



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

Кафедра метеорологических прогнозов

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему: «Анализ климатических особенностей г. Кисловодск»

Исполнитель Куц Анастасия Сергеевна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук  
(ученая степень, ученое звание)  
Ефимова Юлия Викторовна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
заведующий кафедрой

  
(подпись)

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

Анискина Ольга Георгиевна  
(фамилия, имя, отчество)

« 06 » 06 2025 г.

Санкт-Петербург  
2025

## Оглавление

Введение.....	2
1. Изменения климата .....	4
1.1 Причины и последствия глобального потепления.....	4
1.2 Изменчивость климата .....	7
1.1.2. Климатические прогнозы на будущее анализ и перспективы.....	10
1.2. Циркуляция атмосферы. Ячейки циркуляции.....	14
2. Особенности климата на юге России.....	17
2.1 Изменения климата на юге России.....	17
2.2. Климатическое описание города-курорта Кисловодска. ....	18
2.3. Рекреационные условия. ....	21
3. Анализ климатических особенностей города-курорта Кисловодска.....	24
3.1. Постановка целей и задач.....	24
3.2. Анализ зимнего климатического сезона в городе-курорте Кисловодске... ..	26
3.3. Анализ изменений средней температуры климатической зимы. ....	30
3.4. Анализ летнего климатического сезона в городе-курорте Кисловодске....	33
3.5. Анализ изменений средней температуры климатического лета. ....	38
3.6. Анализ условий формирования значительных перепадов среднесуточной температуры воздуха в смежных сутках в г.Кисловодске.....	42
Заключение .....	57

## Введение

За последние десятилетия климат нашей планеты претерпел значительные изменения. Эти изменения затрагивают не только мировые погодные условия, но и явным образом отражаются на климате в России. Изучение этих изменений представляет собой важную задачу, которая требует постоянного наблюдения за климатическими данными и их анализа. Исследование климата прошедших лет, являющееся важным направлением в современной науке, помогает выявлять тенденции и предсказывать возможные последствия климатических изменений в будущем. Климат влияет на многие аспекты человеческой деятельности, включая сельское хозяйство, промышленность, транспорт и другие сферы. Поэтому важно понимать климатические процессы и их воздействие на окружающую среду для разработки эффективных стратегий и решений. Данная работа сосредоточена на анализе изменений сезонных климатических характеристик города Кисловодска за период с 1964 по 2023 годы.

Кисловодск расположен в Северо-Кавказском регионе России между Черным и Каспийским морями, на юго-западе Ставропольского края, близ границ Карачаево-Черкесской и Кабардино-Балкарской республик и в 65 км от горы Эльбрус.

Город известен своими термальными источниками, живописными горными пейзажами и свежим воздухом. Также Кисловодск славится архитектурой XIX и XX века, красивыми парками и интересными музеями. В этом исследовании предполагается определить синоптические ситуации, сопровождающие переход температуры воздуха через значения 5 и 15 °C, а также анализировать периоды после этих изменений.

Цель работы: анализ климатических изменений в городе-курорте Кисловодске за период с 1964 по 2023 годы.

Для выполнения поставленной задачи необходимо выгрузить архив данных по среднесуточным температурам воздуха и отдельно проанализировать летний и зимний сезоны года.

Исследования были осуществлены на основе архивных данных среднесуточной температуры в городе Кисловодске за период с 1964 по 2023 годы, взятых архива данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».[11]

Размер и организация работы: выпускная квалификационная работа включает в себя введение, 3 главы, заключение и список использованной литературы и источников.

Первая глава отведена для рассмотрения глобального изменения климата на планете и его влияние на будущее.

Вторая глава посвящена климатическому описанию г.к. Кисловодска, расположению и его рекреационным условиям.

Третья глава данной работы описывает изучение особенностей основных и переходных периодов климатических сезонов в городе-курорте Кисловодске.

В ходе выполнения работы был проведен расчет и анализ продолжительности сезонов и их основных границ, а также проведена оценка среднесуточной температуры воздуха всех сезонов за период с 1964 по 2023 годы.

## 1. Изменения климата

### 1.1 Причины и последствия Глобальное потепление.

Глобальное потепление — одна из самых острых и актуальных проблем, с которыми сталкивается человечество в XXI веке. Оно затрагивает климатические системы планеты, изменяя погодные условия, экосистемы и экономические структуры. Глобальное потепление климата связано с постепенно нарастающими последствиями жизнедеятельности человека. Глобальное потепление представляет собой долгосрочное повышение средней температуры на Земле, в основном вызванное увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере. Эти газы, такие как углекислый газ (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>) и закись азота (N<sub>2</sub>O), образуются в результате различных человеческих и природных процессов и способствуют парниковому эффекту, который удерживает тепло на планете.

Невозможность определить причины потепления не дает строить надежные прогнозы изменчивости климата в будущем. Это повышает риск неправильных мер и действий по борьбе с отрицательными последствиями с глобальным потеплением. Согласно данным ученых, за последние 150 лет средняя температура Земли повысилась на 1,2 °С. Несмотря на кажущуюся небольшую величину, это изменение имеет серьезные последствия, включая таяние льдов в Арктике и Антарктике, повышение уровня моря, изменение условий для сельского хозяйства и увеличение числа экстремальных погодных явлений.[1]

*Причины глобального потепления.* Основной причиной глобального потепления, по мнению большинства учёных, является антропогенная деятельность, которая кардинально изменила состав атмосферы и нарушила природный баланс.

Одним из ключевых факторов стало сжигание ископаемого топлива — угля, нефти и газа. Промышленность, транспорт и электроэнергетика выбрасывают огромные объёмы углекислого газа, концентрация которого с

начала промышленной революции непрерывно растёт, напрямую влияя на повышение среднегодовой температуры на планете.

Параллельно с этим массовая вырубка лесов значительно снижает способность Земли поглощать углекислый газ, ведь они улавливают и накапливают углерод. Вместо этого дополнительный углерод освобождается и усиливая парниковый эффект.

Не меньший вклад в усиление глобального потепления вносят сельское хозяйство и животноводство, которые выделяют метан (парниковый газ с мощным тепловым эффектом) значительно превосходящим углекислый газ. Использование азотных удобрений приводит к выбросам закиси азота, ещё одного мощного парникового газа.

Помимо того, промышленное производство, начиная от химической промышленности до металлургии, это служит источником различных парниковых газов, увеличивая нагрузку на атмосферу и усугубляя климатические изменения. [2]

Все эти факторы взаимосвязаны и вместе вызывают ускорение глобального потепления, которое сегодня становится одной из главных угроз для жизни на Земле.

Рассмотрим гипотезы, связанные с глобальным потеплением:

Согласно антропогенной гипотезе, основной движущей силой климатических изменений является деятельность человека, особенно выбросы парниковых газов в результате сжигания ископаемого топлива, промышленных процессов и вырубки лесов. Многочисленные исследования подтверждают, что стремительный рост концентрации углекислого газа и метана в атмосфере напрямую коррелирует с индустриализацией и демографическим ростом.

В то же время существует мнение, что наблюдаемые изменения могут быть частью естественных климатических циклов, связанных с колебаниями солнечной активности, вулканическими извержениями. Однако эти процессы

обычно происходят гораздо медленнее и не объясняют быстрого повышения средних температур за последнее столетие.

Особую тревогу вызывает гипотеза положительной обратной связи, согласно которой потепление провоцирует дополнительные выбросы парниковых газов, создавая замкнутый круг. Например, таяние вечной мерзлоты высвобождает метан, а сокращение площади льдов уменьшает отражающую способность планеты, что ускоряет нагрев.

Кроме того, климатическая система Земли во многом зависит от взаимодействия океанов и атмосферы. Океанические течения, такие как Гольфстрим, играют ключевую роль в распределении тепла по планете, а их изменения могут привести к серьезным климатическим сдвигам.

Таким образом, глобальное потепление — это результат сложного переплетения природных и антропогенных факторов, каждый из которых требует тщательного изучения для понимания будущего климата Земли.[2]

*Последствия глобального потепления.* Глобальное потепление уже начинает оказывать заметное влияние на Землю: изменение климата, увеличение частоты и интенсивности экстремальных явлений, таких как ураганы, наводнения и засухи. Повышение уровня моря, таяние ледников и полярных шапок приводит к повышению уровня мирового океана, что угрожает прибрежным районам. Воздействие на экосистемы, изменения температуры и условий среды приводят к смещению ареалов обитания многих видов животных и растений, что может угрожать их выживанию. Влияние на здоровье человека, изменения климата могут усугубить существующие болезни и вызвать новые угрозы для здоровья.

Эффективная борьба с глобальным потеплением требует комплексных действий на всех уровнях от международного до местного.

Важнейшим шагом является переход на возобновляемые источники энергии, такие как солнечная, ветровая и гидроэнергетика, что позволит сократить зависимость от ископаемого топлива и снизить вредные выбросы.

Одновременно с этим необходимо внедрять энергоэффективные технологии в промышленности и жилом секторе, чтобы минимизировать потери энергии и уменьшить углеродный след.

Также важно сохранять и восстанавливать природные экосистемы, особенно леса, которые играют ключевую роль в поглощении углекислого газа.

Государства и местные сообщества тоже должны уделять особое внимание защите существующих лесов и активному восстановлению вырубленных территорий.

Просвещение и информирование населения о причинах и последствиях климатических изменений также имеют огромное значение. Осознанное отношение людей к потреблению ресурсов способно значительно снизить нагрузку на окружающую среду.

Ни одна страна не сможет справиться с глобальным потеплением в одиночку. Только совместные усилия, международные соглашения и координированная политика позволят выработать эффективные стратегии по сокращению выбросов и адаптации к уже неизбежным изменениям климата.[3]

## 1.2 Изменчивость климата

Климат нашей планеты — это сложная и динамичная система, находящаяся под влиянием множества факторов, как естественных, так и порожденных деятельностью человека. Его изменчивость проявляется в долгосрочных колебаниях погодных условий, перестройке экосистем и трансформации целых регионов.

Антропогенные факторы.

Сжигание угля, нефти и газа насыщает атмосферу парниковыми газами, создавая плотный купол, удерживающий тепло. Вырубка лесов, природных фильтров углекислого газа, лишь усугубляет этот процесс, лишая планету ее естественных механизмов саморегуляции. Сельское хозяйство, особенно интенсивное животноводство и использование химических удобрений, вносит

свой вклад, пополняя атмосферу метаном и закисью азота — газами, чье влияние на потепление в разы мощнее, чем у CO<sub>2</sub>.

#### Природные факторы.

Климат всегда был подвержен и естественным колебаниям. Солнце, главный источник энергии для Земли, оно меняет свою активность, пусть и в масштабах, не сравнимых с антропогенным влиянием. Также пробуждение вулканов способствует на годы изменить климатическую картину, выбрасывая в стратосферу пепел, отражающий солнечные лучи. Течения океанов перераспределяют тепло по планете, а их смещение может привести к резким переменам в региональных погодных режимах.

#### Социально-экономические факторы.

Социально-экономическое развитие также вносит лепту в климатическую изменчивость. Рост городов превращает их в «тепловые острова», где бетон и асфальт накапливают тепло, изменяя местный микроклимат. Зависимость от ископаемого топлива и неэффективные технологии лишь усиливают изменчивость глобального потепления.

#### Земные процессы

Поверхность планеты не остается статичной — человеческая деятельность преобразует ландшафты. Распашка земель, осушение болот, строительство водохранилищ меняют баланс углерода и круговорот воды. А таяние ледников, этих древних хранилищ пресной воды, не только поднимает уровень океана, но и нарушает температурный режим морей, что влечет за собой цепную реакцию климатических сдвигов.

Таким образом, изменчивость климата — это результат тонкого взаимодействия природных циклов и деятельности цивилизации. И если на первом этапе человек повлиять не в силах, то сокращение антропогенного воздействия, это тот рычаг, который может помочь сохранить хрупкое равновесие нашей планеты. [12]

В мире, где климатические изменения становятся все более ощутимыми, Всемирная метеорологическая организация (ВМО) выступает в роли объединяющей силы, помогающей человечеству не только осознать масштабы трансформации, но и адаптироваться к ним.

Мониторинг атмосферных процессов лежит в основе деятельности ВМО. Собирая данные с тысяч метеостанций, спутников и океанских буев, организация создает глобальную картину климатических тенденций, выявляя тревожные сигналы от роста температур до учащения экстремальных явлений.

Также ВМО поддерживает исследования в области климатологии, способствует углублению знаний, помогая объяснять сложные механизмы, управляющие погодой и климатом.[4]

Благодаря системам прогнозирования, разрабатываемым ВМО, страны получают возможность заранее узнавать о надвигающихся ураганах, засухах или наводнениях, спасая тысячи жизней. Особое внимание уделяется развивающимся государствам, которым организация предоставляет технологии, обучает специалистов и помогает создавать устойчивые метеорологические службы.

Ключевая роль ВМО в международной дипломатии климата. Участвуя в глобальных форумах, таких как конференции ООН, организация выступает мостом между наукой и политикой, обеспечивая принятие решений на основе достоверных данных. Ее ежегодные отчеты, включая знаменитый «Глобальный обзор климата», становятся настольными книгами для правительств, экологов и экономистов, формируя повестку дня в борьбе с потеплением.

В результате этих действий ВМО стремится помочь странам мира более эффективно реагировать на изменение климата, улучшить систему борьбы с его последствиями и способствовать международному сотрудничеству в этой критически важной области.

На сайте Всемирной метеорологической организации в статье от 18 сентября 2024 года обсуждается важная тема единства научного сообщества в борьбе с изменениями климата. Климат не признает границ — ураганы, засухи и

наводнения затрагивают все континенты, стирая политические и географические разделения. Именно поэтому так важно глобальное научное единство. Когда исследователи из разных стран объединяют данные, методы и прогнозы, их выводы приобретают неоспоримую силу, превращаясь в четкие рекомендации для власти и бизнеса. [4]

Совершенствование климатического мониторинга становится ключевой задачей: новые технологии сбора и анализа информации позволяют не только предсказывать изменения, но и оценивать их последствия для каждого региона. Эти знания— основа для научно обоснованных стратегий адаптации, где меры по смягчению последствий идут на равне с повышением устойчивости сообществ.[4]

Однако даже самые продуманные планы останутся не выполненными без сотрудничества. Правительство, научные центры и частные компании должны «говорить на одном языке», объединяя ресурсы для реализации климатических инициатив. И невозможно переоценить роль общественного просвещения, только осознавая масштабы угрозы, люди смогут стать не пассивными наблюдателями, а активными участниками изменений.

