



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

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Изменение климата и оценка специализированных
климатических показателей для строительной отрасли»

Исполнитель Машненко Анастасия Дмитриевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Абанников Виктор Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

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

Дробжева Яна Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

« 11 » июня 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление	
Введение.....	2
Глава 1. Климатическое обслуживание отраслей экономики.....	5
1.1 Погода и климатозависимые отрасли.....	5
1.2 Роль строительной отрасли в экономике Смоленской области.....	9
1.3 Климатическое обслуживание строительной отрасли.....	13
Глава 2 Анализ динамики современного климата	17
2.1 Анализ многолетнего хода температуры воздуха.....	17
2.2 Анализ многолетнего хода осадков.....	24
2.3 Анализ многолетнего хода скоростей ветра.....	33
Глава 3 Анализ изменений специализированных климатических характеристик	41
3.1 Отопительный сезон.....	41
3.1 Расчета наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки	44
3.2. Вентиляционная температура и температура наиболее жарких суток [13]	48
Заключение	53
Список источников.....	55

Введение

Строительная отрасль представляет собой важную часть экономического развития Смоленской области, оказывающий комплексное воздействие на социальную сферу, инфраструктурное развитие и инвестиционную привлекательность региона. Как ключевой сектор региональной экономики, строительство формирует около 7% валового регионального продукта, обеспечивая при этом мультипликативный эффект для более чем десяти смежных отраслей промышленности и сферы услуг. В последние годы наблюдается устойчивый рост объемов строительно-монтажных работ, что подтверждается вводом в эксплуатацию 531,6 тыс. квадратных метров жилья в 2023 году, включая 57 многоквартирных и 2084 индивидуальных жилых дома. [1]

Эффективность функционирования строительного комплекса региона в значительной степени определяется местными климатическими условиями. Смоленская область, расположенная в зоне умеренно-континентального климата, характеризуется выраженной сезонностью с существенными перепадами температур — от зимних морозов до 30 градусов до летней жары, достигающей 35 градусов тепла. Климатические особенности региона усугубляются наблюдаемыми в последнее десятилетие изменениями, включающими учащение экстремальных погодных явлений, таких как интенсивные ливни, сильные ветра и аномальные температурные колебания.

Эти климатические факторы оказывают многоплановое воздействие на строительную отрасль, начиная от этапа проектирования и заканчивая эксплуатацией зданий. В процессе проектирования необходимо учитывать повышенные снеговые и ветровые нагрузки, особенности грунтов и их поведение при сезонных изменениях температуры. В строительный период климатические условия накладывают ограничения на сроки проведения работ, требования к хранению материалов и соблюдению технологических процессов. При эксплуатации построенных объектов климат влияет на долговечность конструкций, энергоэффективность зданий и затраты на их обслуживание. Особую значи-

мость приобретает адаптация строительных технологий к местным климатическим условиям. Это включает разработку специализированных нормативов для региона, применение современных климатически устойчивых материалов, внедрение энергоэффективных решений и совершенствование методов защиты строительных конструкций. Необходимость такого подхода подтверждается экономическими расчетами, показывающими, что грамотный учет климатических факторов позволяет снизить эксплуатационные расходы на 15–20% и увеличить срок службы зданий на 25–30%.

Таким образом, строительная отрасль Смоленской области, являясь важнейшим элементом региональной экономики, требует научно обоснованного подхода к учету климатических особенностей на всех стадиях — от проектирования до эксплуатации строительных объектов. Решение этой задачи позволит не только повысить эффективность строительного комплекса, но и обеспечить долговечность, безопасность и комфорт возводимых зданий, что в итоге будет способствовать устойчивому развитию всего региона.

Актуальность обусловлена следующими факторами:

- Климатические риски (перепады температур, осадки, ветровые нагрузки) увеличивают затраты на строительство и эксплуатацию объектов.
- Экономическая значимость строительной отрасли для Смоленской области (вклад в ВРП, занятость населения, развитие инфраструктуры).
- Необходимость адаптации строительных норм и технологий к местным климатическим условиям для повышения энергоэффективности и снижения эксплуатационных расходов.

Целью исследования является анализ специализированных климатических характеристик Смоленской области и разработка рекомендаций по их учету в строительной отрасли для повышения устойчивости зданий и инфраструктуры.

Были поставлены следующие задачи:

- 1) Изучить влияние климатических факторов (температурный режим, осадки, ветер, солнечная радиация) на строительные объекты.
- 2) Проанализировать современные методы климатической адаптации в строительстве.
- 3) Провести комплексную оценку современных климатических условий.
- 4) Изучить тенденции изменения климатических параметров за последние годы.
- 5) Проанализировать климатические данные с целью выявления изменений.
- 6) Выявить возможные тенденции к повышению или понижению температуры воздуха, количества осадков, скорости ветра.
- 7) Рассчитать и сравнить специализированные климатические показатели с историческими справочниками.
- 8) Сравнить климатические показатели с данными из исторических справочников.

Глава 1. Климатическое обслуживание отраслей экономики.

1.1 Погода и климатозависимые отрасли.

Погода и климатозависимые отрасли неразрывно связаны между собой, в связи со значительным влиянием неблагоприятных погодных условий на различные сферы деятельности человека.

Одними из наиболее значимых факторов, определяющих условия функционирования множества экономических отраслей, являются погода и климат. Климатозависимые отрасли — это те сектора экономики, чья деятельность напрямую или косвенно зависит от текущей погоды, климатических условий и их изменений. Такие изменения климата, как рост температуры, изменения режима осадков, увеличение частоты экстремальных погодных явлений, создают как риски, так и новые возможности, оказывая все большее влияние на экономические области. [3]

Рассмотрим несколько ключевых климатозависимых отраслей и их основные особенности.

Одной из наиболее климатозависимых отраслей является сельское хозяйство. Урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность рыбодоводства и животноводства напрямую зависят от различных климатических факторов: температура окружающей среды; количество осадков; уровень солнечной радиации; влажность воздуха; ветрового режима и других. Погодные условия определяют и изменяют сроки посева и уборки, распространение вредителей и болезней, потребность в орошении и удобрениях для почвы. Различные изменения климата несут за собой риски. Экстремальные засухи приводят к гибели урожая и снижению продуктивности животноводства. Наводнения несут за собой уничтожение посевов, гибель скота и повреждение инфраструктуры. Также, к полному или частичному уничтожению урожая, может привести град. Заморозки повреждают теплолюбивые посевные культуры. Различные изменения режимов выпадения осадков снижают урожайность и ухудшают

качество продукции. Изменения климата способствуют распространению вредителей и болезней, которые могли быть ранее не характерными для изучаемого региона.

Для адаптации сельскохозяйственных угодий к изменениям климата используются различные способы. Одним из наиболее распространенных является выбор климатически устойчивых сортов и пород, которые могут быть устойчивы к засухе, жаре, заморозкам и другим экстремальным погодным явлениям. Также проводятся орошения засушливых земель или производится осушение заболоченных территорий. Применение таких агротехнических приемов, как мульчирование, обработка почвы и использование удобрений используются для увеличения устойчивости сельскохозяйственных культур к неблагоприятным погодным условиям. Системы раннего предупреждения о засухах, наводнениях и других стихийных бедствиях помогают своевременно принять меры по защите урожая и скота. Для снижения возможных экономических потерь, связанных с неблагоприятными погодными условиями, обращаются к страхованию урожая и скота.

Энергетическая отрасль как со стороны производства, так и со стороны потребления энергии зависит от климатических условий. Электроэнергия, производимая гидроэлектростанциями, зависит от водности рек, эффективность ветровых и солнечных электростанций зависит от силы ветра и солнечной радиации соответственно. На потребление электроэнергии влияет температура окружающей среды: в жаркую погоду увеличивается потребление для охлаждения, а в холодную - для отопления помещений.

В энергетике, как и во всех экономических отраслях, при различных изменениях погоды появляются риски. Засухи приводят к снижению выработки электричества на гидроэлектростанциях. Последствиями наводнения могут являться повреждения электростанций, линий электропередач и энергетической инфраструктуры. Жара может привести к перегреву оборудования и снижению мощности электростанций. Сильные морозы вызывают обледенение линий электро-

передач и отключение электроснабжения. Штормовые ветры повреждают линии электропередач и приводят к отключению электроэнергии в данном регионе. Изменения режима осадков влияют на водность рек, что вызывает изменения в выработке электроэнергии на гидроэлектростанциях.

Чтобы минимизировать возможные последствия изменения климатических условий производят комплекс мер для адаптации энергетической отрасли. Диверсификация источников энергии - для снижения зависимости от погодных условий является использование разных источников энергии, включая уголь, газ, атомную, солнечную, ветровую и гидроэнергии. Развитие возобновляемых источников энергии в регионах с благоприятными климатическими условиями могут снизить влияние погоды на области, где будет использоваться электричество из данного региона. Также одной из мер выступает обновление и укрепление линий электропередач на более современные и устойчивые к экстремальным погодным явлениям. Для снижения потребления электроэнергии внедряют различные энергосберегающие технологии в зданиях и промышленности. Одной из современных частей адаптации энергетики считается внедрение интеллектуальных сетей энергоснабжения, позволяющих более эффективно управлять энергопотоками и своевременно реагировать на изменения погодных условий.

Транспортная область экономики в значительной степени зависит от погодных условий. Гололед, снегопад, туман, вильный ветер, ливни и другие погодные явления затрудняют транспортное движение, приводят к авариям и различным задержкам, а также могут привести к повреждению инфраструктуры.

В транспортной сфере существуют риски, вызываемые изменениями климатических условий, которые необходимо учитывать для снижения экономических потерь. Так, гололед и снегопад затрудняют движение транспорта, повышают возможность аварийных ситуаций и требуют дополнительных затрат на уборку дорог, тротуаров и дворов. Также вызывает затруднение транспортного движения туман, который особенно влияет в аэропортах. Сильный ветер приводит к задержкам и отмене авиарейсов и появлению опасных обстановок на ав-

томобильных и железнодорожных дорогах. Ливни и наводнения приводят к осложнению или возможной полной остановке перемещения транспорта и повреждения инфраструктуры в данном регионе.

Для оптимизации затрат и последствий изменения погодных условий в транспортной сфере внедряются различные средства борьбы с зависимостью от климатического состояния региона. Обеспечение своевременной уборки снега и льда, применение противогололедных реагентов понижают риски во время холодных сезонов. Современные системы прогнозирования погоды позволяют заблаговременно предупредить и подготовиться к применению мер предотвращения возможных неблагоприятных климатических условий. Для повышения видимости на дорогах устанавливают различные дополнительные осветительные и светоотражающие элементы на дорогах. Также необходимо производить модернизацию и ремонт дорожной инфраструктуры чтобы повысить устойчивость дорожно-транспортного полотна. Использование современных навигационных систем позволяют обходить участки дорог, где наблюдаются ухудшения погодных условий.

Наиболее тесно связанная область экономики с погодой и климатом можно считать туристическую отрасль. Погодные условия определяют привлекательность туристических направлений и активность людей на них. Например, горнолыжные курорты имеют пик количества туристов в сезон, когда в данной местности лежит снег, а пляжные места отдыха - от теплой, комфортной воды и ясной погоды.

Туристическая сфера имеет риски, которые могут влиять на нагруженность направлений независимо от наличия сезонности в данном регионе. Например, неблагоприятные погодные условия снижают привлекательность и может привести к отмене туров и экскурсий. Изменение климата уменьшает или увеличивает продолжительность туристического сезона и при ухудшении условий может отрицательно сказаться на популярности курорта. Различные экстремальные погодные явления, такие как штормы, наводнения и засухи, могут повредить

или уничтожить туристическую инфраструктуру и привести к оттоку или жертвам среди туристов.

В туризме производят адаптацию к климатическим рискам чтобы уменьшить экономические потери. Для этого прибегают к развитию, модернизации и строительству новой туристической инфраструктуры, которая позволяет принимать туристов в любое время года или для обновления с учетом возможных климатических угроз. Также туристам предлагают разнообразные продукты, которые не зависят от погодных условий. Для своевременного предупреждения отдыхающих о неблагоприятных условиях используют современные системы прогнозирования погоды. На случай возможной непредсказуемой погодной обстановки, туристам предлагают страхование от различных ситуаций.

1.2 Роль строительной отрасли в экономике на примере Смоленской области

Смоленск находится на 20 месте среди городов по уровню обеспеченности жильем. Так, например, в 2023 году было сдано 531.6 тыс. кв. метров жилой площади, что немного выше показателей предыдущего года. А в эксплуатацию ввели 57 многоквартирных домов и 2084 частных домов, благодаря чему около 12 тысяч жителей смогут улучшить условия проживания. [1]

Кроме того, в городе продолжается строительство еще 87 многоквартирных домов общей площадью 437 тыс. кв. метров.

Строительная отрасль играет ключевую роль в социально-экономическом развитии Смоленской области. Она стимулирует рост смежных отраслей, обеспечивает людей доступным жильем и необходимой инфраструктурой. Кроме того, от строительства зависит занятость населения, наполнение регионального бюджета, развитие социальной сферы и общее повышение качества жизни.

Далее рассмотрим основные аспекты вклада строительной отрасли в развитие региона.

1) Экономический вклад строительной отрасли в формировании валового регионального продукта.

Строительная отрасль представляет собой важнейшую составляющую экономики Смоленской области, которое оказывает большое влияние на формирование валового регионального продукта. Объем строительных работ, проводящихся в регионе, влияет на его экономический рост. Например, возведение жилых домов, промышленных предприятий, объектов социальной инфраструктуры (школ, больниц, детских садов) создает новые рабочие места, увеличивает налоговые поступления в бюджеты всех уровней, стимулирует развитие смежных отраслей промышленности, таких как производство строительных материалов, металлообработка, деревообработка, транспорт и логистика.

Кроме того, стройка привлекает инвестиции. Чем масштабнее проекты – тем интереснее регион для бизнеса. Крупные инфраструктурные проекты, например строительство производственных объектов, модернизация транспортной системы, развитие энергетического комплекса, способствуют улучшению инвестиционного климата и создают благоприятные условия для предпринимательской деятельности. При этом наблюдается циклическая взаимосвязь: рост инвестиций стимулирует развитие строительной отрасли, что в свою очередь приводит к дальнейшему увеличению инвестиций. Можно сказать, что строительная отрасль является важным аспектом в экономическом состоянии региона. Увеличение объемов строительства свидетельствует о росте экономики. Сокращение объемов строительства, наоборот, может указывать на экономические проблемы.

Таким образом, строительная отрасль занимает важное место в экономике Смоленской области. Она создает рабочие места, пополняет бюджет налогами и

помогает развиваться другим отраслям промышленности. Поэтому поддержка строительной отрасли остается важным направлением для Смоленской области.

2) Обеспечение жильем и улучшение жилищных условий.

