



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

Кафедра экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Влияние города на воздушный поток»

Исполнитель Мотынга Диана Дмитриевна
(фамилия, имя, отчество)

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

Симакина Татьяна Евгеньевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

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

Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

« 1 » Июня 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 1. ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ РОЗЫ ВЕТРОВ

1.1. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР И РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ РОЗЫ ВЕТРОВ

1.2. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РОЗЫ ВЕТРОВ

1.3. ПРИМЕНЕНИЕ РОЗЫ ВЕТРОВ В ГЕОГРАФИИ И МЕТЕОРОЛОГИИ

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА

2.1. СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА

2.2. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ ПУЛКОВО

3.1. СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ ПУЛКОВО

3.2. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ ПУЛКОВО

ГЛАВА 4. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА И ПУЛКОВО

4.1. СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА И ПУЛКОВО

4.2. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РАЗЛИЧИЙ В ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ МЕЖДУ СОСНОВЫМ БОРОМ И ПУЛКОВО

4.3. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ РОЗЫ ВЕТРОВ В ДАННЫХ ЛОКАЦИЯХ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ВВЕДЕНИЕ

Ветровые условия играют ключевую роль в различных сферах деятельности человека, включая метеорологию, географию, строительство и энергетику. Ветер оказывает значительное влияние на климатические и погодные условия, безопасность полетов, эксплуатацию зданий и сооружений, а также на производство возобновляемой энергии. Понимание и анализ ветрового режима позволяют не только прогнозировать погодные явления, но и эффективно планировать инфраструктурные проекты, обеспечивать безопасность и развивать ветровую энергетику.

Анализ розы ветров, который представляет собой диаграмму, показывающую распределение скорости и направления ветра, является важным инструментом для оценки ветровых условий. Он предоставляет информацию о преобладающих направлениях ветра и их изменениях в зависимости от времени года, что важно для множества прикладных задач. В условиях глобальных климатических изменений и роста урбанизации, необходимость точного анализа ветрового режима становится еще более актуальной.

В данной работе проводится всесторонний анализ данных розы ветров для двух стратегически важных локаций — Соснового Бора и Пулково. Сосновый Бор расположен на побережье Финского залива и является важным промышленным центром, а Пулково — ключевой транспортный узел, обслуживающий аэропорт Санкт-Петербурга. Оба региона характеризуются уникальными ветровыми условиями, которые оказывают влияние на их развитие и безопасность.

Исследование разделено на четыре главы, каждая из которых посвящена различным аспектам анализа розы ветров:

ГЛАВА 1. ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ РОЗЫ ВЕТРОВ

В первой главе рассмотрены исторические и современные методы исследования розы ветров.

В разделе 1.1 представлен исторический обзор и развитие методов изучения розы ветров, начиная с древних наблюдений и заканчивая современными технологическими подходами.

В разделе 1.2 описаны современные методы исследования, включая использование высокоточных инструментов, спутниковых данных, математического моделирования и анализа больших данных.

Раздел 1.3 посвящен применению розы ветров в географии и метеорологии, демонстрируя ее важность для различных прикладных задач.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА

Во второй главе проведен детальный анализ данных розы ветров для Соснового Бора.

Раздел 2.1 описывает процесс сбора и обработки данных розы ветров, включая использование базы данных ERA5 и методы конвертации компонентов ветра U и V в скорость и направление ветра.

В разделе 2.2 анализируются основные характеристики розы ветров для Соснового Бора, включая среднюю скорость и направление ветра, а также сезонные вариации.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ ПУЛКОВО

Третья глава посвящена анализу данных розы ветров для Пулково.

В разделе 3.1 описан процесс сбора и обработки данных, аналогичный методам, использованным для Соснового Бора.

В разделе 3.2 представлен анализ основных характеристик розы ветров для Пулково, с акцентом на среднюю скорость, направление ветра и сезонные изменения.

ГЛАВА 4. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА И ПУЛКОВО

Четвертая глава посвящена сравнительному анализу данных розы ветров для Соснового Бора и Пулково.

В разделе 4.1 проводится сравнение основных характеристик розы ветров для двух локаций.

В разделе 4.2 интерпретируются различия в данных розы ветров, учитывая географические и климатические факторы, аэродинамические особенности местности и антропогенные влияния.

В разделе 4.3 сформулированы выводы и рекомендации по практическому применению данных розы ветров в данных локациях.

В ходе исследования был проведен всесторонний анализ данных розы ветров для Соснового Бора и Пулково, используя современные методы метеорологии и географии. Были выявлены важные различия и сходства в ветровых условиях двух локаций, что имеет значительное практическое значение для различных областей деятельности.

Актуальность проекта

Изучение и анализ розы ветров имеет критическое значение для различных областей человеческой деятельности. Понимание ветровых условий позволяет не только прогнозировать погодные явления, но и эффективно планировать инфраструктурные проекты, обеспечивать безопасность и развивать ветровую энергетику. В условиях глобальных климатических изменений и роста урбанизации, необходимость точного анализа ветрового режима становится еще более актуальной. Наш проект направлен на изучение ветровых условий в двух стратегически важных локациях — Сосновом Бору и Пулково, что позволяет получить ценные данные для различных практических приложений.

ГЛАВА 1. ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ РОЗЫ ВЕТРОВ

1.1. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР И РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ РОЗЫ ВЕТРОВ

Исторический обзор и развитие методов изучения розы ветров

Изучение розы ветров, или направленности ветров, является важной задачей в географии, метеорологии и других науках, связанных с изучением климата и атмосферных явлений. Роза ветров представляет собой графическое изображение частоты и направления ветров в определенном месте или регионе. Это инструмент, который позволяет анализировать климатические условия и распределение ветровых режимов в конкретной области [2].

Исторический обзор методов исследования розы ветров начинается с древних времен, когда люди начали интересоваться ветрами и их влиянием на окружающую среду. Одним из первых методов исследования розы ветров было наблюдение и запись направления ветра при помощи компаса. Компас позволял определить точное направление ветра и записать его данные для дальнейшего анализа [3].

С развитием научных исследований появились новые методы изучения розы ветров. Одним из них было использование анеморумбометра – прибора, предназначенного для измерения скорости и направления ветра. Анеморумбометр позволял получать более точные данные о ветровых условиях, что способствовало более детальному изучению розы ветров [5].

Ранние наблюдения и записи

История изучения розы ветров восходит к древним цивилизациям. В Древней Греции и Риме мореплаватели и астрономы использовали розу ветров для навигации и предсказания погоды. Первые розы ветров представляли собой простые диаграммы, показывающие направления, из которых чаще всего дул

ветер. Эти ранние диаграммы были основаны на наблюдениях и записках, собранных на протяжении долгих лет.

Средневековые достижения

В средневековые методы изучения розы ветров значительно улучшились благодаря развитию мореплавания и торговли. Европейские мореплаватели и картографы начали создавать более точные карты ветров, учитывая сезонные изменения и локальные особенности. В это время роза ветров стала важным инструментом для планирования морских путешествий и торговых маршрутов.

Эпоха Возрождения и научная революция

С наступлением эпохи Возрождения и научной революции методы изучения ветров стали более систематизированными. Ученые, такие как Галилео Галилей и Исаак Ньютон, внесли значительный вклад в понимание физики ветра. В этот период начали использоваться первые механические анемометры для измерения скорости ветра, что позволило значительно улучшить точность данных о ветрах.

XIX век: систематизация и стандартизация

В XIX веке наблюдался значительный прогресс в систематизации и стандартизации методов изучения розы ветров. В этот период начали создаваться первые метеорологические службы, такие как Метеорологическая служба Российской империи и Национальная метеорологическая служба США. Эти организации начали собирать и анализировать данные о ветрах на регулярной основе, что позволило создать более точные и подробные карты ветров.

XX век: технологические инновации

В XX веке произошел значительный прогресс в методах изучения ветров благодаря технологическим инновациям. Появление радиозондов, радаров и спутников позволило значительно расширить географию и точность наблюдений за ветром. Компьютерные технологии и математическое моделирование открыли новые возможности для анализа и визуализации данных о ветрах. В этот период роза ветров стала важным инструментом не только для метеорологов, но и для различных отраслей промышленности, таких как авиация, энергетика и строительство.

Современные достижения и будущее развитие

Сегодня методы изучения розы ветров продолжают развиваться благодаря интеграции новых технологий и междисциплинарных подходов. Современные метеорологические станции оснащены высокоточным оборудованием для измерения скорости и направления ветра. Спутниковые системы и дистанционное зондирование позволяют получать данные о ветрах в реальном времени на глобальном уровне. Развитие искусственного интеллекта и машинного обучения открывает новые возможности для анализа больших данных и прогнозирования ветровых условий.

История развития методов изучения розы ветров демонстрирует, как научный прогресс и технологические инновации способствовали улучшению нашего понимания ветровых условий. Современные методы и инструменты позволяют получать точные и надежные данные о ветрах, что имеет важное значение для метеорологии, географии и множества других областей.

1.2. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РОЗЫ ВЕТРОВ

Современные методы исследования розы ветров включают в себя использование специализированного оборудования, анализ данных с метеорологических станций, а также моделирование климатических процессов.

Одним из основных методов является установка анеморумбометров на метеорологических станциях для измерения скорости и направления ветра. Эти данные записываются и анализируются для составления розы ветров [1].

Инструменты для измерения ветра

Современные метеорологические станции оснащены широким спектром инструментов для измерения ветра. Ключевые инструменты включают:

Анемометры: Используются для измерения скорости ветра. Современные анемометры могут быть механическими (лопастные и чашечные) или ультразвуковыми, которые обеспечивают высокую точность и надежность измерений.

Ветромеры: Используются для определения направления ветра. Электронные компасы и гироскопы часто используются для точного измерения направления ветра.

Эти инструменты предоставляют данные с высокой временной и пространственной разрешающей способностью, что позволяет получать детальные и точные розы ветров.