В конечном счете, статья ВМО — это напоминание о простой истине: климатический кризис можно преодолеть лишь сообща. От лабораторий до парламентов, от университетских аудиторий до местных сообществ — каждый уровень взаимодействия важен. Ведь когда наука, политика и гражданское общество движутся в одном направлении, даже самые амбициозные цели становятся достижимыми. И именно в этом единстве — залог нашего общего будущего на планете, которая стремительно теряет привычные очертания.[4]

#### 1.1.2. Климатические прогнозы на будущее анализ и перспективы.

Ученные со всего мира работают над созданием прогнозов о том, как изменится климат в будущем и какие последствия это будет иметь для человечества и биосферы.

Основной угрозой, исходящей от изменений климата, является глобальное потепление. Согласно исследованиям Межправительственной панели по изменению климата (МППП), средняя температура на планете может увеличиться на 1,5–2 °С к 2040 году. Это может привести к следующим плачевным последствиям:

Ураганы, некогда редкие и мощные, становятся частыми гостями, а засухи и наводнения — новыми «сезонами» в календаре многих регионов. Ледники тают с пугающей скоростью, отдавая океанам свои вековые запасы. К концу столетия уровень моря может подняться на целый метр.

Климатические изменения в глобальном климате приведут к значительным изменениям в распределении осадков. Одни регионы будут тонуть под проливными дождями, другие иссыхать под палящим солнцем. Такой разбалансированный гидрологический режим ставит под угрозу сельское хозяйство, основу продовольственной безопасности человечества. Поля могут превратиться в бесплодные земли, а ключевые сельскохозяйственные регионы мира столкнуться с невиданными ранее засухами.

Особую тревогу вызывает судьба биосферы. Животные и растения, приспособившиеся к определенным условиям, теперь вынуждены мигрировать или вымирать. Темпы вымирания видов могут достичь катастрофических масштабов, нарушая хрупкое равновесие экосистем. Каждое потерянное звено в этой сложной цепи жизни делает всю планетарную систему более уязвимой.[2]

Экономические последствия климатических изменений сравнятся по масштабам с глобальными кризисами. Ущерб от экстремальных погодных явлений может привести к экономическим катастрофам и росту бедности, а под угрозой оказываются целые отрасли от сельского хозяйства до туризма. Для развивающихся стран, чья экономика тесно связана с природными ресурсами, это может обернуться настоящей гуманитарной катастрофой.

В условиях меняющегося климата крайне важно не только снизить выбросы парниковых газов, но и адаптироваться к новым условиям. Адаптация может включать развитие устойчивых инфраструктур, защиту прибрежных зон, изменение сельскохозяйственных практик и разработку стратегий управления водными ресурсами. Климатические изменения глобальная проблема, требующая международного сотрудничества. Парижское соглашение, подписанное большинством стран мира, ставит целью ограничить глобальное потепление до 1,5 °С по сравнению с доиндустриальными уровнями. Однако для достижения этой цели необходимо, чтобы государства не только подписывали соглашения, но и активно их исполняли.

Климатические прогнозы на будущее рисуют картину, которая требует немедленных действий и обширного сотрудничества на глобальном уровне. Изменения климата затрагивают всех людей, и подход к данному вопросу должен быть комплексным и многогранным. [2]

Современные исследования климатических изменений на юге России основываются на комплексном применении прогностических моделей различного масштаба направленных на оценку потенциальных трансформаций природных систем и социально-экономических сфер региона. Разработка таких моделей представляет собой разносторонний процесс, объединяющий глобальные климатические тенденции с региональными географическими особенностями.

В методологическом плане климатическое моделирование осуществляется через последовательное применение глобальных и региональных моделей. Глобальные климатические модели, воспроизводящие общепланетарные атмосферные процессы, служат общей картиной для понимания макроскопических изменений температурного режима и циркуляции воздушных масс, оказывающих влияние на южные территории России.

Для получения детализированных прогнозов требуется дополнительное использование региональных моделей, учитывающих специфические

особенности местности – рельеф, почвенно-растительный покров, гидрологические характеристики и другие параметры, существенно влияющие на формирование микроклимата.

Особое значение в прогностических исследованиях приобретает различные сценарии изменений, что позволяет оценивать, как будущие экономические и экологические тенденции могут повлиять на климат региона. Такой подход обеспечивает возможность прогнозирования климатических параметров на период нескольких десятилетий, что имеет принципиальное значение для разработки долгосрочных стратегий адаптации.[5]

Практическая значимость климатического моделирования проявляется в его применении для решения ключевых задач регионального развития. Полученные прогностические данные используются при формировании стратегий адаптивного землепользования, оптимизации водохозяйственных систем и разработке мер по сохранению биологического разнообразия.

В аграрном секторе результаты моделирования позволяют прогнозировать изменения продуктивности сельскохозяйственных угодий и своевременно адаптировать технологии возделывания культур. В сфере природопользования моделирование способствует оценке рисков деградации экосистем и разработке превентивных мер охраны окружающей среды.

Таким образом, климатическое моделирование для юга России представляет собой важный инструмент научного обеспечения процессов адаптации к глобальным изменениям климата. Совершенствование методов моделирования с учетом региональной специфики продолжает оставаться актуальной задачей, решение которой способствует повышению точности прогнозов и эффективности управленческих решений в условиях меняющихся климатических реалий. [5]

Климатические изменения для юга России на ближайшее годы предполагают несколько тенденций:

Во-первых, ожидается, что среднегодовая температура будет постоянно расти.

Во-вторых, прогнозируется изменение режима осадков и ожидание более сильных ливней в короткие периоды, что приведет к наводнениям и более долгим засушливым периодам.

В-третьих, изменение климата приведет к более частым экстремальным погодным явлениям таким, как ураганные ветры и смерчи.

В-четвертых, ожидается увеличение риска ухудшения состояния экосистем, что приведет к увеличению числа вредителей и болезней среди растений и животных.

## 1.2. Циркуляция атмосферы. Ячейки циркуляции.

Общая циркуляция атмосферы — это система основных воздушных течений в тропосфере, стратосфере и нижней мезосфере, которые взаимосвязаны и описываются гидродинамическими уравнениями. Важную роль в климате и погоде Земли играют крупномасштабные атмосферные движения, такие как струйные течения, циклоны, антициклоны, пассаты и муссоны. Мелкие локальные движения, например, шквалы и смерчи, имеют менее значительное влияние на общую циркуляцию.[6]

Основные факторы, определяющие атмосферную циркуляцию, включают солнечную радиацию, вращение Земли, неоднородность земной поверхности и трение. Вращение Земли влияет на воздушные движения только в умеренных и высоких широтах. Также важно влияние температуры на циркуляцию, которое распространяется от земли до всей тропосферы. Ключевые закономерности атмосферной циркуляции включают:

- Горизонтальные движения воздуха быстрее вертикальных.
- Преобладание зональных течений над меридиональными.
- Вихревой характер атмосферных движений. Эти закономерности помогают понять, как атмосфера влияет на погоду и климат.

Атмосферные движения постоянно изменяются и являются нестационарными, что приводит к изменениям в циркуляции и её структурных элементах. Основные принципы включают:

- Непостоянство и изменчивость атмосферных движений.
- Изменения направления и скорости воздушных потоков в разных слоях и по сезонам.

Также существуют волновые движения, чем-то схожие с приливами в океане, и они могут влиять на атмосферную циркуляцию. Влияние атмосферного давления и циклонов также связано с волновыми процессами, которые имеют сложную природу и не всегда поддаются простому физическому объяснению.

Основная масса атмосферы сконцентрирована в тонком слое, где основная кинетическая энергия зависит не только от скорости ветра, но и от плотности воздуха. Сезонные изменения в атмосферной циркуляции обусловлены колебаниями солнечной радиации, особенно заметными в северном полушарии, где материки имеют значительные площади.[6]

Средние месячные и сезонные метеокарты помогают понять распределение метеорологических величин и их структуру. Основным типом атмосферы является зональный перенос воздуха, обусловленный температурными различиями между низкими и высокими широтами. Западная циркуляция преобладает в тропосфере и нижней стратосфере умеренных и высоких широт в течение всего года, так как температура и давление в тропиках выше, чем в полярных регионах. Сезонные температурные изменения приводят к циркуляции воздуха между материками и океанами, хотя она менее мощная, чем циркуляция, вызванная разницей температур между экватором и полюсами. Циклоны и антициклоны вносят дополнительную сложность в атмосферное движение. На поверхности Земли высокое давление наблюдается в полярных областях, откуда ветры направляются к умеренным зонам, где часто возникают циклоны и низкое давление. Из субтропиков, где также преобладают антициклоны, ветры идут в сторону экватора. Пассаты в северном и южном

полушариях действуют круглый год. Эта схема давления и ветров особенно заметна в южном полушарии, где континенты меньше искажают структуру. На сезонных картах давления выделяются центры действия атмосферы, такие как исландская депрессия и азорский антициклон в северном полушарии, а также предантарктическая зона и южноатлантический антициклон в южном. Кроме этих основных центров, существуют также австралийские циклоны и антициклоны. С увеличением высоты структура давления становится проще, мелкие особенности исчезают, и на высотах 3–5 км и выше проявляется основной западный перенос воздуха, отражающий главную систему атмосферной циркуляции. [6]

Схема общей циркуляции атмосферы (рисунок 1.1) способствует пониманию некоторых закономерностей движения воздушных масс. Согласно этой схеме, в каждом полушарии можно выделить три основные кольцевые системы циркуляции воздуха.

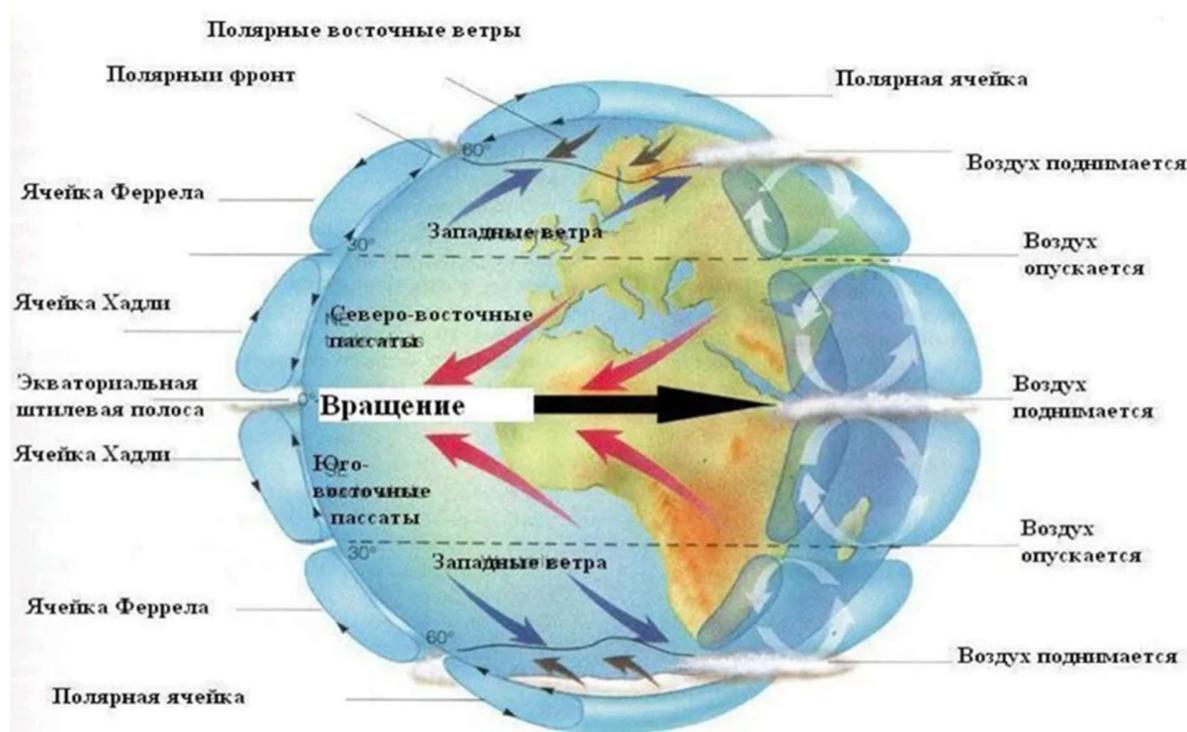


Рисунок 1.1. Схематичная модель общей циркуляции атмосферы.

Ячейки циркуляции – это большие атмосферные системы, которые формируются из-за неравномерного нагрева Земли. Они играют ключевую роль в

распределении тепла и влаги в атмосфере. Основные ячейки циркуляции включают:

- Ячейки Хэдли — представляют собой наиболее мощные элементы атмосферной циркуляции, находящиеся на низких широтах. В этих ячейках наблюдаются восходящие потоки в районе экватора и нисходящие потоки в тропиках и субтропиках, примерно на широтах  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$  (первое кольцо — «тропическое»).

- Ячейки Ферреля, — отличающиеся меньшей интенсивностью, располагаются в средних широтах. В их структуре восходящие потоки формируются на широтах около  $60^{\circ}$ , в то время как нисходящие потоки наблюдаются в тропиках (второе кольцо-«умеренное»). Циркуляция в ячейках Ферреля и Хэдли противоположна, что создает интересные климатические взаимодействия.

- Полярные ячейки являются самыми слабыми из всех трех типов. В этих ячейках восходящие потоки формируются вблизи  $60^{\circ}$  широты, а нисходящие — в полярных регионах (третье кольцо — «полярное»).

Направление циркуляции ячеек Ферреля и Хэдли совпадает с направлением ячеек Хэдли, что подчеркивает единство механизмов, действующих в атмосфере. [6]

## 2. Особенности климата на юге России.

### 2.1 Изменения климата на юге России.

Изменения климата оказывают значительное влияние на экосистемы, сельское хозяйство и социально-экономическую ситуацию.

За последние десятилетия специалисты наблюдают увеличение средней температуры, что приводит к более жарким погодным условиям летом и более мягким зимам. Последние годы каждое лето на юге начинается наводнениями.

Редкие, но сильные дожди и снег вредят сельскому хозяйству, основные сельскохозяйственные районы Кубани и Ставрополя становятся более

уязвимыми к засухам, это влечет большие потери в сборе урожая и животноводстве, так же изменения в количестве и распределении осадков могут приводить к повышению риска наводнений в один год, а к засухе в другой, также к падению уровня грунтовых вод и изменению ландшафтов.

