минимум	Месячный максимум	Суточный максимум
Январь	57	5	130	38
Февраль	51	2	168	33
Март	52	1	111	36
Апрель	44	6	125	39
Май	52	1	180	55
Июнь	65	3	147	75
Июль	50	4	128	61
Август	44	1	125	76
Сентябрь	43	0,1	169	54
Октябрь	39	3	196	51
Ноябрь	50	7	126	41
Декабрь	67	2	150	37
Год	615	288	932	76

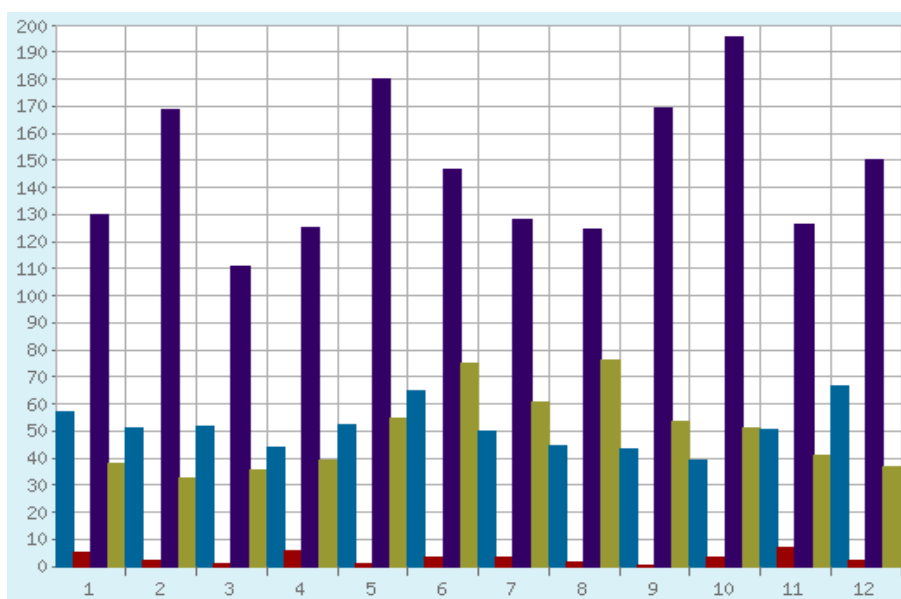


Рисунок 13 – График изменения количества осадков



Таблица 3 – Повторяемость различных направлений ветра, %

направл.	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
С	6	6	5	6	8	9	13	12	8	8	6	7	8
СВ	10	12	13	13	13	12	17	19	16	13	14	13	14
В	30	33	37	35	31	24	25	32	33	37	35	33	32
ЮВ	6	7	7	7	7	5	5	4	5	6	7	7	6
Ю	6	6	6	5	5	5	4	3	4	4	6	6	5
ЮЗ	14	13	11	11	10	11	8	7	9	9	9	11	10
З	21	18	16	17	18	23	17	14	18	17	16	16	18
СЗ	7	5	5	6	8	11	11	9	7	6	7	7	7
штиль	11	10	9	12	18	21	22	22	20	17	12	12	15

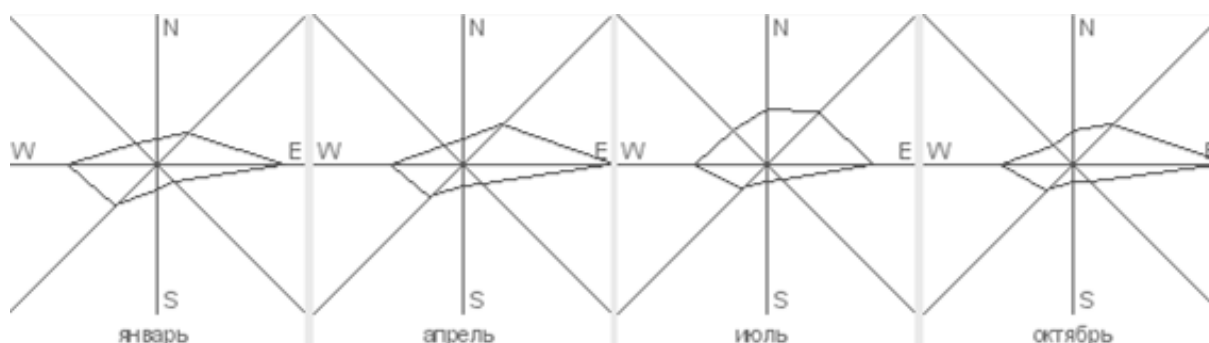


Рисунок 14 – Повторяемость преобладающих направлений ветра

### 2.3 Гидрологическая характеристика

#### 2.3.1 Река Дон

Согласно гидрогеологическому районированию, территория города Ростова-на-Дону ограничена северным крылом Азово-Кубанского артезианского бассейна.

Гидрографическая сеть города представлена главным водным путем региона - рекой Дон, малыми реками, озерами и искусственными водоемами.

Река Дон протекает в районе Ростова-на-Дону с востока на запад и впадает в Таганрогский залив Азовского моря, образуя дельту из сорока крупных и мелких ветвей. Дельта начинается на 6 км ниже Ростовского порта с

вылетом справа от судоходного рукава Мертвого Донца. Река на этом участке имеет плавный продольный профиль и небольшие склоны. Долина реки террасная, асимметричная - ее правый склон крутой ( $15^\circ$ ), высотой 50-80 м, а левый пологий высотой 10-30 м. Пойма в основном шириной 10-12 км на левом берегу. Поверхность поймы пересекается многочисленными старицами и озерами и затопляется слоем от 0,5 до 3,0 м в течение периода половодья. Ширина русла реки составляет от 300 до 400 м, около озера Зеленый Дон делится на две ветви: Нахичеванскую протоку и Старый Дон. Ширина русла составляет 640 м. Глубина реки на плесах достигает 4-6 м, на перекатах и песчаных косах снижается до 0,7 - 1,5 м. Скорость течения реки во время отлива составляет 0,5 - 1,0 м/с. во время половодья она может достигать 2,0 м/с. Дно глинистое и илистое, иногда песчаное.

Процесс таяния снега является главным источником питания реки Дон, а также других рек. Его доля составляет 68% стока, подземное питание составляет 28%, из-за дождя образуется только 4% стока. Создание Цимлянского водохранилища изменило водный режим реки Дон, который сегодня определяется в основном пропусками через водосборные объекты. Половодья перестали быть разрушительными и стали протяженными и слабыми. Амплитуда колебаний уровня в реке составляет 1,5-3,5 м по сравнению с 6,5-7,5 м до строительства плотины. Максимальный уровень половодья после заполнения водохранилища наблюдался в 1963 г. и составлял 2,65 м БС (278 см над «0» графика равным -0,13 м БС); минимальный фиксированный уровень – 0,50 м БС, что соответствует санитарному попуску из водохранилища.

### 2.3.2 Малые реки.

В пределах города в р. Дон впадает ряд малых рек и ручьев – Темерник, Кизитеринка, Александровка и ручей Левенцовка - приток протоки Мертвый Донец. Основные гидрографические характеристики рек приведены в таблице 4:

Таблица 4 – Основные гидрографические характеристики рек

Название водного объекта	Куда впадает	Длина, км
Рукав Мертвый Донец	Таганрогский залив	32
Темерник	Дон	33
Кизитеринка	Дон	менее 10
Александровка	Дон	менее 10
Левенцовка	Мертвый Донец	менее 10

Темерник как постоянный водоток начинается ниже с. Большие Салы из-за выхода подземных вод. Река мелководная, протекает слабо с шириной русла от 5 до 120 м, глубиной от 1,0 до 2,2 м. Почва глинистая, вязкая, берега приподняты. Извилистое русло, пойма в основном болотистая и сильно покрыта тростником в Октябрьском и Ленинском районах. В 1970-х годах в бассейне реки Темерник построили водохранилище (Ростовское море) длиной 1,6 км и шириной около 300 м и два пруда общей площадью 53 га (Северный жилой район). В Темерник впадает 3 водотока общей длиной 7 км.