Доплеровский метеорологический радар

Для получения более точных и надежных данных о розе ветров используются специализированные аппараты, такие как доплеровский метеорологический радиолокатор (ДМРЛ). Он позволяет измерять скорость и направление ветра на разных высотах, что особенно важно при исследовании атмосферных явлений, таких как турбулентность и вертикальные потоки воздуха, но имеет свои ограничения: необходима облачность для отражения сигнала, и данным присущи ошибки свойственные радиолокационным измерениям. [6]

Основные преимущества использования доплеровского радара включают:

Высокая точность измерений: Доплеровские радары могут измерять скорость и направление ветра с высокой точностью, обеспечивая детализированные данные о ветровых условиях.

Обнаружение турбулентности и ветровых сдвигов: Доплеровские радары эффективны для обнаружения турбулентности и ветровых сдвигов, что важно для обеспечения авиационной безопасности.

Мониторинг погодных явлений: Доплеровские радары используются для отслеживания штормов, ураганов и других опасных погодных систем.

Доплеровские радары дополняют другие методы исследования розы ветров и обеспечивают комплексное понимание ветрового режима.

Спутниковые наблюдения и дистанционное зондирование

Спутниковые технологии играют важную роль в современных методах исследования розы ветров. Спутники обеспечивают глобальное покрытие и могут измерять ветровые параметры в атмосфере на различных высотах. Основные методы спутниковых наблюдений включают:

Альтиметры: Используются для измерения высоты волн и ветровых условий над океанами.

Радиометры: Измеряют микроволновое излучение, что позволяет определять параметры поверхности и атмосферы, включая скорость и направление ветра.

Лидары: Используются для измерения профилей ветра на различных высотах, обеспечивая детальную информацию о вертикальном распределении ветра.

Спутниковые данные используются в сочетании с наземными наблюдениями для создания комплексных и точных карт ветровых условий.

Математическое моделирование и прогнозирование

Современные методы математического моделирования и прогнозирования ветровых условий включают использование численных моделей атмосферы. Эти модели основаны на уравнениях гидродинамики и термодинамики и используются для прогнозирования ветровых условий на различных временных масштабах. Основные типы моделей включают:

Глобальные климатические модели (GCM): Используются для долгосрочного прогнозирования климатических условий, включая ветровой режим.

Региональные модели атмосферы (RAM): Предназначены для более детального прогнозирования ветровых условий на региональном уровне.

Мезомасштабные модели (MM): Используются для краткосрочного прогнозирования ветровых условий с высоким разрешением.

Эти модели требуют больших вычислительных ресурсов и данных для инициализации и валидации. Современные суперкомпьютеры и кластерные вычисления позволяют выполнять сложные симуляции и прогнозы ветровых условий с высокой точностью.

Анализ больших данных и машинное обучение

Современные методы анализа данных и машинного обучения открывают новые возможности для исследования розы ветров. Эти методы включают:

Анализ больших данных: Использование технологий Big Data для обработки и анализа огромных объемов данных о ветровых условиях. Это позволяет выявлять скрытые закономерности и тенденции в данных.

Машинное обучение: Применение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования ветровых условий и оптимизации моделей. Эти алгоритмы могут обучаться на исторических данных и улучшать точность прогнозов.

Методы машинного обучения, такие как нейронные сети, случайные леса и методы опорных векторов, используются для создания моделей, способных предсказывать ветровые условия с высокой точностью.

Геоинформационные системы (ГИС) и визуализация данных

Геоинформационные системы (ГИС) играют важную роль в анализе и визуализации данных о ветрах. ГИС позволяют интегрировать различные источники данных, создавать карты ветровых условий и анализировать пространственные и временные изменения ветрового режима. Основные функции ГИС включают:

Картирование ветровых условий: Создание интерактивных карт, показывающих распределение скорости и направления ветра.

Анализ пространственных данных: Выявление закономерностей и аномалий в данных о ветрах.

Визуализация данных: Использование графиков, диаграмм и анимаций для представления данных о ветрах в удобной для восприятия форме.

Современные ГИС-платформы, такие как ArcGIS и QGIS, позволяют выполнять комплексный анализ и визуализацию данных о ветрах, что важно для принятия решений в различных сферах.

Заключение

Современные методы исследования розы ветров включают использование высокоточных инструментов, спутниковых наблюдений, математического моделирования, анализа больших данных и геоинформационных систем. Эти методы позволяют получать точные и надежные данные о ветровых условиях, что имеет важное значение для метеорологии, географии и многих других областей. В следующем разделе мы рассмотрим применение розы ветров в географии и метеорологии.

1.3. ПРИМЕНЕНИЕ РОЗЫ ВЕТРОВ В ГЕОГРАФИИ И МЕТЕОРОЛОГИИ

Роза ветров — это мощный инструмент, широко используемый в географии и метеорологии для визуализации и анализа ветровых условий. Она предоставляет информацию о частоте и направлении ветра в конкретной местности и играет ключевую роль в различных прикладных задачах. В этом разделе рассматриваются основные области применения розы ветров в географии и метеорологии.

Метеорология

Прогнозирование погоды: Роза ветров помогает метеорологам анализировать и прогнозировать погодные условия, определяя преобладающие направления ветра и их изменения во времени. Эти данные важны для составления точных прогнозов погоды.

Анализ климатических изменений: Долгосрочные данные о ветровых условиях, представленные в виде розы ветров, позволяют исследовать климатические изменения и их влияние на ветровой режим. Это важно для понимания глобальных климатических процессов и разработки стратегий адаптации.

Метеорологические исследования: Роза ветров используется для изучения различных метеорологических явлений, таких как штормы, ураганы и фронтальные системы. Это помогает улучшить понимание динамики атмосферы и разработать методы их прогнозирования и предупреждения.

География

Урбанистическое планирование: Роза ветров играет важную роль в урбанистическом планировании, помогая определить оптимальные места для строительства зданий и инфраструктуры. Знание преобладающих направлений

ветра позволяет учитывать ветровые нагрузки и минимизировать их негативное влияние на городскую застройку.

Энергетика: Ветровая энергетика — это одна из наиболее динамично развивающихся отраслей. Роза ветров используется для оценки ветрового потенциала и выбора оптимальных мест для установки ветровых турбин. Это помогает максимизировать производство энергии и повысить эффективность ветровых электростанций.

Экологический мониторинг: Роза ветров применяется для оценки распространения загрязняющих веществ в атмосфере. Она помогает определить, как ветры влияют на распределение выбросов от промышленных объектов и транспортных средств, что важно для разработки стратегий снижения загрязнения воздуха.

Сельское хозяйство: Ветровые условия влияют на сельскохозяйственное производство. Роза ветров используется для планирования посевов и защиты растений, а также для предотвращения эрозии почвы.

Роза ветров является важным инструментом, широко используемым в географии и метеорологии. Она предоставляет ценную информацию о ветровых условиях, что помогает решать множество прикладных задач в различных областях. Современные методы исследования розы ветров, включая использование высокоточных инструментов, спутниковых данных и математического моделирования, позволяют получать точные и надежные данные, что способствует улучшению качества прогнозов и принятия решений.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА

2.1. СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА

В этом разделе подробно описывается процесс сбора и обработки данных о ветрах для города Сосновый Бор. Цель данного этапа — обеспечить качественную и надежную основу для последующего анализа характеристик розы ветров. Данные были получены из глобальной базы данных реанализа ERA5, предоставляемой Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF).

Источник данных

Для сбора данных использовалась база данных ERA5, которая представляет собой высококачественный набор реанализированных данных, доступных с разрешением 31 км и временным шагом в 1 час. ERA5 предоставляет подробную информацию о различных метеорологических параметрах, включая компоненты ветра U и V , которые необходимы для расчета скорости и направления ветра.

Процесс сбора данных

Определение координат и периода исследования:

- Географические координаты для Соснового Бора: $59^{\circ}54'00''$ с. ш. $29^{\circ}05'10''$ в. д.
- Период исследования: с 1 января 1990 года по 31 декабря 2020 года.
- Временной шаг: каждые 3 часа.

Использование API для загрузки данных:

Для загрузки данных использовался клиент CDS API, предоставляемый ECMWF.

Пример запроса для загрузки данных с использованием Python:

```
import cdsapi
```

```
c = cdsapi.Client()
```

```
c.retrieve(
```

```
    'reanalysis-era5-single-levels',
```

```
    {
```

```
        'product_type': 'reanalysis',
```

```
        'variable': ['10m_u_component_of_wind', '10m_v_component_of_wind'],
```

```
        'year': [str(year) for year in range(1990, 2021)],
```

```
        'month': [f'{month:02d}' for month in range(1, 13)],
```

```
        'day': [f'{day:02d}' for day in range(1, 32)],
```

```
        'time': [f'{hour:02d}:00' for hour in range(0, 24, 3)],
```

```
        'format': 'netcdf',
```

```
        'area': [59.870763, 29.086387, 59.870763, 29.086387], # Север, Запад, Юг,  
Восток
```

```
    },
```

```
    'era5_wind_sosnovy_bor.nc'
```

```
)
```

Обработка данных

Конвертация компонентов ветра U и V в скорость и направление ветра:

Скорость ветра

$$W = \sqrt{U^2 + V^2}$$

Направление ветра

$$\theta = \arctan2(u, v) * (180 / \pi) + 180$$

Код для конвертации компонентов ветра:

```
import numpy as np
import xarray as xr
ds = xr.open_dataset('era5_wind_sosnovy_bor.nc')

u = ds['u10'].values
v = ds['v10'].values

wind_speed = np.sqrt(u ** 2 + v ** 2)
wind_direction = (np.arctan2(u, v) * (180 / np.pi) + 180) % 360

ds['wind_speed'] = (('time', 'latitude', 'longitude'), wind_speed)
ds['wind_direction'] = (('time', 'latitude', 'longitude'), wind_direction)

ds.to_netcdf('processed_era5_wind_sosnovy_bor.nc')
```

Создание набора данных:

- Объединение всех загруженных данных в один набор для дальнейшего анализа.
- Проверка данных на наличие пропущенных значений и аномалий.
- Сохранение обработанных данных в формате NetCDF для удобства работы и обеспечения целостности данных.

Визуализация данных

Роза ветров:

Для визуализации розы ветров использовалась библиотека windrose в Python.