Воздействие на биоразнообразие Кавказских гор угрожает уникальным экосистемам в местообитании животных и редких растений. В XXI веке кавказские ледники тают вчетверо быстрее, чем в 1910-1960-х. Оттуда текут многие южные реки, сначала ледники могут дать им больше воды, но в долгосрочной перспективе реки потеряют подпитку летом, и в совокупности с долгими засухами это повлечет кризисы. Из-за таяния ледников растут риски лавин и оползней.

Экономически это повлечёт большие потери в сельском хозяйстве и многие люди потеряют основной доход для существования. Так же изменение климата очень сильно влияет на миграцию и массовую гибель рыб, крабов и моллюсков.

Без активных действий в ближайшие десятилетия возможна масштабная трансформация ландшафтов региона, что может негативно сказаться на экологии и сельском хозяйстве. [7]

## 2.2. Климатическое описание города-курорта Кисловодска.

Кисловодск — это один из знаковых курортов Кавказских Минеральных Вод, известный своими уникальными климатическими условиями и целебными минеральными водами. [8]

Город расположен на высоте около 800 метров над уровнем моря в предгорьях Кавказа, что оказывает влияние на общий климат региона. Город расположен на стыке различных климатических зон таких как умеренно-континентальная, горная и средиземноморская, это делает его уязвимым для влияния воздушных масс, приходящих с севера и юга. Благодаря своему

расположению здесь образовался особенный микроклимат, из-за постоянной горно-долинной циркуляции, воздух не застаивается.

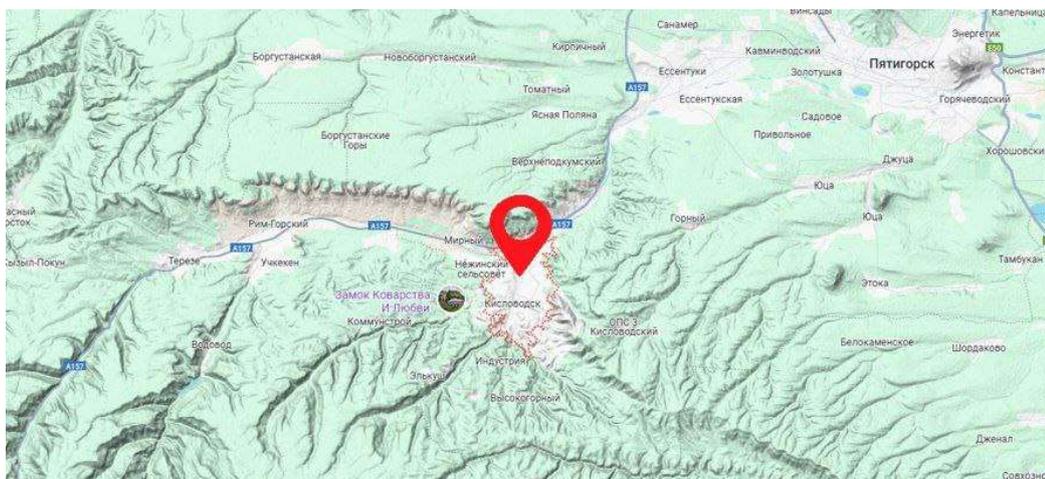


Рисунок 2.1. Рельеф местности.

На горных склонах простираются альпийские луга, а в окрестностях города горно-степна растительность. Довольно приятные погодноклиматические условия в Кисловодске привлекают людей для отдыха и оздоровления. Это означает, что здесь наблюдаются теплые летние месяцы и холодные зимы. Из-за расположения Кисловодска - влажность воздуха низкая, что помогает благоприятно переносить жару. Среднегодовая температура составляет около 9-10 °С. Лето с июня по август здесь обычно теплое, с температурами, достигающими 25-30 °С. Однако, благодаря своей высоте, ночи могут быть достаточно прохладными. В июле и августе температура может иногда превышать 30 °С, что делает это время популярным среди туристов. Зима, с декабря по февраль в Кисловодске умеренно холодная, средние температуры варьируются от -5 до 5 °С. Снегопады в зимний период случаются, но нечасто, и снег обычно быстро тает, что делает Кисловодск доступным в течение всего зимнего сезона. [8]

Город находится в подножии Главного Кавказского хребта, это положение благоприятно сказывается на климате, делая его более мягким и умеренным. Благодаря горным массивам, в Кисловодске формируется собственный микроклимат. Горы защищают город от холодных северных ветров, а южные

склоны позволяют получать больше солнечного света, что ведет к теплым летним месяцам.

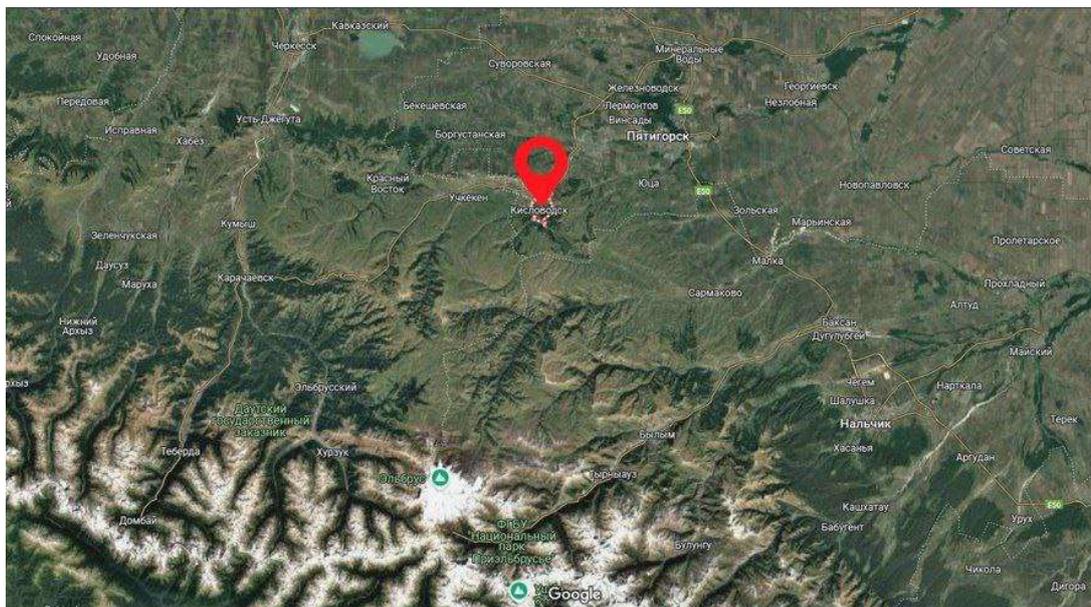


Рисунок 2.2. Расположение города курорта

Расположенный на высоте 800 метров над уровнем моря, Кисловодск обладает уникальными климатическими характеристиками, создающими идеальные условия для оздоровления. Разреженный горный воздух с пониженной влажностью оказывает благотворное влияние на дыхательную систему, делая курорт особенно ценным для людей с дыхательными заболеваниями.

Особую привлекательность Кисловодску придает солнечная активность - количество солнечных дней достигает 270 в году. Такое обилие солнечного света в сочетании с мягким ультрафиолетовым излучением создает оптимальные условия для климатотерапии в весенне-летний период.[8]

Даже в самые жаркие дни местный микроклимат сохраняет комфортные показатели благодаря особому рельефу и обилию зеленых насаждений. Горные склоны обеспечивают естественную вентиляцию, а парковые зоны насыщают воздух, создавая эффект природного кондиционирования.

Особую терапевтическую ценность курорту придают уникальные минеральные источники, чьи воды обладают доказанной эффективностью в лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта и нарушений обмена веществ.

В сочетании с целебным климатом это делает Кисловодск комплексным бальнеологическим курортом федерального значения.

Таким образом, микроклиматические особенности Кисловодска формируют уникальную природную лечебную среду, где географические факторы гармонично сочетаются с рекреационными возможностями, создавая идеальные условия для бальнеологического лечения и оздоровительного туризма.

Город-курорт получает умеренное количество осадков, среднегодовые осадки составляют около 600-800 мм. Больше всего осадков выпадает в весенние месяцы, особенно в мае, и в начале осени. Лето, как правило, сухое, что способствует развитию курортного бизнеса и активному отдыху на свежем воздухе.

Климатические данные Кисловодска важное преимущество для его развития как курортного города, так и здравницы. Разнообразные климатические условия, большая солнечная активность, свежий горный воздух и минеральные воды создают идеальные условия для отдыха и лечения. Это делает Кисловодск одним из наиболее привлекательных мест для туристов как в летний, так и в зимний период. [8]

### 2.3. Рекреационные условия.

В городе-курорте хорошо развиты условия для восстановления и поддержания здоровья. Среди многочисленных природных факторов климат оказывает очень значительное влияние на здоровье человека. Климатотерапия включает в себя совокупность методов лечений, влияний метеорологических факторов на организм. Довольно приятные погодно-климатические условия в Кисловодске привлекают людей для отдыха и оздоровления, сюда съезжаются до 250 тысяч человек для улучшения своего здоровья. Так как Кисловодск определяется чистотой воздуха, малым колебанием влажности, практически безветренной, без туманной погодой и обилием солнечных дней он имеет большую ценность среди горожан. [9]

Кисловодск по праву считается жемчужиной Кавказских Минеральных Вод, предлагая уникальное сочетание лечебных, рекреационных и культурных возможностей. Основой его привлекательности являются знаменитые минеральные источники, воды которых обладают доказанной терапевтической эффективностью. Многочисленные санатории города используют эти природные богатства для комплексного лечения заболеваний пищеварительной системы, органов дыхания и опорно-двигательного аппарата, создавая идеальные условия для восстановления здоровья.

Природное окружение Кисловодска представляет собой идеальное место для любителей активного отдыха. Живописные горные тропы, пролегающие через уникальные ландшафты Кавказа, привлекают поклонников пешего туризма и экологических маршрутов. Особой гордостью города являются его парковые зоны, среди которых выделяется Кисловодский парк - один из крупнейших рукотворных парков Европы. [9]

Спортивная инфраструктура курорта удовлетворяет запросы самых разных любителей активного образа жизни. Современные велосипедные дорожки, парковые терренкуры и организованные походы в горы делают Кисловодск привлекательным для тех, кто совмещает лечение с физической активностью.

Кисловодск известен своим культурным наследием и проводит множество мероприятий, включая фестивали, выставки и концерты. Это создает уникальную атмосферу и привлекает туристов, заинтересованных в культуре и искусстве города. А близость к горнолыжным курортам позволяет гостям Кисловодска разнообразить свой отдых зимними видами спорта.

Таким образом, Кисловодск представляет собой уникальный союз лечебного, активного и культурного отдыха, где каждый может найти оптимальный вариант для улучшения здоровья и духовного обогащения. Этот курорт сочетает в себе многовековые традиции бальнеологии с современными

возможностями для разностороннего досуга, создавая по-настоящему уникальное пространство для оздоровления и отдыха.

Самое главное климатотерапия в Кисловодске практически не имеет противопоказаний, в отличие от приморских курортов. Людям с сердечно-сосудистыми заболеваниями не рекомендуется посещать приморские курорты так, как может быть слишком высокое атмосферное давление и жара. Так же не рекомендуются к посещению морские курорты, людьми у которых имеются серьезные проблемы с заболеванием дыхательной системы из-за возможной аллергической реакции. [10]

Климатотерапия в Кисловодске особенно эффективна при заболеваниях дыхательной системы, сердечно-сосудистых и нервных расстройствах. Так же Кисловодск славится грязелечебницами, грязь добывают из Тамбуканского озера, нарзанами, которые благоприятно влияют на нервную систему и помогают ей восстанавливаться быстрее. Многие люди приезжают сюда не только для лечения, но и для профилактики заболеваний, а также для улучшения общего самочувствия. [10]

### 3. Анализ климатических особенностей города-курорта Кисловодска.

#### 3.1. Постановка целей и задач.

Город-курорт Кисловодск является круглогодичным курортом. Сюда съезжаются туристы со всей России для курортного лечения, за прогулками по уникальным природным ландшафтам. Курорт называется круглогодичным из-за мягкого климата, лето теплое и знойное, а зима умеренно холодная, что делает курорт привлекательным для гостей города. Лечебные программы, предлагаемые знаменитыми санаториями, и активный отдых, предоставляемый туристическими компаниями и прогулки в самом большом в Европе заповеднике «Национальный парк Кисловодский».

С момента первого полноценно описанного курортного сезона в 1798 году и официального признания Кисловодска как бальнеологического и климатического курорта в 1803 году, когда Александром I был подписан рескрипт о придании КМВ статуса курорта, город привлекает многочисленных туристов и пациентов. Именно поэтому мониторинг изменений термического режима в разные сезоны года имеет не только научное, но и практическое значение. С учетом современных климатических изменений, исследование термического режима и его влияния на погодные явления в Кисловодске становится насущной задачей, что позволит не только сохранять здоровье людей, но и обеспечивать дальнейшее процветание города как курорта.

Исследование изменений термического режима, погодных явлений и климата в Кисловодске представляет собой актуальную задачу как для курорта, так и для здравницы. Поскольку Кисловодск является круглогодичным курортом с богатой историей, понимание климатических изменений становится особенно актуальным.

Город находится в районе с умеренным континентальным климатом, но последние изменения свидетельствуют о смягчении климатических условий. Климатические условия в Кисловодске приближаются к средиземноморскому климату.

Цель бакалаврской работы заключается в исследовании климатических изменений в курортном городе Кисловодске за период с 1964 по 2023 годы. Для выполнения поставленной цели необходимо рассчитать и проанализировать границы основных климатических сезонов, их продолжительность и их среднюю температуру. В последние годы в городе Кисловодск, в первые месяцы весны, стали наблюдаться значительные понижения температуры воздуха, которые часто сопровождаются осадками в виде снега и мокрого снега. Например, даже в 2025 году 12 апреля на фоне цветения растений температура воздуха понизилась до  $-5^{\circ}\text{C}$  и выпадали осадки в виде снега.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

Рассчитать и проанализировать границы продолжительности и среднюю температуру воздуха зимнего и летнего климатических сезонов. Затем со значительным количеством случаев аномальных перепадов температуры в весенний период было принято решение отдельной задачей поставить анализ условий формирования значительных перепадов среднесуточной температуры воздуха в г.к. Кисловодске за период 1964 по 2023 год.