Река Кизитеринка протекает между первым и вторым посёлками имени Орджоникидзе. Она впадает в Дон расположен в 200 метрах ниже городского водозабора, обеспечивающего питьевой водой город Ростов-на-Дону.

Ручей Александровка начинается в районе кирпичного завода на восточной окраине города и впадает в Дон в районе Аксайского моста.

Ручей Левинцовка берет начало в балке Рябинина вблизи Северо-Западной промышленной зоны г. Ростова-на-Дону, проходит по дачному поселку и впадает в р. Мертвый Донец.

Реки в основном питаются за счёт таяния снега. Основной фазой водного режима является весенний паводок, в котором зафиксированы самые высокие значения и отток воды в течение года. Половодье начинается во второй половине февраля и с начала марта по апрель. Максимальный уровень воды

наблюдается в конце марта - начале апреля и составляет 2,5 м над уровнем отлива. Спад половодья происходит во второй или третьей декаде апреля, в начале июня устанавливается летняя межень, которая иногда нарушается паводками.

Минимальные уровни в реках наблюдаются в августе - сентябре. Продолжительность межени составляет от 20 до 50 дней. Небольшие дождевые паводки обычно бывают невысокими (до 1-2 м) и короткими (от нескольких часов, редко до двух-трех дней). Паводки происходят летом, реже осенью, а иногда бывают при длительных зимних оттепелях. После кратковременного повышения уровня воды от 0,3 до 0,5 м во время дождевых паводков зимой наступает период низкой воды. Минимальные зимние уровни воды наблюдаются в конце декабря и начале января.

Устойчивый ледостав бывает лишь в суровые зимы и продолжается 70-80 суток. Толщина льда 0,2-0,3 м.

Сезонное распределение стока следующее: весна-52%, лето-осень-23 %, зима 25 %

### 2.3.3 Пойменные озера.

Основным источником питания является поверхностный сток и речная вода, поступающая в период паводка. В остальное время года озера отрезаны от реки. Озера замерзают намного раньше, чем реки (середина ноября), а позже очищаются ото льда. Вода в озёрах состоит в основном из карбонатов и сульфатов. Все озера характеризуются высоким содержанием органических веществ, фосфатов, нитритов и нитратов. Максимальные концентрации азота и фосфата наблюдаются зимой. Некоторые из озёр используются рыболовными хозяйствами, обвалованы дамбами.

Небольшие пруды на территории города созданы в районе аэропорта и пос. Орджоникидзе с помощью земляных плотин и вытянуты вдоль русла р. Кизитеринки. Питание пруды получают, в основном, за счет атмосферных осадков, и, частично, за счет подземных вод, выходящих в виде родников [9].

## 2.4 Экологическая ситуация

### 2.4.1 Выбросы

Основными источниками загрязнения воздуха являются автомобильный и железнодорожный транспорт, предприятия топливно-энергетического и машиностроительного комплекса, фермерское предпринимательство и строительные компании.

Крупные города (Шахты, Волгодонск, Таганрог, Новошахтинск, Новочеркасск) также несут воздействие на экологический фон исследуемого объекта.

На территории исследуемого города есть аэропорт, который также несет воздействие на загрязнение атмосферы.

Основной вклад в выбросы от стационарных источников вносят МУП «Теплокоммунэнерго», Комбайновый завод ООО «Ростсельмаш», Комбайновый завод «Ростсельмаш», ЗАО «Юг Руси», ООО «Ростовский литейный завод», ОАО «РПВК «Роствертол», ОАО «ТГК-8» филиал «Ростовская городская генерация», филиал СКЖД ОАО «РЖД», ОАО «10 ГПЗ», ЗАО «Эмпилс» — лакокрасочный завод, ОАО «КОМАТ».

Общее количество загрязняющих веществ, которые были получены из стационарных источников в 2018 году, по сравнению с предыдущим годом снизилось на 0,498 тонн.

Информация о сети мониторинга. Данный мониторинг был проведен на семи стационарных станциях Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС». Четыре станции являются основными, остальные – дополнительные. Сети станций работают в соответствии с требованиями РД.52.04.186-89. Их разделяют на «городские фоновые» (станции 55 и 21), «промышленные» (52 и 44) и «авто» (29 и 51). Это условное деление, потому что распределение главных источников

выброса не дает возможность оформить четкое деления района. На рисунке 14 мы наблюдаем карту, где указаны места данных станций.

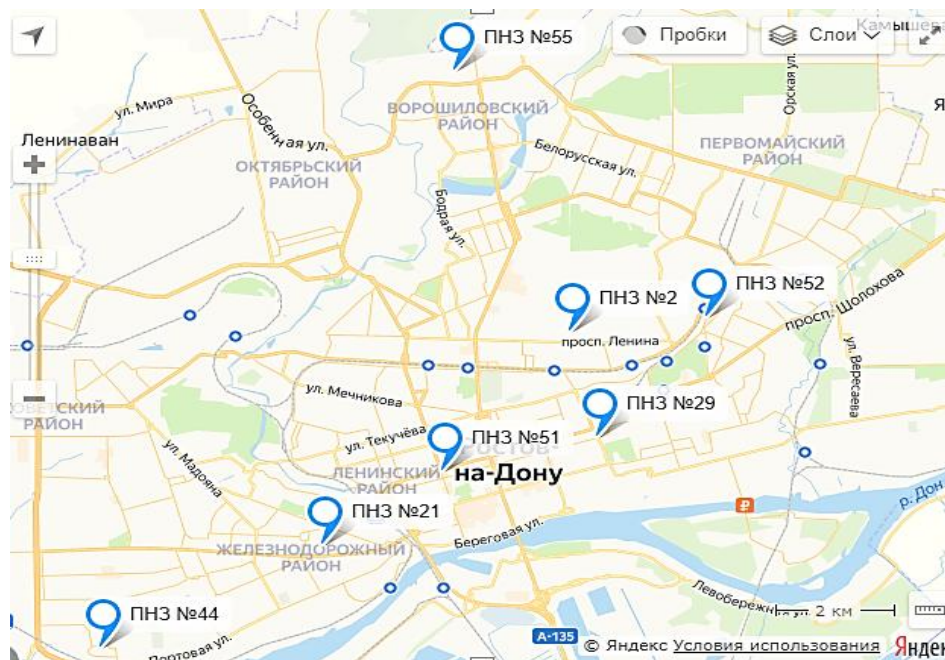


Рисунок 15 – Расположение постов мониторинга за загрязнением атмосферного воздуха в г. Ростове-на-Дону

Исходя из анализа уровня загрязнения районов города, можно утверждать, что самый высокий уровень связан с такими примесями, как формальдегид, бенз(а)пирен, оксиды азота и пыль. Они являются характерными для центра города рядом с автомагистралью (ПНЗ №51). Мы можем предполагать, что уровень загрязнения в подобных местах исследуемого города, где автотранспорт является угрозой для выбросов, такой же.

Другие районы Ростова-на-Дону являются менее загрязненными и имеют свою специфику (загрязнение воздуха аммиаком в районе холодильников и оптовых баз, повышение уровня формальдегида наблюдается в наиболее открытых и наиболее подверженных солнечной радиации местах станций № 51 и № 55).