Жилищное строительство играет ключевую роль в развитии Смоленской области, обеспечивая население комфортным и доступным жильем. Строительство новых жилых домов является важной частью социальной политики региона, так как позволяет решать актуальные жилищные проблемы и удовлетворять растущий спрос на недвижимость. Строительство жилья осуществляется как за счет средств частных инвесторов, так и за счет различных государственных программ.

Доступное и качественное жилье не только повышает уровень жизни, но и способствует социальной стабильности в регионе. Улучшение жилищных условий положительно влияет на демографию, здоровье населения, а также способствует росту образовательного и культурного уровня. Таким образом, жилищное строительство остается важным фактором устойчивого развития Смоленской области.

3) Развитие социальной инфраструктуры.

Строительство образовательных учреждений, медицинских центров, культурных и спортивных объектов создает необходимую основу для обеспечения населения качественными социальными услугами.

Плохо развитая социальная инфраструктура может негативно отразиться на уровне образования, качестве медицинского обслуживания и культурном развитии населения. Строительство новых социальных объектов позволяет устранить эти проблемы, повысить доступность и качество социальных услуг для населения региона.

Развитие социальной инфраструктуры через строительство новых объектов является важным направлением региональной политики, которое улучшает

качество жизни населения и социально-экономическое развитие области в целом.

4) Модернизация транспортной и инженерной инфраструктуры:

Строительная отрасль также играет важную роль в модернизации транспортной и инженерной инфраструктуры Смоленской области. Строительство и реконструкция автомобильных дорог, железнодорожных путей, мостов, путепроводов, аэропортов, электростанций, газопроводов являются необходимыми условиями для обеспечения устойчивого экономического развития региона.

Развитая транспортная инфраструктура обеспечивает связь между населенными пунктами, облегчает транспортировку грузов и пассажиров, способствует развитию торговли и туризма. Модернизация инженерной инфраструктуры, таких как системы водоснабжения, водоотведения, электроснабжения, газоснабжения, обеспечивает надежное предоставление коммунальных услуг населению и предприятиям.

Реализация крупных инфраструктурных проектов оказывает существенное влияние на экономический рост региона, создавая новые рабочие места, привлекая инвестиции и стимулируя развитие смежных отраслей промышленности.

5) Создание рабочих мест и повышение занятости населения:

Строительная отрасль занимает ведущее место среди работодателей региона, обеспечивая занятость значительной части трудоспособного населения. Строительство новых объектов требует привлечения большого количества рабочих различной квалификации.

Развитие строительной отрасли способствует снижению безработицы, повышению доходов населения и улучшению социального благополучия региона. При этом развитие строительной индустрии стимулирует создание дополнительных рабочих мест в смежных секторах экономики, включая производство стройматериалов и транспортно-логистические услуги.

В то же время, ключевым условием устойчивого развития отрасли является подготовка кадров для строительной отрасли. Для этого необходимо улучшать профессиональное образование, расширять возможности переподготовки специалистов, внедрять современные обучающие технологии и развивать программы повышения квалификации. [5]

В заключении можно сказать, что строительная отрасль является важнейшей частью экономики Смоленской области. Эта отрасль создает основу для полноценной жизни региона. Активное участие государства и создание благоприятных условий для развития бизнеса являются необходимыми условиями для дальнейшего роста и процветания строительной отрасли в Смоленской области.

1.3 Климатическое обслуживание строительной отрасли.

Климатология в строительной отрасли играет основополагающую роль в проектировании, а также в эксплуатации строительных объектов. Огромное значение для таких объектов имеет учет специфических условий климата, которое впоследствии влияет на долговечность зданий. Неучет климатических факторов приводит к увеличению сроков строительства, увеличению затрат, а также к снижению прочности конструкций. [10]

Основные климатические факторы, учитываемые в строительной отрасли:

Температурная изменчивость определенного региона влияет на выбор строительных материалов для строительства зданий. Также специфический температурный режим может приводить к экстремальным погодным условиям, которые впоследствии могут привести к деформации конструкции.

Экстремальные значения высоких и низких температур ускоряют процесс разрушения строительных материалов. Особенно разрушительными являются

замерзающие процессы для бетонных и кирпичных конструкций. В то же время металлические конструкции страдают от термического расширения и сжатия, что может привести к их деформации и нарушению целостности соединений.

Процессы строительства также сильно зависят от температурного режима. При критически низких и высоких температурах многие строительные работы затрудняются или вовсе прекращаются. Например, бетонирование при отрицательных температурах требует применение специальных противоморозных добавок и подогрева смеси. Хранение многих строительных материалов также требует соблюдения определенных температурных условий.

Во время проектирования зданий применяют следующие меры защиты: компенсатор теплового расширения, использование материалов с согласованными коэффициентами температурного расширения, выбирают оптимальные цветовые решения (например, в жарком климате выбирают светлые тона).

Экономические последствия температурного воздействия значительны. В северных регионах до 40% стоимости зданий может приходиться на системы отопления и утепление. В жарком климате затраты идут на системы охлаждения.

Успешное строительство в различных климатических условиях возможно только при тщательном учете температурных факторов. Современные технологии и материалы позволяют минимизировать риски и затраты, но полностью исключить влияние температуры невозможно, что делает климатическую адаптацию неотъемлемой частью строительной отрасли.

Количество осадков и влажность воздуха оказывают комплексное воздействие на все этапы строительства, от проектирования до эксплуатации строительных сооружений. Атмосферные осадки могут привести к ряду негативных последствий, например, дождевая вода может увлажнить строительные материалы и активизировать химические и физические процессы, которые со временем могут привести к их постепенному разрушению. В то же время снежные осадки могут создавать дополнительную нагрузку на строительные сооружения, что

требует тщательного расчета при проектировании крыш и каркасов зданий. Кроме того, таяние снега может привести к затоплению грунта водой, что может повлиять на устойчивость фундамента здания.

Влажный воздух, как и дождевая вода может проникать в поры строительных материалов, тем самым создавая благоприятную среду для развития коррозии металлических элементов, развития плесени, грибка и прочих биологических повреждений. Деревянные конструкции особенно уязвимы – постоянное воздействие влаги приводит к гниению, потере прочности и сокращению срока службы строительных материалов.

Таким образом при длительном влиянии влаги на строительные материалы, они теряют свою прочность и тем самым уменьшают их долговечность. Поэтому на этапе проектирования важно учитывать климатические условия региона, выбирать материалы с повышенной влагостойкостью. Комплексный подход позволит минимизировать негативные последствия влаги и осадков и обеспечит надежность и долговечность строительных объектов.

Ветер - один из наиболее значимых природных факторов, воздействующих на здания. Его влияние варьируется в зависимости от скорости, направления и продолжительности. Экстремальные погодные явления, в том числе ураганные ветры, наводнения и интенсивные снегопады, представляют серьезную угрозу для строительной отрасли и требует разработку специализированных мер защиты. Наибольшую опасность представляют сильные ветра, способные деформировать кровельные покрытия, разрушать оконные конструкции и повреждать фасадные системы.

Не менее разрушительными могут быть последствия наводнений, которые приводят к затоплению подземных сооружений, могут вызвать размывание фундамента и коррозии металлоконструкций. Также длительное затопление дополнительно вызывает повреждения строительных материалов. Зимой особую опас-

ность представляют снеговые нагрузки, которые могут создавать давление на кровельные конструкции и повысить риск обрушения легких сооружений.

Для эффективной защиты зданий необходим комплексный подход, включающий в себя конструктивные решения по усилению каркасов, использованию специальных материалов и инженерных решений. Важное значение имеют современные гидроизоляционные технологии, дренажные комплексы и противообледенительные системы. Не менее важен регулярный технический надзор и своевременное проведение профилактических работ. Только системное сочетание грамотного проектирования, качественных строительных решений и строгого соблюдения эксплуатационных нормативов может обеспечить надежную защиту зданий от разрушительного воздействия климата.

Солнечная радиация и ультрафиолетовое излучение оказывают существенное влияние на долговечность строительных конструкций. Постоянное воздействие солнечных лучей приводит к постепенному разрушению строительных материалов – выцветанию красок, потере прочности покрытий. Особенное влияние солнечная радиация оказывает на пластиковые компоненты зданий, например, оконные профили, которые могут терять свои эксплуатационные характеристики уже через несколько лет интенсивного солнечного воздействия.

Для защиты от этих негативных факторов применяется ряд инновационных решений. Используются УФ-стабилизированные полимерные составы, которые замедляют процесс фотостарения строительных материалов. Также используют светоотражающие покрытия, которые снижают тепловую нагрузку на здания.

Не менее важным аспектом является адаптация зданий к климатическим условиям с точки зрения энергоэффективности. В холодных регионах особое внимание уделяется теплозащите – используются многослойные конструкции, энергоэффективные окна и системы удержания тепла. В жарком климате дела-

ется акцент на защиту от перегрева – используют светоотражающие фасады, естественные системы вентиляции и солнцезащитные конструкции.

Солнечная радиация УФ-излучение значительно сокращают срок службы строительных материалов. Современные решения строительной отрасли могут эффективно защищать конструкции. Климатическая адаптация зданий через энергоэффективные решения (утепление в холодных регионах и солнцезащитная в жарких регионах) дополнительно повышает их устойчивость. Таким образом, грамотный учет этих факторов при проектировании и эксплуатации обеспечивает долговечность, безопасность, энергоэффективность и комфорт зданий.

[9]

Глава 2 Анализ динамики изменения современного климата

Для анализа динамики современного климата были взяты данные по 4 метеостанциям, расположенных на территории центральных областей Европейской части России, а именно Смоленская область, Псковская, Брянская и Московская.

Был произведен многолетний анализ трех характеристик — температуры, осадков и скорости ветра.

Что бы проследить закономерность многолетнего хода климатических параметров был использован 12-летний временной период.

2.1 Анализ многолетнего хода температуры воздуха

Температура воздуха является основным метеорологическим параметром, которое активно используется в строительной отрасли.

По данным температуры воздуха анализируемых метеостанций рассмотрим динамику изменчивости и рассчитаем средние значения. Для понимания характера изменчивости расчетные характеристики определим за весь анализируемый период и за отдельные пятилетки. Это обусловлено тем, что для климатического обеспечения отраслей экономики рекомендуют (ссылка) использовать расчетные характеристики за 5-летний период, но в условиях активного изменения климата пятилетние значения за разные временные интервалы даже за короткий период наблюдений могут отличаться друг от друга. Рассмотрим это на конкретных примерах.

Псковская область

Ниже приведена таблица и график, демонстрирующая изменения температуры воздуха в разные периоды времени: с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года (табл. 2.1 и 2.2).

Таблица 2.1. Среднемесячная температура воздуха в Пскове (с 2013 до 2018 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура (°С)	-5.9	-2.8	-0.6	5.9	13.6	16.0	18.4	17.2	12.6	5.4	1.7	-6.0

Таблица 2.2. Среднемесячная температура воздуха в Пскове (с 2019 до 2024 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура (°С)	-3.7	-2.0	1.1	6.6	11.9	18.7	18.5	17.7	12.6	7.2	2.3	-2.2

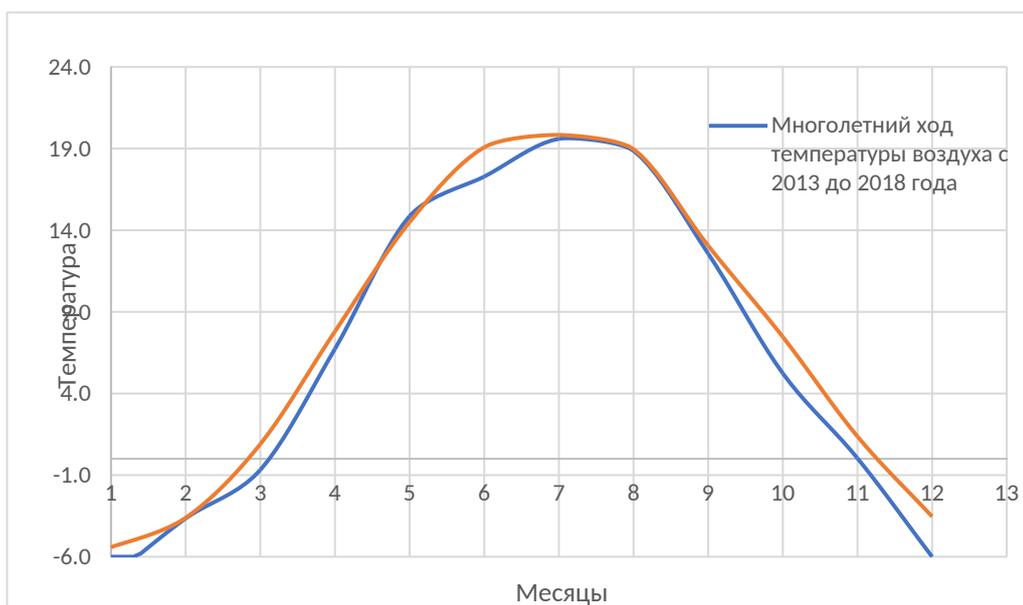


Рисунок 2.1. Среднемесячная температура воздуха в Пскове с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

Анализ графика среднемесячных температур показывает, что в Пскове наблюдается постепенное потепление. Особенно это видно по зимним месяцам. Средние зимние температуры за второй шестилетний интервал стали выше, что говорит об уменьшении холодного периода. Также можно проследить увеличение температур в весенние и осенние месяцы. Это может привести к более раннему наступлению весны и более позднему наступлению зимы. В летний пери-

од ход температуры более гладкий, т. е. они остаются относительно стабильными.

Смоленская область.

Ниже приведена таблица и график, демонстрирующая изменения температуры воздуха в разные периоды времени: с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года (табл. 2.3 и 2.4).

Таблица 2.3. Среднемесячная температура воздуха в Смоленске (с 2013 до 2018 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура С°	-7	-3,5	-3	-6,7	14,1	16	18	17,4	12,1	5	3	-6

Таблица 2.4. Среднемесячная температура воздуха в Смоленске (с 2019 до 2024 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура (°С)	-4.7	-3.0	1.1	7.3	14.5	18.2	18.0	17.8	12.2	7.2	1.3	-2.6

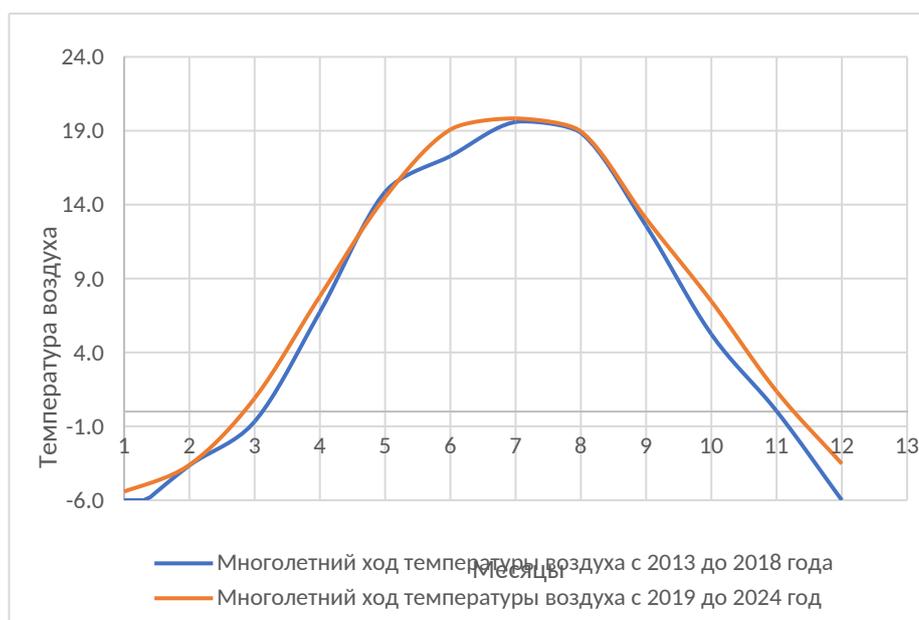


Рисунок 2.2. Среднемесячная температура воздуха в Смоленске с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

Анализ графика среднемесячных температур в Смоленске показывает, что здесь также наблюдается повышение средних температур.