На основании критериев аномальных явлений предполагается выбрать случаи значительных перепадов температуры смежных суток более  $10^{\circ}\text{C}$  по модулю.

Также в работе предполагается сделать анализ формирования выпадения осадков в виде снега и мокрого снега в весенний период 2025 года, после дат устойчивого перехода через  $5^{\circ}\text{C}$ .

Для выполнения поставленной задачи необходимо выгрузить архив данных по среднесуточным температурам воздуха и отдельно проанализировать летний и зимний сезоны года.

В качестве климатических характеристик были определены границы, продолжительность и средние температуры сезонов. Границы сезонов в данной

работе обозначаются датами, когда температура воздуха устойчиво пересекает заданные значения.

Даты зимнего устойчивого перехода через 5 °С начало сезона - на понижение, окончание сезона- на повышение.

Летний период заключается между датами устойчивого перехода температуры воздуха через 15 °С, также предполагается расчёт перехода через 10 °С.

Даты устойчивого перехода температуры воздуха рассчитываются методом В.А.Хаустова (РГГМУ).

Среднесуточные температуры воздуха были получены из архивов данных специализированных массивов для климатических исследований ВНИИГМИ-МЦД. [11]

3.2. Анализ зимнего климатического сезона в городе-курорте Кисловодске.

В процессе выполнения бакалаврского проекта за каждый год исследуемого периода были получены значения средней температуры воздуха климатических сезонов в городе Кисловодске. Температура рассчитывалась на основе полученных ранее границ сезонов.

Рассмотрим термический режим зимнего климатического сезона с 1964 по 2023г.

В процессе работы были определены даты, когда среднесуточные температуры воздуха переходят через 5 °С. Результаты расчетов представлены в сводной таблице 3.1

В ходе анализа данной таблицы можно сделать вывод, что начало сезона с 1964 года по 2023 годы даты устойчивого перехода через 5 °С наблюдалось в основном в октябре и ноябре. В редких случаях в декабре, это происходило в 2 декабря 1966 года, в 1980 году 7 декабря, в 1990 году 3 декабря, в 2023 году 5 декабря. Самый поздний переход на понижение был в 2010 году 11 декабря, а самый ранний переход на понижение был зафиксирован 10 октября 1977 года.

После 2017 года переходы на понижение в октябре не наблюдалось. Самый короткий холодный сезон в г.Кисловодске наблюдался зимой 2022/2023 года, начало было зафиксировано 29 ноября 2022 года, а окончание 8 марта 2023года, продолжительность составила 99 дней.

Таблица 3.1. Таблица полученных данных. Даты перехода среднесуточных температур воздуха через 5 °С.

период	Дата начала климатической зимы			период	Дата окончания климатической зимы	
	октябрь	ноябрь	декабря		март	апрель
1964	27			1964	17	
1965	13			1965		20
1966			2	1966	25	
1967		14		1967		8
1968	26			1968	27	
1969		30		1969		14
1970		23		1970	26	
1971		27		1971	19	
1972		27		1972	29	
1973	24			1973		2
1974		5		1974		12
1975	28			1975	30	
1976	16			1976		3
1977	10			1977	29	
1978	31			1978	17	
1979	25			1979	12	
1980			7	1980	27	
1981		3		1981		11
1982		6		1982	29	
1983		12		1983	20	
1984	30			1984	31	
1985		16		1985	29	
1986		5		1986	26	
1987	23			1987		7
1988	21			1988		6
1989		5		1989		2
1990			3	1990	20	
1991	25			1991	22	
1992		6		1992	28	
1993	27			1993	24	
1994		4		1994		4
1995		9		1995	20	
1996	27			1996		15
1997	27			1997	30	
1998		8		1998		2
1999	19			1999		8
2000		6		2000	28	
2001		16		2001	12	
2002		25		2002		13
2003		7		2003		22
2004		18		2004	20	
2005		8		2005		7
2006		5		2006	29	
2007		3		2007		26
2008		7		2008	5	
2009		17		2009	26	
2010			11	2010	22	
2011	25			2011	26	
2012		11		2012		4
2013		15		2013	8	
2014	25			2014		7
2015	29			2015		17
2016	16			2016		1
2017		22		2017	29	
2018		11		2018	15	
2019		14		2019		5
2020		10		2020	3	
2021		10		2021		2
2022		29		2022	30	
2023			5	2023	8	

В бакалаврской работе были определены даты наступления зимнего сезона. Проведено осреднение данных. Не осреднённые и сглаженные скользящим средним (окно осреднения 30 лет) графики начала зимнего сезона представлены на рисунке 3.1.

а)



б)



Рисунок 3.1. Границы начала зимнего климатического сезона в городе-курорте Кисловодске с 1964 по 2023 годы: а – неосреднённые данные, б – скользящее осреднение (осреднение через 30 лет).

Обработка полученных данных на рисунке 3.1 а показала, что в начале периода исследования наблюдалось более позднее начало зимы, чем в начале 90-х годов. Наиболее ранние переходы на понижение температуры фиксировались: 13 октября 1965г., 10 октября 1977г., 19 октября 1999г. и 16 октября 2016 г. Самое раннее начало перехода было зафиксировано 10 октября 1977 года. После 90х годов начало зимы перешло на более поздние сроки, с самым поздним переходом

на понижение фиксировалась дата 11 декабря 2010 года. Так же были небольшие возвраты 25 октября 2011г. и 16 октября 2016 г.

По осредненному графику видно, что в первую половину исследуемого периода начало зимы стремилось к более ранним датам, а в последние годы наблюдалась тенденция к более позднему началу зимы. В 2002 и 2006 годах наблюдались небольшие отклонения в сторону более раннего начала перехода.

В бакалаврской работе были определены даты окончания зимнего сезона. Проведено осреднение данных. Не осреднённые и сглаженные скользящим средним график начала зимнего сезона можно увидеть на рисунке 3.2

а)



б)



Рисунок 3.2. Границы окончания зимнего климатического сезона в городе-курорте Кисловодске с 1964 по 2023 годы. а-неосредненные данные, б-скользящее осреднение (осреднение через 30 лет).

В период первого десятилетия наблюдаются нестабильные изменения значений, с максимумом 19 марта 1971 года. В период по 90е годы график колеблется в пределах конца марта и начала апреля с самым ранним переходом на повышение 12 марта 1979 года и самым поздним за этот период 11 апреля 1981 года. В 2000х годах наблюдается более выраженные колебания, с самым поздним переходом на повышение 26 апреля 2007 года. Далее более ранние переходы на повышение фиксировались: 5 марта 2008г., 8 марта 2013 г., 3 марта 2020г. Самый ранний переход на повышение был зафиксирован 3 марта 2020 года.

На графике осреднения видно, что с 1981 по 1987 годы график проходит практически на одном уровне и немного снижается, а в 1987 году показатель начинает рост и достигает второго максимума в 1989 году. С 1989 по 1992 годы возобновляется понижение, после чего в 1993 году график начинает рост до 1990 года с максимумом в 1995 году. Далее наблюдается понижение до 2000х годов и затем повышение с самым большим значением в 2002 году и после значение опять понижается.

В результате анализа климатических изменений зимнего сезона были получены нормы для периода с 1964 по 1993 год, и периода с 1994 по 2023 год, представленные в таблице 3.2.

Таблица 3.2 Осредненные даты начала и окончания зимнего сезона в г.к.Кисловодске за период с 1964 по 2023гг.

период (лет)	Начало зимы	Окончание зимы	Продолжительность
1964-1993	6 ноября	29 марта	151
1994-2023	9 ноября	30 марта	148

Приведенные данные показывают, что продолжительность зимнего климатического сезона сокращается на 3 дня. Это сокращение вызвано смещением начала зимнего сезона на более поздние сроки, в то время как его окончание не смещается.

### 3.3. Анализ изменений средней температуры климатической зимы.

Для анализа изменений средней температуры зимы был изучен термический режим зимнего сезона в городе Кисловодске. В этой работе

проведены исследования, для которых использовались архивные данные среднесуточных температур воздуха зимних климатических сезонов с 1964 по 2023 год. Применялся метод В.А. Хаустова, позволяющий рассчитать даты устойчивого перехода температуры через 5 °С, в результате чего был составлен архив дат переходов.

На рисунке 3.3 представлен график средней температуры воздуха при переходе через 5 °С в неосредненном и осредненном скользящим средним виде.

а)



б)



Рисунок 3.3 – Средняя температура воздуха зимнего климатического сезона в г. Кисловодска. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Анализ полученных данных показал, что на рисунке 3.3а наблюдается постепенное снижение среднесуточной температуры до 90-х годов, при этом

минимальное значение за весь исследуемый период было зафиксировано в 1971 году и составило  $-4,1^{\circ}\text{C}$ . Затем, ближе к 1997 году, температура несколько повысилась, с максимальным значением  $0,8^{\circ}\text{C}$ , отмеченным в 1980 году. После этого температура снова снижалась до 1992 года. Далее наблюдается рост температуры до 2001 года, с максимальным значением в  $1,5^{\circ}\text{C}$ , который был зафиксирован в 1998 году. С 2002 по 2011 год температура снижалась, достигнув минимальных значений: в 2002 году —  $-1,9^{\circ}\text{C}$ , в 2007 году —  $-2,5^{\circ}\text{C}$  и в 2011 году —  $-2,1^{\circ}\text{C}$ . После этого температура вновь увеличивалась до 2015 года, достигнув  $2^{\circ}\text{C}$ , а затем постепенно снижалась и в последние годы имела тенденцию к повышению. Максимальное значение температуры за весь период наблюдений было зафиксировано в 1965 году и составило  $3,2^{\circ}\text{C}$ .

По данным рисунка 3.3 б можно сделать вывод о том, что температура холодного полугодия в последние годы идет на переход через нулевой предел и на протяжении всего периода наблюдается ее устойчивое повышение.

Климатические данные о средних зимних температурах за различные базовые периоды приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 Осредненные по 30-ти летию даты начала и конца средней температуры зимнего сезона в г.к. Кисловодске за период с 1964 по 2023 год.

период (лет)	Начало зимы	Окончание зимы	Температура
1964-1993	6 ноября	29 марта	-0.9
1994-2023	9 ноября	30 марта	0.0

По результатам данной таблицы можно сделать вывод о том, что средняя температура воздуха зимнего климатического сезона повысилась на  $0,9^{\circ}\text{C}$ . Была выполнена статистическая оценка ряда средnezимних температур, результаты которой представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 Статистические характеристики ряда средnezимней температуры воздуха.

Ряд	Среднее	СКО $\sigma$	Дисперсия $\sigma^2$
Период 1	-0.9	1.3	1.7
Период 2	0.0	1.1	1.2
Весь ряд	-0.4	1.3	1.6

Для двух рассматриваемых базовых периодов наблюдается небольшая дисперсия. В период с 1964 по 1993 год температура имела большой разброс. Для анализа значимости изменений была рассчитана стандартная ошибка среднего для всего ряда. Изменения считались значимыми если стандартная ошибка средней не превышала величину изменения температуры воздуха зимы. В данном случае стандартная ошибка средней составила 0,3, изменения температуры составили 0,9°C. Такие изменения температуры считаются статистически значимыми и можно сделать вывод об значимых изменениях температуры зимнего периода. Согласно критерию Фишера, эмпирическое значение: 1,4, а теоретическое: 2,1, ряд данных признан однородным.

#### 3.4. Анализ летнего климатического сезона в городе-курорте Кисловодске.

Теперь остановимся на летнем климатическом сезоне. Его границы определяются моментом, когда среднесуточные температуры воздуха устойчиво превышают 15 °С.

По итогам расчетов, связанных с определением дат устойчивого превышения температуры воздуха через 15 °С, была составлена сводная таблица 3.5.

Изучение таблицы показывает, что с 1964 по 2023 годы начало сезона, когда температура воздуха стабильно превышает 15 °С, в основном приходится на май и июнь. В 1983 году был зафиксирован самый поздний переход на повышение температуры — 29 июня, а самый ранний переход на повышение фиксировался 27 апреля 2012 года. С 2018 по 2023 годы переход через 15 °С на повышение всегда происходил в мае. В течение всего исследуемого периода отмечались значительные колебания дат начала сезона.

Касательно окончания сезона, с 1964 по 2023 годы переходы температуры воздуха через 15 °С на понижение фиксировались в августе, сентябре и октябре.

В период с 1994 по 2010 годы понижение температуры отмечалось только в сентябре.

Таблица 3.5. – Даты перехода среднесуточных температур воздуха через 15°C. (апрель, май, июнь- на повышение, август, сентябрь, октябрь- на понижение)

период	дата начала			период	дата окончания			
	к.квизантийского века	апрель	май		июнь	к.квизантийского века	август	сентябрь
1964			30	1964		18		
1965			20	1965			16	
1966			28	1966		29		
1967				11	1967			7
1968				10	1968			27
1969				1	1969			7
1970				12	1970		27	
1971				8	1971			21
1972				23	1972			5
1973				20	1973		24	
1974				12	1974		23	
1975				27	1975			9
1976				17	1976		30	
1977				4	1977			12
1978				27	1978			18
1979				8	1979			9
1980				31	1980			4
1981				7	1981			7
1982				25	1982			11
1983				29	1983		23	
1984				24	1984		25	
1985				7	1985			6
1986				29	1986			20
1987				12	1987		15	
1988				3	1988		28	
1989				5	1989			10
1990				27	1990			14
1991				9	1991			3
1992				10	1992			9
1993				22	1993		31	
1994				6	1994			27
1995				20	1995			18
1996				12	1996			10
1997				8	1997			2
1998				7	1998			2
1999				5	1999			3
2000				22	2000			9
2001				11	2001			19
2002				15	2002			30
2003				7	2003			5
2004				14	2004			4
2005				19	2005			26
2006				21	2006			6
2007				17	2007			14
2008				14	2008			15
2009				2	2009			16
2010				26	2010			1
2011				29	2011			4
2012				27	2012			3
2013				21	2013			4
2014				10	2014			16
2015				20	2015			4
2016				13	2016			15
2017				5	2017			24
2018				16	2018			26
2019				15	2019			7
2020				27	2020			20
2021				13	2021			3
2022				28	2022			22
2023				23	2023			9

В ходе написания бакалаврской работы были определены даты начала летнего сезона. Также были проведены расчеты средних значений.

Графики, отражающие неосредненные и осредненные с использованием скользящего среднего данные о начале летнего сезона, представлены на рисунке 3.4.