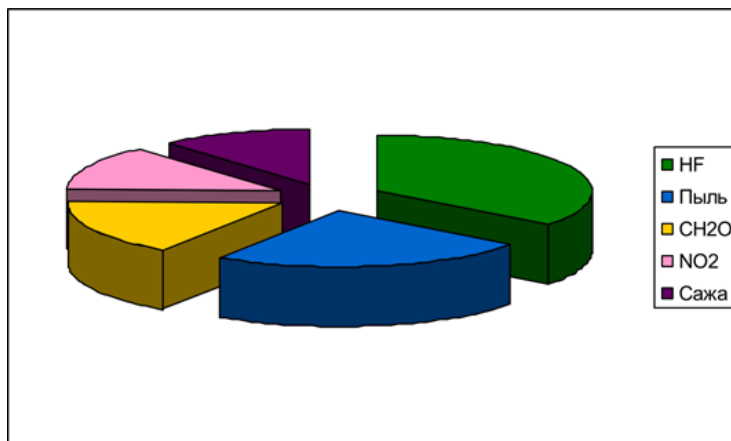


Рисунок 16 – Вещества, вносящие основной вклад в формирование уровня загрязнения воздуха в г. Ростове-на-Дону (по значениям парциальных ИЗА)

Уровень загрязнения воздуха был высокий и определяется значениями ИЗА<sub>5</sub> = 7, СИ = 3,8 и НП = 19,6 %. Высокий уровень загрязнения определяется концентрациями диоксида азота и сажи, взвешенных веществ (пыли), фторида водорода, формальдегида.

### 3. Метеорологические параметры, влияющие на загрязнение воздуха

#### 3.1 Ветер

Ряд факторов устанавливается под воздействием направления ветра на загрязнение атмосферы исследуемого объекта. К этим факторам относятся локальные циркуляции, местонахождение источников выброса, воздействие самих объектов на режим ветра, а также взаимосвязь всех факторов.

Основным фактором горизонтального определения примесей является скорость ветра. Она оказывает влияние на распределение веществ, которые попадают в атмосферу из низких и высоких источников. Когда у промышленного предприятия происходит выброс из высоких труб, при высокой скорости ветра у земли обнаруживается большая концентрация примеси. Обуславливается это тем, что в воздух попадает газо-воздушная смесь, которая при выходе из трубы в случае перегрева имеет плавучесть. По этой причине устанавливается поле вертикальных скоростей около источника загрязнения. Он упрощает подъем факела и удаляет в верхний слой атмосферы примеси. Если скорость ветра будет невысокая, то концентрация у земли будет низкая, эффективность подъем факела будет увеличиваться [10].

Ветровой режим в Ростове-на-Дону характеризуется невысокими скоростями. По данным <https://rp5.ru/> среднее значение за период с 2008 по 2020 год составило 4,4 м/с, что по шкале Бофорта обозначается как слабый. Данный эффект таких ветров выражается эпизодически. Стопки зрения экологии неблагоприятными выступают штилевые условия и скорости ветра (1-3 м/с).

#### 3.2 Температура

Характер общего влияния термической стратификации и скорости ветра на состав загрязняющих веществ в городском воздухе примерно одинаков для



разных городов и всех сезонов. Рост горячих выбросов снижается при высокой температуре воздуха. Из этого мы делаем вывод, что концентрация примесей будет расти на поверхности атмосферы. Данный эффект для выбросов, которые слабо нагреваются является важным.

При высокой температуре, когда происходит застой воздуха можно выявить огромное накопление загрязненных веществ на поверхностном слое атмосферы. Если температура воздуха очень низка, то концентрация в городе невысокая. Из всего вышесказанного можно подытожить, что годовой ход загрязнения воздуха устанавливает воздействие температуры на концентрацию загрязненных веществ. Летом нагрев выбросов уменьшается. Возможно, это обстоятельство является одной из причин того, что, несмотря на уменьшение общего количества загрязняющих веществ, выбрасываемых летом, во многих городах максимальная концентрация в течение года чаще всего наблюдается в этот период.

Следует отметить, что приземные инверсии содействуют к увеличению концентрации примеси.

### 3.3 Инверсии температуры

Увеличением температуры воздуха с высотой вместо ее обычного снижения в тропосфере называется инверсией температуры. Температурные инверсии происходят вблизи поверхности Земли (приземные инверсии) и в свободной атмосфере. Приземные инверсии обычно образуются в ночи, когда скорость ветра нулевая (иногда в течение дня зимой) в результате интенсивного теплового излучения от поверхности земли, что приводит к охлаждению, как её, так и окружающего слоя воздуха. Толщина приземных инверсий составляет от десятков до сотен метров. В инверсионном слое изменения температуры меняются от десятых долей градуса до 15 - 20 ° С или более.

Запруживающими слоями в атмосфере являются температурные инверсии. Они являются барьерами развития вертикальных движений в воздухе, в следствии чего происходят водяные пары, ядра конденсации, пыль.

Все это приводит к образованию дыма и тумана. Огромную опасность для атмосферы в мегаполисах несут приземные инверсии вместе со слабыми ветрами («застой воздуха»).

При низкой температуре можно отметить высокую концентрацию загрязнения. Область распространения зимних инверсий совпадает с областью распространения антициклонов, поэтому при антициклонической погоде обычно наблюдаются высокие концентрации дыма.

### 3.4 Осадки

Осадки играют положительную роль в самоочищении атмосферы от загрязняющих веществ. Недавно, однако, было обнаружено другое явление, связанное с загрязнением атмосферы и осадками. Оно имеет название кислотный дождь или кислотный осадок.

Кислыми осадками являются дожди и снег. Они появляются в следствии выброса оксида азота и серы в окружающую среду, сжигания ископаемого топлива (природный газ, нефть, уголь). В результате процесса растворения в атмосферной влаге они создают слабые растворы азотной и серной кислот, и как следствие, выпадают в виде кислотных дождей. Относительная кислотность раствора выражается индикатором рН (кислотность определяется наличием свободных ионов водорода  $H^+$ ; рН - показатель концентрации ионов водорода). При рН = 1 раствор является сильной кислотой (как электролит в батарее); рН = 7 означает нейтральную реакцию (чистая вода), а рН = 14 - сильная щелочь (щелок).

Поскольку рН измеряется в логарифмической шкале, водная среда с рН = 4 в 10 раз более кислая, чем среда с рН = 5, и в сто раз более кислая, чем среда с рН = 6. Нормальная, незагрязненная дождевая вода имеет рН = 5,65. Кислотными называют дожди с рН ниже 5,65. На больших территориях в восточной части Соединенных Штатов, на юго-востоке Канады и в западной Европе среднегодовое значение рН атмосферных осадков колеблется от 4,0 до 4,5. В восточной части США кислотность осадков составляет приблизительно

65%, что определяется присутствием серной кислоты ( $H_2SO_4$ ), 30% азотной кислотой ( $HNO_3$ ) и 5% соляной кислоты ( $HCl$ ). Такие сооружения, как тепловые электростанции или металлургические компании, которые производят свою работу за счет нефти и угля, образуют серную кислоту. Именно это и является главными источниками оксидов серы ( $SO_2$  и  $SO_3$ ). Азотная кислота, образованная с помощью диоксида азота ( $NO_2$ ) и оксида азота ( $NO$ ), проникает в атмосферу практически в равном количестве с выхлопными газами двигателей автомобиля и от тепловых электростанций, которые осуществляют свою деятельность благодаря нефти и углю. Малый процент соляной кислоты в атмосферных осадках возникает в результате аккумуляции газообразного хлора от различных промышленных и природных источников. Таким же способом могут возникать кислотные дожди при попадании в атмосферу азотсодержащих газов и серной кислоты (и аммиака  $NH_3$ , диоксида азота  $NO_2$ ) от естественных источников (примером может быть извержение вулкана).