Брянская область.

Ниже приведена таблица и график, демонстрирующая изменения температуры воздуха в разные периоды времени: с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года (табл. 2.5 и 2.6).

Таблица 2.5. Среднемесячная температура воздуха в Брянске (с 2013 до 2018 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура (°C)	-6.7	-3.3	.1	8.0	15.6	17.6	19.4	19.1	13.2	5.5	.4	-6.0

Таблица 2.6. Среднемесячная температура воздуха в Брянске (с 2019 до 2024 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура (°C)	-4.7	-3.0	1.5	8.2	14.5	19.4	19.5	19.1	13.3	8.0	1.5	-2.5

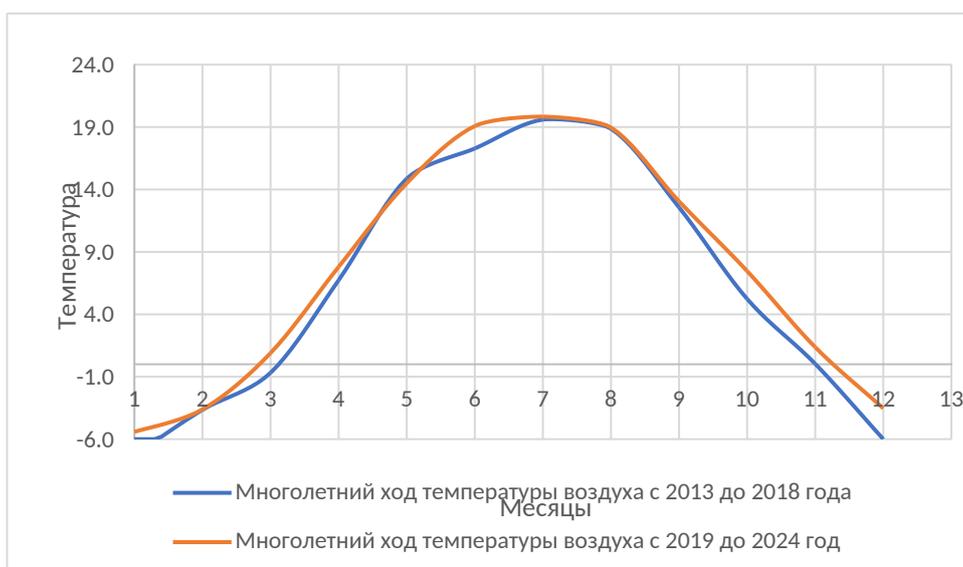


Рисунок 2.3. Среднемесячная температура воздуха в Брянске с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

Московская область.

Ниже приведена таблица и график, демонстрирующая изменения температуры воздуха в разные периоды времени: с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года (табл. 2.7 и 2.8).

Таблица 2.7. Среднемесячная температура воздуха в Москве (с 2013 до 2018

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура (°C)	-7.3	-3.7	-0.6	6.7	14.9	17.3	19.6	18.9	12.6	5.2	-0.1	-6.0

Таблица 2.8. Среднемесячная температура воздуха в Москве (с 2019 до 2024 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура (°C)	-5.4	-3.6	0.9	7.8	14.5	19.1	19.8	19.0	13.1	7.5	1.4	-3.5



Рисунок 2.4. Среднемесячная температура воздуха в Москве с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

Анализ графика среднемесячных температур в Москве показывает, что здесь также наблюдается повышение средних температур.

Далее был произведен анализ среднегодовых значений по четырем областям.

Таблица 2.9. Среднегодовые значения температуры воздуха с 2013 до 2024 года по четырем областям.

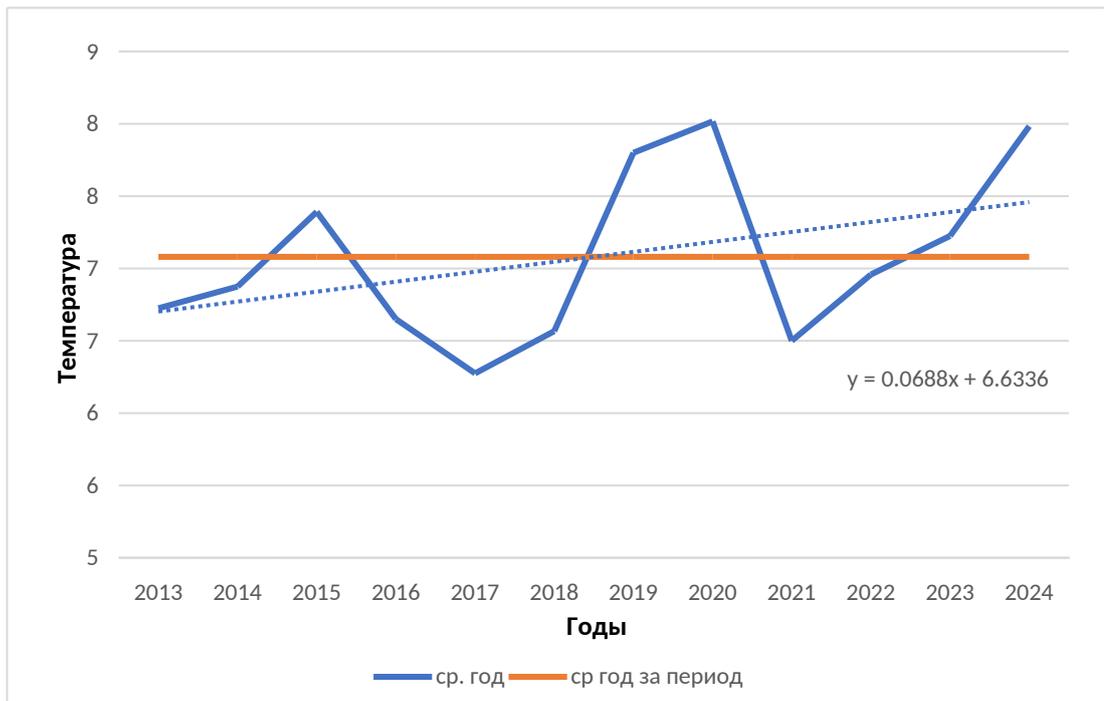
Год	Псков		Смоленск		Москва		Брянск	
	Ср. год	Ср. за период	Ср. год	Ср. за период	Ср. год	Ср. за период	Ср. год	Ср. за период
2013	6.7	7.08	6.3	6.72	6.7	7.08	7.1	7.49
2014	6.9		6.4		6.9		7.2	
2015	7.4		7.2		7.4		7.9	
2016	6.7		6.2		6.7		7.0	
2017	6.3		6.0		6.3		7.2	
2018	6.6		6.0		6.6		6.8	
2019	7.8		7.3		7.8		8.1	
2020	8.0		7.7		8.0		8.4	
2021	6.5		6.0		6.5		6.6	
2022	7.0		6.4		7.0		7.0	
2023	7.2		7.1		7.2		7.9	
2024	8.0		8.0		8.0		8.7	

В целом, во всех регионах просматривается тенденция на повышение среднегодовых температур за анализируемый период (2013–2024 гг.). Это особенно заметно в последние годы (2020–2024 гг.), когда наблюдается рост температур после небольшого снижения в 2021 году.

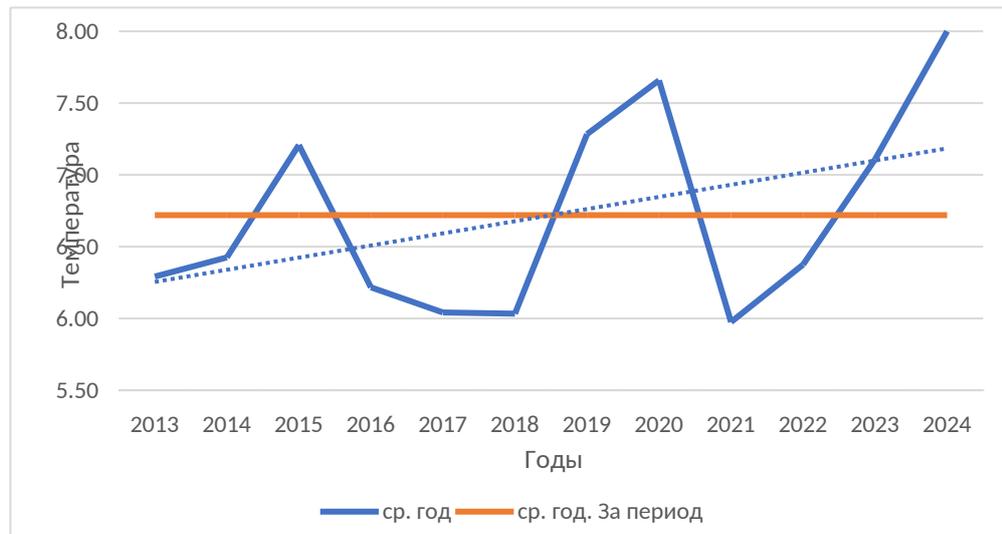
В 2020 году наблюдалось незначительное снижение температуры во всех регионах, вероятно, вызванное локальными погодными аномалиями. Однако в последующие годы этот спад был преодолен, и температура продолжила расти.

Повышение температуры происходит относительно стабильно, что указывает на влияние долгосрочных климатических процессов, таких как усиление парникового эффекта, изменение циркуляции атмосферы и другие глобальные факторы.

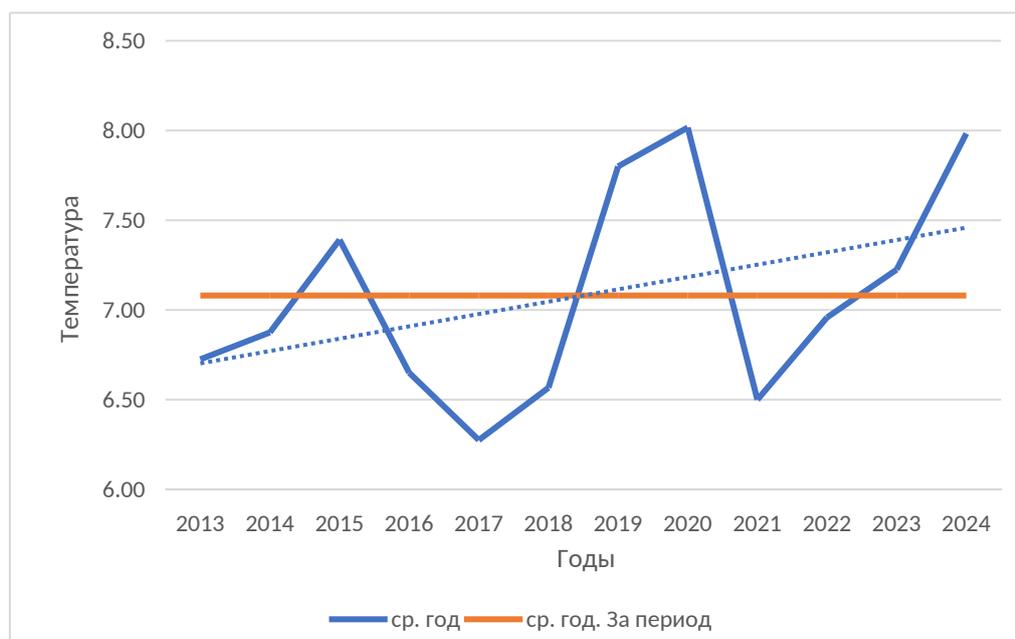
Хотя все регионы демонстрируют схожую тенденцию, в Брянске среднегодовая температура выше, что связано с его географическим положением на юге исследуемой территории.



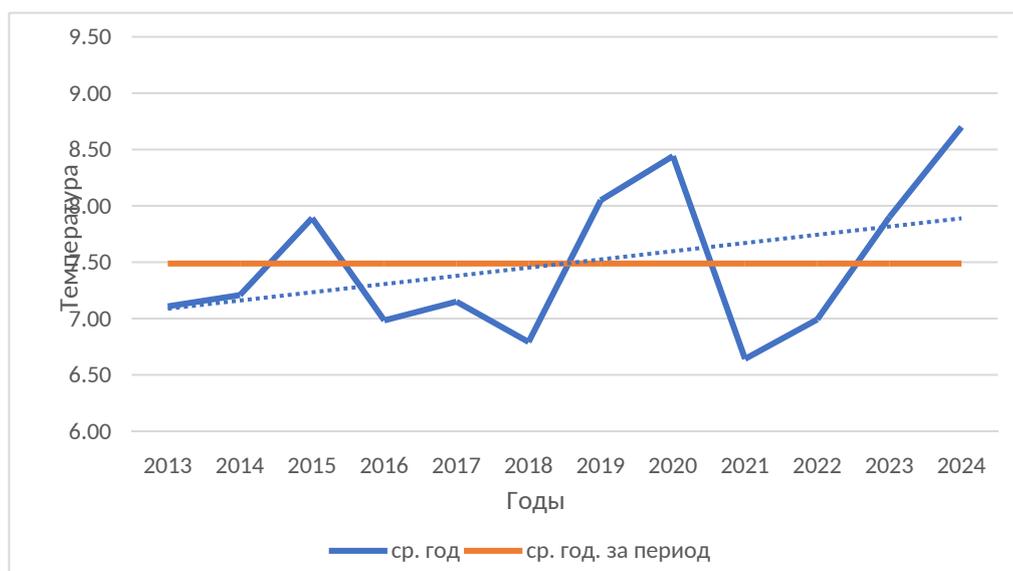
Рисунков 2.5. Среднегодовые значения температуры воздуха с 2013 до 2024 года в Пскове.



Рисунков 2.6. Среднегодовые значения температуры воздуха с 2013 до 2024 года в Смоленске.



Рисунков 2.7. Среднегодовые значения температуры воздуха с 2013 до 2024 года в Москве



Рисунков 2.8. Среднегодовые значения температуры воздуха с 2013 до 2024 года в Брянске.