Пример кода для построения розы ветров:

```
from windrose import WindroseAxes
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
ax = WindroseAxes.from_ax()
```

```
ax.bar(ds['wind_direction'].values.flatten(),  
       ds['wind_speed'].values.flatten(),  
       normed=True, opening=0.8, edgecolor='white')
```

```
ax.set_legend()
```

```
plt.show()
```

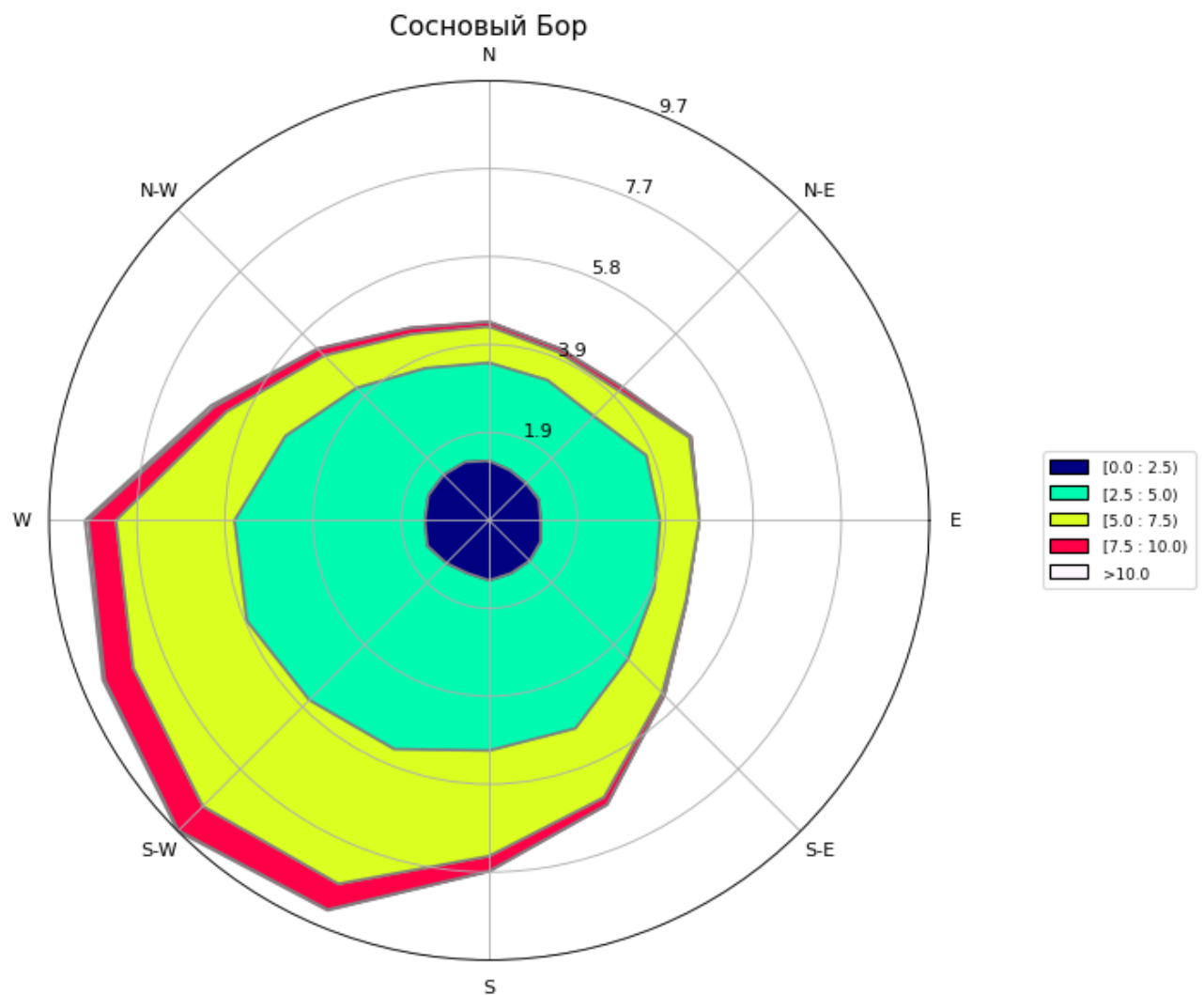


Рисунок 2.1. Роза ветров Сосновый бор

Анализ временных рядов:

Построение графиков временных рядов для анализа изменения скорости и направления ветра во времени. Пример кода для построения временного ряда:

```
plt.figure(figsize=(10, 5))

plt.plot(ds['time'], ds['wind_speed'], label='Wind Speed')

plt.xlabel('Time')

plt.ylabel('Wind Speed (m/s)')

plt.title('Wind Speed Time Series at Сосновый Бор')

plt.legend()

plt.show()
```

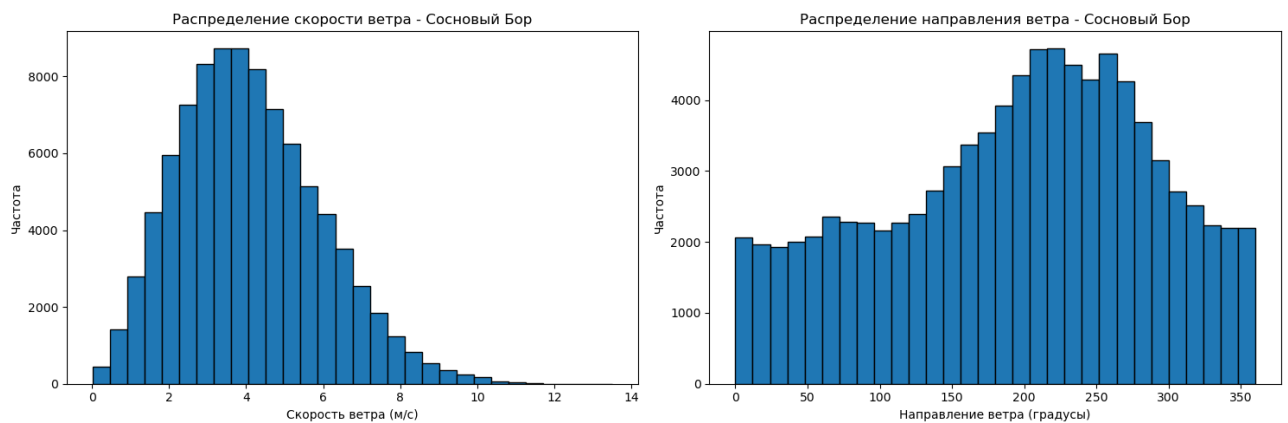


Рисунок 2.2. Распределение характеристик ветра Сосновый бор

Выводы

Сбор и обработка данных о ветрах для Соснового Бора обеспечили высококачественную основу для дальнейшего анализа характеристик ветрового режима в данной местности. Полученные данные позволяют провести детальный анализ розы ветров, выявить основные направления и скорости ветра, а также оценить потенциал и риски, связанные с ветровыми условиями.

2.2. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА

В этом разделе проводится анализ основных характеристик розы ветров для Соснового Бора. Основные характеристики включают среднюю скорость ветра, направление ветра и мощность ветра. Данные характеристики важны для понимания ветрового режима в данной местности и могут быть использованы для различных прикладных задач.

Средняя скорость ветра

Средняя скорость ветра является одним из ключевых параметров при анализе ветрового режима. Для Соснового Бора средняя скорость ветра составляет 4.09 м/с. Этот показатель был рассчитан на основе данных, собранных за период с 1990 по 2020 годы.

Направления ветра

Роза ветров показывает, что наиболее частые направления ветра в Сосновом Бору — это западные и юго-западные ветры. На диаграмме розы ветров можно видеть, что преобладающие направления ветра — это запад и юго-запад, что свидетельствует о преобладании этих направлений на данной территории.

Статистический анализ данных розы ветров

Для более глубокого понимания ветрового режима был проведен статистический анализ данных розы ветров. Ниже приведены основные статистические характеристики:

Таблица 2.1. Описывающие статистики для Соснового Бора

Сосновый Бор	Скорость ветра	Направление ветра
Количество	90584	90584
Среднее	4.08815	194.010468
Стандартное отклонение	1.848086	92.570557
Минимум	0.012657	0.00267
25%	2.729801	126.54904
50% (медиана)	3.913472	205.59021
75%	5.274388	264.777046
Максимум	13.513214	359.998474
Дисперсия	3.415421	8569.308594
Асимметрия	0.484564	-0.293953
Эксцесс	0.029883	-0.820519

Анализ временных рядов экстремальных значений скорости ветра

Важным аспектом анализа является идентификация экстремальных значений скорости ветра, которые могут иметь значительное влияние на инфраструктуру и безопасность. На графике ниже показаны временные ряды скорости ветра с выделением экстремальных событий:

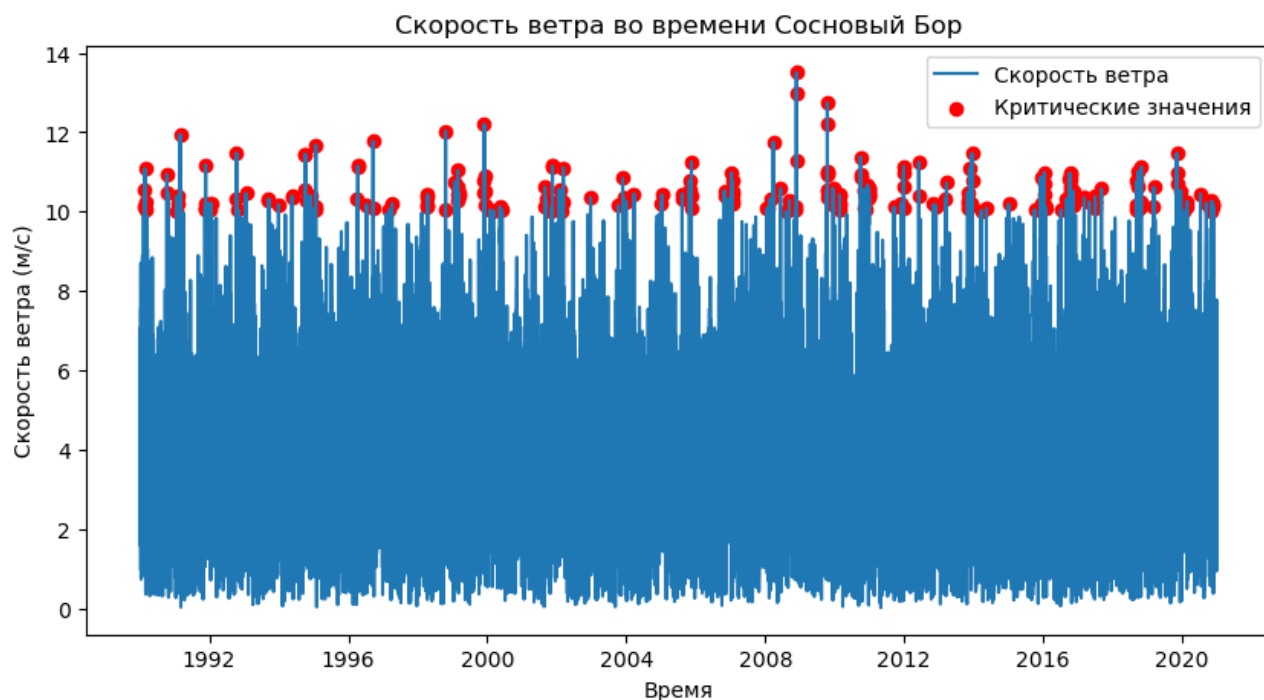


Рисунок 2.3. График критических значений скоростей ветра Сосновый бор

Количество критических значений скорости ветра - 242 срока.