Различные природные среды по-разному реагируют на данный процесс. Химические свойства воды и почвы могут меняться из-за кислотных осадков. Рыба начинает уплывать, если вода становится кислой, то есть pH составляет менее пяти. На пример, в США в горах Адирондак, а также в южном регионе Норвегии, Швеции. Если происходит нарушение трофических цепей, результатом будет уменьшение видов морских животных, бактерий и водорослей. Кислотные дожди приводят к ускорению разрушений таких конструкций, как скульптуры, памятники, здания из бетона и мрамора [11].

### 3.5 Туманы

Туман — это атмосферное явление, скопление воды в воздухе, когда образуются наименьшие продукты конденсации водяного пара (при температуре выше  $-10^\circ$  это маленькие капли воды, при  $-10...-15^\circ$  - смесь капель воды и кристаллов льда, при температуре ниже  $-15^\circ$  - кристаллы льда, сияющие на солнце или лунном свете и фонари) [12].

Подтвержден тот факт, что при формировании тумана увеличивается концентрация примесей на 40 - 110% по сравнению с ее концентрацией перед туманом.

Под фотохимическим туманом понимается комбинация смеси аэрозольных частиц и газов первичного и вторичного возникновения. Смог состоит из озона, серы, оксидов азота, множества органических соединений пероксидной природы, которые в следствии приобрели название фотооксиданты.

Фотохимический смог проявляется в следствии фотохимических реакций, соблюдая при этом такие условия, как: присутствие огромной концентрации оксидов азота, углеводорода и др., отсутствие ветра или слабый воздухообмен в течении как минимум одного дня, наличие интенсивного солнечного света. Спокойная погода на протяжении немалого количества времени сопровождается инверсиями, которые требуются для генерации высокой концентрации реагирующих веществ.

Данные условия формируются с июня по сентябрь, в редких случаях в зимнюю пору. Когда погода долгое время ясная, солнечная радиация приводит к разрушению молекул диоксида азота с образованием оксида азота и атомарного кислорода.

Атомарный кислород с молекулярным кислородом производит озон. Последний должен преобразоваться снова в молекулярный кислород, а оксид азота - в диоксид в следствии окисления оксида азота. Однако это не может произойти. Оксид азота вступает в реакцию с олефинами из выхлопных газов, расщепляющиеся на двойную связь, они приводят к избытку озона и создают фрагменты молекул.

В следствии продолжающейся диссоциации новые массы диоксида азота делятся и создают вспомогательные количества озона.

Действует циклическая реакция, где озон в течении времени в атмосфере аккумулируется. Однако данный процесс ночью прекращается. Озон вступает в химическую реакцию с олефинами. Существуют различные пероксиды в

атмосфере. Они формируют окислители, которые характерны для фотохимического тумана. Они являются реактивными источниками свободных радикалов.

Чаще всего такой смог наблюдается в Лондоне, Лос-Анджелесе, Париже и других городах Америки и Европы. Они являются довольно опасными для кровообращения и органов дыхания. Следует отметить, что они становятся основанием для ранней смерти жителей в мегаполисах с низким уровнем здоровья [13].

### 3.6 Солнечная радиация

Колоссальную роль при развитии занесения атмосферы играет солнечная радиация. Во время высокой интенсивности солнечного света, возникает фотохимическая реакция: окисление диоксида серы с образованием сульфатных аэрозолей. Если в атмосфере находится оксид азота и органические вещества, то в солнечный день будет фотохимический процесс с формированием фотохимического смога. Пероксиацетилнитрат (ПАН) является самым вредным веществом фотохимической реакции.

#### 4. Оценка влияния метеорологических факторов на качество атмосферного воздуха в г. Ростове-на-Дону

##### 4.1 Анализ динамики метеорологических факторов

Ранее было указано, что метеопараметры непосредственно воздействуют на уровень загрязнения воздуха в определенном районе, устанавливая рассеивание, перенос и изменения веществ, которые загрязняют атмосферу.

Практической задачей данной работы является выявление закономерностей между ухудшением качества воздуха и метеорологическими параметрами.

Для анализа использовались данные из многолетних архивов погоды в городе Ростове-на-Дону за период с 2008 по 2018 год. Данные погоды были сопоставлены с данными об изменении уровня загрязнения воздуха различными примесями.

Проанализировав архив погоды за период 11 лет, были построены графики. Для дальнейшего анализа были построены графики многолетнего хода наибольшей повторяемости превышения ПДК и метеорологических параметров в Ростове-на-Дону, представленные ниже.



Рисунок 17 – График многолетнего хода среднегодовых скоростей ветра

Значения среднегодовых скоростей ветра на протяжении 11 лет находятся примерно на одном уровне. С 2008 по 2012 год и в 2014-2015 годах среднегодовая скорость ветра составила 5 м/с, в 2013 и в период с 2016 по 2018 год – 4 м/с.



Рисунок 18 – График повторяемости направлений ветра в 2008-2011 гг.



Рисунок 19 – График повторяемости направлений ветра в 2012-2015 гг.



Рисунок 20 – График повторяемости направлений ветра в 2016-2018 гг.

На рисунках 18, 19 и 20 показаны преимущественные направления ветра в период с 2008 по 2018 год. Для этого были построены розы ветров, где изображена повторяемость направлений в процентах. Наибольшую повторяемость имеет восточное направление ветра, оно преобладает на всём временном промежутке кроме 2018 года. Максимальное значение приходится на 2014 год – 36,8 %. В 2018 году преобладает направление ветра равное  $67,5^\circ$  и его повторяемость составляет 24%.

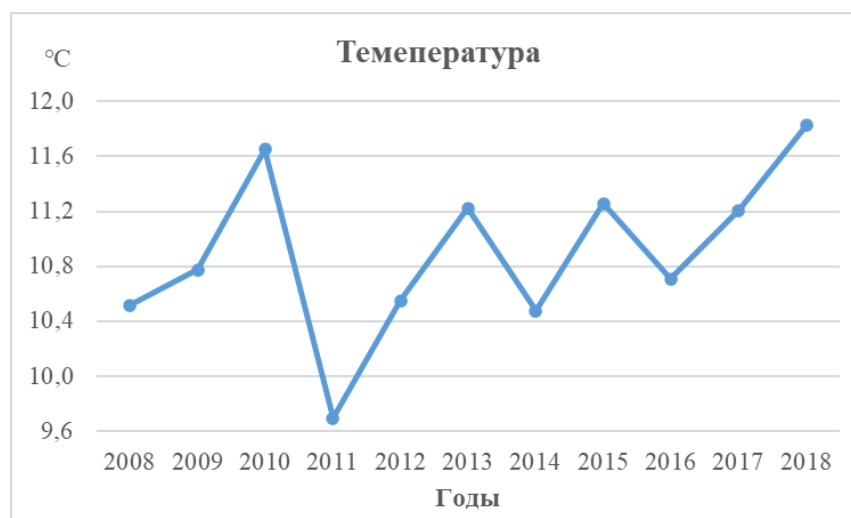


Рисунок 21 – График многолетнего хода среднегодовой температуры воздуха



На рисунке 21 представлен многолетний ход среднегодовой температуры воздуха за период с 2008 по 2018 год. Максимальное значение составило 11,8°C, и оно зарегистрировано в 2018 году. Минимум приходится на 2011 год – 9,7°C.



Рисунок 22 – График распределения приземных инверсий в 2012-2019 гг.



Рисунок 23 – График распределения приподнятых инверсий в 2012-2019 гг.

