



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

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Исследование климатического режима Алтайского края»

Исполнитель Щербинина Олеся Альбертовна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доцент, кандидат физ.-мат. наук
(ученая степень, ученое звание)
Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

доцент, кандидат физ.-мат. наук
(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

«01» июня 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	2
1. ПОНЯТИЕ КЛИМАТА И КЛИМАТООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ	8
1.1 КЛИМАТ И ПОГОДА	8
1.2 КЛАССИФИКАЦИЯ КЛИМАТА	10
1.3 НАУКА О КЛИМАТЕ	12
1.4 КЛИМАТООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ	16
2. ФИЗИКО–ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ И КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ.	22
2.1 ФИЗИКО–ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СПРАВКА	22
2.2 КЛИМАТИЧЕСКАЯ СПРАВКА	28
2.3 МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ	30
3. ФОРМИРОВАНИЕ АРХИВА ДАННЫХ О КЛИМАТООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ	33
3.1 ФОРМИРОВАНИЕ АРХИВА ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ ЗА ПЕРИОД С 1960 ПО 2022	33
ГОДА.	33
3.2 ЗАПОЛНЕНИЕ ПРОПУСКОВ В АРХИВЕ	34
3.3 РАСЧЕТ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ КЛИМАТООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ И ИХ АНАЛИЗ.	41
ОБРАЗОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ТРЕНДОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧЕК БИФУРКАЦИИ	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
Список используемых источников	60
Приложение	61

ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата превратилось в одну из самых насущных глобальных проблем нашего времени, имеющую серьезные последствия как для окружающей среды, так и для человеческого общества. Это может нанести непоправимый ущерб человечеству, но точно так же климатические условия образуют среду обитания человека, фактически напрямую влияя на его благосостояние и выживание. Климатология и её исследования играют ключевую роль в понимании динамики климата, прогнозировании будущих сценариев и разработки эффективных стратегий смягчения последствий и адаптации, создают перспективы возможного контроля этой динамики во благо общества и экосистемы планеты. Более того, все более очевидным становится то, что изменения климата имеют серьезные последствия для экономической деятельности, поскольку между ними имеется сложная взаимосвязь, подчеркивающая важность учета динамики климата в процессах разработки политики и принятия бизнес-решений для долгосрочного устойчивого развития человеческой цивилизации в отношении как отдельных регионов, так и всей планеты.

Изменение климата – сложное явление, вызываемое на данный момент главным образом антропогенными выбросами парниковых газов, что приводит к повышению глобальной температуры, изменению погодных условий и нарушению изначальных параметров окружающей среды, меняя их в некоторых случаях в положительную, а в некоторых – отрицательную сторону для человека. Последствия изменения климата выходят за границы отдельных государств, затрагивая экосистемы и экономику во всем мире. Поэтому для понимания тонкостей изменения климата и его потенциальных последствий для экономической деятельности необходимы достоверные научные исследования, опирающиеся на реальные факты, точные данные. Это, в свою очередь, может быть достигнуто определёнными вложениями в такую науку как климатология.

Климатология – наука, изучающая климат и его изменения на различных пространственных и временных масштабах. Государственные границы не являются преградой для изменения климата, поэтому одной из важнейших задач климатологии является прогнозирование климатических изменений и их влияния на различные отрасли экономики не только отдельных стран, но и всего мира в целом.

Отдельным случаем являются вулканические выбросы и вулканическая активность в целом. Вулканы выбрасывают газы и пепел, которые взаимодействуют с атмосферой, влияя на климатические модели и вызывая долгосрочные изменения климата. Извержения вулканов могут стать причиной кратковременного похолодания земной поверхности. Это происходит в связи с инъекцией сульфатных аэрозолей в стратосферу. Данные аэрозоли могут сохраняться от пары месяцев до нескольких лет, образуя отражающий слой, который уменьшает количество солнечного излучения, достигающего поверхности. В результате возникает своеобразный экран, влекущий за собой охлаждающий эффект. Он приводит к снижению температуры и изменению погодных условий, включая изменения в осадках и атмосферной циркуляции. Так крупные вулканические явления, такие как извержение горы Пинатубо в 1991 году на Филиппинах, вызвали кратковременное похолодание, повлиявшее на региональную динамику климата, а также на глобальные температурные режимы других территорий планеты. Вулканическая активность сыграла роль в формировании долгосрочных климатических тенденций, способствуя естественной изменчивости климата на протяжении тысячелетий.