а)



б)



Рисунок 3.4. Границы начала летнего климатического сезона в г. Кисловодске (за период с 1964 – 2023 гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет).

Анализ графика (рисунок 3.4 а) показал, что границы лета в городе-курорте Кисловодске за весь исследуемый отрезок лет смещаются в сторону более позднего начала. С 1964 по 1984 годы начало летнего климатического сезона было в мае и июне с поздними переходами: 20 июня 1973г., 17 июня 1976г., 29 июня 1983г. Затем было резкое повышение 7 мая 1985 года, когда температура стабильно превысила 15 °С. Далее температура возрастала до 22 июня 1993 года. Наблюдается тенденция к увеличению значения величины с 1979 по 2009 год.

После 2001 года график показывает более стабильную динамику, хотя колебания все еще присутствуют. Потом переход температуры через 15 °С постепенно понижается до самого раннего перехода на теплый период: 27 апреля 2012 года. После чего график идет на повышение достигая максимального значения 13 июня 2016 года, а в 2017 опять идет на понижение и в 2020-2022 годах колеблется в мае, не переходя на другие месяцы.

Используя осреднение по 30 лет (рисунок 3.4 б), можно сделать вывод о том, что климатическое начало лета сместилось на 10 дней на более поздние сроки.

В дальнейшем ходе работы были определены даты окончания летнего сезона. Было произведено осреднение. Результаты неосредненных и осредненных скользящим средним графики окончания летнего сезона представлены на рисунке 3.5.

а)



б)

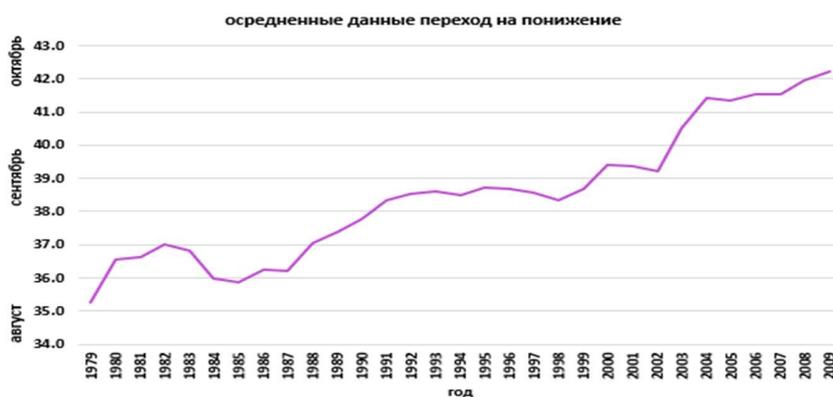


Рисунок 3.5. Границы окончания летнего климатического сезона в г.Кисловодске в период с 1964 – 2023 гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Анализ полученных данных (рисунок 3.5 а) показал, что переход на понижение до 1993 года в основном происходил в августе и сентябре. Самый ранний переход за весь исследуемый период зафиксирован 15 августа 1987 года, а самый поздний – 27 сентября 1968 года. После этого отмечается переход на повышение, и самый поздний из них пришёлся на 30 августа 2002 года. Также отмечены поздние переходы 27 сентября 1994 года, 26 сентября 2005 года и 26 сентября 2018 года. В период с 2010 по 2013 годы значимых изменений не наблюдалось.

По данным скользящего осреднения (рисунок 3.5.б) можно сделать вывод, что до 1984 года имелось небольшое снижение. Затем данные оставались на примерно одном уровне до 1987 года. После этого, до 1995 года, наблюдалось постепенное повышение, а начиная с 1996 года значения значительно растут. В целом, на основе анализа осреднённых данных график демонстрирует тенденцию к повышению.

В таблице 3.6. приведены осредненные данные по датам начала и окончания летнего сезона, а также по его длительности за два базовых периода.

Таблица 3.6 – Осредненные даты начала и окончания летнего сезона в городе-курорте Кисловодске за период с 1964 г. по 2023 г. (скользящее осреднение 30 лет)

период (лет)	Начало лета	Окончание лета	Продолжительность
1964-1993	7 июня	4 сентября	59
1994-2023	4 июля	11 сентября	69

Приведенные данные показывают, что продолжительность летнего климатического сезона за период с 1964 по 2023 годы увеличилась на 10 дней. Это увеличение обусловлено смещением окончания летнего сезона, в то время как начало сместилось на 3 дня раньше. Исследование летнего климатического

сезона показало, что границы этого сезона стали расширяться. Это означает, что лето начинается в мае и заканчивается позже по сравнению с предыдущими периодами. Впервые даты устойчивого перехода температуры воздуха через 15 °С появились 27 апреля 2012 года.

### 3.5. Анализ изменений средней температуры климатического лета.

Для изучения изменений средней летней температуры, мы провели анализ теплового режима в городе Кисловодске на основе летних сезонов. В рамках этой работы были использованы архивы данных среднесуточных температур воздуха летних климатических сезонов с 1964 по 2023 годы, чтобы изучить тенденции и особенности климатических изменений.

В работе был использован метод В.А.Хаустова, который позволяет рассчитать даты устойчивого перехода температуры через 15 °С, с помощью вышеупомянутого метода и был создан архив дат переходов.

Проанализируем среднюю летнюю температуру воздуха. На рисунке 3.6 представлены графики средней температуры воздуха через 15 °С в неосредненном и осредненном скользящим средним виде.

а)



б)



Рисунок 3.6. – Средняя температура воздуха летнего климатического сезона в г. Кисловодске. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Анализ данных, представленных на рисунке 3.6 а, свидетельствует о стабильном повышении среднесуточных температур воздуха в летний период на протяжении всего исследуемого временного интервала. На фоне общей тенденции к потеплению отчетливо прослеживаются естественные климатические колебания, демонстрирующие значительную амплитуду изменчивости температурного режима. Неосредненные данные показывают, что летние температуры варьировались в диапазоне от 16,4°С до 19,6°С, достигая максимальной летней температуры в 2007 году (19,6°С) и минимальных значений в 1978 и 1985 годах, когда температура составила по 16,4°С.

Среди аномально прохладных летних периодов выделяются 1892 год 16,6°С, 1990 год 16,7°С, а также 2005, 2009 и 2013 годы с температурами 17,3°С, 17,3°С и 17,2°С соответственно. В противоположность этому, наиболее жаркие летние сезоны были зарегистрированы в 1972 году 19,1°С, 1991 году 18,6°С, 1999 году 19,1°С, а также в 2010 и 2016 годах, когда температурные показатели достигали 19,5°С и 19,1°С.

Согласно графику средних значений за 30 лет, представленному на рисунке 3.6 б, можно заметить, что средняя температура начала расти примерно в середине исследуемого периода.

Полученные результаты не только подтверждают устойчивую тенденцию к потеплению, но и демонстрируют наличие выраженных межгодовых климатических аномалий.

Далее в работе были определены климатические данные о средних летних температурах за различные базовые периоды и приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7. Осредненные по 30-летиям даты начала и конца, средней температуры летнего сезона в г. Кисловодска за период с 1964 г. по 2023 г.

период (лет)	Начало лета	Окончание лета	Температура
1964-1993	7 июня	4 сентября	17.5
1994-2023	4 июля	11 сентября	18.2

Анализируя данную таблицу, можно сделать вывод о том, что средняя летняя температура воздуха увеличилась на 0,8 градусов по Цельсию.

В данной работе выполнен статистический анализ среднелетних температур, результаты которого представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8. Статистические характеристики среднелетней температуры за 2 базовых периода.

Ряд	Средне	СКО $\sigma$	Дисперсия $\sigma^2$
1 период	17.5	0.7	0.5
2 период	18.2	0.7	0.5

Для двух рассматриваемых базовых периодов средняя температура летнего сезона составляет 17,9 °С. Различия в дисперсии между периодами практически отсутствуют. На основе рассчитанных границ были рассчитаны и проанализированы средние температуры летних сезонов. Необходимо отметить, что летний сезон теплеет. Стандартная ошибка средней составила 0,1, а изменения температуры 0,7. Так же, как и для зимы, такие изменения температуры считаются значимыми. Распределение данных соответствует

нормальному закону, согласно критерию Фишера, ряд данных признан однородным.

Далее в работе были посчитаны продолжительности сезонов, представленные в таблице 3.9.

Таблица 3.9 Продолжительность сезонов.

период (лет)	Зима, дни	Весна, дни	Лето, дни	Осень, дни
1964-1993	151	70	59	63
1994-2023	148	67	69	51

По данным таблицы 3.10 можно сделать вывод о том, что продолжительность зимы с 1964 по 2023 годы сократилась на 3 дня, из-за смещения начала зимнего сезона на более поздние сроки, в то время как его окончание практически не смещается.

Исходя из предоставленных данных, делаем вывод, что весенний период сократился на 3 дня. Это вызвано незначительным смещением зимнего климатического периода на более поздние сроки.

Делая вывод по осеннему климатическому периоду видно, что осенний период сократился на 12 дней из-за смещения окончания летнего климатического сезона.

Анализируя летний период можно сделать вывод о том, что продолжительность летнего климатического сезона за период с 1964 по 2023 годы увеличилась на 10 дней. Это увеличение обусловлено смещением окончания летнего сезона, в то время как начало оставалось в тех же пределах.

В результате расчета и анализа границ продолжительности основных и промежуточных сезонов года в городе-курорте Кисловодске, необходимо отметить, что наиболее изменяется летний период, это происходило за счет смещения осенней границы лета в сторону более холодного полугодия.

3.6. Анализ условий формирования значительных перепадов среднесуточной температуры воздуха в смежных сутках в г.Кисловодске.

В ходе выполнения бакалаврского проекта на основе архива данных по среднесуточной температуре воздуха в г.к. Кисловодске за период с 1964 по 2023 год были выделены случаи с понижением температуры ниже 0 °С в апреле, что является аномальными значениями, так как дата устойчивого перехода температуры на повышение приходится на март и апрель и является месяцами с устойчивыми высокими положительными температурами. По данным Северо-Кавказского УГМС норма температуры в апреле 7,9 °С, а в марте 4,2 °С.

В результате было получено 12 случаев представленных в таблице 3.10

Таблица 3.10 Значительные перепады среднесуточных температур воздуха в г.к. Кисловодске.

Год	Месяц	День
1965	Аперль	4
1982	Март	25
1985	Март	9
2004	Апрель	4
2025	Март	18
2025	Март	19
2025	Март	25
2025	Аперль	8
2025	Апрель	9
2025	Аперель	12
2025	Апрель	13
2025	Апрель	20

Рассмотрим случай 04 апреля 1965 года, когда среднесуточная температура составила -5,3 °С. В результате анализа синоптической ситуации на рисунке 3.7, можно наблюдать, что синоптическая ситуация обусловлена арктическим вторжением на всю восточную территорию России. Центральная

изобара антициклона располагается над Калужской, Орловской и Воронежской областями. Вся зона барического образования заполнена аномально холодным воздухом, что вызвало сильные морозы на обширной территории, что привело к резкому похолоданию. 4 апреля Кисловодск не попадал под влияние акт вторж, он находился в малоградиентной ложбине отциклона расположенного над Казахстаном.

5 апреля 1965 года барическое образование западнее Кисловодска постепенно начало разрушаться. В начале суток 5 апреля 1965 года в тыловую часть циклона над западного Казахстаном стал поступать холодный воздух из очага холода сформированного антициклоном.

Интересно, что 6 апреля 1965 года весь циклон был заполнен холодным воздухом, однако из-за его смещения Кисловодск оказался вне его действия.

Рассматривая температуру за 4 и 5 апреля 1965 года на расстоянии двух метров от земли, можно сделать вывод о том, что данное образование очень сильно охладило сушу, что не свойственно для данной даты.

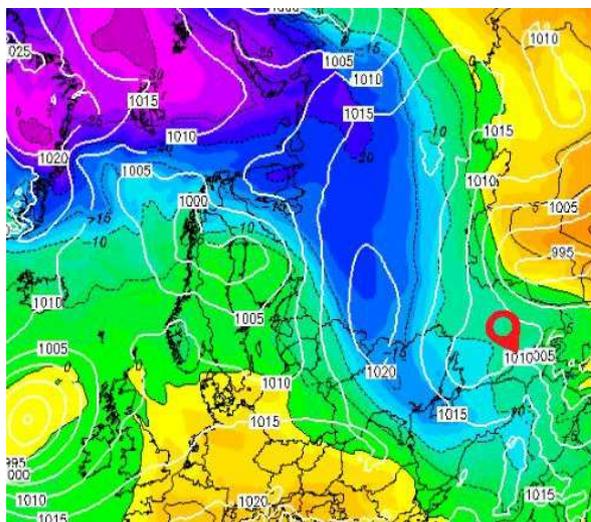


Рисунок 3.7. Карта температуры на 850 гПа за 4 апреля 1965 год.

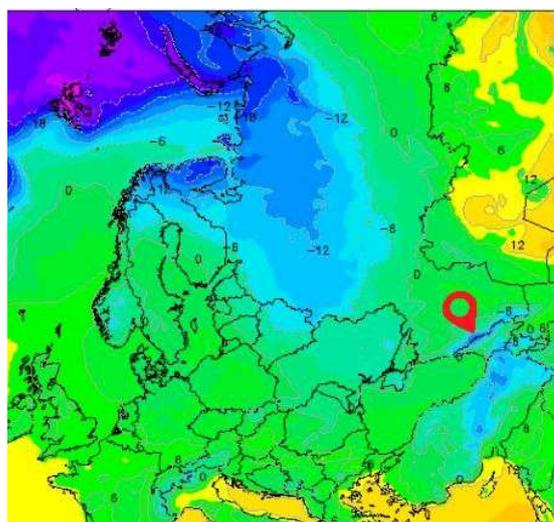


Рисунок 3.8. Карта температуры на 2-х метрах за 4 апреля 1965 год.

Рассмотрим следующий случай синоптической обстановки за 25 марта 1982 года, когда температура опустилась до  $-12,2^{\circ}\text{C}$ .

Синоптическая ситуация в районе исследования (рисунок 3.9) характеризовалась доминированием области низкого давления и поступлением холодного воздуха с севера, который охватил всю акваторию черноморского побережья. Циклон расположился над восточной частью Черного моря, что способствовало установлению холодной погоды. Однако горная система, за которой расположился город Кисловодск, препятствовала поступлению теплого воздуха с Черного моря. Влияние на погоду оказала восточная часть барического гребня расположенного над югом России, Поволжьем и частью северо-запада РФ. Сутки назад в районе северо-запада России располагалась седловина с очагом холода и передняя часть гребня способствовала потокам холодного воздуха из очага холода в сторону Кисловодска.