На рисунках 22 и 23 представлено распределение температурных инверсий за 2012-2019 гг. Максимальное количество приземных инверсий

составляет 432, наблюдалось в 2017 году, минимальное – в 2012 и оно достигает 231. Максимальное значение приподнятых инверсий составило 213, и оно зарегистрировано в 2014 году. Минимум приходится на 2017 год – 138.

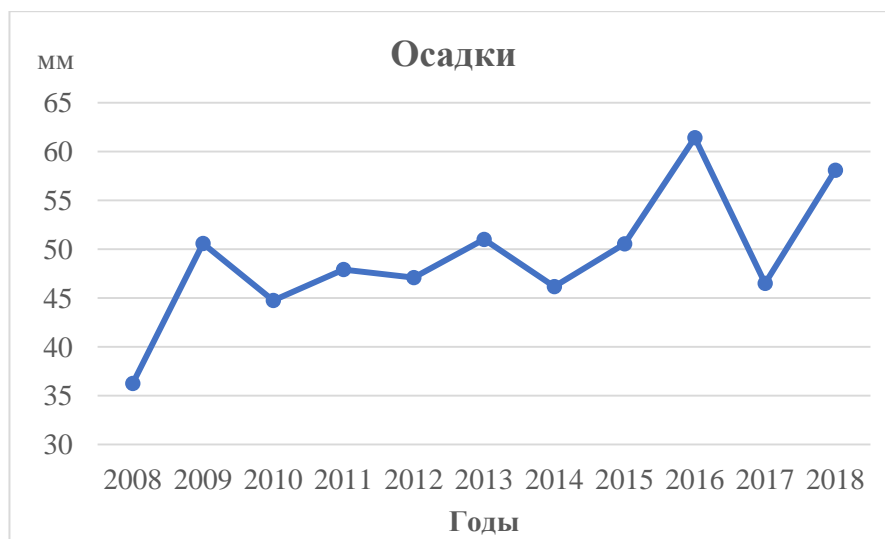


Рисунок 24 – График многолетнего хода среднегодового количества осадков

Максимум среднегодового количества осадков (рис. 24) составляет 61 мм, и он приходится на 2016 год. Минимальное значение количества осадков достигает 36 мм в 2008 году.

В таблице 5 мы можем наблюдать динамику среднегодовых концентраций загрязняющих веществ, которые попадают в атмосферу в исследуемом городе за 11 лет. За последние 11 лет показатели концентраций оксида углерода, диоксида азота и оксида азота уменьшились, а значение среднегодовой концентрации аммиака возросло, также, как и концентрации взвешенных веществ.

Таблица 5 – Среднегодовые концентрации основных загрязняющих веществ в целом по Ростову-на-Дону (в единицах ПДК с.с)

Год	Взвешенные вещества (пыль)	Оксид углерода	Диоксид азота	Оксид азота	Аммиак
2008	1,4	0,6	1,5	0,9	0,4
2009	1,2	1,0	1,4	1,1	0,5
2010	1,2	0,7	1,4	0,6	0,5
2011	1,3	0,7	1,2	0,5	0,5
2012	1,1	0,7	1,1	0,5	0,5
2013	1,2	0,7	1,1	0,5	0,9
2014	1,5	0,7	1,1	0,5	0,8
2015	1,7	0,7	0,9	0,4	0,6
2016	1,2	0,7	1,0	0,4	0,5
2017	1,6	0,6	1,2	0,4	0,8
2018	1,7	0,4	0,9	0,3	0,7

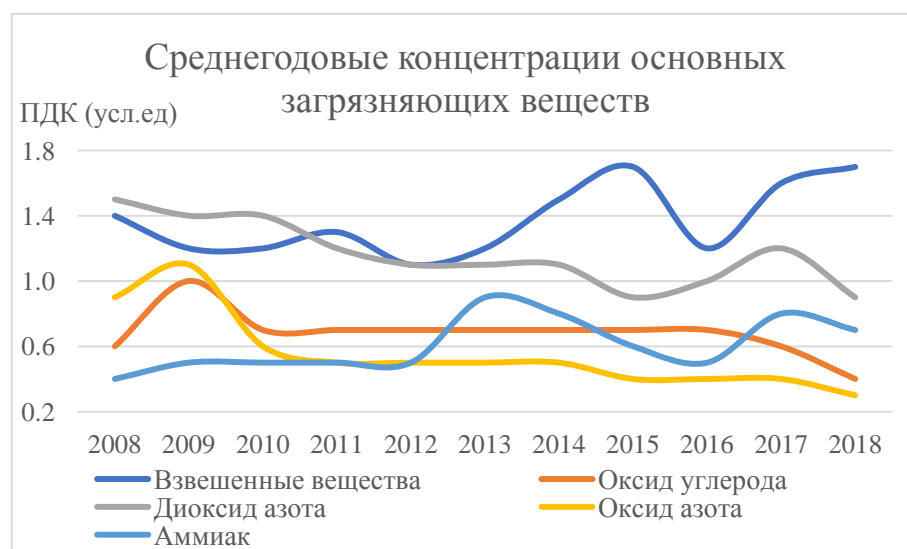


Рисунок 25 – График многолетнего хода среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ

На рисунке 25 показана динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух за 11 лет по данным отчетов «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области» с 2008 по 2018 годов.

#### 4.2 Анализ зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ от скорости ветра

В предыдущей главе были описана теория по воздействию ветра на качество атмосферы. Мы оценили воздействие скоростей на концентрации веществ, которые загрязняют окружающую среду. Для проведения анализа использовались среднегодовые значения концентраций вещества исследуемого города за 11 лет, которые были получены из Экологического вестника Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области». Также произвели расчеты среднегодового значения скорости ветра в Росте-на-Дону, которые были получены на сайте [www.weatherarchive.ru](http://www.weatherarchive.ru).

Само собой, что ветер будет оказывать положительный результат на качество атмосферы, а также благоприятствовать к уменьшению уровня загрязнения. Но следует учесть, что итоги анализа демонстрируют слабую связь избранных элементов. Связь может быть средней в случае среднегодовых концентрациях оксида углерода и диоксида азота. Для определения силы связи коэффициентов была применена шкала Чеддока. При среднегодовых значениях коэффициент корреляции скорости ветра и оксида углерода будет равняться 0,50. 0, 41 равняется коэффициент скорости ветра и оксида азота, 0,52 – коэффициент скорости ветра и диоксид азота, - 0,38 – коэффициент скорости ветра и аммиака, - 0,40 – коэффициент корреляции скорости ветра и взвешенных веществ. Отрицательные коэффициенты корреляции говорят о наличии обратной зависимости между элементами.

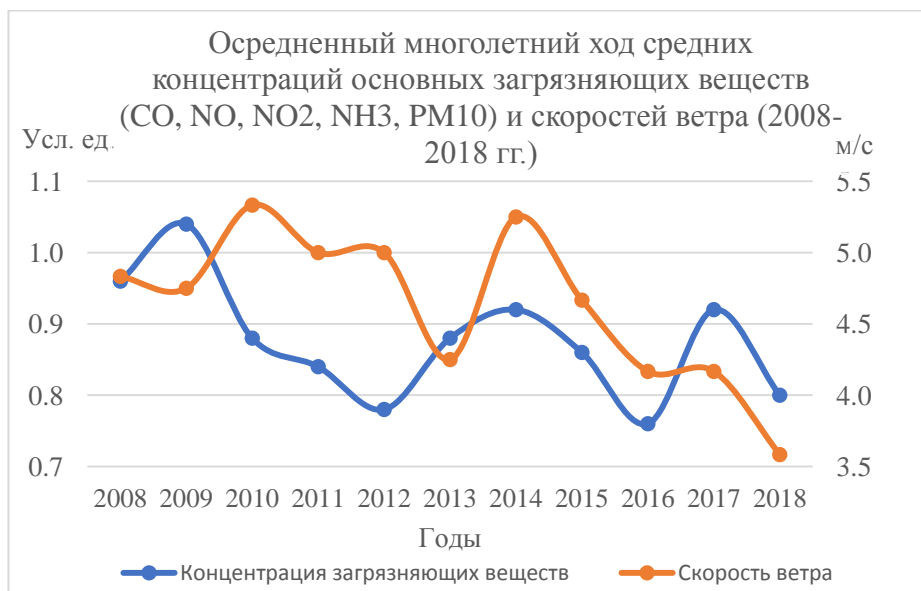


Рисунок 26 – График осредненного многолетнего хода среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ и скоростей ветра

Изображение демонстрирует усреднённое годовое развитие средних значений концентраций первостепенных веществ, которые загрязняют атмосферу (NO, PM 10, NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>) и скорость ветра (за 11 лет).