Климатические исследования дают ценную информацию о механизмах и процессах, вызывающих изменение климата. Это включает в себя изучение исторических моделей климата, анализ концентрации парниковых газов и использование сложных методов моделирования для прогнозирования будущих климатических сценариев. Понимая сложную динамику климатической системы, региональные власти и предприниматели, имеющие

долгосрочные бизнес–планы могут принимать обоснованные решения для снижения рисков, повышения устойчивости и адаптации к изменяющимся условиям. Корректирование решений в этом случае может предотвратить значительные потери, касающиеся денежных средств и ресурсов, а также избежать человеческих жертв при возникновении потенциально опасных явлений.

Изменение климата создает значительные риски для экономической деятельности в различных секторах, поскольку климат напрямую влияет на погоду. Погода – это состояние атмосферы на определённый момент времени в определённом области пространства. Одной из важнейших задач климатологии является прогнозирование климатических изменений, создающие определённые погодные условия, и их влияния на различные отрасли экономики. Меняющиеся климатические условия могут повлиять на производство энергии, доступность воды и добычу природных ресурсов, что приведет к сбоям в цепочке поставок и экономической нестабильности. Например, в сельском хозяйстве знание климатических условий позволяет определить оптимальный срок посева, выбрать наиболее подходящие сорта растений и оценить возможные урожаи, а также определить риски для животноводства. Для рыболовства в том числе. Экстремальные погодные явления, повышение уровня моря и изменение характера осадков могут нарушить продуктивность, нанести ущерб инфраструктуре и создать угрозу для прибрежных районов. Далее, климатические данные о типичных погодных условиях определённых регионов используются в обычном строительстве и градостроительстве. В данном случае знание климатических условий и общей динамики климата позволяет определить оптимальный тип и качество строительных материалов, выбрать наиболее подходящие технологии строительства, создать наилучший план при проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Не стоит забывать, что климатология имеет прямое отношение к энергетике тем, что позволяет определить потенциал использования возобновляемых источников

энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, влияет на проектирование и эксплуатацию энергетических систем, вроде гидроэлектростанций, тепловых и, что очень важно, ядерных электростанций. Следует отдельно отметить безусловную ценность климатологических данных при определении оптимальных маршрутов и скорости движения транспортных средств. Даже выбор подходящих транспортных средств для перевозки грузов и пассажиров зависит от наличия тех или иных погодных условий, которые учитывают климатические изменения в районе выбранной логистики.

Решение проблемы изменения климата не только нивелирует потери для отраслей экономики, но и открывает экономические возможности. Переход на низкоуглеродные технологии, инвестиции в возобновляемые источники энергии и повышение энергоэффективности могут способствовать инновациям, создавать рабочие места и стимулировать экономический рост. Климатология и её исследования помогают определить наиболее эффективные стратегии смягчения последствий, их избегания или даже обращения себе в пользу, позволяя определять и следовать политике, способствующей устойчивому экономическому развитию. Научные исследования служат основой для разработки данной политики и правил. Международные соглашения, такие как Парижское соглашение, опираются на подтверждённые и обоснованные научные данные для установления целей по сокращению выбросов, рамок для глобальных действий по борьбе с изменением климата, адаптаций к новым условиям. То же самое касается национальных и местных органов власти, использующих информацию о климатических изменениях для разработки политики, стимулирующей устойчивые методы продвижения и использования возобновляемых источников энергии. Нередко происходит поощрение инвестиций, не наносящих вреда окружающей среде и не провоцирующей изменения климата. Такая политика обеспечивает стабильную нормативно-правовую среду, которая способствует устойчивому экономическому росту и обеспечивает долгосрочную жизнеспособность бизнеса.