В целом, как графики годового хода, так и графики многолетнего хода температуры воздуха свидетельствуют о схожих процессах формирования погодно-климатических условий в Центральной части Европейской территории РФ.

2.2 Анализ многолетнего хода осадков

Осадки являются важной составляющей климатической системы. Они играют немаловажную роль в формировании гидрологического режима, состояния почв, растительности и экосистемы в целом. Их измерение позволяет выявить сезонные и межгодовые изменения климатических условий, а также оценить влияние глобальных климатических процессов. Также наблюдение за осадками позволяет прогнозировать погодные явления, управлять водными ресурсами и оценки рисков природных катастроф. Для центральной части России, расположенной в зоне умеренно-континентального климата с влиянием западных воздушных масс, характерна выраженная сезонность в распределении осадков.

Ниже приведены таблицы и графики, показывающие изменения осадков в разные периоды времени: с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года для четырех областей: Псковской, Смоленской, Брянской и Московской области.

Таблица 2.10. Среднемесячное количество осадков в Пскове (с 2013 до 2018 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Количество осадков, мм	45.3	34.3	25.0	47.0	45.6	76.0	79.2	79.9	55.9	55.4	49.8	39.3

Таблица 2.11. Среднемесячное количество осадков в Пскове (с 2019 до 2024 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кол-во осадков, мм	42.8	40.6	35.8	37.1	55.	60.7	73.6	92.6	42.3	68.0	61.3	46.3

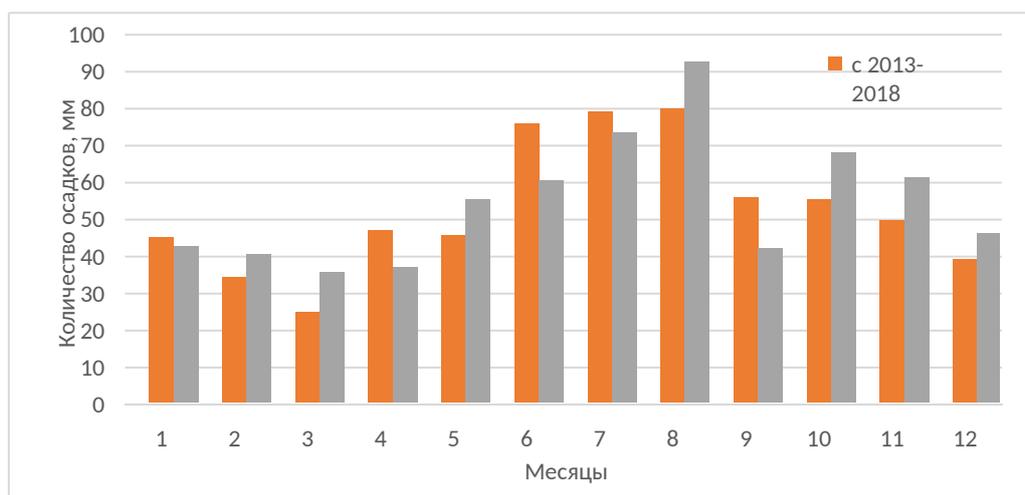


Рисунок 2.9. Среднемесячное количество осадков в Пскове с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

На графике представлена многолетняя динамика осадков в Пскове за два периода — с 2013 по 2018 год и с 2019 по 2024 год.

График отражает сезонный ход осадков, характерный для умеренного климата. Основной максимум приходится на летние месяцы (август), когда в первый период среднемесячное количество осадков составляло около 80 мм, а во второй период увеличилось до 90 мм. Также значительное количество осадков выпадает весной (апрель-май). Минимальные значения фиксируются зимой, особенно в декабре, когда во второй период количество осадков увеличилось с 40 мм до 50 мм по сравнению с первым периодом.

Сравнение двух временных интервалов позволяет проследить тенденцию к увеличению количества осадков практически во всех сезонах, особенно в холодное время года. Зимой наблюдается рост интенсивности осадков, что может быть связано с переходом снежных осадков в дождевые из-за повышения температуры воздуха. Весенние осадки также стали более обильными, особенно в апреле и мае. Летние осадки остаются относительно стабильными, хотя и демонстрируют небольшое увеличение по сравнению с предыдущим периодом. Наиболее заметные изменения наблюдаются в октябре, когда количество осадков достигает максимальных значений (~90 мм) во втором периоде, что свидетельствует о возрастании активности циклонических процессов.

Анализ данных также показал, что в первый период (2013–2018 гг.) наблюдалась большая изменчивость осадков, особенно в осенние месяцы, тогда как во второй период (2019–2024 гг.) распределение осадков стало более стабильным, несмотря на их увеличенный общий объём.

Результаты анализа подтверждают наличие устойчивой тенденции к увлажнению климата в Псковской области, особенно в холодное время года.

Смоленская область

Таблица 2.12. Среднемесячное количество осадков в Смоленске (с 2013 до 2018 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кол-во осадков, мм	53.0	36.4	47.3	47.0	70.9	82.7	98.8	60.7	64.4	58.5	54.4	63.6

Таблица 2.13. Среднемесячное количество осадков в Пскове (с 2019 до 2024 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кол-во осадков, мм	66.3	55.8	44.5	45.5	75.1	84.1	93.1	80.3	61.8	65.2	82.9	66.4

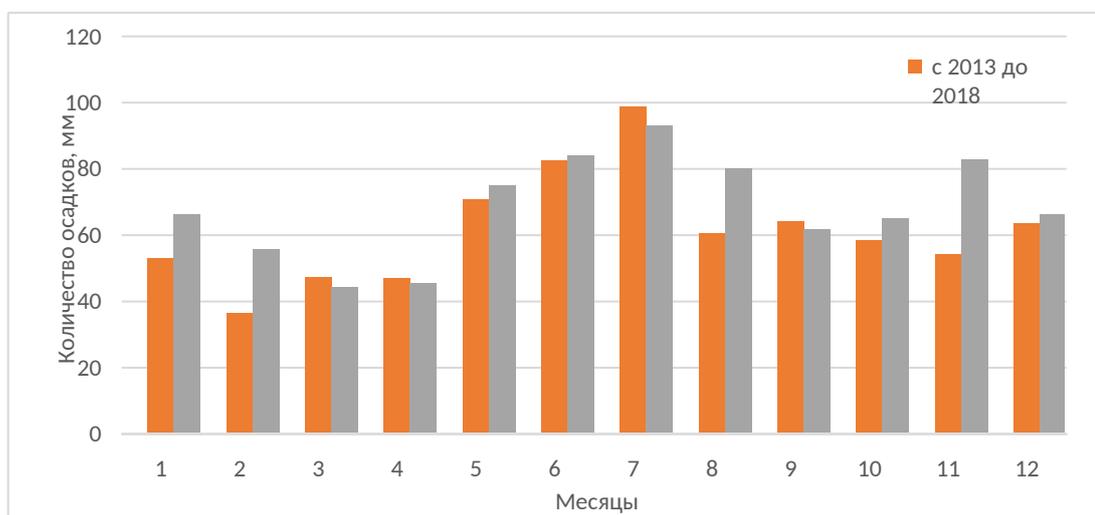


Рисунок 2.10. Среднемесячное количество осадков в Смоленске с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

На графике представлена многолетняя динамика осадков в Смоленске за два периода — с 2013 по 2018 год и с 2019 по 2024 год. Оба периода показы-

вают годовой ход распределения осадков, характерную для умеренного климата. Но прослеживается значительное увеличение количества осадков во втором периоде по сравнению с первым практически во всех месяцах.

Наиболее существенные изменения наблюдаются в летние месяцы, особенно в июле, когда максимальное значение достигло почти 100 мм. Это может свидетельствовать об изменении погодных систем или усилении влияния циклонов в летний период. Также отмечается рост количества осадков в зимнее время, что может быть связано с более высокой влажностью атмосферы и изменением траекторий циклонов под воздействием общего потепления климата.

Сезонный анализ показывает, зимой увеличение количества осадков может свидетельствовать об усилении атмосферной активности в холодное время года. Летние месяцы стали более влажными. Но в то же время в весенний и осенний период изменение количества менее выражено.

Брянская область

Таблица 2.14. Среднемесячное количество осадков в Брянске (с 2013 до 2018 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кол-во осадков, мм	47.2	34.0	41.9	38.8	57.4	47.6	88.9	31.6	55.6	40.1	36.8	47.1

Таблица 2.15. Среднемесячное количество осадков в Брянске (с 2019 до 2024 г.)

месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кол. осадков, мм	45.2	44.9	27.7	58.3	83.6	102.8	64.3	51.3	52.3	67.4	60.7	58.8

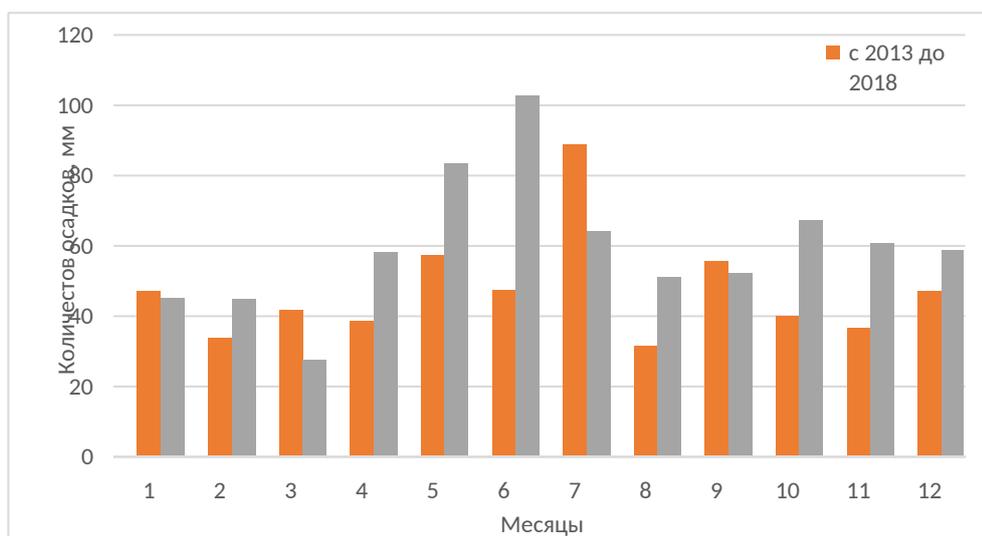


Рисунок 2.11. Среднемесячное количество осадков в Брянске с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

На графике представлена многолетняя динамика осадков в Брянске за два периода — с 2013 по 2018 год и с 2019 по 2024 год.

Во втором периоде среднемесячное количество осадков значительно выше, чем в первом периоде. Особенно это заметно в летние месяцы, когда количество осадков максимально увеличивается.

В июне наблюдается наиболее заметное увеличение количества осадков, что может быть связано с влиянием муссонных систем или других климатических факторов.

Август также показывает значительное увеличение количества осадков, что может быть связано с изменением погодных условий летом.

Во втором периоде зимние месяцы характеризуются более обильными осадками, что может свидетельствовать о более активном воздействии циклонов или изменении климатических условий.

Московская область

Таблица 2.16. Среднемесячное количество осадков в Москве (с 2013 до 2018 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кол-во осадков, мм	55.7	43.6	41.0	47.8	81.7	78.7	92.9	72.9	80.3	47.4	46.4	60.5

Таблица 2.17. Среднемесячное количество осадков в Москве (с 2019 до 2024 г.)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кол-во осадков, мм	58.4	49.0	36.7	48.3	74.9	100.2	101.8	51.2	46.2	72.1	62.1	68.3

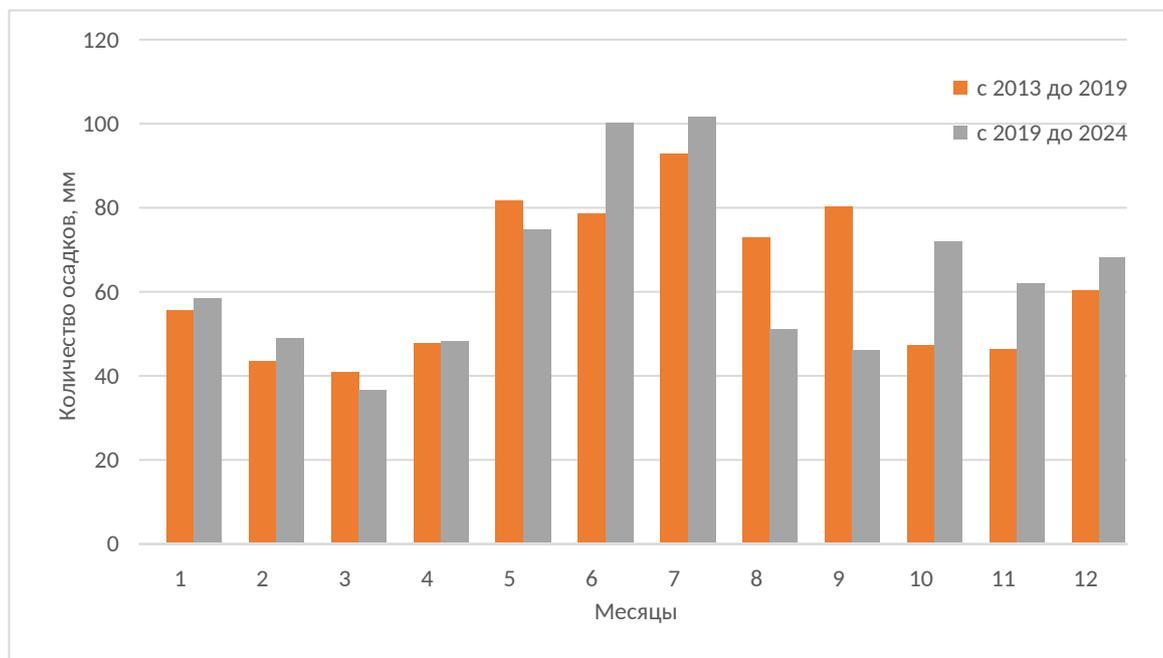


Рисунок 2.12. Среднемесячное количество осадков в Москве с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

На графике представлена многолетняя динамика осадков в Брянске за два периода — с 2013 по 2018 год и с 2019 по 2024 год.

Во втором периоде (2019–2024 гг.) среднемесячное количество осадков значительно выше, чем в первом периоде (2013–2019 гг.). Особенно это заметно в летние месяцы.

Июль является самым влажным месяцем как в первом, так и во втором периоде. Однако во втором периоде количество осадков достигло 100 мм, что на 10 мм больше, чем в первом периоде. Июнь показывает наиболее заметный рост количества осадков.