#### 4.3 Анализ зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ от температуры воздуха

В ходе исследования мы дали оценку воздействия температуры воздуха на концентрацию веществ, которые загрязняют атмосферу. Для проведения анализа использовались среднегодовые значения концентраций вещества исследуемого города за 11 лет, которые были получены из Экологического вестника Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области». Также произвели расчеты среднегодового значения температур в Росте-на-Дону, которые были получены на сайте [www.pogodaiklimat.ru](http://www.pogodaiklimat.ru).

Если температура воздуха является положительно и высокой (>25 °C), то образуются химические реакции загрязняющего воздуха с веществами и

возникают дополнительные химические вещества. Следовательно, данные процессы проявляются летом.

Итоги корреляционного анализа демонстрируют отсутствие или слабую связь избранных величин. Для определения силы связи коэффициентов была применена шкала Чеддока. При среднегодовых значениях концентраций коэффициент корреляции оксида углерода и температур воздуха равен  $-0,36$ . Коэффициент корреляции при среднегодовых значениях концентраций оксида азота и температур воздуха равен  $-0,27$ . Значения между температурой воздуха и диоксид азота равняется  $-0,24$ . Значения между температурой воздуха и аммиаков, а также температурой воздуха и взвешенными веществами равняется  $0,36$ .

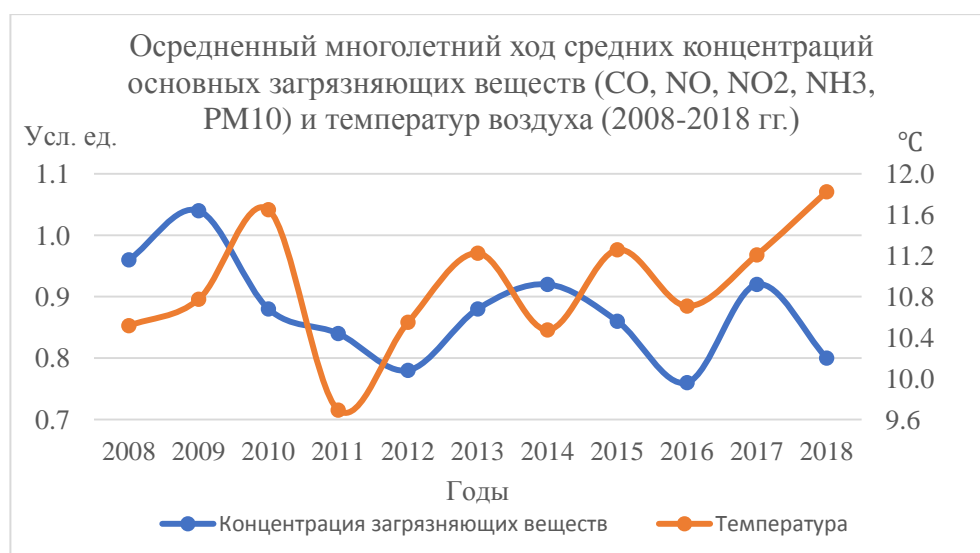


Рисунок 27 – График осредненного многолетнего хода среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ и температур воздуха

На изображение мы видим сглаженный годовой результат температуры воздуха за 11 лет и средних величин концентраций глобальных веществ, которые загрязняют нашу атмосферу (NO, NH<sub>3</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>).

#### 4.4 Анализ зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ от количества температурных инверсий

В ходе исследования мы дали оценку воздействия температурных инверсий на концентрацию веществ, которые загрязняют атмосферу. Для проведения анализа использовались среднегодовые значения концентраций вещества исследуемого города за 11 лет, которые были получены из Экологического вестника Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области». Расчеты инверсий температуры были определены за семь лет. Данные были определены ГУ «Ростовским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями».

Как уже было сказано ранее, температурные инверсии выступают в роли задерживающих слоёв в атмосфере, под ними накапливаются водяной пар, пыль, ядра конденсации, что способствует образованию слоев дымки, тумана. По итогам исследования можно сказать, что идет прослеживание высокой корреляционной зависимости определенных характеристик. В таблице 6 представлены коэффициенты корреляции при среднегодовых значениях концентраций загрязняющих веществ и среднегодовых значениях приземных и приподнятых инверсий. Красным цветом выделены коэффициенты, которые указывают на наличие слабой связи между параметрами, а зелёным цветом выделено значение, где связь средней силы. Коэффициенты, которые не выделены цветом, говорят об отсутствии связи.

Таблица 6 – Коэффициенты корреляции при среднегодовых значениях концентраций загрязняющих веществ и среднегодовых значениях приземных и приподнятых инверсий

Загрязняющее вещество	CO	NO	NO2	NH3	PM10
Приземные инверсии УТРО	-0,12	-0,41	0,07	0,36	0,41
Приземные инверсии ВЕЧЕР	0,05	-0,31	-0,09	0,33	0,51

Продолжение таблицы 6

Загрязняющее вещество	CO	NO	NO2	NH3	PM10
Приподнятые инверсии УТРО	0,16	0,31	-0,44	-0,12	-0,15
Приподнятые инверсии ВЕЧЕР	-0,35	0,12	-0,05	0,05	-0,14

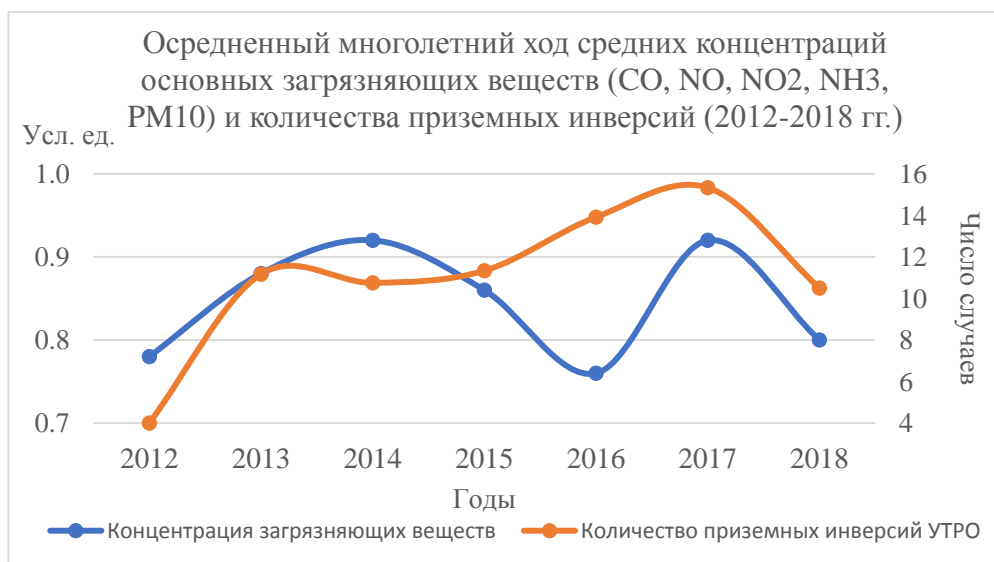


Рисунок 28 – График осредненного многолетнего хода среднегодовых концентраций основных ЗВ и количества приземных инверсий за утренний срок