Анализ временных рядов штильных значений скорости ветра

Важным аспектом анализа является идентификация штильных значений скорости ветра, которые могут оказывать влияние на различные аспекты инфраструктуры и окружающей среды. На графике ниже показаны временные ряды скорости ветра с выделением штильных событий (менее 1 м/с):



Рисунок 2.4. График штильных значений скорости ветра в Сосновом бору

Количество штильных значений скорости ветра - 2251 срок.

Сезонные вариации розы ветров

Для понимания сезонных изменений в ветровом режиме были построены розы ветров для каждого сезона. Эти диаграммы помогают выявить сезонные тенденции и особенности ветрового режима в Сосновом Бору.

Сезонные розы ветров Сосновый Бор

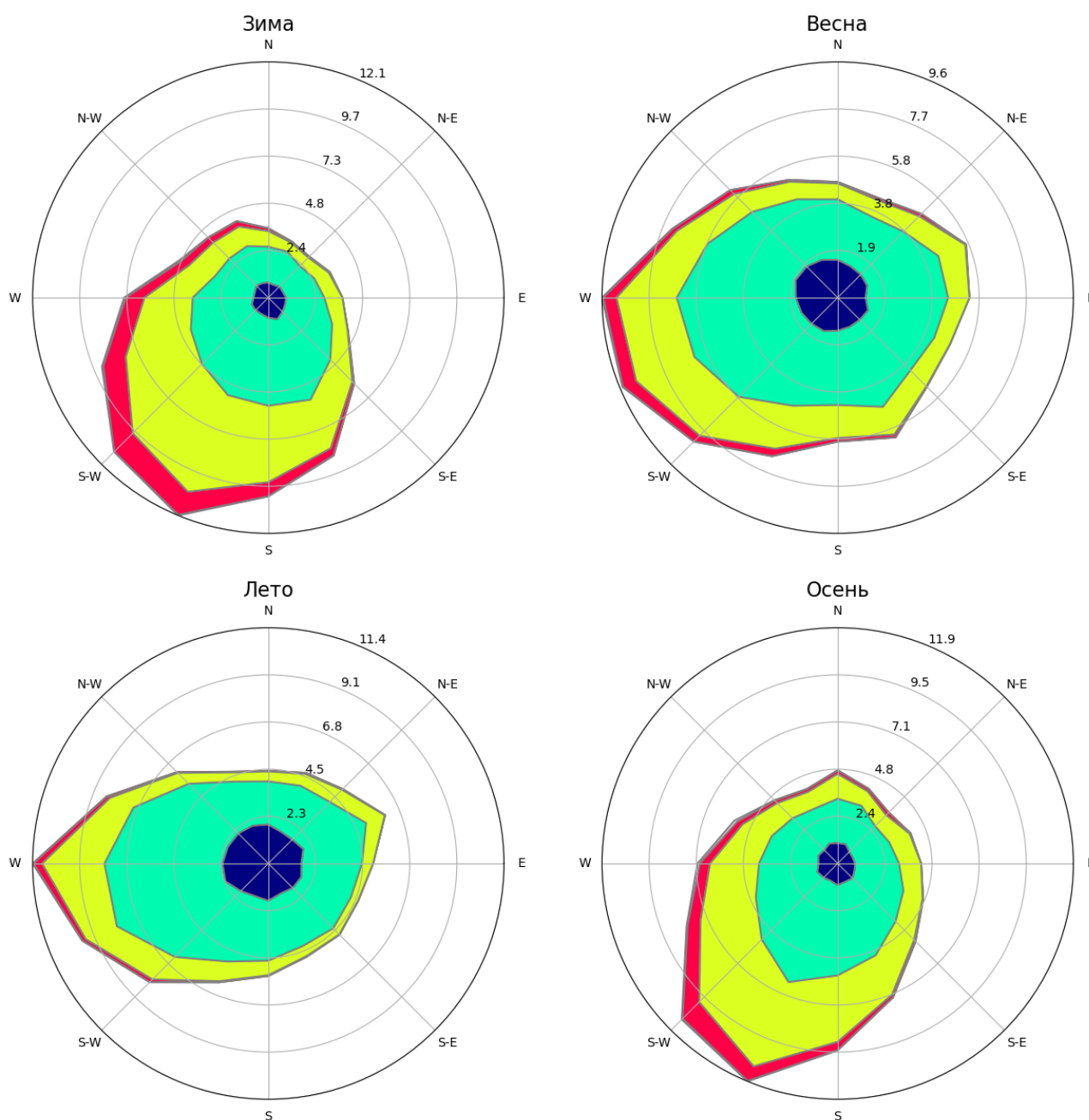


Рисунок 2.4. Сезонные розы ветров Сосновый Бор

Зимний период:

Зимой в Сосновом Бору наблюдаются наиболее сильные ветра. Средняя скорость ветра в этот период составляет 4.63 м/с, что выше, чем в другие сезоны. Стандартное отклонение составляет 1.94 м/с, что указывает на значительную вариабельность ветра. Минимальная зарегистрированная

скорость ветра составляет 0.03 м/с, а максимальная достигает 11.95 м/с. Преобладающие направления ветра — западные и юго-западные, среднее направление ветра — 195.57°.

Таблица 2.2. Статистические характеристики для Соснового Бора - Зима

Параметр	Значение
Средняя скорость ветра	4.63 м/с
Стандартное отклонение	1.94 м/с
Минимальная скорость	0.03 м/с
25-й перцентиль	3.23 м/с
Медианная скорость	4.51 м/с
75-й перцентиль	5.98 м/с
Максимальная скорость	11.95 м/с
Среднее направление	195.57°
Стандартное отклонение	84.09°
Медианное направление	201.48°

Весенний период:

Весной ветра несколько ослабевают по сравнению с зимой. Средняя скорость ветра составляет 3.84 м/с, а стандартное отклонение — 1.74 м/с. Минимальная скорость ветра — 0.01 м/с, а максимальная — 11.76 м/с. Преобладающие направления ветра также остаются западными и юго-западными, среднее направление ветра — 193.52°.

Таблица 2.3. Статистические характеристики для Соснового Бора - Весна

Параметр	Значение
Средняя скорость ветра	3.84 м/с
Стандартное отклонение	1.74 м/с
Минимальная скорость	0.01 м/с
25-й перцентиль	2.58 м/с
Медианная скорость	3.66 м/с
75-й перцентиль	4.92 м/с
Максимальная скорость	11.76 м/с
Среднее направление	193.52°
Стандартное отклонение	97.41°
Медианное направление	209.20°

Летний период:

Летом ветра в Сосновом Бору ослабевают еще больше. Средняя скорость ветра составляет 3.47 м/с, стандартное отклонение — 1.59 м/с. Минимальная скорость ветра — 0.04 м/с, максимальная — 11.25 м/с. Преобладающие направления ветра остаются западными и юго-западными, среднее направление ветра — 195.73°.

Таблица 2.4. Статистические характеристики для Соснового Бора - Лето

Параметр	Значение
Средняя скорость ветра	3.47 м/с
Стандартное отклонение	1.59 м/с
Минимальная скорость	0.04 м/с
25-й перцентиль	2.32 м/с
Медианная скорость	3.32 м/с

75-й перцентиль	4.44 м/с
Максимальная скорость	11.25 м/с
Среднее направление	195.73°
Стандартное отклонение	98.46°
Медианное направление	216.75°

Осенний период:

Осенью ветра снова усиливаются. Средняя скорость ветра составляет 4.42 м/с, стандартное отклонение — 1.87 м/с. Минимальная скорость ветра — 0.04 м/с, максимальная — 13.51 м/с. Преобладающие направления ветра — западные и юго-западные, среднее направление ветра — 191.21°.

Таблица 2.2. Статистические характеристики для Соснового Бора - Осень

Параметр	Значение
Средняя скорость ветра	4.42 м/с
Стандартное отклонение	1.87 м/с
Минимальная скорость	0.04 м/с
25-й перцентиль	3.09 м/с
Медианная скорость	4.33 м/с
75-й перцентиль	5.68 м/с
Максимальная скорость	13.51 м/с
Среднее направление	191.21°
Стандартное отклонение	89.31°
Медианное направление	200.72°

Выводы

Анализ основных характеристик розы ветров для Соснового Бора показал, что данная местность характеризуется преобладанием западных и юго-западных ветров со средней скоростью около 4.09 м/с. Сезонные вариации показывают, что зимой и осенью ветры сильнее, чем весной и летом. Эти данные важны для оценки ветрового режима и могут быть использованы для различных прикладных задач, таких как проектирование инфраструктуры, оценка ветрового потенциала и обеспечение безопасности.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ ПУЛКОВО

3.1. СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ ПУЛКОВО

Процесс сбора и обработки данных о ветрах для Пулково аналогичен описанному в предыдущей главе для Соснового Бора. Данные были получены из базы данных реанализа ERA5, охватывающей период с 1990 по 2020 годы, с использованием компонентов ветра U и V на высоте 10 метров для расчета скорости и направления ветра.