Анализ карты на высоте 2 метров (рисунок 3.10) показывает, что холодный воздух распространился с севера на территории Украины, Волгоградской и Ростовской областей, Краснодарского края, а также с юга — над Турцией, Азербайджаном и Грузией.

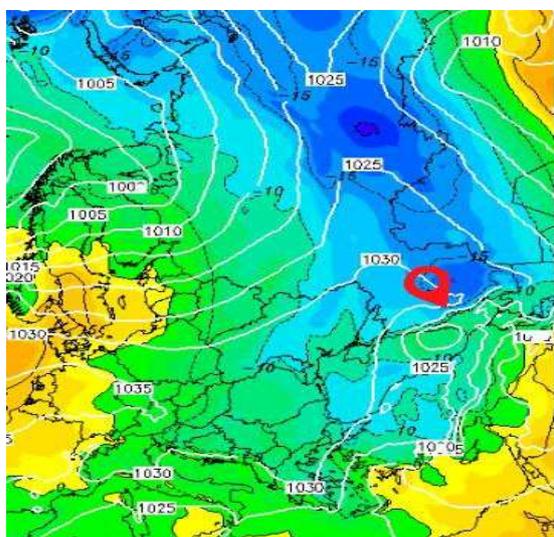


Рисунок 3.9. Карта температуры на 850 гПа за 25 марта 1982 года.

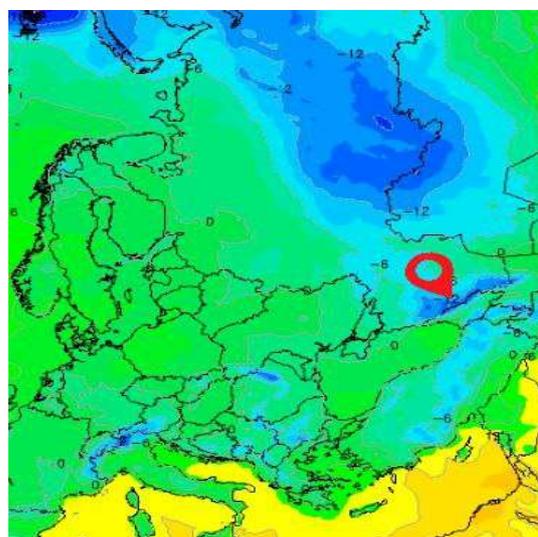


Рисунок 3.10. Карта температуры на 2-х метрах за 25 марта 1982 год.

Рассмотрим следующую ситуацию 9 марта 1985 года, когда температура в г.к. Кисловодске опустилась до  $-11,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Анализируя синоптическую ситуацию 9 марта 1985 года на рисунке 3.11, над изучаемой территорией можно сделать

вывод о том, что наблюдалось малоградиентное поле давления. Над Центральной Россией находился мощный антициклон с атмосферным давлением в центре около 1055 гПа, который в течение нескольких дней практически не менял своего положения. От него в сторону Каспийского моря распространялся гребень. По южной периферии гребня воздушные потоки перемещались с север-востока и выходили на Черное море, над востоком Черного моря формировалась замкнутая область низкого давления. Ветер дул с северо-востока, обходил горы Северного Кавказа и способствовал формированию циклона над восточной частью Черного моря.

Анализ карты температуры на высоте 2 метров (рисунок 3.12) показывает, что холодный воздух охватил все Черноморское побережье, и из-за стабильного положения антициклона температура оставалась низкой несколько дней подряд.

В результате анализа синоптической ситуации можно сделать вывод о том, что аномально низкая температура воздуха в марте в городе-курорте Кисловодске была связана с очагом холода сформированным антициклоном, который располагался над территорией Украины, югом Казахстана, центральной части России, затрагивал Ростовскую область и Краснодарский край, и воздушными потоками по южной периферии гребня от этого антициклона.

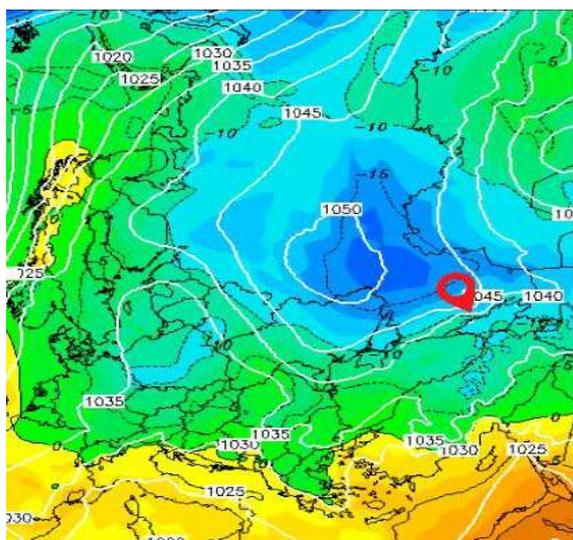


Рисунок 3.11. Карта температуры на 850 гПа за 9 марта 1985 год.

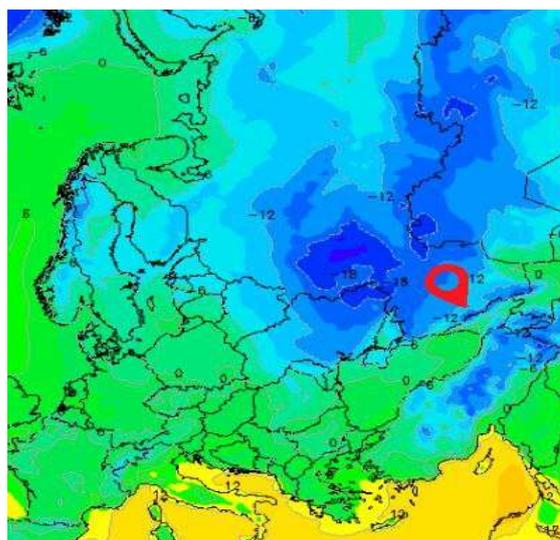


Рисунок 3.12. Карта температуры на 2-х метрах за 9 марта 1985 год.

Рассмотрим еще один случай аномально низких температур в районе города Кисловодска, который произошел 4 апреля 2004 года, когда среднесуточная температура опустилась до  $-7,5^{\circ}\text{C}$ . Синоптическая обстановка над Ставропольским краем 4 апреля 2004 года, представленная на рисунке 3.13, характеризовалась циклоном над республикой Марий Эл. За два рассмотренных дня до, опираясь на данные синоптических карт, в юго-восточную часть России вторгся арктический воздух. Холодный воздух распространялся над Архангельской, Калужской, Орловской, Волгоградской и Воронежской областями. В зоне барического образования сосредоточился аномально холодный воздух, что вызвало резкие морозы и резкие понижения температуры на обширной территории на рисунке 3.13 мы видим область холода, сформированную в тыловой части данного циклона, теплый сектор циклона смещен в его переднюю часть. Тыловая часть барического образования привела к аномальному холоду в Кисловодске.

Особенность ситуации в том, что арктическое вторжение произошло в результате взаимодействия восточной периферии антициклона, который располагался над северо-западом РФ, с центром над центральной Балтикой, вся восточная периферия которого располагалась на северо-западе РФ и тыловой частью двухцентровой депрессии, один из центров которого находился в районе Обской губы.

Над Ставропольским краем наблюдалась меридионально вытянутая малоградиентная ложбина, в которой зарождался второй центр циклона. При формировании циклона в тыловую часть он начал закачивал холодный воздух из зоны взаимодействия восточной периферии антициклона и тыловой части циклона, о котором мы писали ранее.

Анализ температуры на высоте двух метров за 4 и 5 апреля (рисунок 3.14) показывает, что данное барическое образование значительно охладило сушу, что необычно для этого времени года.

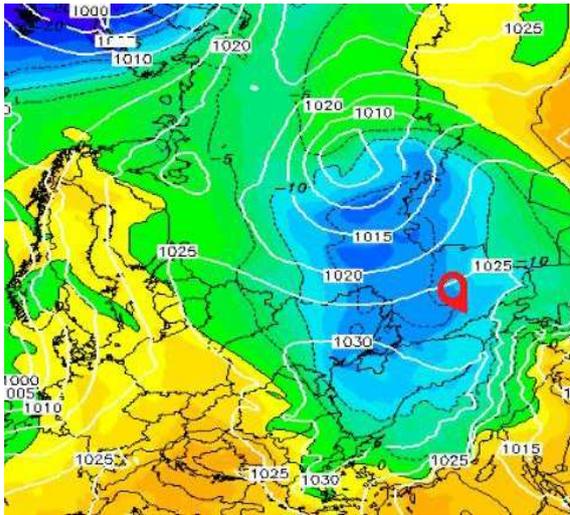


Рисунок 3.13. Карта температуры на 850 гПа за 4 апреля 2004года.

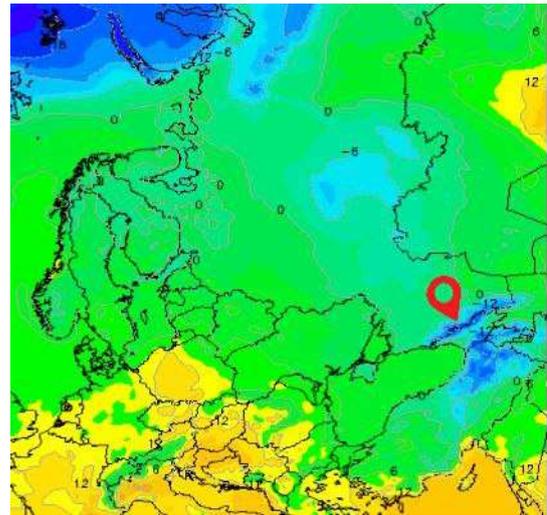


Рисунок 3.14. Карта температуры на 2-х метрах за 4 апреля 2004год.

Рассмотрим синоптические ситуации с аномальными холодами в 2025 году. В 2025 году мы имеем возможность рассмотреть синоптические ситуации более детально так как в нашем распоряжении имеется архив синоптических карт высотных и приземных ГидроМетЦентра России

В качестве первых дат для анализа синоптической ситуации аномально низких температур взяты 18 и 19 марта (рисунки 3.15 и 3.16). За 18 марта температура в регионе КМВ была высока:  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , однако уже 19 марта она резко понизилась до  $+0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и выпал снег.

Анализ приземной карты за 00 часов 18 марта (рисунок 3.15) показывает малоградиентное поле давления над регионом КМВ. Юго-западнее над Турцией располагается малоградиентное поле пониженного давления. Восточнее над Каспийским морем фиксируется система атмосферных фронтов, теплый фронт меридианально вытянут вдоль Каспийского моря, холодный фронт проходит через юго-восток черного моря и выходит на побережье Турции и в районе юго-востока Черного моря сформировалась на холодном фронте волна. С волной связана зона осадков которая захватывает побережье Карсндарского края однако в Кисловодске по данным архива осадков не наблюдается так как город находится восточнее зоны осадков и располагается в малоградиентном поле

давления. В этот момент над Ставропольским краем проходил теплый фронт, который затронул также часть Краснодарского края. На территории Кисловодска осадков не было, а температура составляла +11 °С.

За сутки до выпадения снега в городе Кисловодске на карте АТ500 на высоте 5,5 тысяч км можно было наблюдать барическую ложбину, которая располагалась над всей территорией северо-запада, югом России, Белорусией, центром и западной частью Черного моря. На приземном уровне над западной Европой и югом Скандинавии располагался антициклон, восточная периферия которого простиралась до центральной части Черного моря. В районе ЕТР от этого антициклона распространялся гребень. При анализе карты АТ850 за этот же срок можно сделать вывод о том, что в зону гребня до Черного моря распространялась ложбина значительного холода, до -10°С. 18 числа Кисловодск находился в зоне высоких температур: +10°С на высоте АТ850, а низкие температуры захватывали северо-западную часть Черного моря.

В дальнейшем ложбина холода стала мало контрастной, но распространялась в восточном направлении и к середине дня 19 марта 2025 года, рисунок 3.17, зона холода достигла районов Краснодарского и Ставропольского края.

В результате распространения ложбины холода, которая была отмечена на карте АТ850 предыдущего срока, в зоне между Каспийским и Черным морем сформировался холодный фронт, который протянулся в широтном направлении от севера Каспийского моря до побережья Краснодарского края.

В результате прохождения этого фронта наблюдались осадки в виде снега.

Делая вывод из этой работы, понимаем, что, зона холода сформировалась в результате арктического вторжения, которая была сформирована над всей территорией от Обской губы до Ставропольского края.

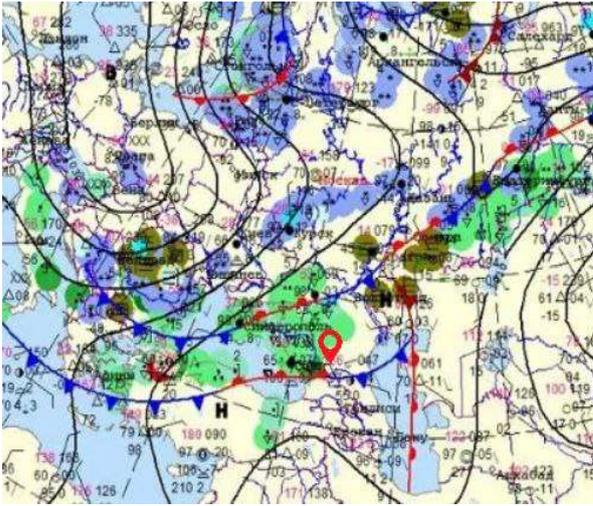


Рисунок 3.15. Приземная карта за 18 марта 2025 год 00 часов.

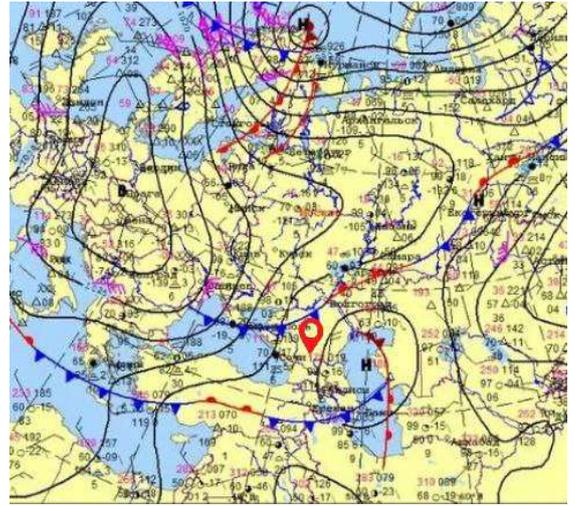


Рисунок 3.16. Приземная карта за 18 марта 2025 год 12 часов.