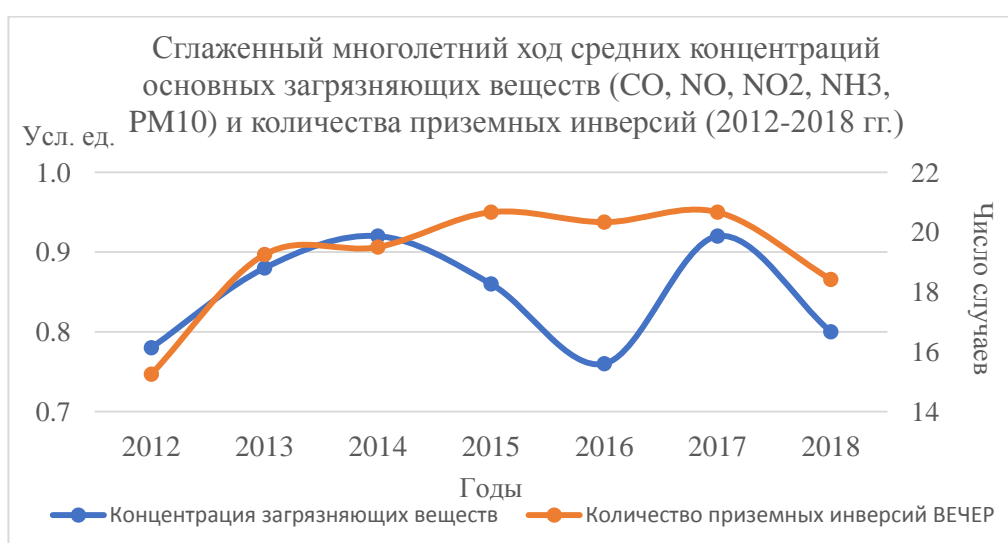




Рисунок 29 – График осредненного многолетнего хода среднегодовых концентраций основных ЗВ и количества приподнятых инверсий за вечерний срок

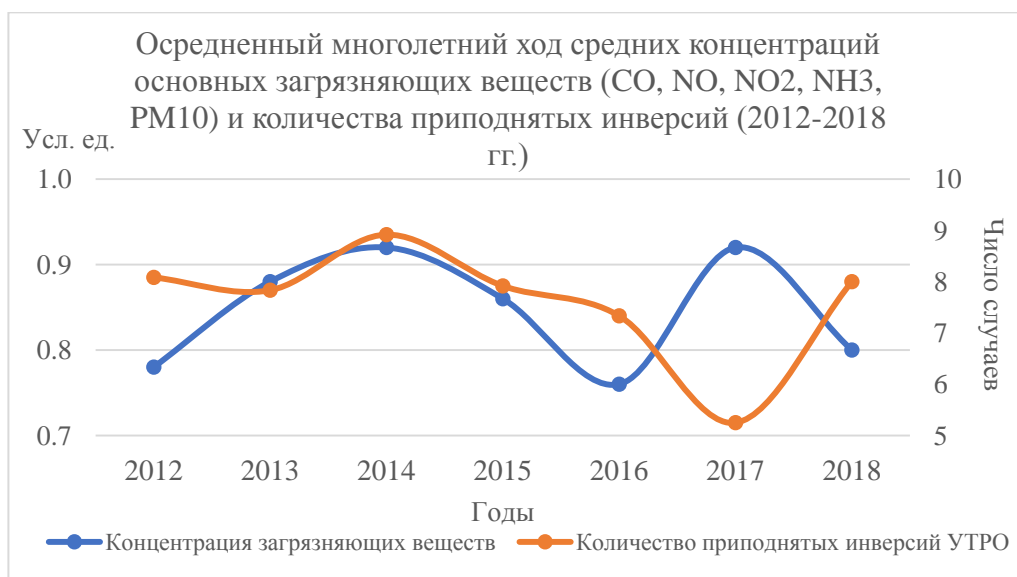


Рисунок 30 – График осредненного многолетнего хода среднегодовых концентраций основных ЗВ и количества приподнятых инверсий за утренний срок



Рисунок 31 – График осредненного многолетнего хода среднегодовых концентраций основных ЗВ и количества приподнятых инверсий за вечерний срок

На рисунках 28-31 представлены графики сглаженного многолетнего хода среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ и количества приземных и приподнятых инверсий за утренний и вечерний срок. Измерения на станции проводились дважды в день, в 11:30 и в 23:30.

#### 4.5 Анализ зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ от количества осадков

В третьей главе мы давали характеристику теоретическим аспектам воздействия осадков на атмосферу. Мы провели анализ воздействия количества осадков на вещества, загрязняющие воздух. Для проведения анализа использовались среднегодовые значения концентраций вещества исследуемого города за 11 лет, которые были получены из Экологического вестника Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области». Расчеты по определению количества осадков города также были определены за 11 лет.

Ранее было указано, что осадки неопределенно влияют на природную среду. В одном случае, когда вымываются загрязнения в атмосфере, происходит очищения атмосферы, и в то же время, почва получает удар из-за кислотных дождей.

При среднегодовых значениях концентраций коэффициенты корреляции:

- количество осадков и оксид углерода равняется -0,08 (дефицит связи);
- количество осадков и оксид азота равняется -0,48 (существует связь со слабой силой);
- количество осадков и диоксид азота -0,72 (существует высокая корреляционная связь);
- количество осадков и концентраций аммиака составляет 0,21 (связь не обнаруживается);
- количество осадков и взвешенных веществ составляет 0,05 (связь не обнаруживается).

Первые три коэффициента корреляции указывают на обратную зависимость параметров.

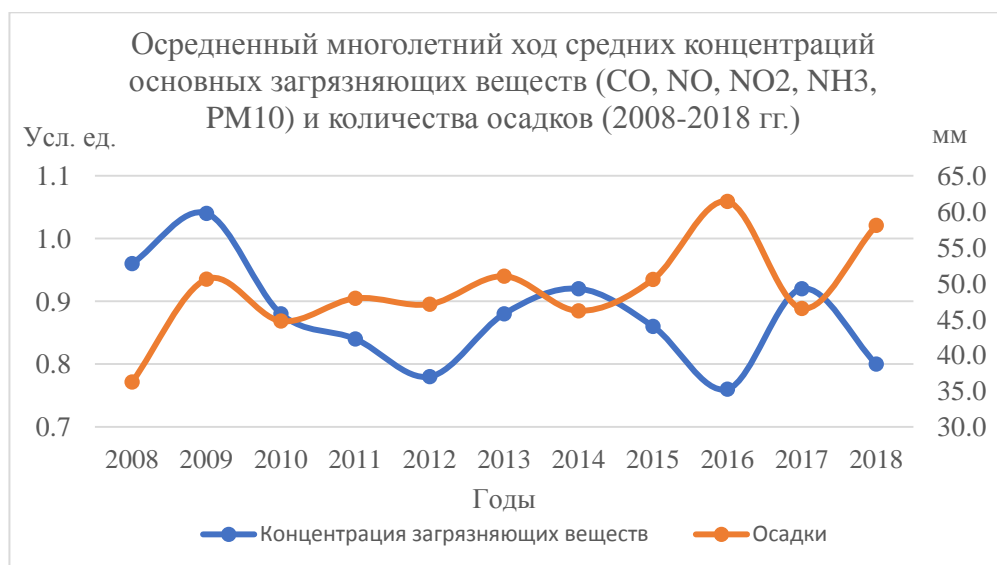


Рисунок 32 – График осредненного многолетнего хода среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ и количества осадков

На изображение мы видим сглаженный годовой результат количества осадков за 11 лет и средних величин концентраций глобальных веществ, которые загрязняют нашу атмосферу (NO, NH<sub>3</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>).