Визуализация данных

Для визуализации ветрового режима в Пулково были построены следующие графики:

Роза ветров:

Роза ветров для Пулково показывает распределение направлений ветра и частоту их возникновения. Эта диаграмма важна для понимания основных направлений ветра и их интенсивности.

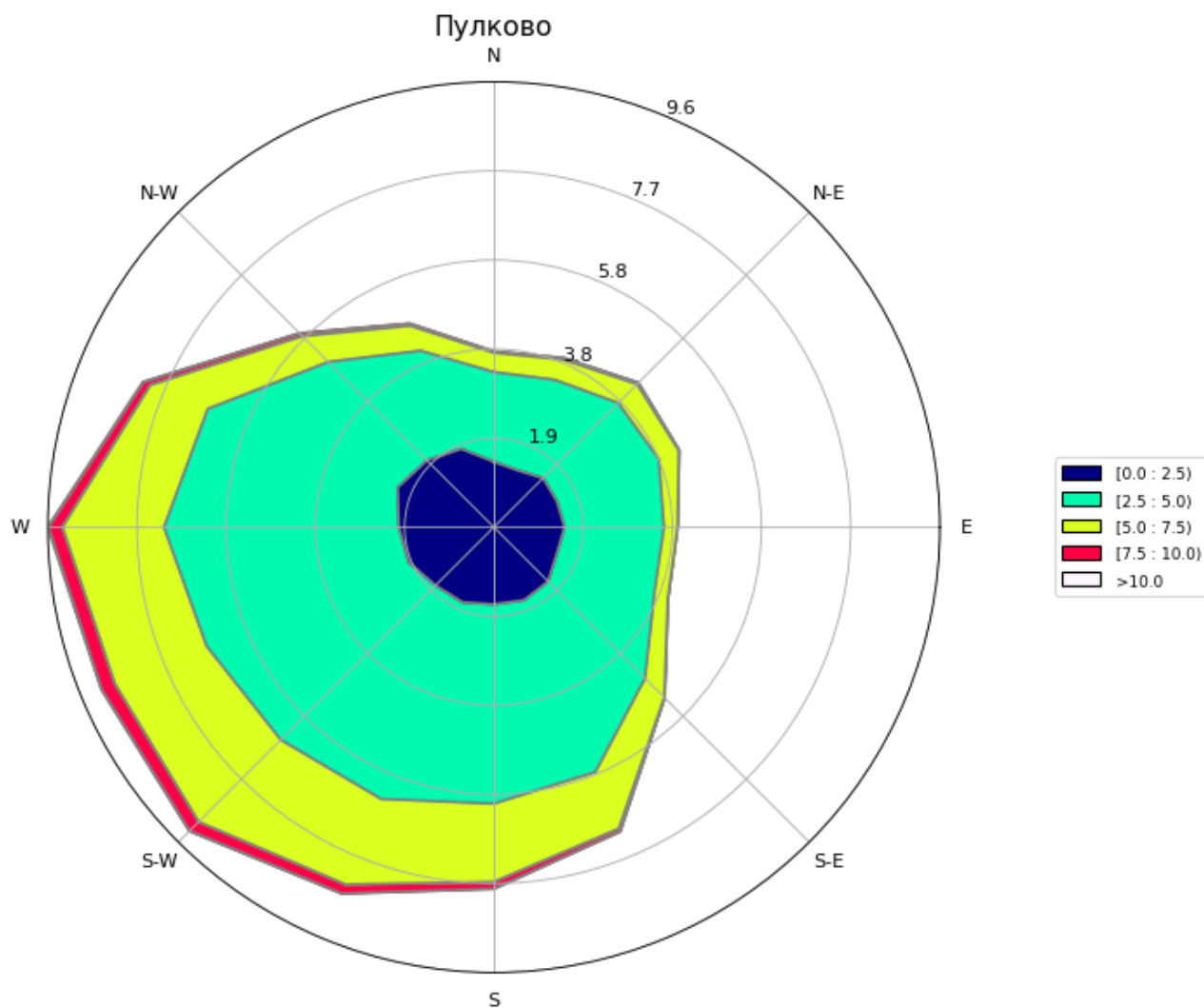


Рисунок 3.1. Роза ветров Пулково

Анализ временных рядов скорости ветра:

Для анализа изменения скорости ветра во времени был построен временной ряд. Этот график позволяет выявить экстремальные значения скорости ветра и проанализировать их влияние на инфраструктуру и безопасность.

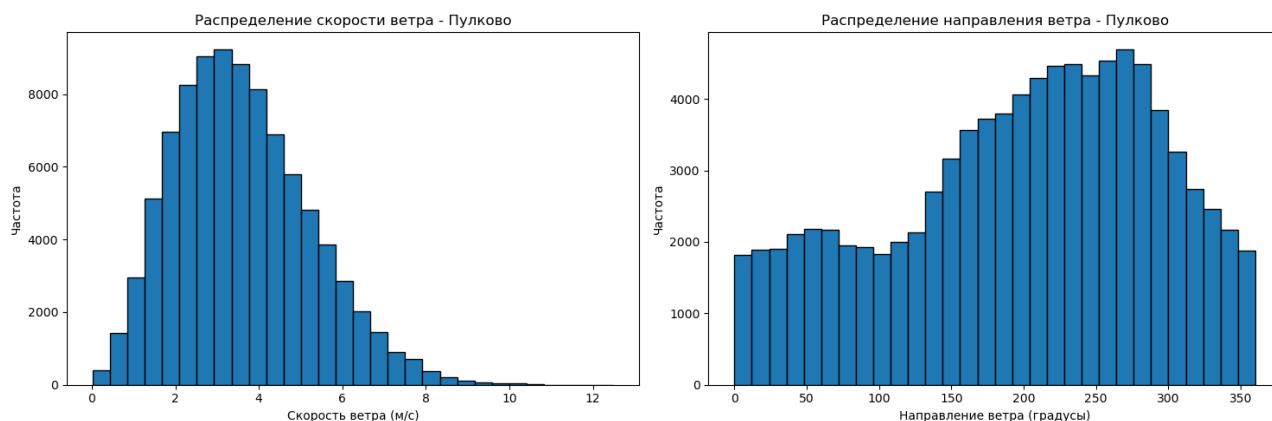


Рисунок 3.2. Распределение характеристик ветра Пулково

Эти визуализации позволяют получить полное представление о ветровых условиях в Пулково и служат основой для дальнейшего анализа характеристик розы ветров.

3.2. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ ПУЛКОВО

В этом разделе проводится анализ основных характеристик розы ветров для аэропорта Пулково. Основные характеристики включают среднюю скорость ветра, направление ветра и мощность ветра. Эти данные важны для понимания ветрового режима в районе аэропорта и могут быть использованы для различных прикладных задач.

Средняя скорость ветра

Средняя скорость ветра является одним из ключевых параметров при анализе ветрового режима. Для Пулково средняя скорость ветра составляет 3.60 м/с. Этот показатель был рассчитан на основе данных, собранных за период с 1990 по 2020 годы.

Направления ветра

Роза ветров показывает, что наиболее частые направления ветра в Пулково — это юго-западные и западные ветры. На диаграмме розы ветров можно видеть, что преобладающие направления ветра — это юго-запад и запад, что свидетельствует о преобладании этих направлений на данной территории.

Статистический анализ данных розы ветров

Для более глубокого понимания ветрового режима был проведен статистический анализ данных розы ветров. Ниже приведены основные статистические характеристики:

Таблица 3.1. Описывающие статистики для Пулково

Пулково	Скорость ветра	Направление ветра
Количество	90584	90584
Среднее	3.601049	198.43074
Стандартное отклонение	1.627281	92.256607
Минимум	0.021371	0.007156
25%	2.397289	135.535023
50% (медиана)	3.431831	210.829643
75%	4.639681	271.28965
Максимум	12.488127	359.99884
Дисперсия	2.648045	8511.282227
Асимметрия	0.542487	-0.37149
Эксцесс	0.132449	-0.79101

Анализ временных рядов экстремальных значений скорости ветра

Важным аспектом анализа является идентификация экстремальных значений скорости ветра, которые могут иметь значительное влияние на инфраструктуру и безопасность. На графике ниже показаны временные ряды скорости ветра с выделением экстремальных событий:

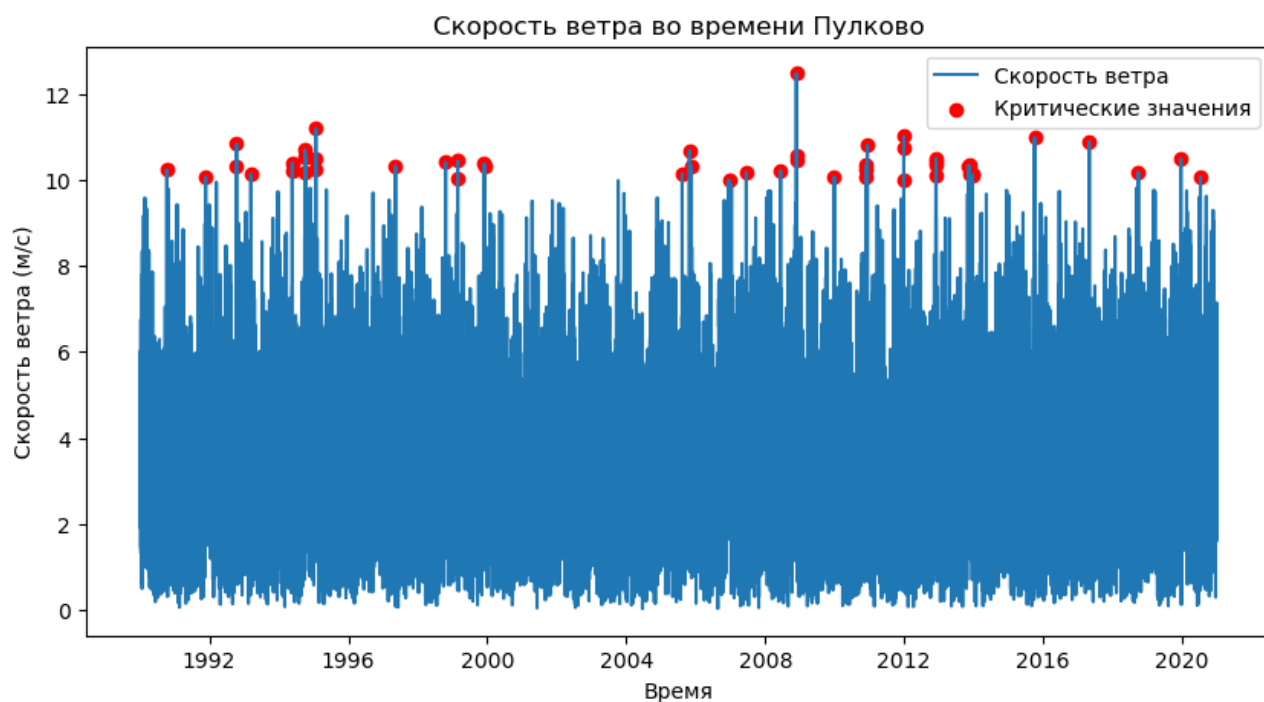


Рисунок 3.3. График критических значений скоростей ветра Пулково

Количество критических значений скорости ветра - 53 срока.