В данном случае предприятия всё больше осознают важность включения климатических соображений в свои стратегии, поскольку климатология помогает выявлять связанные с климатом риски и возможности для различных секторов. Нанятые компаниями климатологи информируют компании, подготавливая тем самым почву для эффективных решений по управлению ресурсами, созданию устойчивости цепочки поставок. Интегрируя исследования климата в бизнес-модели, компании могут повысить свою конкурентоспособность, спонсировать возникновение уникальных инноваций и таким образом внести свой вклад в более устойчивую экономику. Это, в свою очередь, повышает сотрудничество между наукой, бизнесом и политикой, поскольку связь между изменением климата, экономической деятельностью и разработкой политики, определяющих эту самую деятельность, требует более тесного взаимодействия. Тесное сотрудничество может облегчить преобразование научных результатов в действенную политику, поддержать разработку инновационных технологий и позволить предприятиям привести свои стратегии в соответствие с целями устойчивого развития, что впоследствии способствует созданию экосистемы обмена знаниями, которая ускоряет переход к устойчивой к изменениям климата экономике.

Климатология играет решающую роль в формировании экономической деятельности в контексте изменений климата и их влияния на все сферы деятельности человека. Предоставляя информацию о динамике климата, определяя риски и возможности, а также предоставляя информацию для процессов разработки политики, планов, стратегий и принятия бизнес-решений, климатические исследования облегчают переход к надёжному будущему. Правительства, предприятия и наука должны продолжать укреплять свое сотрудничество, а также уделять приоритетное внимание интеграции исследований климата в экономическое планирование, чтобы снизить риски и обеспечить процветающее будущее для новых поколений.

На основе этого были поставлены следующие цели:

- исследовать климатический режим Алтайского края;
- изучить физико–географические особенности Алтайского края;
- предположить возможную дальнейшую динамику климатических изменений в Алтайском крае.

Для выполнения поставленных целей были выдвинуты задачи:

- сформировать архив данных о климатообразующих факторах Алтайского края;
- восстановить пропуски в сформированном архиве;
- создать электронные карты географического местоположения станций с пространственной интерполяцией среднегодовых температур и годовых сумм осадков;
- построить временные ряды климатообразующих факторов и проанализировать их;
- построить временные тренды и произвести поиск точек бифуркации.

1. ПОНЯТИЕ КЛИМАТА И КЛИМАТООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ

1.1 КЛИМАТ И ПОГОДА

Само по себе «климат» по–гречески значит «наклонение». Древние греки считали, что климат определённого региона зависел исключительно от географической широты ее, т. е. от высоты солнца, или иначе говоря, от угла падения солнечных лучей и от продолжительности освещения выбранной территории, что по–другому характеризуется как длина дня. Соответствуя этому, они делили земную поверхность на зоны, или климаты, каждый из которых характеризовался свойственной ему длиной дня и, следовательно, определёнными условиями, которые создавала солнечная активность [2].

В настоящее время под словом «климат» подразумевается среднее состояние разных атмосферных процессов и особенностей воздушных масс, проходящих над данным регионом. Это состояние сказывается на жизни обитающих в создаваемых им условиях, будь то животное, растение, гриб или иной другой организм.

Если выражаться иначе, то климат – это долгосрочные средние погодные условия, наблюдаемые в конкретном регионе в течение длительного периода времени. Обычно этот период охватывает временной промежуток от десятилетий до столетий. Климат обладает рядом атмосферных условий, включая температуру, осадки, влажность, скорость и направление ветра и атмосферное давление, и представляет собой статистический анализ этих переменных, необходимый для получения общей характеристики преобладающих погодных условий в конкретном регионе.

В отличие от погоды, которая относится к краткосрочным колебаниям атмосферных условий, способные быстро меняться в течение суток и нескольких часов, климат фокусируется на более широких и стабильных закономерностях, которые сохраняются в течение более длительного времени.

Климат и погода являются тесно связанными, но разными понятиями, описывающими различные аспекты земных атмосферных условий.

Погода относится к краткосрочному состоянию атмосферы и, как и климат, включает в себя такие параметры, как температура, влажность, осадки, скорость и направление ветра. К ней также относят облачность и атмосферное давление. Погода описывает ежедневные или даже ежечасные изменения атмосферных условий в конкретном месте. Погодные условия могут быстро меняться, и на них влияют такие факторы, как солнечная радиация, характер атмосферной циркуляции, влажность и местные географические особенности, барические образования, проходящие над данным регионом и прочее, поэтому можно сделать вывод, что погода весьма неустойчива и подвержена резким изменениям.

Климат, напротив, меняется очень медленно, либо же не меняется вовсе в зависимости от рассматриваемого периода в определённом регионе. Он предоставляет статистическую сводку типичных погодных условий, включая сезонные колебания, в определенной области, и характеризуется относительной стабильностью по сравнению с погодой, представляя собой долгосрочное среднее поведение атмосферы.