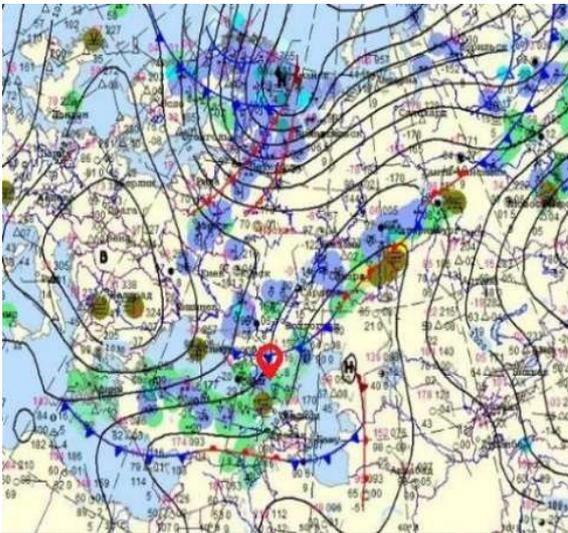


Рисунок 3.17. Приземная карта за 19 марта 2025 год 00 часов.

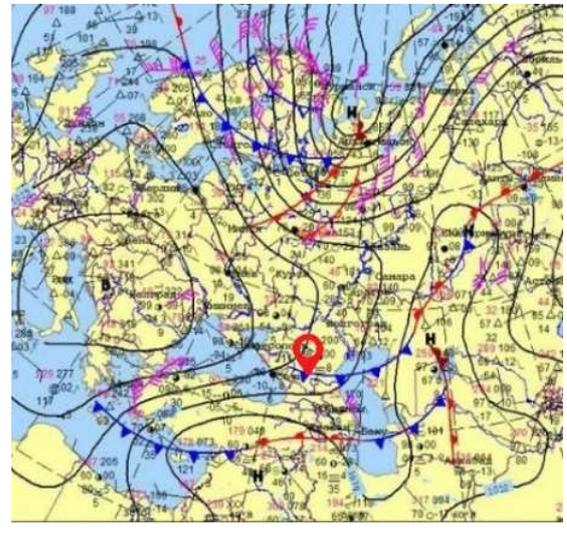


Рисунок 3.18. Приземный анализ за 19 марта 2025 год 12 часов.

Выше были рассмотрены значительные перепады температуры воздуха на понижение, в некоторых случаях сопровождающиеся выпадением снега. В этом же году наблюдались также случаи значительной межсуточной изменчивости температуры, которые были связаны со значительным повышением температуры.

Рассмотрим случай 25 марта 2025 года. Температура ночью составляла:  $-1,2^{\circ}\text{C}$ , а в 12 часов дня повысилась до  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Анализ приземной карты, за 00 часов 25 марта 2025 года (рисунок 3.21) показывает, что погоду в Кисловодске определяет малоградиентное поле повышенного давления от антициклона с центром в районе Стерлитамака. Малоградиентный гребень повышенного давления простирается над частью Казахстана, Каспийским морем, Краснодарским краем и далее до южного побережья Средиземного моря. На западе, над Украиной, Беларусью и Молдавией располагается зона пониженного давления, над западом Черного моря наблюдается система атмосферных фронтов, связанная с ней.

Рассмотрим ход срочных температур за смежные сутки со значительным перепадом температур на рисунок 3.19.

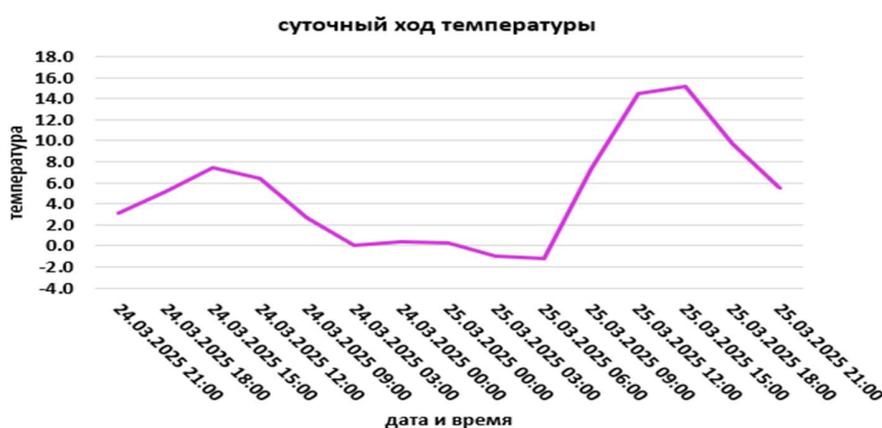


Рисунок 3.19. Суточный ход температуры за период с 24.03 по 25.03 2025 года.

24 марта 2025 года суточный ход в г. Кисловодске составил 7 °С, а 25 марта: 16, 4 С. В результате анализа синоптической ситуации за 24 и 25 марта (рисунок 3.21) можно заключить, что над районом Кисловодска в оба этих дня фиксировалось малоградиентное поле барического гребня. Условия для значительных колебаний температур воздуха могли бы возникнуть и 24 марта, но над г. Кисловодском 24 марта днем наблюдалась узкая полоса кучевой облачности, слабый ветер переменных направлений, что не позволило дневным температурам подняться до высоких значений. Ночные ситуации за 24 и 25 марта были схожи между собой.

Особенность повышения температуры до  $15^{\circ}\text{C}$  от минусовых ночных значений была связана с тем, что помимо отсутствия облачности наблюдался устойчивый поток воздушных масс, с прогретого побережья Каспийского моря и с района Махачкалы, представленный на рисунке 3.20.

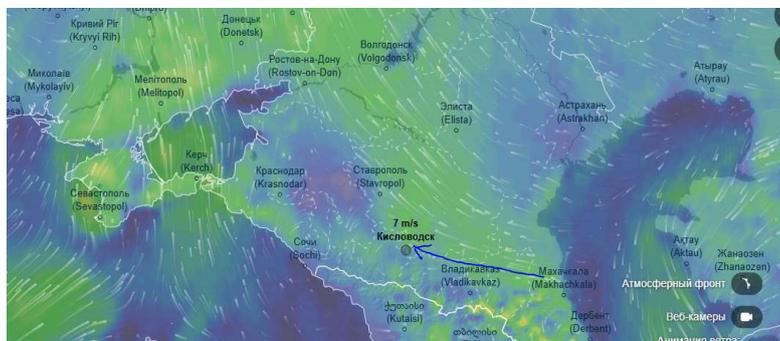


Рисунок 3.20. Ветер на высоте 10 м над землей.

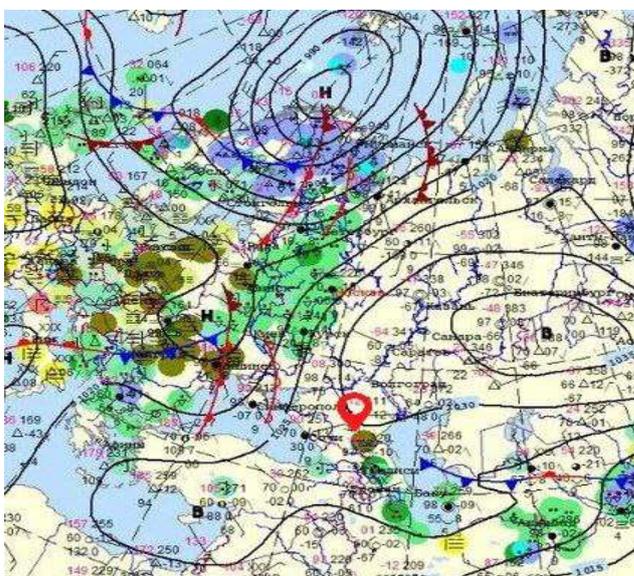


Рисунок 3.21. Приземный анализ за 25 марта 2025 год 00 часов.

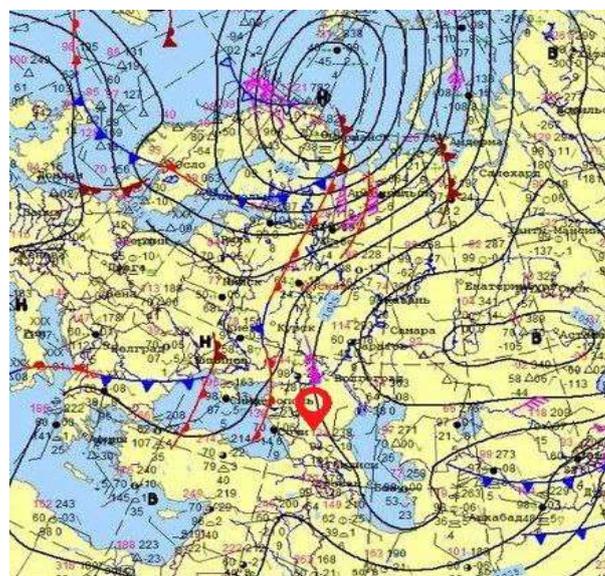


Рисунок 3.22. Приземный анализ за 25 марта 2025 год 12 часов.

Обратная ситуация со значительным понижением температуры и выпадением снега наблюдается в Кисловодске в апреле 2025 года представленные на рисунке 3.23 и 3.24. Рассмотрим синоптическую ситуацию смежных суток 8 и 9 апреля 2025, когда температура 8 апреля в 09:00 составляла  $+15^{\circ}\text{C}$ , а 9 апреля, в то же время, понизилась до  $+0,6^{\circ}\text{C}$  и выпадал снег.

Анализируя синоптическую ситуацию, представленную на рисунке 3.23, можно сделать вывод о том, что погоду в Кисловодске определяет двухцентровой

циклон и малоградиентное поле пониженного давления от циклона с центром в районе Омской области с давлением в центре 1010 гПа. Малоградиентная ложбина простирается над Екатеринбургской, Казанской, Саратовской, Воронежской областями, северо-западной частью Казахстана, юго-восточной частью Черного моря и захватывает Каспийское море.

В течении суток 8 апреля 2025 года наблюдается развитие малоградиентного гребня, охватывающего практически все Черное море и ориентирован широтно. Центр двухцентровой депрессии, находящийся в центральной России, смещается в восточном направлении. В результате анализа карт поля ветра модели ICON можно предположить, что воздух в город-курорт Кисловодск поступает с Краснодарского края, с зоны взаимодействия юго-западной части циклона и северной части гребня. 8 апреля центр циклона смещался от Курска до Самары, а 9 числа изменил свое направление и стал смещаться в северо-северо-восточном направлении.

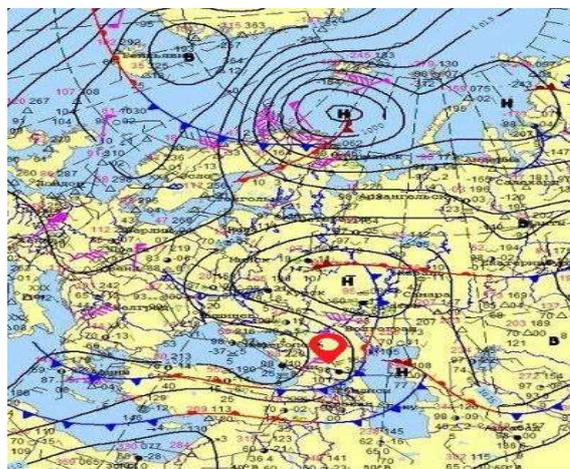
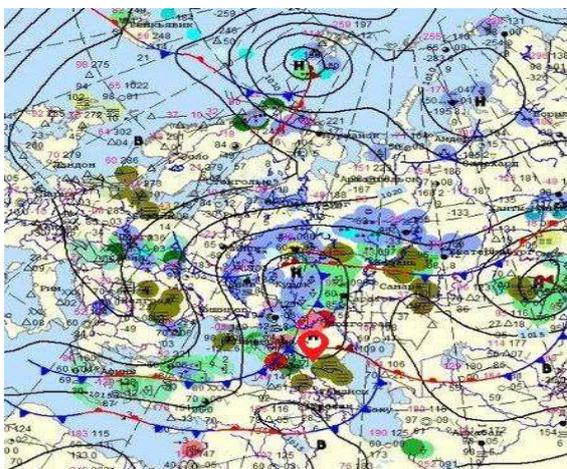


Рисунок 3.23. Приземный анализ за 08 апреля 2025 год 00 часов.

Рисунок 3.24. Приземный анализ за 8 апреля 2025 год 12 часов.

Данная ситуация привела к тому, что гребень, который наблюдался 8 апреля в 00 часов над Черным морем, к 9 апреля 00 часам (рисунок 3.25) сместился и на юг России и располагался над Волгоградом, Кишиневом и наблюдался до Курска. Гребень сместился и стал более узким. Южная часть гребня широтно-ориентирована и проходит через Крым, ось была направлена на

северо-западную часть Черного моря проходя в сторону Самары. Кисловодск находился уже под гребнем в малоградиентном поле, но в течении суток на г.к.Кисловодск стала оказывать влияние волна на фронте от циклона, располагающегося над Архангельском. Циклон находился в начале стадии окклюдирования, а холодный фронт проходил в южном направлении меридианально до Волгограда, а затем через север Каспия и в районе между Каспийским и Черным морями формировалась волна. Кисловодск находился перед теплым фронтом и в течении суток облачность теплого фронта достигла города и выпадали осадки в виде мокрого снега. На карте АТ850 и АТ500 можно проследить движение ложбины холода на высотах от полутора км и выше, связанная с окклюдированным циклоном и можно предположить, что очаг высотного холода, связанного с тыловой частью обширным циклоном описанным выше, занимал территорию всей России и область холода сдвигалась с запада на восток. В день 9 числа, рисунок 3.25, область холода достигала своей границей территорию г.Кисловодска. Можно предположить, что нужно было время чтобы холод опустился на приземный уровень так, как на высоте 2х метров не наблюдалось никаких затоков холода и потоки были направлены с районов Астрахани. Скорее всего может присутствовать межуровневый обмен. К вечеру 9 апреля 2025 года в г.к. Кисловодске выпал снег.