Анализ временных рядов штильных значений скорости ветра

Важным аспектом анализа является идентификация штильных значений скорости ветра, которые могут оказывать влияние на различные аспекты инфраструктуры и окружающей среды. На графике ниже показаны временные ряды скорости ветра с выделением штильных событий (менее 1 м/с):



Рисунок 3.4. График штильных значений скорости ветра в Пулково

Количество штильных значений скорости ветра - 2664 срока.

Сезонные вариации розы ветров

Для понимания сезонных изменений в ветровом режиме были проведены расчеты статистических показателей для каждого сезона. Эти данные помогают выявить сезонные тенденции и особенности ветрового режима в Пулково.

Сезонные розы ветров Пулково

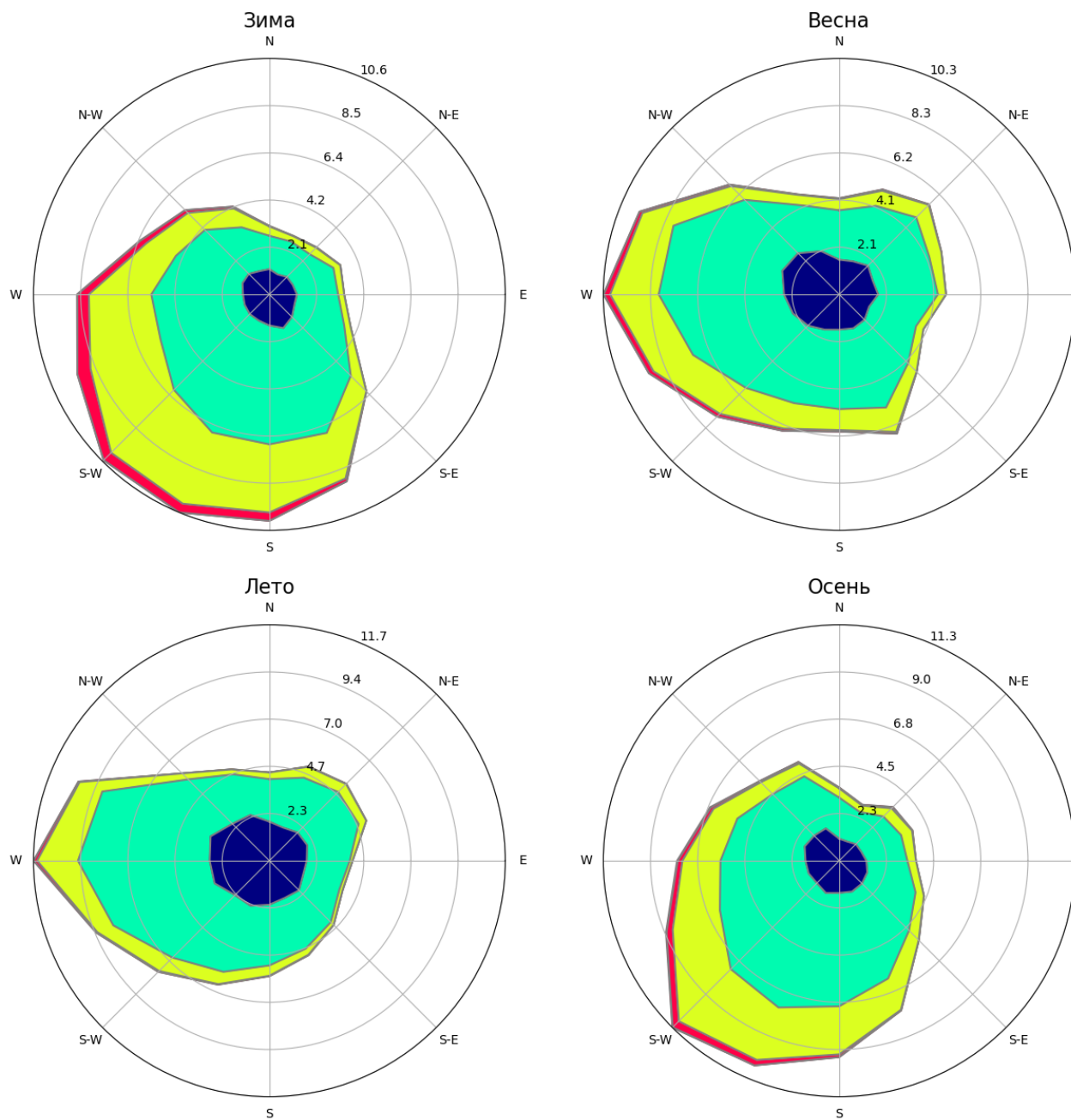


Рисунок 3.4. Сезонные розы ветров Сосновый Бор

Зимний период:

Зимой в Пулково наблюдаются наиболее сильные ветра. Средняя скорость ветра в этот период составляет 4.04 м/с, что выше, чем в другие сезоны. Стандартное отклонение составляет 1.73 м/с, что указывает на

значительную вариабельность ветра. Минимальная зарегистрированная скорость ветра составляет 0.05 м/с, а максимальная достигает 11.20 м/с. Преобладающие направления ветра — юго-западные и западные, среднее направление ветра — 199.04°.

Таблица 3.2. Статистические характеристики для Пулково - Зима

Параметр	Значение
Средняя скорость ветра	4.04 м/с
Стандартное отклонение	1.73 м/с
Минимальная скорость	0.05 м/с
25-й перцентиль	2.76 м/с
Медианная скорость	3.92 м/с
75-й перцентиль	5.21 м/с
Максимальная скорость	11.20 м/с
Среднее направление	199.04°
Стандартное отклонение	84.19°
Медианное направление	205.03°

Весенний период:

Весной ветра несколько ослабевают по сравнению с зимой. Средняя скорость ветра составляет 3.47 м/с, а стандартное отклонение — 1.57 м/с. Минимальная скорость ветра — 0.07 м/с, а максимальная — 10.90 м/с. Преобладающие направления ветра также остаются юго-западными и западными, среднее направление ветра — 196.33°.

Таблица 3.3. Статистические характеристики для Пулково - Весная

Параметр	Значение
Средняя скорость ветра	3.47 м/с
Стандартное отклонение	1.57 м/с
Минимальная скорость	0.07 м/с
25-й перцентиль	2.31 м/с
Медианная скорость	3.29 м/с
75-й перцентиль	4.45 м/с
Максимальная скорость	10.90 м/с
Среднее направление	196.33°
Стандартное отклонение	98.13°
Медианное направление	213.85°

Летний период:

Летом ветра в Пулково ослабевают еще больше. Средняя скорость ветра составляет 3.11 м/с, стандартное отклонение — 1.41 м/с. Минимальная скорость ветра — 0.02 м/с, максимальная — 10.22 м/с. Преобладающие направления ветра остаются юго-западными и западными, среднее направление ветра — 198.44°.

Таблица 3.4. Статистические характеристики для Пулково - Лето

Параметр	Значение
Средняя скорость ветра	3.11 м/с
Стандартное отклонение	1.41 м/с
Минимальная скорость	0.02 м/с
25-й перцентиль	2.08 м/с
Медианная скорость	2.96 м/с
75-й перцентиль	3.98 м/с
Максимальная скорость	10.22 м/с

Среднее направление	198.44°
Стандартное отклонение	98.57°
Медианное направление	220.36°

Осенний период:

Осенью ветра снова усиливаются. Средняя скорость ветра составляет 3.79 м/с, стандартное отклонение — 1.63 м/с. Минимальная скорость ветра — 0.04 м/с, максимальная — 12.49 м/с. Преобладающие направления ветра — юго-западные и западные, среднее направление ветра — 199.94°.

Таблица 3.5. Статистические характеристики для Пулково - Осень

Параметр	Значение
Средняя скорость ветра	3.79 м/с
Стандартное отклонение	1.63 м/с
Минимальная скорость	0.04 м/с
25-й перцентиль	2.58 м/с
Медианная скорость	3.66 м/с
75-й перцентиль	4.85 м/с
Максимальная скорость	12.49 м/с
Среднее направление	199.94°
Стандартное отклонение	87.00°
Медианное направление	207.92°

Выводы

Анализ основных характеристик розы ветров для Пулково показал, что данная местность характеризуется преобладанием юго-западных и западных

ветров со средней скоростью около 3.60 м/с. Сезонные вариации показывают, что зимой и осенью ветры сильнее, чем весной и летом. Эти данные важны для оценки ветрового режима и могут быть использованы для различных прикладных задач, таких как проектирование инфраструктуры, оценка ветрового потенциала и обеспечение безопасности в районе аэропорта.

ГЛАВА 4. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА И ПУЛКОВО

4.1. СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗЫ ВЕТРОВ ДЛЯ СОСНОВОГО БОРА И ПУЛКОВО

В этом разделе проводится сравнительный анализ основных характеристик розы ветров для Соснового Бора и Пулково. Анализ включает сравнение средней скорости ветра, направлений ветра и сезонных вариаций ветрового режима для двух локаций.