Взаимосвязь между климатом и погодой можно понять, рассматривая погоду в качестве отдельного явления или явлений, происходящие в более широком контексте климата. Климат устанавливает общие рамки, в которых происходят погодные явления. Погодные условия могут широко варьироваться в пределах определенного климата, отражая краткосрочные колебания и местные изменения атмосферных условий. Однако в течение более длительных периодов среднестатистическое значение этих погодных явлений определяет климат региона.

Исходя из этого, можно отметить, что климат прямо влияет на погоду, устанавливая определённые условия и обеспечивая общие закономерности, вероятности различных погодных явлений. Например, в тропическом регионе можно ожидать высокие температуры и, соответственно, влажность, частые

дожди и другие свойственные тропикам особенности как часть характерных для него погодных условий. Тем самым климат создает предпосылки для возникновения экстремальных погодных явлений, таких как ураганы, бури, жара или метели, на которые могут влиять климатические условия региона, а также благодаря его устойчивости и некоторой повторяемости можно выявить указанные выше предпосылки.

Понимание взаимосвязи между климатом и погодой необходимо для изучения и прогнозирования как краткосрочных погодных условий, так и долгосрочных изменений климата, таким образом определяя динамику климата, благодаря чему можно предсказать вектор изменений тех или иных условий. Взаимосвязь между климатом и погодой является фундаментальным аспектом атмосферной системы Земли, который имеет решающее значение для прогнозирования как ежедневных изменений погоды, так и долгосрочных изменений климата. Ученые анализируют исторические данные о погоде, чтобы определить климатические тенденции и изменения, которые могут помочь в оценке последствий изменения климата и разработке климатических моделей. Климатические модели имитируют взаимодействие между различными факторами, вроде концентрации парниковых газов, океанических течений и солнечной радиации, для прогнозирования будущих климатических сценариев и понимания того, как они могут влиять на погодные условия и, соответственно, на людей, проживающих в данном регионе, поскольку в этом случае человек окажется подверженным влиянию, возникающему вследствие изменений.

1.2 КЛАССИФИКАЦИЯ КЛИМАТА

Классификация, приведённая в учебнике о климатологии[1], разделяет климат на глобальный и локальный. Для глобального климата подходит его классическое определение: «климат – это статистический ансамбль состояний погоды, через который проходит система атмосфера – гидросфера – суша –

криосфера – биосфера за несколько десятилетий» [4]. Его описание изначально было представлено картами отдельных климатических характеристик за многолетний период, климатическими классификациями. Сейчас оно в большинстве своём представлено специальными сеточными физико–математическими моделями климата и моделями системы Земля. Глобальный климат включает в себя атмосферу до высоты примерно 30–50 км и анализирует все возможные особенности ее циркуляции, океан с его собственной циркуляцией, распределение воды и суши, материков и больших островов, особенности водного и теплового балансов как суши, так и водоёмов, сток рек, всю криосферу, атмосферный и водный химический состав. Отдельно стоит отметить учёт углеродного и других биохимических циклов. Все эти процессы и взаимодействие между разными частями планеты, а также разными составными частями климатической системы учитываются в понятии глобального климата.

Локальный климат представляет собой проявление метеорологических факторов в конкретных природных условиях и в зависимости от рассматриваемого пространственного масштаба подразделяется на макроклимат, мезоклимат, микроклимат и наноклимат. Макроклимат – это климат крупных географических регионов, зон, больших частей материков и океанов. Мезоклимат подразумевает климат сравнительно небольших территорий (горизонтальный масштаб $< 1000\text{ м}$ и зависит от типа подстилающей поверхности), которые достаточно однородны по природным условиям, чтобы их можно было рассматривать в качестве единой климатической системы, например, определённый лесной массив, горный рельеф с системой гор, холмистые массивы площадью более 100 км^2 , реки шириной $> 1\text{ км}$, озера, моря, океаны площадью зеркала $50\text{--}100\text{ км}^2$, почвеннорастительные массивы – площадью более 100 км^2 . Микроклимат является климатом приземного слоя воздуха, обусловлен микромасштабными различиями земной поверхности внутри местного климата и имеет горизонтальный масштаб $\leq 10\text{ км}$, а вертикальный $100\text{--}200\text{ м}$. Наноклимат

занимает очень небольшие территории, формируется за счет микровозвышений и микропонижений размером в сантиметры и десятки сантиметров с горизонтальным масштабом 1–3 м и вертикальным $\leq 0,5$ м [3].