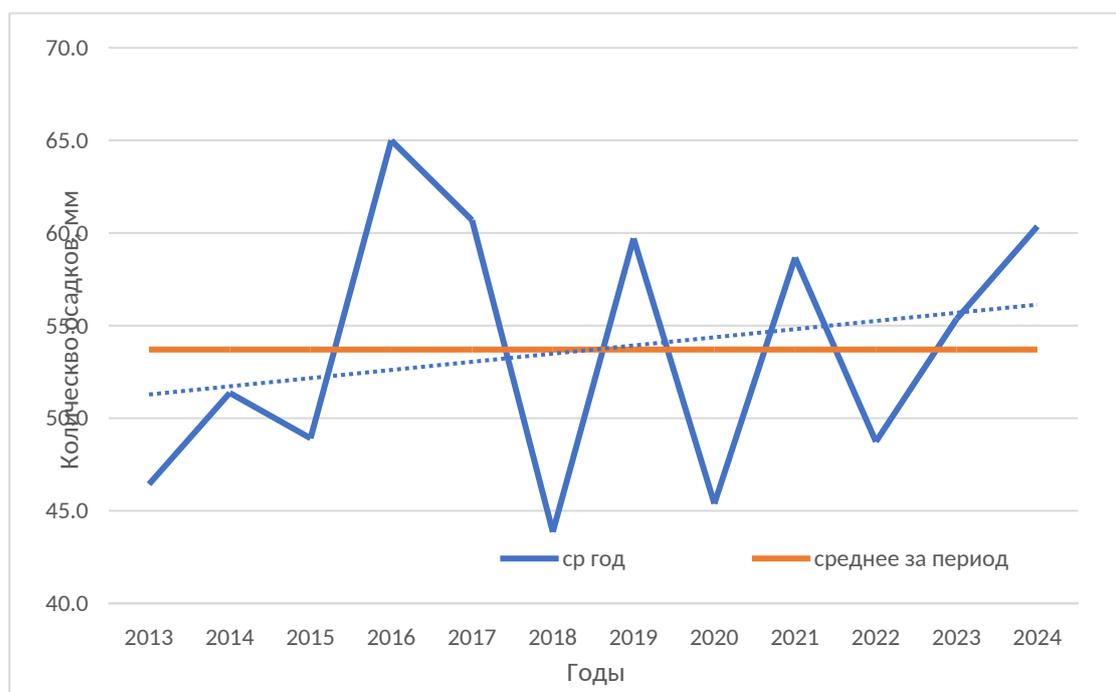
Во втором периоде осенние месяцы характеризуются более обильными осадками, что может свидетельствовать о более активном воздействии циклонов или изменении климатических условий.

В весенний период также наблюдается некоторое увеличение количества осадков, но оно менее выражено, чем в остальные месяцы.

Что выявить общую динамику изменения сумм осадков, был произведен анализ среднегодовых значений по четырем областям.

Таблица 2.18. Среднегодовые значения осадков с 2013 до 2024 года по четырем областям.

Год	Псков	ср год	Брянск	ср год	Смоленск	ср год	Москва	ср год
2013		46.43		55.43		67.66		74.23
2014		51.37		34.18		46.12		40.67
2015		48.92		45.87		44.03		59.72
2016		65.00		57.99		71.82		73.38
2017		60.69		50.58		75.43		72.48
2018		43.86		39.40		63.68		53.88
2019		59.71		37.43		53.35		46.11
2020		45.38		58.34		69.64		73.94
2021		58.68		72.77		69.45		70.33
2022		48.73		76.68		79.13		60.90
2023		55.36		57.80		67.53		69.44
2024		60.36		55.58		71.39		63.81



ков с 2013 до 2024 года в Пскове.

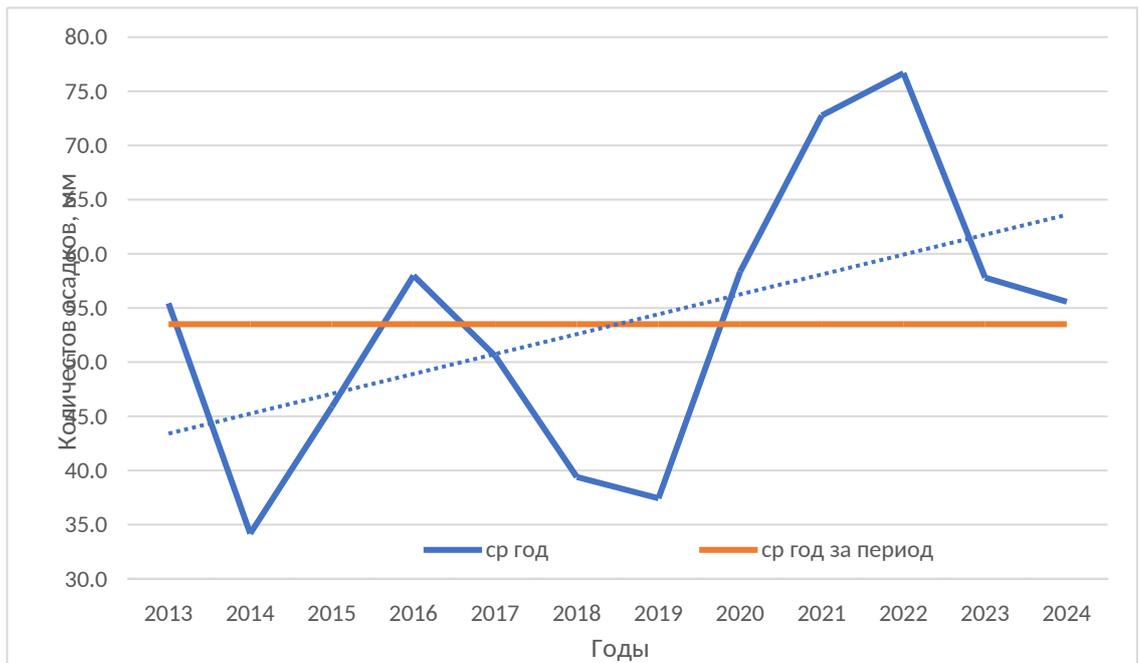


Рисунок 2.14. Среднегодовые значения осадков с 2013 до 2024 года в Брянске.

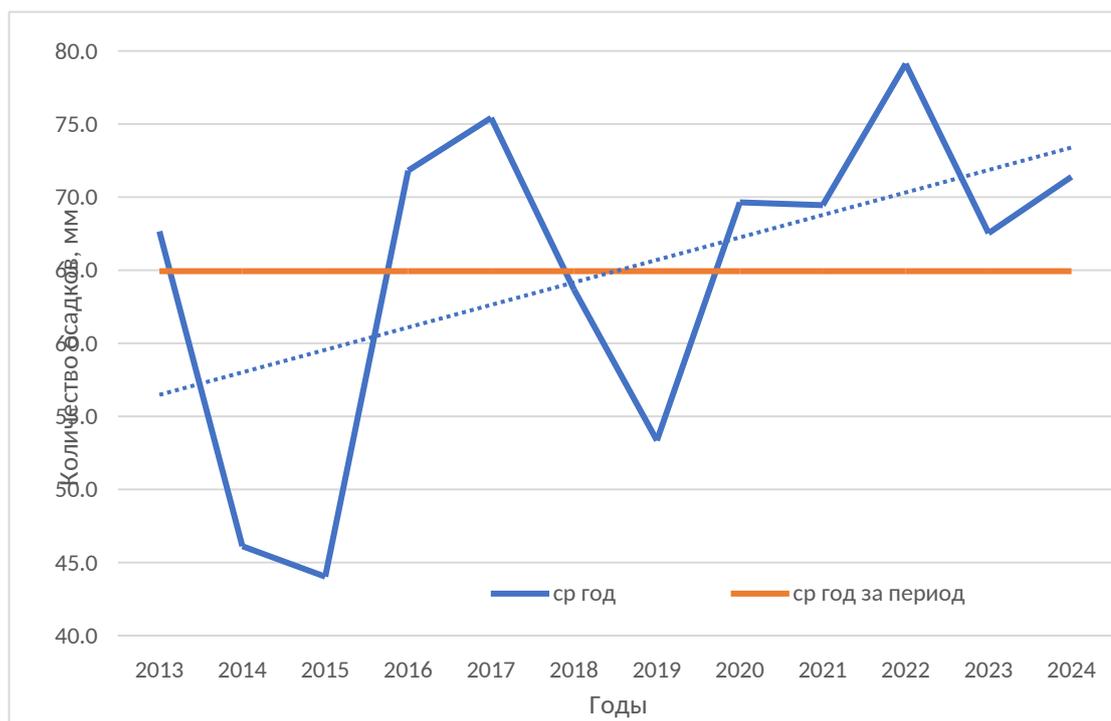


Рисунок 2.15. Среднегодовые значения осадков с 2013 до 2024 года в Смоленске.

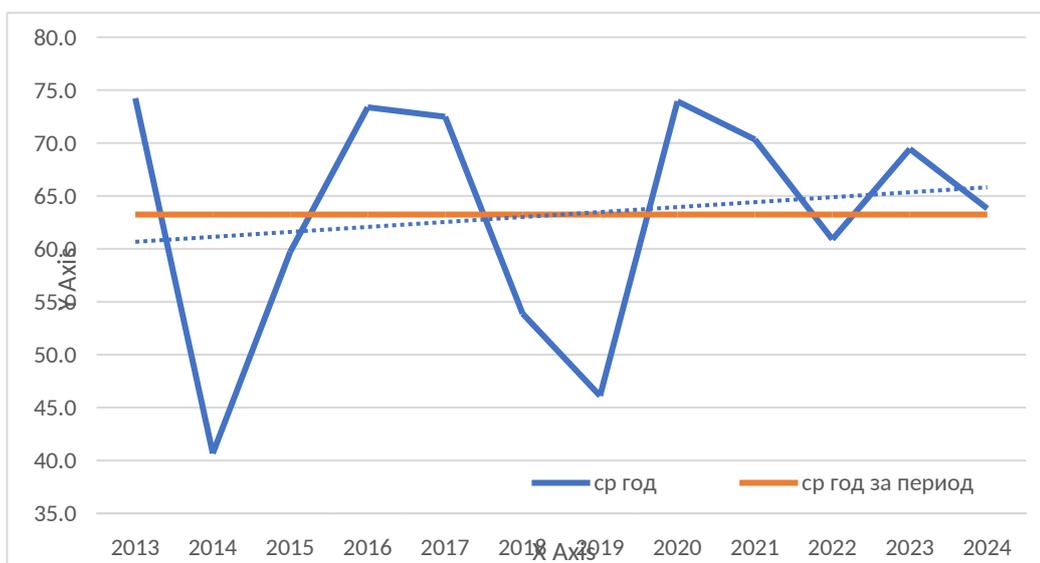


Рисунок 2.16. Среднегодовые значения осадков с 2013 до 2024 года в Москве

Анализ таблицы и графиков показал, что в Пскове и Брянске наблюдается высокая изменчивость количества осадков без чёткой тенденции к росту или снижению. В Смоленске и Москве выявлена небольшая тенденция к росту среднегодовых сумм осадков, особенно в последние годы.

2.3 Анализ многолетнего хода скоростей ветра

Ветер играет важную роль в формировании климатических условий различных регионов. Ветер влияет на распределение тепла и влаги между экваториальными и полярными областями, оказывает влияние на формирование погодных систем и определяет местные особенности климата.

Изучение многолетнего хода ветра позволяет лучше понимать закономерности развития климатических процессов, а также прогнозировать различные погодные аномалии оценивать их последствия.

Ниже приведены таблицы и графики, показывающие ход ветра в разные периоды времени: с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года для четырех областей: Псковской, Смоленской, Брянской и Московской области.

Псковская область.

Таблица 2.19. Среднемесячные скорости ветра в Пскове (с 2013 до 2018 г.)

Месяц	Среднемесячные значения	Среднегодовые значения
1	3.6	2.7
2	3.8	
3	3.3	
4	3.7	
5	3.2	
6	2.5	
7	2.7	
8	2.4	
9	2.8	
10	3.3	
11	3.4	
12	3.3	

Таблица 2.20. Среднемесячные скорости ветра в Пскове (с 2019 до 2024 г.)

Месяц	Среднемесячные значения	Среднегодовые значения
1	3.2	3.3
2	3.0	
3	3.2	
4	3.3	
5	2.7	
6	2.8	
7	2.6	
8	2.6	
9	2.5	
10	3.1	
11	3.5	
12	3.8	

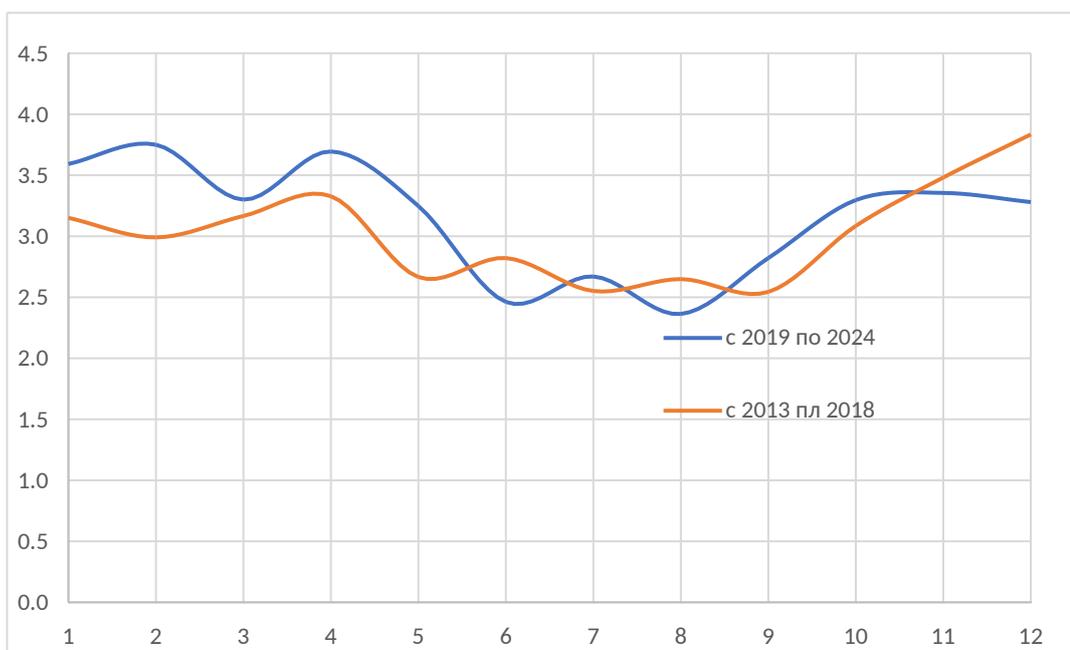


Рисунок 2.17. Среднемесячные скорости ветра в Пскове с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

График показывает, что во втором периоде (2019–2024 гг.) наблюдалось увеличение среднемесячных скоростей ветра по сравнению с первым периодом. Особенно это заметно в зимние месяцы. При этом сезонный цикл скорости ветра сохранился неизменным. Однако в летние месяцы наблюдается существенное различие в ветровой активности.

Сезонный цикл скорости ветра сохраняется в обоих периодах: максимальные скорости наблюдаются зимой и осенью, а минимальные — летом. Однако во втором периоде амплитуда сезонного цикла увеличилась, что указывает на более выраженные колебания ветровых условий.