#### 4.6 Анализ зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ от количества туманов

Ранее рассматривалось, что при образовании тумана происходит увеличение концентрации примесей на 40 - 110% по сравнению с ее концентрацией перед туманом. Коэффициент корреляции при среднегодовых значениях концентраций оксида углерода и количества туманов равен 0,63, что свидетельствует о наличии средней связи. Коэффициент корреляции при среднегодовых значениях концентраций оксида азота и количества туманов равен 0,39, что указывает на наличие связи слабой силы. При среднегодовых значениях концентраций коэффициент корреляции при среднегодовых

значениях концентраций количества осадков и диоксида азота равняется 0,43 (присутствует средняя корреляционная связь). Коэффициент количества осадков и аммиака - 0,29 (связь отсутствует). Коэффициент количества осадков и взвешенных веществ равняется -0,42.

Рисунок 33, представленный ниже, описывает сглаженные годовые результаты количества тумана (за 11 лет) и средних значений концентраций основных загрязняющих веществ (CO, NO, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>).

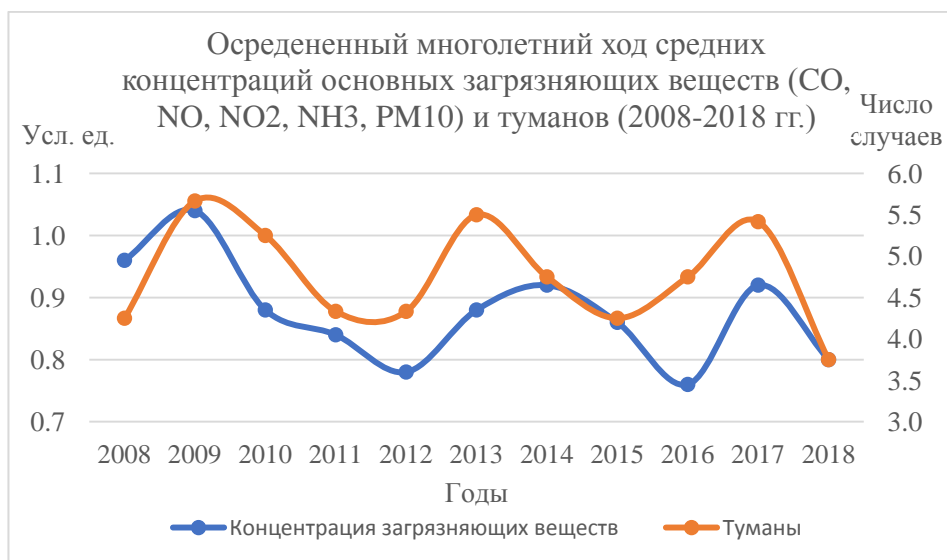


Рисунок 33 – График осредненного многолетнего хода среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ и количества осадков

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе было проведено сопоставление средних многолетних данных основных метеорологических параметров, измеренных на станции г. Ростова-на-Дону, с данными о количестве основных веществ, которые загрязняют атмосферу. К данным веществам будет относиться оксид азота, аммиак, оксид углерода, диоксид азота и взвешенные вещества (пыль).

Исследования по воздействию метеорологических факторов на атмосферу проводились с помощью анализа корреляции зависимости концентрации загрязнений от скорости ветра, количества туманов, температуры воздуха, количества приземных и приподнятых инверсий, а также количества осадков. Для анализа в ходе исследования были рассчитаны сглаженные среднегодовые значения выбранных параметров в Ростове-на-Дону в 2008–2018 гг.

В ходе данной ВКР удалось установить наличие или отсутствие зависимостей между метеорологическими факторами и загрязняющими веществами, кроме этого, была произведена качественная и количественная оценка информации.

В результате оценки влияния метеорологических факторов на качество воздуха были сформированы следующие выводы:

- 1) Большое снижение процента загрязнения атмосферы происходит из-за количества осадков (коэффициент корреляции равняется  $-0,72$ , обратная связь).
- 2) Средняя зависимость загрязнения природы из-за количества туманов и скорости ветра (коэффициенты корреляции:  $0,63$  и  $0,52$ , прямая связь).
- 3) Приземные инверсии имеют среднюю зависимость загрязнения воздуха ( $0,51$ , прямая связь). От приподнятых инверсий коэффициент слабый ( $-0,44$ , обратная связь).
- 4) Самая слабая зависимость загрязнения наблюдается от температуры воздуха ( $0,36$  – коэффициент корреляции, прямая связь).

Результаты работы могут использоваться для дальнейшего исследования влияния метеорологических факторов на качество воздуха.

В выпускной квалификационной работе задачи решены, а цели достигнуты.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Morrison, J. Sustainable development [Text] / J. Morrison. – UK: Profile Books, 2002. – 370 p.
2. Безуглая Э. Ежегодник состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2011 г. [Текст]: / доктор геогр. наук Э.Ю. Безуглая. – Санкт-Петербург, 2012 – 179 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». – Министерство природных ресурсов Российской Федерации, НПП «Кадастр», 2019. – 844 с.
4. Перечень передвижных и стационарных источников загрязнения// <https://musorish.ru/> [Электронный ресурс] Всё о переработке и утилизации отходов. – 2020. – Режим доступа: <https://musorish.ru/perechen-peredvizhnyh-i-statsionarnyh-istochnikov-zagryazneniya/>
5. Штокман Е.А. Очистка воздуха. Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ), Москва, 2007, 312 с.
6. Автомобильные дороги и мосты противогололедные материалы для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и городских улицах, Федеральное дорожное агентство Министерства Транспорта Российской Федерации, Москва, 2006.
7. Устав города Ростова-на-Дону (с изменениями на 22 октября 2019 года) [Текст]: Статья 18. Внутригородское деление территории муниципального образования // АО «Кодекс» [Электронный ресурс] Консорциум «Кодекс» – партнерство разработчиков и распространителей информационных и программных продуктов «Кодекс» и «Техэксперт». – М.:2020. – Режим доступа: <https://kodeks.ru/>
8. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*

9. Материалы по обоснованию проекта внесения изменений в генеральный план [Текст]: Том 1. анализ современного состояния территории (комплексная градостроительная оценка) / О.В. Красовская – Санкт-Петербург – Ростов-на-Дону, 2014 г.
- 10.Крюкова С.В. Контроль загрязнения природной среды: анализ данных загрязнения. Лабораторный практикум. — СПб.: РГГМУ, 2015. — 46 с.
- 11.Беккер А. А., Т. Б. Агаев. Охрана и контроль загрязнения природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 67 с.
- 12.Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии, Гидрометеорологическое издательство, Ленинград, 1955, 876 с.
- 13.Боровский Е.Г. Химическое загрязнение атмосферы. Химия. Приложение к газете «Первое сентября». — 2010.-№20.-с.1-8.-фот.-Библиогр.; с.8 (2 назв.). — Содержание туманов; Кислотные туманы и смоги; Фотохимический смог.
- 14.<https://rostov-gorod.ru/> – Официальный сайт Администрации Ростова-на-Дону.
15. <https://ru.wikipedia.org/> – Википедия. Свободная энциклопедия.
- 16.<http://www.pogodaiklimat.ru/> – Справочно - информационный портал "Погода и климат"
- 17.<http://www.meteorf.ru/> – Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Официальный сайт.