1.3 НАУКА О КЛИМАТЕ

Климатология – это наука об исследовании климата, где наблюдаются и подвергаются анализу долгосрочные закономерности, вариациям и изменениям атмосферных условий в течение продолжительных периодов времени. Это раздел метеорологии, который занимается изучением погодных условий и кратковременных атмосферных явлений.

Климатология стремится понять климатическую систему Земли, включая ее взаимодействие с океанами, земными поверхностями, ледяными шапками и атмосферой. Он включает анализ исторических климатических данных, записей наблюдений, а также разработку и использование климатических моделей для изучения вероятности развития определённых погодных условий и режимов и составления прогнозов будущих климатических сценариев.

К основным задачам климатологии относятся:

1) Описание климата. Климатологи стремятся описать и охарактеризовать климат различных регионов и мест. Это включает в себя определение типичных погодных условий, сезонных колебаний и статистических средних значений температуры, осадков, ветра и других атмосферных переменных за длительные периоды.

2) Изучение и анализ климатических процессов. Климатологи исследуют процессы и механизмы, составляющими климатические модели и их изменчивость. Это включает изучение взаимодействия между атмосферой, океанами, поверхностью земли и льдом, а также влияние таких факторов, как солнечная радиация, парниковые газы, океанические течения и атмосферная циркуляция.

3) Исследования изменения климата. Климатология играет решающую роль в изучении и прогнозировании изменения климата. Ученые анализируют исторические климатические данные, ледяные керны, годовичные кольца деревьев и другие косвенные данные, чтобы реконструировать климат прошлого и выявить долгосрочные тенденции. Они также разрабатывают климатические модели для моделирования будущих климатических сценариев и оценки воздействия деятельности человека на климатическую систему Земли.

4) Прогнозирование климата. Климатологи стремятся повысить точность прогнозов путем разработки и улучшения климатических моделей. Эти модели имитируют поведение климатической системы на основе различных вводных факторов, что позволяет ученым делать прогнозы будущих климатических моделей, изменений температуры, осадков и других климатических переменных. Именно климатологи изучают и предполагают динамику климата.

5) Воздействие климата и адаптация. Климатология играет важную роль в оценке воздействия изменения климата на экосистемы, сельское хозяйство, водные ресурсы, человеческое общество в целом и различные секторы его экономики. Это помогает выявлять уязвимые места и разрабаывать стратегии противодействия и смягчения последствий для сведения к минимуму их неблагоприятное влияние.

Климатология охватывает междисциплинарные подходы, опираясь на знания и методы из таких областей, как физика, математика, статистика, геология, экология и гуманитарные социальные науки. Он предоставляет важную информацию для политиков, правительств и организаций для принятия обоснованных решений по вопросам, связанным с климатом, безопасностью людей, экономики и для разработки стратегий устойчивого развития. За счёт климатологии разрабатываются стратегии, способные привести к наибольшему противодействию проблемам изменения климата.

Основным содержанием климатологии состоит из изучения географических закономерностей в приходе–расходе лучистой энергии и теплообмене земной поверхности с атмосферой на земном шаре в целом и в отдельных его областях. Климатологии уделяет значительное внимание связи метеорологического режима с космическими факторами, например, с колебаниями солнечной активности, и служит связующим звеном между метеорологией и географией. В географии климатология занимает одно из первых мест, поскольку атмосферные процессы, которые изучает климатология в долгосрочной перспективе, определяют ход многих явлений на земной поверхности, в том числе и биологических. Точно так же климатология имеет отношение к метеорологии и тесно взаимосвязана с ней. В сумме они изучают влияние географических условий на ход процессов в атмосфере. Этим обеспечивается эффективность их практического использования и, что немаловажно, необходимая полнота теоретического изучения метеорологических процессов, явлений, аномалий и прочего.