Брянская область

Таблица 2.21. Среднемесячные скорости ветра в Брянске (с 2013 до 2018 г.)

2013-2018		Среднегодовые значения
Месяц	Среднемесячные значения	
1	2.3	2.1
2	2.1	
3	2.4	
4	2.4	
5	2.1	
6	2.0	
7	1.9	
8	1.7	
9	1.8	
10	1.9	
11	2.1	
12	2.4	

Таблица 2.22. Среднемесячные скорости ветра в Брянске (с 2019 до 2024 г.)

Месяц	Среднемесячные значения	Среднегодовые значения
1	2.3	2.1
2	2.4	
3	2.4	
4	2.4	
5	2.0	
6	1.9	
7	1.7	
8	1.7	
9	1.8	
10	2.1	
11	2.4	
12	2.4	

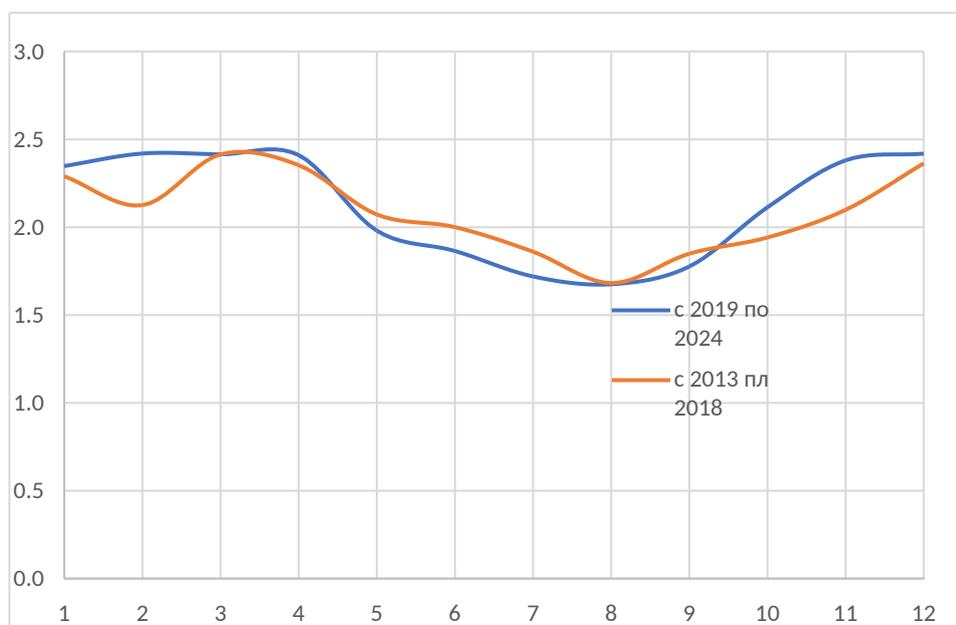


Рисунок 2.19. Среднемесячные скорости ветра в Брянске с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

График показывает, что во втором периоде (2019–2024 гг.) наблюдалось увеличение среднемесячных скоростей ветра в зимний, осенний и весенний сезоны. Однако в летние месяцы наблюдается уменьшение ветровой активности.

Смоленская область

Таблица 2.23. Среднемесячные скорости ветра в Смоленске (с 2013 до 2018 г.)

Месяц	Среднемесячные значения	Среднегодовые значения
1	2.2	1.9
2	2.1	
3	2.1	
4	2.2	
5	1.7	
6	1.7	
7	1.6	
8	1.7	
9	1.7	
10	1.9	
11	2.1	
12	2.3	

Таблица 2.24. Среднемесячные скорости ветра в Смоленске (с 2019 до 2024 г.)

Месяц	Среднемесячные значения	Среднегодовые значения
1	2.4	1.9
2	2.7	
3	2.4	
4	2.1	
5	1.8	
6	1.5	
7	1.4	
8	1.3	
9	1.6	
10	2.1	
11	2.2	
12	2.3	

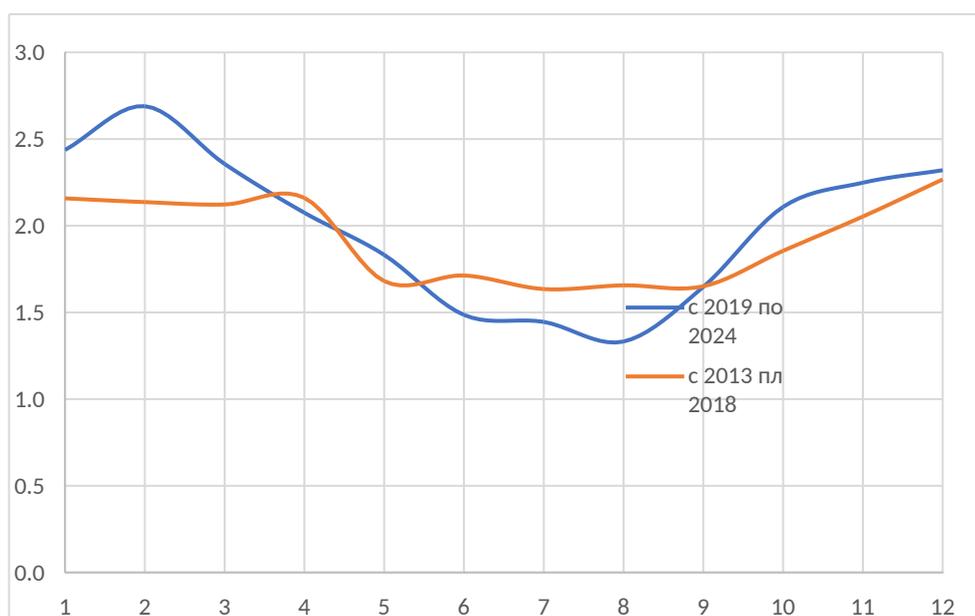


Рисунок 2.19. Среднемесячные скорости ветра в Смоленске с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

График показывает, что в втором периоде (2019–2024 гг.) среднемесячные скорости ветра систематически выше, чем в первом периоде (2013–2018 гг.). Это касается практически всех месяцев. В обоих случаях зимние месяцы характери-

зуются относительно высокой скоростью ветра, в то время-ка весной скорость ветра уменьшается. В летние месяцы минимальные значения скорости ветра в обоих периодах уменьшаются. Осенью скорость ветра начинает расти, достигая максимальных значений к концу года. Во втором периоде осенние скорости ветра значительно выше, особенно в ноябре и декабре.

Московская область

Таблица 2.25. Среднемесячные скорости ветра в Москве (с 2013 до 2018 г.)

Месяц	Среднемесячные значения	Среднегодовые значения
1.0	4.4	4.17
2.0	4.6	
3.0	4.2	
4.0	4.4	
5.0	3.9	
6.0	4.1	
7.0	3.7	
8.0	3.6	
9.0	3.7	
10.0	4.2	
11.0	4.0	
12.0	4.8	

Таблица 2.26. Среднемесячные скорости ветра в Москве (с 2019 до 2024 г.)

Месяц	Среднемесячные значения	Среднегодовые значения
1	4.8	4.4
2	4.9	
3	4.5	
4	4.7	
5	4.4	
6	4.0	
7	3.9	

8	3.7	
9	4.3	

Продолжение таблицы 2.26.

10	4.5	
11	5.1	
12	4.6	

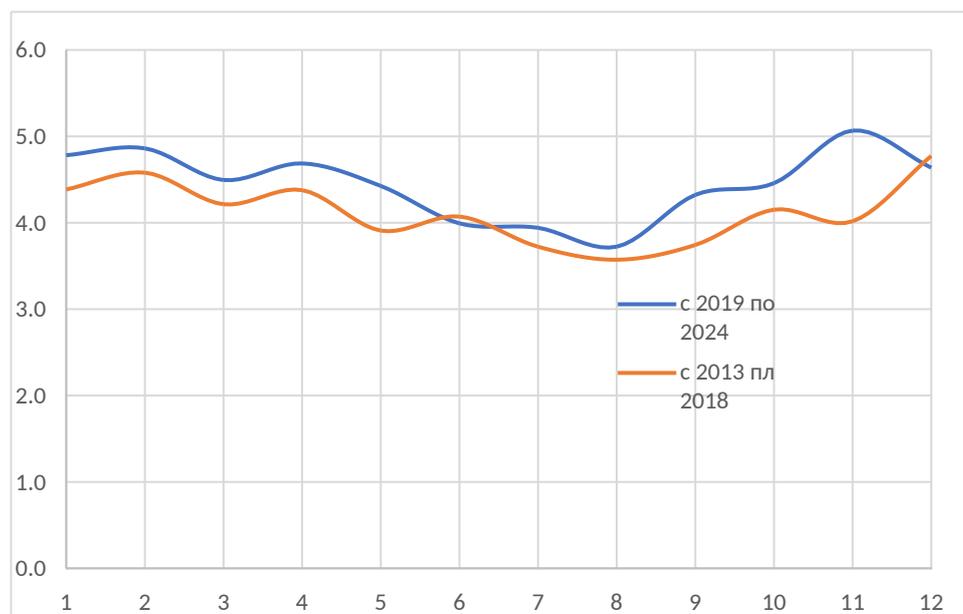


Рисунок 2.20. Среднемесячные скорости ветра в Москве с 2013 до 2018 года и с 2019 до 2024 года.

График показывает, что во втором периоде (2019–2024 гг.) среднемесячные скорости ветра выше, чем в первом периоде (2013–2018 гг.). Это касается практически всех месяцев, кроме летних. В весеннее время скорость ветра немного снижается по сравнению с зимой. Осенью скорость ветра начинает расти, достигая максимальных значений к концу года.

Глава 3 Анализ изменений специализированных климатических характеристик

Для обеспечения эффективного проектирования, возведения и эксплуатации зданий и сооружений необходимо учитывать не только стандартные метеорологические показатели, но и специальные климатические факторы, которые непосредственно влияют на строительные процессы, устойчивость конструкций и безопасность объектов. К числу таких критически важных параметров относятся: глубина промерзания грунтовых слоёв; снеговая и ветровая нагрузка; длительность отопительного периода; повторяемость экстремальных погодных условий.

3.1 Отопительный сезон

Тепловые характеристики строительных объектов отражают их способность эффективно сохранять тепло в холодный период и защищать от перегрева летом. К основным показателям относятся продолжительность отопительного сезона, расчетные вентиляционные температуры, а также экстремальные температурные значения, включая температуру наиболее жарких и холодных суток и температуру наиболее холодной пятидневки. Эти параметры имеют ключевое значение для проектирования энергоэффективных зданий и обеспечения комфортных условий эксплуатации в течение всего года.

Определение продолжительности отопительного сезона требует анализа графиков годовой динамики среднемесячных температур. Согласно установленным нормам, начало отопительного периода фиксируется при устойчивом переходе температурного показателя через отметку 8°C . [13] В рамках исследования были проанализированы температурные графики четырех областей. Анализ охватил период с 2013 по 2025 год.

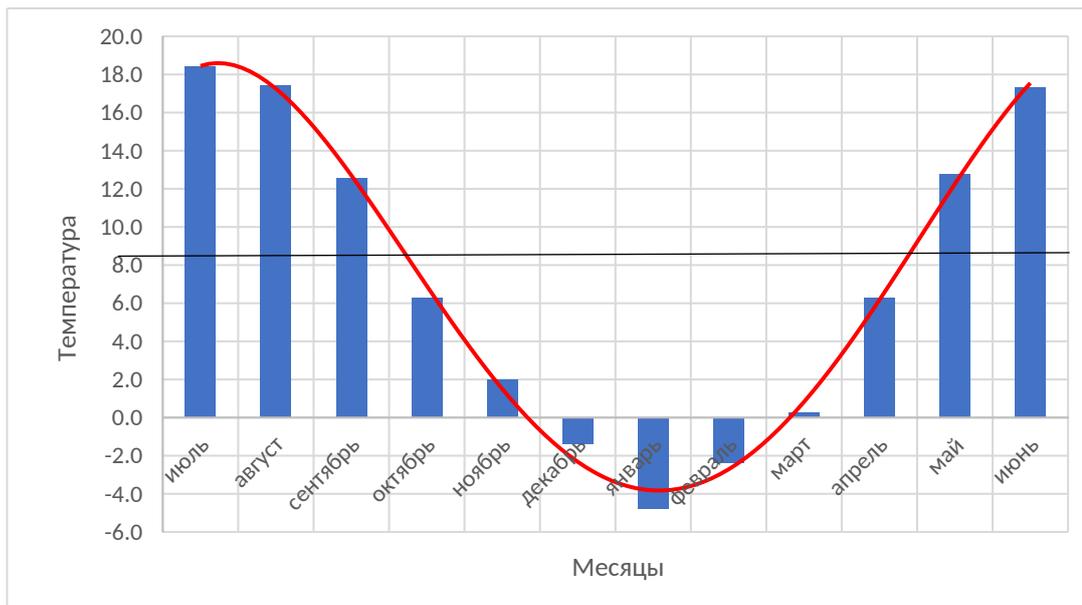


Рисунок 3.1. Годовой ход среднемесячной температуры воздуха (°C) с 2013 года по 2025 год в Пскове.

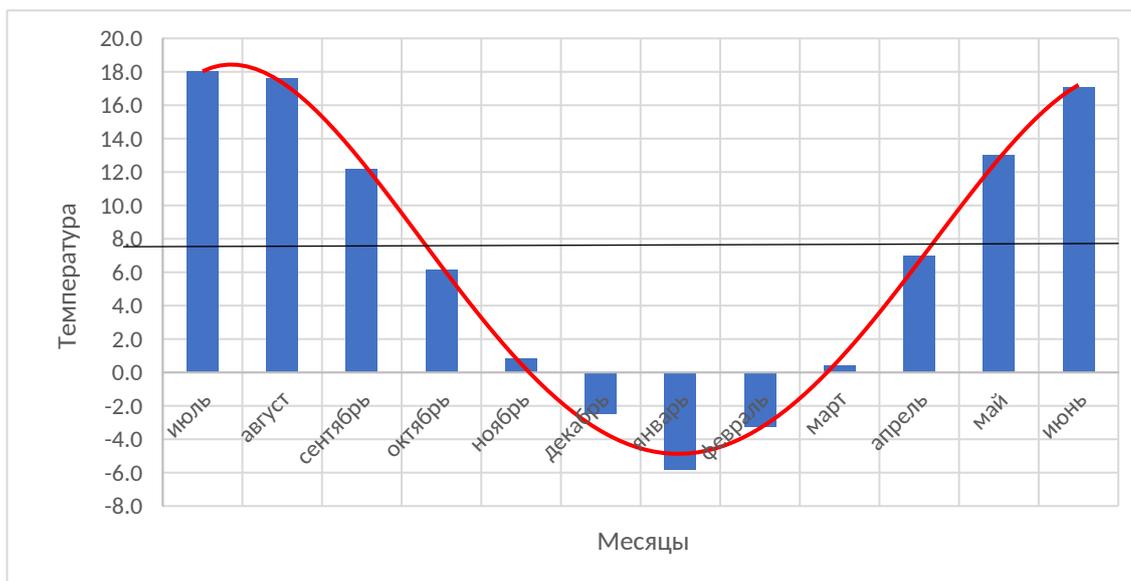


Рисунок 3.2. Годовой ход среднемесячной температуры воздуха (°C) с 2013 года по 2025 год в Смоленск.