Таблица 4.1. Средняя скорость ветра по сезонам

Период	Средняя скорость ветра (Сосновый Бор)	Средняя скорость ветра (Пулково)
Зима	4.63 м/с	4.04 м/с
Весна	3.84 м/с	3.47 м/с
Лето	3.47 м/с	3.11 м/с
Осень	4.42 м/с	3.79 м/с
Среднегодовая	4.09 м/с	3.60 м/с

Сравнение средней скорости ветра показывает, что в Сосновом Бору в среднем скорость ветра выше, чем в Пулково, во все сезоны. Наибольшая разница наблюдается в зимний и осенний периоды, когда в Сосновом Бору ветры сильнее.

Направления ветра

Основные направления ветра в обеих локациях схожи. В Сосновом Бору и Пулково преобладают западные и юго-западные ветры.

Таблица 4.2. Среднее направление ветра по сезонам

Период	Среднее направление ветра (Сосновый Бор)	Среднее направление ветра (Пулково)
Зима	195.57°	199.04°
Весна	193.52°	196.33°
Лето	195.73°	198.44°
Осень	191.21°	199.94°
Среднегодовая	194.01°	198.43°

Средние направления ветра в обеих локациях очень близки друг к другу, что указывает на сходство в преобладающих ветровых режимах.

Медианное направление ветра

Сравнение медианных значений направлений ветра показывает, что в обеих локациях ветры в основном дуют с запада и юго-запада. Медианные значения направлений ветра по сезонам представлены в таблице ниже:

Таблица 4.3. Медианное направление ветра по сезонам

Период	Медианное направление ветра (Сосновый Бор)	Медианное направление ветра (Пулково)
Зима	201°	205°
Весна	209°	213°
Лето	216°	220°
Осень	200°	207°
Годовая	205°	210°

Медианное направление ветра указывает на направление, которое является средним по величине в распределении направлений ветра. В обеих локациях медианные значения направлений ветра показывают, что ветры преимущественно дуют с юго-западного и западного направлений. Эти данные

подтверждают результаты анализа средних направлений ветра и демонстрируют, что ветровые условия в Сосновом Бору и Пулково имеют сходные характеристики.

Сезонные вариации ветрового режима

Зима:

Зимой в Сосновом Бору ветры сильнее, чем в Пулково, со средней скоростью ветра 4.63 м/с против 4.04 м/с. Направления ветра в обеих локациях схожи, преобладают западные и юго-западные ветры.

Весна:

Весной скорость ветра снижается в обеих локациях. В Сосновом Бору средняя скорость ветра составляет 3.84 м/с, в Пулково — 3.47 м/с. Направления ветра остаются схожими.

Лето:

Летом наблюдается наименьшая средняя скорость ветра. В Сосновом Бору это 3.47 м/с, а в Пулково — 3.11 м/с. Преобладающие направления ветра сохраняются.

Осень:

Осенью ветры снова усиливаются, в Сосновом Бору средняя скорость ветра составляет 4.42 м/с, в Пулково — 3.79 м/с. Направления ветра остаются преимущественно западными и юго-западными.

Сравнительный анализ распределений ветра

Сравнение распределений скорости и направления ветра в Сосновом Бору и Пулково показывает, что в обеих локациях преобладают западные и юго-западные ветры. Однако, в Сосновом Бору ветра в среднем сильнее, чем в Пулково, что подтверждается более высокими значениями средней и максимальной скорости ветра во все сезоны.

Выводы

Сравнительный анализ показал, что ветровые условия в Сосновом Бору и Пулково имеют много общего, но в Сосновом Бору ветры в среднем сильнее. Это важно учитывать при планировании и проектировании инфраструктуры, а также при оценке ветрового потенциала и возможных рисков в этих локациях.

Таким образом, направление ветра в городе меняется на 4° по часовой стрелке относительно ветра в Сосновом бору (осенью – на 7°).

Изменение скорости ветра в Пулково по сравнению с Сосновом Бору представлено в табл.

Таблица 4.3. Разница в параметрах ветра в Пулково и Сосновом бору

Сезон	DV, м/с	d V, %
Зима	0,6	13
Весна	0,4	10
Лето	0,36	10
Осень	0,63	14

В целом заметно замедляющее действие города на скорость ветра. Наибольшая разница в скоростях ветра наблюдается в осенне-зимний период (13-14%), наименьшая – в весенне-летний период.

4.2. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РАЗЛИЧИЙ В ДАННЫХ РОЗЫ ВЕТРОВ МЕЖДУ СОСНОВЫМ БОРОМ И ПУЛКОВО

Географические и климатические факторы

Различия в данных розы ветров между Сосновым Бором и Пулково можно отчасти объяснить различиями в их географическом положении и климатических условиях.

Географическое расположение:

Сосновый Бор находится ближе к побережью Финского залива, что оказывает значительное влияние на ветровой режим. Морские ветра, дующие с залива, часто имеют большую скорость и постоянность по сравнению с ветрами, преобладающими в более континентальных районах. Пулково же расположено на некотором расстоянии от побережья, что может приводить к более низкой средней скорости ветра и изменению его направлений.

Климатические условия:

Климатические условия также играют важную роль в формировании ветрового режима. В Сосновом Бору, находящемся под непосредственным влиянием Балтийского моря, более влажный и мягкий климат, который способствует формированию сильных ветров, особенно в зимний и осенний периоды. В Пулково, климат более континентальный с более выраженными сезонными колебаниями температуры и влажности, что может приводить к меньшей силе ветров.

Окружающая среда:

Окружающая среда, включая водоемы, леса и рельеф местности, также оказывает значительное влияние на ветровой режим. В Сосновом Бору наличие крупных водных масс Финского залива способствует усилению ветров, так как поверхность воды обеспечивает меньшее трение по сравнению с сушей. Лесные массивы вокруг Соснового Бора могут служить ветровыми барьерами, но их влияние, как правило, локально и не столь существенно на общую картину ветрового режима. В Пулковском рельеф и застройка могут создавать дополнительные препятствия для ветра, что приводит к снижению его средней скорости.

Аэродинамические особенности местности

В этом разделе мы рассмотрим влияние местного рельефа, инфраструктуры и антропогенных факторов на различия в данных розы ветров между Сосновым Бором и Пулковским.

Влияние местного рельефа и инфраструктуры

Сосновый Бор:

Рельеф: Сосновый Бор расположен на относительно равнинной местности с незначительными колебаниями высот. Это способствует более равномерному распределению ветров и снижению турбулентности.

Инфраструктура: Наличие крупных промышленных объектов, таких как Ленинградская атомная электростанция, может создавать локальные изменения в ветровом режиме. Высокие здания и сооружения могут действовать как барьеры и создавать зону турбулентности, что может изменять направление и скорость ветра на локальном уровне.

Пулково:

Рельеф: Пулково также расположено на относительно плоской местности, однако близость к Санкт-Петербургу и его пригородам создает более сложные аэродинамические условия. Городская застройка и присутствие многочисленных зданий и сооружений могут значительно влиять на ветровой режим.

Инфраструктура: Аэропорт Пулково, с его обширными взлетно-посадочными полосами и аэродромами, имеет значительное влияние на локальные ветровые условия. Наличие больших открытых пространств способствует ускорению ветров, в то время как терминалы и другие постройки могут создавать зоны затенения и турбулентности.

Анализ турбулентности и ветровых барьеров

Сосновый Бор:

Турбулентность: Относительно низкий уровень турбулентности благодаря отсутствию значительных изменений в рельефе и относительно небольшому количеству высоких построек. Это приводит к более стабильным и предсказуемым ветровым условиям.

Ветровые барьеры: Основные ветровые барьеры представлены лесными массивами, которые оказывают локальное влияние на скорость и направление ветра. Эти барьеры могут уменьшать силу ветра, особенно на уровне земли, но в целом не оказывают значительного влияния на общий ветровой режим.

Пулково:

Турбулентность: Высокий уровень турбулентности из-за плотной городской застройки и наличия множества препятствий на пути воздушных потоков. Это создает более сложные и изменчивые ветровые условия.

Ветровые барьеры: Здания и другие сооружения в окрестностях аэропорта действуют как ветровые барьеры, изменяя направление и скорость ветра. Это особенно важно для управления воздушным движением и безопасности полетов.

Влияние антропогенных факторов

Сосновый Бор:

Застройка: Наличие крупных промышленных объектов и жилых районов оказывает влияние на локальный ветровой режим, создавая зоны повышенной турбулентности и изменяя направление ветра.

Промышленные объекты: Ленинградская атомная электростанция, как крупный промышленный объект, может создавать локальные изменения в ветровом режиме, особенно вблизи объекта.

Пулково:

Застройка: Городская застройка Санкт-Петербурга и его пригородов создает сложные аэродинамические условия, влияя на ветровой режим вокруг аэропорта.

Инфраструктура аэропорта: Взлетно-посадочные полосы, терминалы и другие инфраструктурные объекты в аэропорту Пулково оказывают значительное влияние на локальные ветровые условия, что требует тщательного мониторинга и анализа для обеспечения безопасности полетов.

Выводы

Анализ аэродинамических особенностей местности показывает, что различия в ветровом режиме между Сосновым Бором и Пулково обусловлены множеством факторов, включая рельеф, инфраструктуру и антропогенные воздействия. Эти факторы необходимо учитывать при планировании и управлении инфраструктурными проектами в этих локациях.

Практическое значение выявленных различий

В этом разделе мы рассмотрим, как выявленные различия в ветровых условиях между Сосновым Бором и Пулково могут быть использованы на практике. Это включает в себя импликации для строительства и инфраструктурного планирования, влияние на эксплуатацию и безопасность объектов, а также рекомендации для дальнейших исследований и мониторинга.

Импликации для строительства и инфраструктурного планирования

Сосновый Бор:

Проектирование зданий и сооружений: Высокая средняя скорость ветра и преобладание западных и юго-западных направлений требуют учитывать ветровые нагрузки при проектировании зданий и сооружений. Это особенно важно для высоких построек и объектов, расположенных на открытых участках.