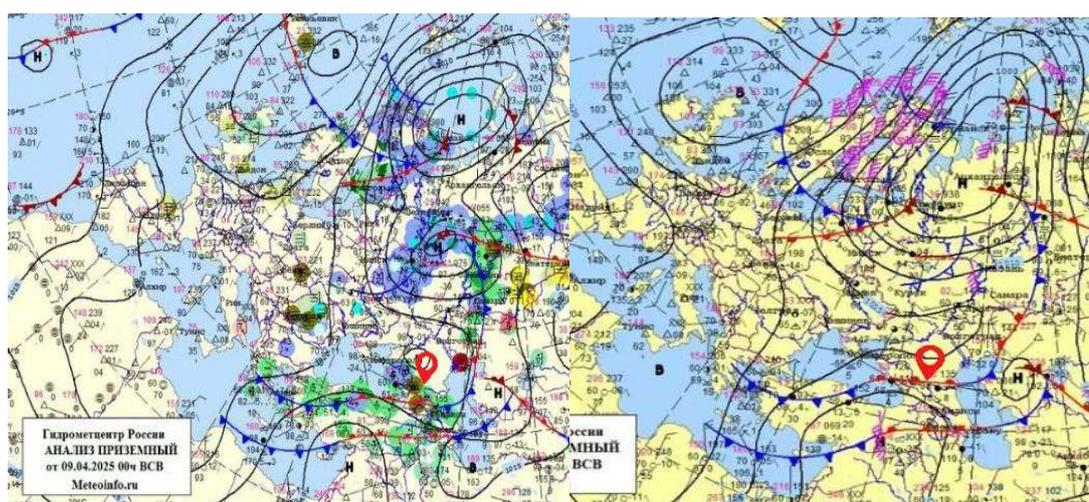


Рисунок 3.25. Приземный анализ за 09 апреля 2025 год 00 часов.

Рисунок 3.26. Приземный анализ за 09 апреля 2025 год 12 часов.

Рассмотрим синоптическую ситуацию за 12 апреля 2025 года, когда в городе-курорте Кисловодске наблюдался ливневый снег, а уже 13 апреля этого же года температура повысилась до +10°C.

Рассматривая ситуацию 11 апреля 2025 года, представленную на рисунке 3.27, можно сделать вывод о том, что циклон, описанный для случая, 9 апреля заполнялся. В малоградиентном поле сформировалось 3 центра, один из которых сформировался на западе Крыма. Над всем Каспийским морем и югом РФ располагалось малоградиентное поле от отдельного антициклонического ядра. В зоне между Черным и Каспийским морями и значительно южнее Кисловодска можно увидеть фронтальную систему от циклона, с центром над Крымом.

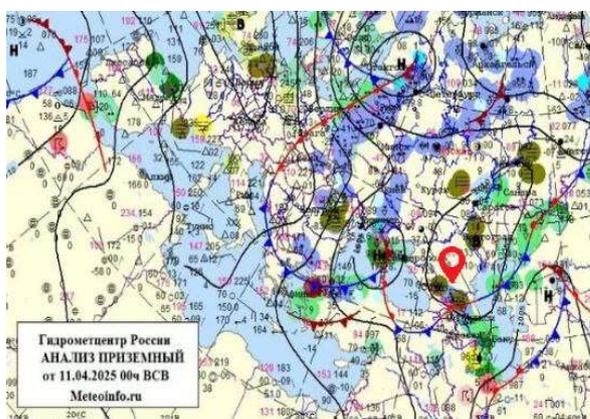


Рисунок 3.27. Приземный анализ за 11 апреля 2025 год 00 часов.

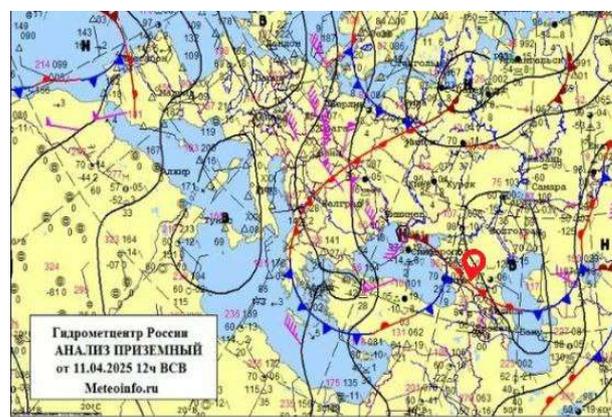


Рисунок 3.28. Приземный анализ за 11 апреля 2025 год 12 часов.

В результате анализа карт 12 апреля в 00 часов, рисунок 3.29, Кисловодск находится перед теплым фронтом, ближе к 12 часам, рисунок 3.30, когда наблюдалось выпадение снега в Кисловодске, фронтальная система циклона эволюционировала, фронт окклюзии проходил через Ставрополь и вся территория черноморского побережья и Северного-Кавказа находится в зоне выпадения осадков. Центр заполняющегося циклона, оказывающего влияние на погоду, сместился ближе к Кавказским Минеральным Водам. На карте АТ850 и АТ500 можно проследить движение ложбины холода на высотах от полутора км и выше, простирающуюся на всю территорию ЕТР. Ситуация была схожа с ситуацией 8 и 9 апреля, только данная фронтальная система движется к югу города Кисловодска и связана с фронтальной циклонической системой от

циклона, сформированной в районе Норильска. Выпадение снега было связано с прохождением фронта окклюзии, который проходил через Симферополь и затронул Кисловодск.

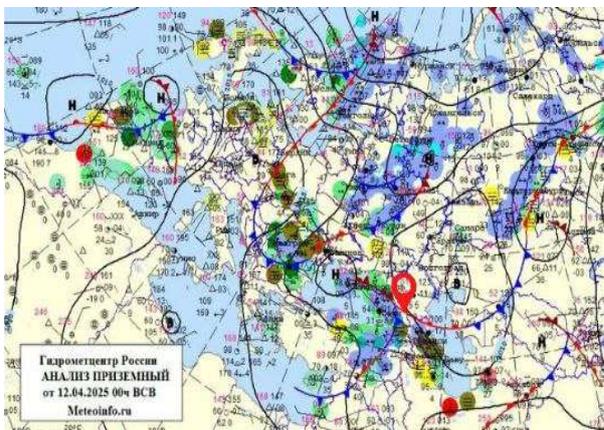


Рисунок 3.29. Приземный анализ за 12 апреля 2025 год 00 часов.

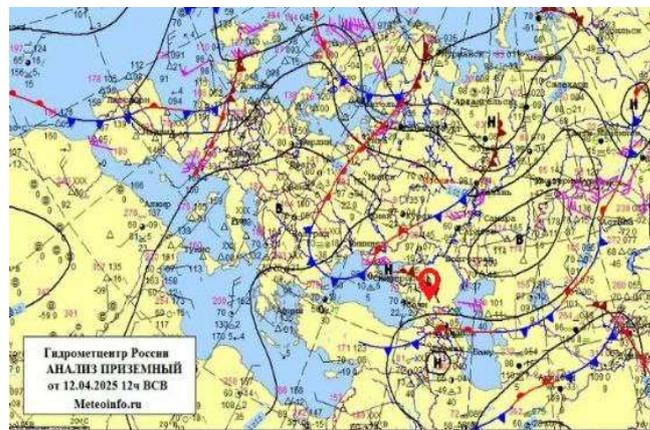


Рисунок 3.30. Приземный анализ за 12 апреля 2025 год 12 часов.

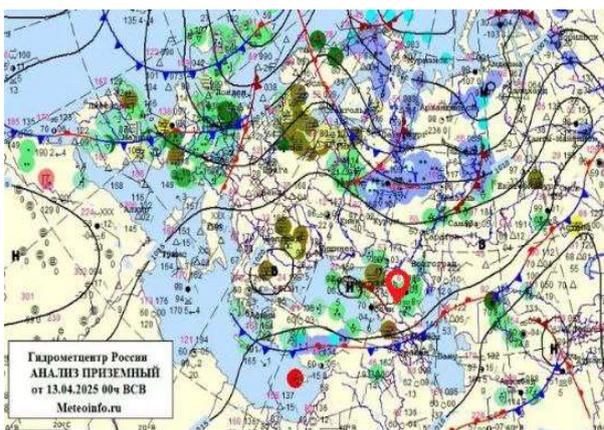


Рисунок 3.31. Приземный анализ за 13 апреля 2025 год 00 часов.



Рисунок 3.32. Приземный анализ за 13 апреля 2025 год 12 часов.

Рассмотрим синоптическую ситуацию 20 апреля 2025 года в г.к.Кисловодске когда, ночные показатели температуры опустились до  $+5,1^{\circ}\text{C}$ , а днем уже фиксировалась температура в  $21,3^{\circ}\text{C}$ . Погода в ночное время представленная на рисунке 3.33, была обусловлена влиянием прохладных воздушных масс с Каспийского региона, создавших характерную для предгорья свежесть. В это время город находился в зоне малоградиентного барического

поля, связанного с антициклоном, центр которого располагался над Узбекистаном.

Смена синоптической обстановки началась с приближением теплого фронта с юга. К полудню, рисунок 3.34, смещение антициклона в северном направлении, было вызвано формированием южного циклона, и привела к изменению погоды. Кисловодск оказался в теплом секторе циклона, что привело к резкому повышению температуры  $+21,3^{\circ}\text{C}$ . Такие значительные суточные колебания стали типичным, в наше время, проявлением весенней неустойчивости в условиях горного рельефа.

Особенностью этого дня стало отсутствие существенных осадков, несмотря на увеличение облачности во второй половине дня. Воздушные массы, пришедшие с юга, отличались не только теплом, но и сухостью. Вечером температура плавно понижалась, сохраняя положительную динамику по сравнению с ночными показателями.



Рисунок 3.33. Приземный анализ за 20 апреля 2025 год 00 часов.

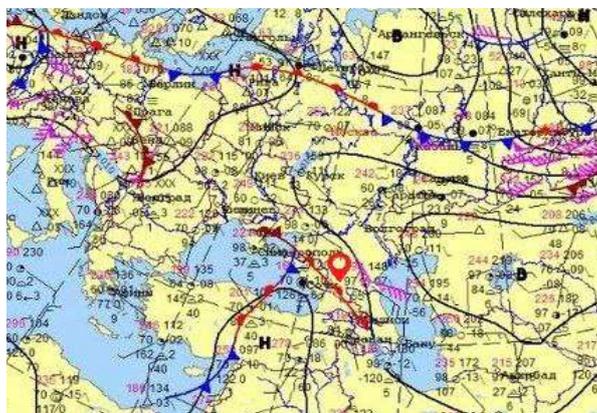


Рисунок 3.34. Приземный анализ за 20 апреля 2025 год 12 часов.

## Заключение

В результате исследования определены границы и продолжительность, а также проанализированы средние температуры основных сезонов года в городе-курорте Кисловодске за период с 1964 по 2023 годы.

Продолжительность зимнего климатического сезона за период с 1964 года по 2023 год сокращается на 3 дня. Причем, это сокращение вызвано смещением начала зимнего сезона на поздние сроки, в то время как его окончание не смещается. Средняя зимняя температура воздуха повысилась на  $0,9^{\circ}\text{C}$ . Стандартная средняя ошибка составила 0,2, изменения составили 0,9, следовательно изменения являются значимыми.

Продолжительность летнего климатического сезона за период с 1964 года по 2023 год увеличивается на 10 дней. Расширение его происходит за счет сдвига обеих границ, больший вклад вносит осенняя граница лета-смещение на более поздние сроки на 7 дней. Средняя летняя температура воздуха повысилась на  $0,7^{\circ}\text{C}$ . Стандартная средняя ошибка составила 0,1, изменения составили 0,7, следовательно изменения являются значимыми.

Отдельно в работе были рассмотрены понижения температуры воздуха ниже  $0^{\circ}\text{C}$  и определены синоптические ситуации, сопутствующие им.

Список использованных источников.

1. Глобальное потепление и методы его исследования [Электронный ресурс] //Элементы.–URL: [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/435148/O\\_globalnom\\_poteplenii\\_i\\_metodakh\\_ego\\_is sledovaniya\\_i\\_prognoza](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/435148/O_globalnom_poteplenii_i_metodakh_ego_is sledovaniya_i_prognoza) (дата обращения: 10.01.2025).
2. Иванов А.В. Глобальные изменения климата: прогнозы и реальность [Электронный ресурс]//КиберЛенинка. – 2020. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-izmeneniya-klimata-prognozy-i-realnost> (дата обращения: 12.01.2025).
3. Шерстюков Б.Г. Современные изменения климата на территории России. – М.: Росгидромет, 2022. – 214 с.
4. Единство в науке: перезагрузка действий по борьбе с изменением климата [Электронный ресурс] // Всемирная метеорологическая организация. – 2021. – URL: <https://wmo.int/ru/news/media-centre/edinstvo-v-nauke-perezagruzka-deystviy-po-borbe-s-izmeneniem-klimata> (дата обращения: 15.02.2025).
5. Петров В.Н. Развертывание региональной климатической модели для юга России [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. – 2019. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvertyvanie-regionalnoy-klimaticheskoy-modeli-dlya-yuga-rossii-na-osnove-regcm-4-5> (дата обращения: 18.03.2025).
6. Сидорова М.А. Климатические особенности Кавказских Минеральных Вод. – Екатеринбург: УрФУ, 2020. – 156 с.
7. Козлов Д.В. Изменение климата на юге России и методы снижения связанных с ним рисков в сельском хозяйстве: дис. ... канд. геогр. наук. – Ставрополь, 2018. – 198 с.
8. Климатические особенности Кисловодска [Электронный ресурс] // КМВлайн. – URL: [http://kmvline.ru/lib/kisl\\_3.php](http://kmvline.ru/lib/kisl_3.php) (дата обращения: 20.05.2025).

9. Климат Кисловодска [Электронный ресурс] // Курорты Ставрополя. – URL: [https://www.kurort26.ru/region/kislovodsk/climatic\\_features/](https://www.kurort26.ru/region/kislovodsk/climatic_features/) (дата обращения: 22.04.2025).
10. Смирнов-Каменский Е.А. География и путешествия. – М.: Наука, 2021. – 320 с.
11. Архив погодных данных [Электронный ресурс] // АИСОРИ. – URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/> (дата обращения: 25.01.2025).
12. Будыко М.И. Изменение климата. – Л.: Гидрометеиздат, 2020. – 280 с.
13. Wetterzentrale.de [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php>, свободный. (Дата обращения: 03.03.2025).