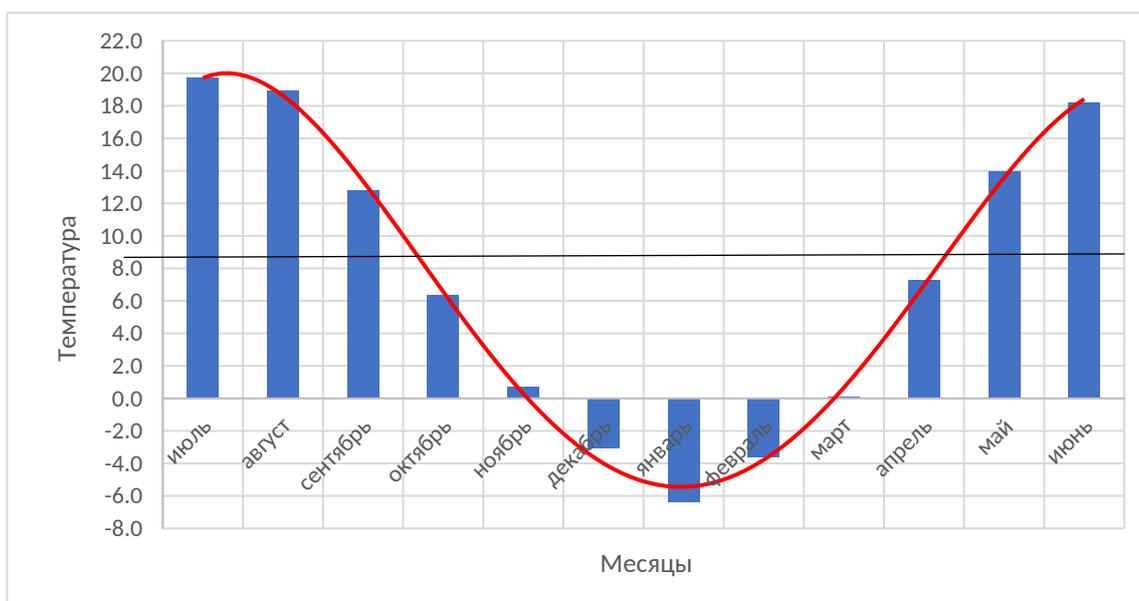


Рисунок 3.3. Годовой ход среднемесячной температуры воздуха (°C) с 2013 года по 2025 год в Москве.

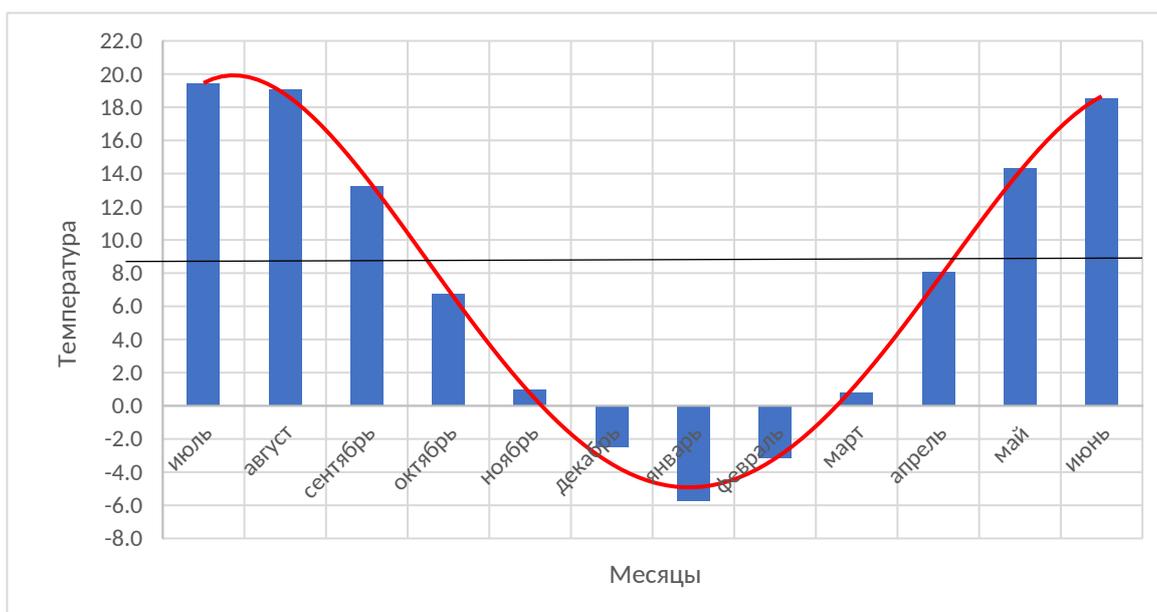


Рисунок 3.4. Годовой ход среднемесячной температуры воздуха (°C) с 2013 года по 2025 год в Брянске.

Таблица 3.1. Продолжительность, дата начала и конца отопительного сезона.

Псков		
Начало	Конец	Продолжительность
26.окт	16.апр	172
Смоленск		
Начало	Конец	Продолжительность

23.окт	16.апр	175
--------	--------	-----

Продолжение таблицы 3.1.

Москва		
Начало	Конец	Продолжительность
23.окт	16.апр	175
Брянск		
Начало	Конец	Продолжительность
23.окт	18.апр	177

Таблица 3.2. Продолжительность, дата начала и конца отопительного сезона по данным справочника [12]

Псков	Продолжительность
	182
Смоленск	Продолжительность
	183
Москва	Продолжительность
	186
Брянск	Продолжительность
	178

Анализ показывает, что во всех регионах продолжительность отопительного сезона сокращается по сравнению с данными из справочника. Сокращение продолжительности отопительного сезона может быть связано с общими тенденциями глобального потепления. Повышение средней температуры в зимний период приводит к тому, что условия для отопления становятся необходимыми на более короткий период времени.

3.1 Расчета наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки

Для расчета наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки необходимы формулы (3.1 и 3.2). [13]

$$t_5 = 1.25x - T \quad (3.1)$$

$$t_1 = 1.31tx - T_1 \quad (3.2)$$

где T и T_1 – это постоянные коэффициенты, зависящие от региона (Таблица 3.1.3), tx – средняя температура воздуха за самый холодный месяц.

Таблица 3.3. Показатели T и T_1 .

Район	IB	IA	I	II	III	IV		
T	20,6	17,6	14,6	11,6	8,6	5,6		
Район	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
T_1	24	21	18	15	12	9	6	3

По данной таблице и с помощью карт районирования (Рисунки 3.1.5–3.1.6), определяем показатели T и T_1 для Смоленской области. $T = 17,6$, $T_1=21$. Рассчитываем значения наиболее холодной пятидневки и наиболее холодных суток для г. Гагарин, Смоленск, Велиж и Рославль (Таблицы 3.8–3.9).



Рисунок 3.5. Районирование по коэффициенту T .

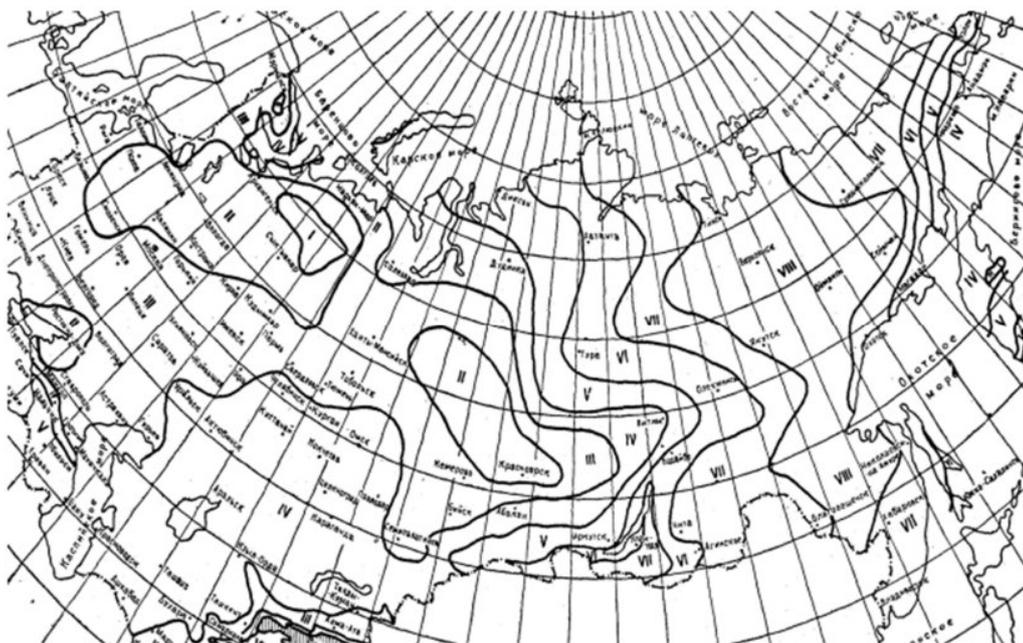


Рисунок 3.6. Районирование по коэффициенту T_1 .

Таблица 3.4. Температура наиболее холодной пятидневки ($^{\circ}\text{C}$)

	Псков	Смоленск	Москва	Брянск
2013	-28.2	-29.1	-25.2	-25.1
2014	-28.4	-28.6	-25.4	-25.2
2015	-23.1	-21.2	-20.1	-18.9
2016	-30.2	-29.6	-27.2	-25.6
2017	-27.4	-26.4	-24.4	-22.6
2018	-23.0	-23.1	-20.0	-20.7
2019	-25.9	-25.9	-22.9	-22.5
2020	-17.5	-17.6	-14.5	-15.2
2021	-24.9	-24.5	-21.9	-21.1
2022	-24.4	-23.4	-21.4	-20.7
2023	-23.5	-21.7	-20.5	-19.0
2024	-30.2	-27.6	-27.2	-24.5

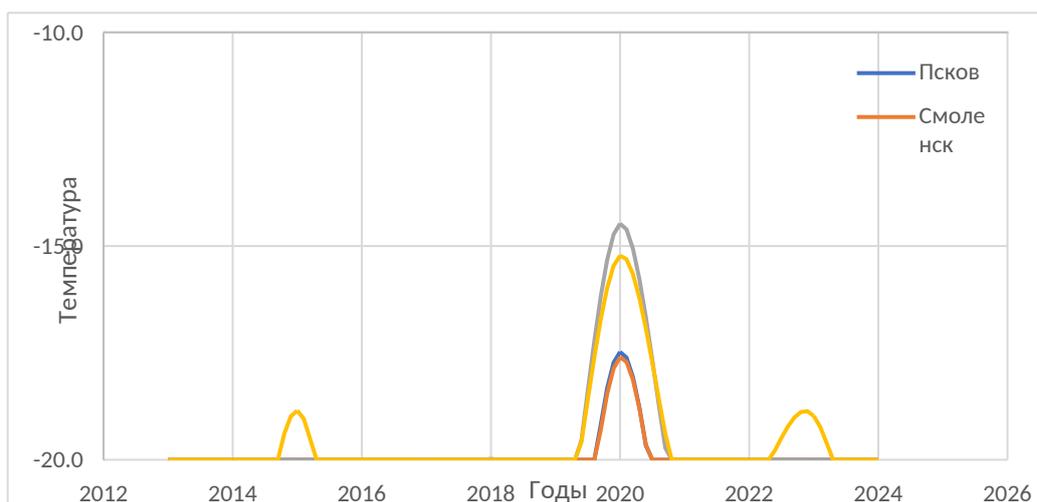


Рисунок 3.7. Ход температуры наиболее холодной пятидневки (°С)

Данные таблицы и графика показывают высокую изменчивость температур в наиболее холодный период во всех регионах. Это связано с естественными климатическими колебаниями и влиянием атмосферных процессов. В Пскове и Смоленске температура ниже, чем в Москве и Брянске, что связано с их расположением на севере исследуемой территории. Москва и Брянск находятся южнее и имеют более умеренные температуры, что соответствует их географическому положению.

Анализ таблицы и графика не выявил чёткой тенденции к систематическому повышению или понижению этих значений в период с 2013 по 2024 год.

Таблица 3.5. Температура наиболее холодных суток (°С)

	Псков	Смоленск	Москва	Брянск
2013	-32.1	-33.1	-29.1	-29.0
2014	-32.3	-32.5	-29.3	-29.1
2015	-26.8	-24.8	-23.8	-22.5
2016	-34.2	-33.6	-31.2	-29.5
2017	-31.2	-30.2	-28.2	-26.4
2018	-26.6	-26.8	-23.6	-24.4
2019	-29.6	-29.6	-26.6	-26.3
2020	-20.9	-21.0	-17.9	-18.7

Продолжение таблицы 3.5.

2021	-28.6	-28.2	-25.6	-24.8
2022	-28.1	-27.0	-25.1	-24.4
2023	-27.2	-25.3	-24.2	-22.6
2024	-34.2	-31.5	-31.2	-28.3

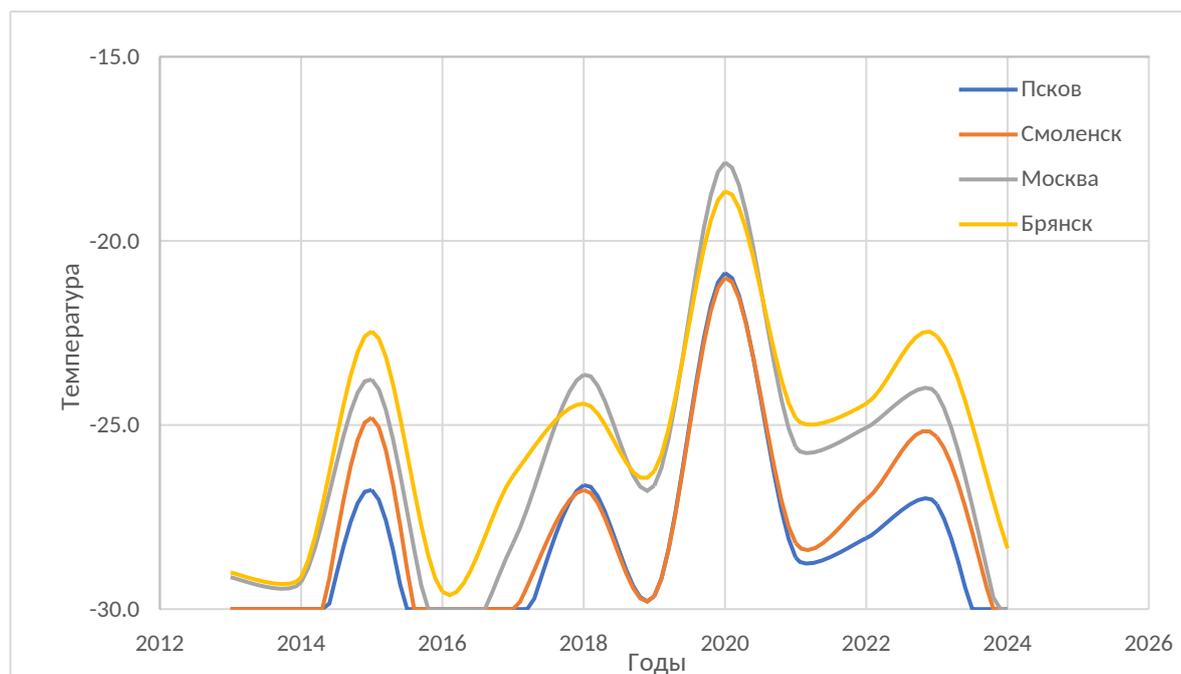


Рисунок 3.8. Ход температуры наиболее холодных суток (°C)

Анализ графика и таблицы показал, что для всех представленных регионов характерна высокая изменчивость температур в наиболее холодные сутки, нет чёткой тенденции к систематическому повышению или понижению температур. Хотя в некоторые годы наблюдаются более низкие значения, в другие годы значения выше.