Промышленные объекты: Промышленные зоны, такие как Ленинградская атомная электростанция, должны быть спроектированы с учетом ветрового режима для минимизации риска распространения вредных выбросов и обеспечения безопасности.

Энергетика: Высокая средняя мощность ветра указывает на потенциал для использования ветровой энергии. Размещение ветровых турбин может быть

эффективным решением для увеличения доли возобновляемых источников энергии.

Пулково:

Аэропортовая инфраструктура: Ветровые условия влияют на проектирование и эксплуатацию взлетно-посадочных полос и терминалов. Необходимо учитывать направления и силу ветра для оптимального расположения инфраструктуры и обеспечения безопасности полетов.

Городская застройка: Плотная городская застройка требует тщательного учета ветровых условий при проектировании новых зданий. Это поможет минимизировать турбулентность и обеспечить комфортные условия для жителей.

Безопасность полетов: Регулярный мониторинг ветровых условий необходим для планирования взлетов и посадок, а также для предотвращения аварийных ситуаций.

Влияние на эксплуатацию и безопасность объектов

Сосновый Бор:

Промышленные объекты: Высокие ветровые нагрузки требуют дополнительных мер по обеспечению безопасности промышленных объектов, включая усиление конструкций и регулярный мониторинг состояния оборудования.

Жилая зона: Для обеспечения безопасности жителей необходимо учитывать ветровые условия при планировании и строительстве жилых зданий, особенно высокотажных.

Пулково:

Аэропорт: Ветровые условия оказывают непосредственное влияние на эксплуатацию аэропорта. Регулярный анализ и мониторинг ветрового режима необходимы для обеспечения безопасности взлетов и посадок, а также для оптимизации работы аэропорта.

Городская застройка: Плотная застройка требует учета ветровых условий для обеспечения безопасности и комфорта жителей. Это включает в себя проектирование зданий с учетом ветровых нагрузок и создание зон защиты от ветра.

Выводы

Практическое значение выявленных различий в ветровых условиях между Сосновым Бором и Пулково включает в себя широкий спектр аспектов, от проектирования зданий и инфраструктуры до обеспечения безопасности и оптимизации эксплуатации объектов. Учет этих различий и регулярный мониторинг ветрового режима помогут создать более устойчивую и безопасную среду в обоих регионах.

4.3. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ РОЗЫ ВЕТРОВ В ДАННЫХ ЛОКАЦИЯХ

В этом заключительном разделе обобщаются основные результаты анализа розы ветров для Соснового Бора и Пулково, а также предоставляются рекомендации по их практическому применению в различных сферах деятельности.

Выводы

Сравнение ветрового режима:

В Сосновом Бору ветры в среднем сильнее, чем в Пулково, во все сезоны года. Это проявляется в более высокой средней скорости ветра и большей мощности ветра.

Преобладающие направления ветра в обеих локациях схожи, с доминированием западных и юго-западных ветров.

Сезонные различия:

Зимой и осенью в Сосновом Бору наблюдаются самые сильные ветры, в то время как в Пулково сильные ветры также отмечаются зимой и осенью, но с меньшей интенсивностью.

Весной и летом ветры ослабевают в обеих локациях, но средняя скорость ветра в Сосновом Бору остается выше, чем в Пулково.

Аэродинамические особенности:

Местный рельеф, инфраструктура и антропогенные факторы играют значительную роль в формировании ветрового режима. В Сосновом Бору,

близость к Финскому заливу и наличие крупных промышленных объектов создают уникальные условия для формирования ветров. В Пулково, городская застройка и инфраструктура аэропорта оказывают значительное влияние на ветровой режим.

Рекомендации по практическому применению

Строительство и инфраструктурное планирование:

В Сосновом Бору рекомендуется учитывать высокие ветровые нагрузки при проектировании зданий и сооружений, особенно на открытых участках. Это включает в себя усиление конструкций и использование ветровых экранов.

В Пулково необходимо учитывать влияние городской застройки на ветровой режим при планировании новых объектов, чтобы минимизировать турбулентность и обеспечить комфортные условия для жителей.

Энергетика:

В Сосновом Бору высокий ветровой потенциал можно использовать для развития ветровой энергетики. Рекомендуется проведение детальных исследований для определения наиболее подходящих мест для установки ветровых турбин.

В Пулково ветровой потенциал также может быть использован, но необходимо учитывать влияние городской застройки и инфраструктуры аэропорта при выборе мест для ветровых установок.

Безопасность и эксплуатация объектов:

Для обеспечения безопасности промышленных объектов в Сосновом Бору рекомендуется проводить регулярный мониторинг ветровых условий и оценку состояния инфраструктуры.

В Пулково особое внимание следует уделить безопасности полетов, регулярному мониторингу ветровых условий и оптимизации взлетно-посадочных операций с учетом ветрового режима.

Дальнейшие исследования и мониторинг:

Регулярный мониторинг ветровых условий в обеих локациях необходим для своевременного выявления изменений и адаптации инфраструктурных проектов.

Рекомендуется проводить дополнительные исследования для более глубокого понимания влияния местных факторов на ветровой режим, используя моделирование и полевые измерения.

Анализ данных розы ветров для Соснового Бора и Пулково выявил важные различия и сходства в ветровом режиме этих локаций. Эти данные могут быть эффективно использованы для различных практических приложений, от проектирования и строительства до обеспечения безопасности и развития ветровой энергетики. Учет выявленных особенностей и регулярный мониторинг помогут создать более устойчивую и безопасную инфраструктуру в этих регионах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе нашего исследования был проведён всесторонний анализ данных розы ветров для Соснового Бора и Пулково, используя современные методы метеорологии и географии. В результате были выявлены важные различия и сходства в ветровых условиях двух локаций, которые имеют значительное практическое значение для различных областей деятельности.

Основные результаты

Сбор и обработка данных:

Мы использовали глобальную базу данных реанализа ERA5, предоставляемую Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF), для получения высокоточных данных о компонентах ветра U и V на высоте 10 метров.

Данные были собраны за период с 1990 по 2020 годы и обработаны для расчета скорости и направления ветра.

Анализ основных характеристик розы ветров:

В Сосновом Бору средняя скорость ветра выше, чем в Пулково, во все сезоны. Наибольшая разница наблюдается в зимний и осенний периоды.

Преобладающие направления ветра в обеих локациях схожи, с доминированием западных и юго-западных ветров.

Сезонные вариации показывают, что зимой и осенью ветры сильнее, чем весной и летом, в обеих локациях.

Аэродинамические особенности местности:

В Сосновом Бору наличие Финского залива и крупных промышленных объектов оказывает значительное влияние на ветровой режим.

В Пулково городская застройка и инфраструктура аэропорта создают сложные аэродинамические условия, влияющие на скорость и направление ветра.

Практическое значение выявленных различий:

Для Соснового Бора важны учет высоких ветровых нагрузок при проектировании зданий и сооружений, а также потенциал для развития ветровой энергетики.

В Пулково необходимо учитывать влияние городской застройки и инфраструктуры аэропорта на ветровые условия при планировании новых объектов и обеспечении безопасности полетов.

Современные методы исследования розы ветров:

Использование доплеровского метеорологического радара для анализа ветра, математического моделирования и прогнозирования, а также спутниковых наблюдений и дистанционного зондирования позволило получить точные и надежные данные о ветровых условиях.

Применение розы ветров в географии и метеорологии:

Роза ветров широко используется в метеорологии для прогнозирования погоды, анализа климатических изменений и метеорологических исследований.

В географии роза ветров применяется для урбанистического планирования, развития ветровой энергетики, экологического мониторинга и сельского хозяйства.

Рекомендации

Регулярный мониторинг:

Необходимо продолжать регулярный мониторинг ветровых условий в обеих локациях для своевременного выявления изменений и адаптации инфраструктурных проектов.

Дополнительные исследования:

Рекомендуется проводить дополнительные исследования для более глубокого понимания влияния местных факторов на ветровой режим, используя моделирование и полевые измерения.

Интеграция данных:

Интеграция данных о ветровом режиме с другими метеорологическими параметрами поможет создать более полную картину климатических условий и их влияния на инфраструктуру.

Совместное планирование:

Важно учитывать данные о ветровом режиме при совместном планировании городской и промышленной застройки, чтобы минимизировать риски и повысить устойчивость объектов.

Заключение

Проведенное исследование данных розы ветров для Соснового Бора и Пулково выявило важные различия и сходства в ветровом режиме этих локаций. Эти данные могут быть эффективно использованы для различных практических приложений, от проектирования и строительства до обеспечения безопасности и развития ветровой энергетики. Учет выявленных особенностей и регулярный мониторинг помогут создать более устойчивую и безопасную инфраструктуру в этих регионах. Наше исследование подчеркивает важность

интеграции современных методов анализа и визуализации данных для получения точных и надежных результатов, что способствует улучшению качества прогнозов и принятия решений в метеорологии и географии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Р. В., Красильников С. Н. Метеорологические статистики лета 2007 года по измерениям г. Клайпеды, Биостанции ЗИН РАН и «Витязя».
2. Аношкина Л.В. Влияние розы ветров и рельефа местности на газопоглощающую способность древесных растений
3. Исабекова Камила Саниярбековна, Кудеринов Серикбек Мухаметсадыкович, Кудеринова Назира Адамбековна УЧЕТ ВЛИЯНИЯ РОЗЫ ВЕТРОВ ПРИ МЕЖЕВАНИИ ЗЕМЕЛЬ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К УГОЛЬНОМУ МЕСТОРОЖДЕНИЮ
4. Какимов Айтбек Калиевич, Пошивайло Ярослава Георгиевна, Ахметов Болат Жумагалиевич, Кудеринова Назира Адамбековна, Минаева Мария Александровна Влияния розы ветров на хозяйственную деятельность на землях, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону
5. Клименко Зинаида Константиновна, Плугатарь Светлана Алексеевна, Кравченко Ирина Николаевна, Зыкова Вера Константиновна ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ САДОВЫХ РОЗ В ТЕЧЕНИЕ 210 ЛЕТ В НИКИТСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ
6. Соколова А. А., Вампилова Л. Б. Учебная практика по физической географии. – 2019.