3.2. Вентиляционная температура и температура наиболее жарких суток [13]

Для расчета вентиляционной температуры (t_v) (3.3) и температуры наиболее жарких суток ($t_{н.ж.}$) (3.4) понадобятся следующие формулы:

$$t_v = 1,25t_x - T_2 \quad (3.3)$$

$$t_{н.ж.} = t_{ж} + Tt \quad (3.4)$$

где $T2$ – это результат климатического районирования и выделения на территории России трех районов: район А – южное побережье Крыма со значением $-6,5^{\circ}\text{C}$; район Б – включает всю Европейскую территорию РФ, Западную Сибирь, Чукотку, Камчатку (исключая западное побережье) со значением $-3,0^{\circ}\text{C}$; район В – входит большая часть Восточной Сибири, Приморский край и горные районы страны со значением $0,5^{\circ}\text{C}$, $t_{ж}$ – средняя температура воздуха наиболее жаркого месяца, Tt – постоянная величина, определяемая по карте; значения Tt по территории РФ меняются от $5 - 6^{\circ}\text{C}$ на юге до $14 - 15^{\circ}\text{C}$ на севере.

Таблица 3.6. Показатели вентиляционной температуры ($^{\circ}\text{C}$)

	Псков	Смоленск	Москва	Брянск
	$t_{в}$	$t_{в}$	$t_{в}$	$t_{в}$
2013	-12.6	-13.4	-12.6	-12.5
2014	-12.7	-12.9	-12.7	-12.6
2015	-8.0	-6.3	-8.0	-6.8
2016	-14.4	-13.8	-14.4	-12.9
2017	-11.8	-10.9	-11.8	-10.2
2018	-7.8	-8.0	-7.8	-8.5
2019	-10.4	-10.4	-10.4	-10.1
2020	-2.9	-3.0	-2.9	-3.6
2021	-9.5	-9.2	-9.5	-8.9
2022	-9.1	-8.2	-9.1	-8.5
2023	-8.3	-6.7	-8.3	-6.9
2024	-14.4	-12.0	-14.4	-11.9

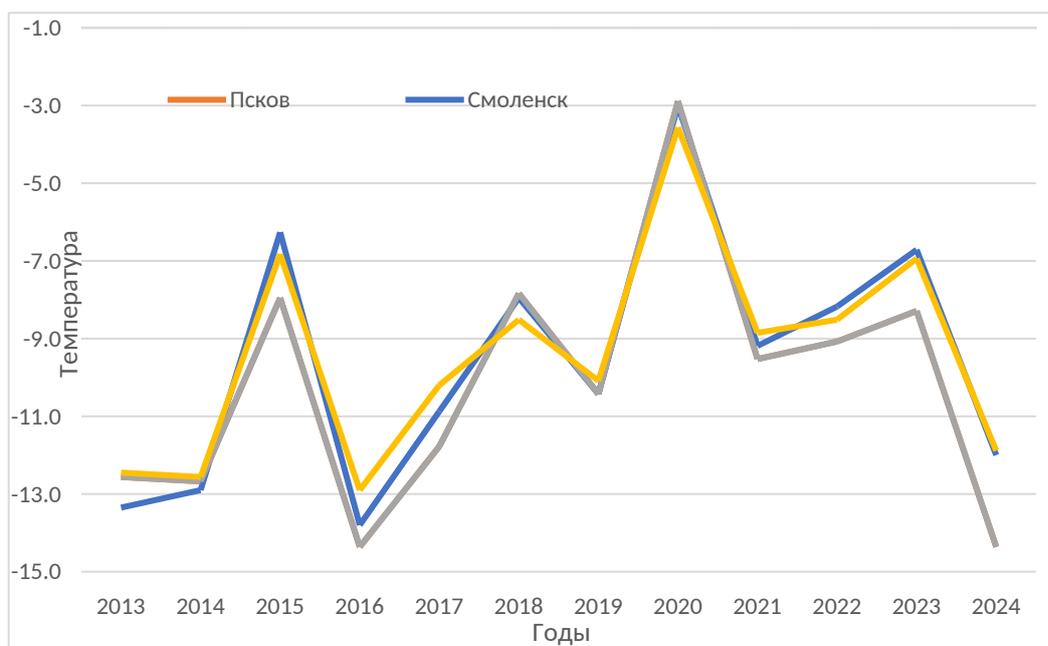


Рисунок 3.9. Ход вентиляционной температуры (°C)

Вентиляционная температура является важным климатическим параметром, используемым при проектировании систем вентиляции и теплозащиты зданий. Она характеризует средние минимальные значения температуры наружного воздуха, принимаемые для расчёта тепловых потерь через ограждающие конструкции. Для целей настоящего исследования были проанализированы данные по вентиляционной температуре за период с 2013 по 2024 год для четырёх регионов: Пскова, Смоленска, Москвы и Брянска. Также представлен график (Рисунок 3.6), отражающий динамику изменения этого параметра во времени.

Обобщая результаты анализа, можно отметить, что вентиляционная температура в Пскове, Смоленске, Москве и Брянске имеет высокую степень изменчивости, но не демонстрирует стабильной тенденции к повышению или понижению. Это говорит о том, что текущие климатические условия остаются относительно стабильными, хотя отдельные годы могут характеризоваться аномально холодными или, наоборот, относительно тёплыми зимними периодами. Учитывая современные климатические реалии, важно продолжать наблюдение за этим параметром и своевременно корректировать нормативную базу для строительства.

Таблица 3.7. Показатели температуры наиболее жарких суток (°C)

	Псков	Смоленск	Москва	Брянск
2013	23.4	22.5	23.9	23.7
2014	25.2	24.4	26.1	26
2015	22	22.3	23.3	23.7
2016	23.7	23.9	25.9	25.4
2017	21.2	21.4	22.9	22.8
2018	25.1	23.5	25.5	24.5
2019	21.4	20.3	21.8	21.9
2020	22.2	21.7	23.7	23.8
2021	27	26	27.2	27.1
2022	23.3	22.6	25.7	23.7
2023	22	22.5	23.5	23.7
2024	24.9	25.1	27.1	27

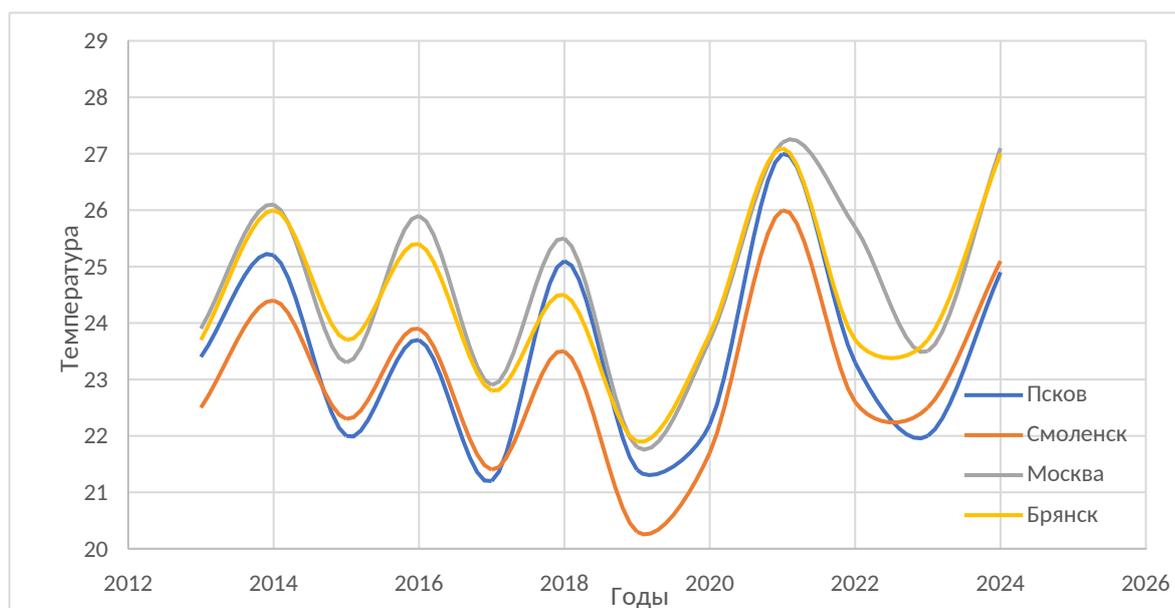


Рисунок 3.10. Ход температуры наиболее жарких суток (°C) за исследуемый и многолетний периоды.

Температура наиболее жарких суток является важным климатическим параметром, используемым при проектировании систем вентиляции, кондиционирования воздуха и теплозащиты зданий. Она отражает экстремальные условия

летнего периода и позволяет оценить нагрузку на инженерные системы, а также уровень комфорта в помещениях.

Анализ данных, представленных в таблице 3.7 и на графике (рис. 3.7), показывает, что за период с 2013 по 2024 год во всех исследуемых регионах — Пскове, Смоленске, Москве и Брянске — наблюдается тенденция к повышению максимальной температуры наиболее жарких суток, несмотря на значительную межгодовую изменчивость. В частности, для Москвы была зафиксирована самая высокая температура — 27,2 °С (в 2021 году), что на 3,3 °С превышает минимальное значение за исследуемый период (21,8 °С). В Брянске также отмечено повышение: максимальная температура составила 27,1 °С, что выше аналогичного показателя 2013 года более чем на 3,4 °С. Аналогичным образом в Смоленске и Пскове зафиксированы подобные повышения экстремальных летних температур. Несмотря на колебания, вызванные естественными климатическими процессами, в целом можно отметить рост среднего уровня тепловых нагрузок в летний период, особенно выраженный в последние годы. Например, в 2021–2024 годах значения температуры наиболее жарких суток в большинстве регионов были выше среднемноголетних показателей, что может быть признаком долгосрочной динамики потепления.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были реализованы поставленные задачи, направленные на комплексное изучение динамики климатических характеристик и их влияния на строительную отрасль. Был проведен анализ ключевых климатических параметров — температурного режима, количества осадков, скорости ветра и других показателей, используемых в проектировании и эксплуатации зданий и сооружений.

Изучение воздействия климата на объекты строительства позволило определить, что изменения в климатических условиях напрямую сказываются на выборе материалов, конструктивных решений и инженерных систем. Повышение средних температур, изменение характера осадков и усиление ветровой нагрузки требуют корректировки проектных норм и внедрения адаптивных технологий.

Для оценки текущего состояния климата была проведена комплексная характеристика основных климатических условий региона. В результате выявлены тенденции к потеплению зимнего периода, увеличению суммарного годового количества осадков и изменению ветрового режима.

Сравнение современных климатических данных с историческими справочниками подтвердило значимость изменений, происходящих в регионе. Наблюдается смещение границ климатических зон, что делает устаревшие данные менее точными и предполагает актуализацию климатологической базы для строительства.

Также были выявлены возможные тенденции развития климата: повышение как среднемесячных, так и экстремальных температур, изменение характера осадков и рост ветровой активности. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что климатические условия продолжают эволюционировать, что требует более гибкого подхода к проектированию и строительству.

Расчёт и сравнение специализированных климатических показателей, таких как продолжительность отопительного сезона, температура наиболее холодных и жарких суток и другие, позволили установить несоответствие между действующими нормами и современной климатической реальностью. Это ещё раз подчеркивает важность постоянного мониторинга и анализа климатических изменений.

В целом, проведённая работа демонстрирует необходимость учёта современных климатических условий при проектировании и строительстве. Актуализация климатологической информации способствует повышению эффективности, безопасности и устойчивости объектов инфраструктуры, а также позволяет минимизировать негативное влияние изменяющегося климата на эксплуатационные характеристики зданий.

Таким образом, исследование подтверждает важность изучения климатических данных при создании объектов строительства. Полученные результаты могут быть использованы как для совершенствования региональных стандартов, так и для формирования рекомендаций по адаптации строительной отрасли к новым климатическим условиям.

Список источников

1. Отчет о социально-экономическом развитии Смоленской области за 2023 год / Правительство Смоленской области. - Смоленск, 2024. - 145 с. - URL: <https://www.admin-smolensk.ru/> (дата обращения: 05.05.2025).
2. Строительство в России. 2023: Стат. сб. / Росстат. - М., 2023. - <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Stroit-2023.pdf>
3. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.
4. СНиП 23-01-99* Строительная климатология / Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 2003. - 72 с.
5. Иванов А.А. Региональные особенности развития строительного комплекса / А.А. Иванов. - М.: Экономика, 2022. - 215 с.
6. Петрова С.М. Климатические факторы в строительстве / С.М. Петрова // Строительные материалы и технологии. - 2021. - № 5. - С. 34-41.
7. Официальный сайт Правительства Смоленской области [Электронный ресурс]. - URL: <https://admin.smolensk.ru> (дата обращения: 01.06.2024).
8. Национальное объединение строителей (НОСТРОЙ) [Электронный ресурс]. : <https://www.nostroy.ru> (дата обращения: 01.06.2024).
9. Пат. 2685434 РФ. Способ защиты строительных конструкций от климатических воздействий / В.С. Сидоров. - № 2018134567; заявл. 10.09.2018; опубл. 20.04.2019.
10. Строительная климатология пособие к СНиП 23-01-99. Москва, НИИ строительной физики РААСН 2006 г.

11. Основы учёта климатических и геофизических условий при проектировании и строительстве искусственных сооружений: Учебное пособие / А.А. Топеха. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003 г.

12. Охрана труда. СНиПы и нормы проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха : учебное пособие 1958 г.

13. Методическое пособие по подготовке курсовой расчетно-графической работы : архитектурный институт 2011г.