Климат, с точки зрения климатологии, в широком смысле можно описать так: совокупность всех внешних воздействий на земную поверхность, в которые входят радиационные, гидротермические и механические воздействия. В более узком значении климат понимается как одна из физико–географических характеристик местности, зависящей от географического положения и особенностей рельефа, многолетний режим солнечной радиации, получаемой данной территорией, земного излучения, температуры воздуха, подстилающей поверхности и почвы, влажности, скорости и повторяемости ветра.

Климат также включается в себя неразрывно связанные с ним микроклиматические, т. е. узкоместные, особенности режима инсоляции, температуры воздуха и почвы, испарения. Всё вышеперечисленное является особенностями, вызываемыми формой и экспозицией рельефа, характером растительности, типом почвы, искусственными сооружениями и прочим, что характеризует изучаемый регион. Микроклиматические особенности,

которые имеются у каждого выбранного региона, составляют огромное практическое значение в различных отраслях человеческой экономики, к примеру, в народном хозяйстве, где они существенным образом могут влиять на скорость снеготаяния, интенсивность ночных заморозков, продолжительность фаз развития растений и др. Там же изучается эффективная температура. Микроклиматические особенности являются необходимой характеристикой климата каждой местности, поскольку без микроклимата не будет достаточно полного представления и о, собственно, самом климате[5].

Основным источником данных о климатическом режиме местности служит регулярно работающая сеть метеорологических станций, расположенных по всей планете и в каждом регионе отдельно. Метеостанции ведут наблюдения над ходом температуры, влажности и другими метеорологическими элементами, а также над различными явлениями погоды, в том числе экстремальными и аномальными. Обработанные соответствующим образом результаты сетевых наблюдений публикуются в климатических справочниках и атласах, на соответствующих сайтах, а также вносятся в архивы для возможности дальнейшего их использования и анализа, к примеру, для построения временных трендов региона, чтобы иметь возможность спрогнозировать возможные изменения, описать динамику климата в целом.

Задачи климатологической обработки информации, полученной из наблюдений, заключаются в следующем:

- 1) вычисление средних многолетних значений по отдельным метеорологическим элементам;
- 2) исследование режима, периодических сезонных и суточных изменений этих элементов;
- 3) изучение их непериодических колебаний в зависимости от меняющихся условий погоды.

1.4 КЛИМАТООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ

Климатообразующие факторы обусловлены сочетанием природных и антропогенных факторов. Эти факторы могут приводить к колебаниям климатических моделей во временных масштабах от лет до столетий. Изучение климата зависит от обширного сбора данных, включая измерения с метеостанций, спутниковые наблюдения, океанические буи, ледяные керны и другие источники. Климатические модели, моделирующие взаимодействие между различными компонентами климатической системы Земли, используются для анализа прошлых климатических моделей и прогнозирования будущих климатических сценариев. Ключевые индикаторы, используемые для оценки изменения климата, включают повышение глобальной температуры, изменения в характере осадков, таяние ледников, повышение уровня моря и сдвиги в экосистемах и видовом составе живых существ. Эти изменения имеют глубокие последствия для человеческого общества, экосистем, сельского хозяйства, водных ресурсов, а также частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений. Климатология направлена на то, чтобы понять причины и последствия изменения климата. Но для этого необходимо понимать, что именно влияет на климат и образует его.

К климатообразующим факторам принято относить:

1) Географическая широта. Кривизна Земли влияет на количество солнечного излучения, получаемого на разных широтах. Вблизи экватора солнечная радиация более прямая и интенсивная в течение всего года, что приводит к более высоким температурам. Напротив, ближе к полюсам солнечная радиация более рассеяна и менее интенсивна, что приводит к более низким температурам. как правило, температура снижается по мере удаления от экватора к более высоким широтам. Этот широтный температурный градиент является результатом изменений угла падающего солнечного света и продолжительности светового дня. Таким образом, в тропиках у экватора

высокие температуры круглый год, в то время как в полярных регионах, расположенных ближе к полюсам, температура постоянно ниже, что также сильно влияет на биоразнообразие широтных регионов.

2) Атмосферная циркуляция, смена и преобразование воздушных масс. Распределение солнечной радиации по поверхности Земли создает колебания температуры. Теплый воздух вблизи экватора поднимается вверх, создавая области низкого давления, в то время как более холодный воздух в более высоких широтах опускается, создавая области высокого давления. Это создает модели атмосферной циркуляции, включая глобальные ветровые пояса и основные ячейки атмосферной циркуляции, такие как ячейки Хэдли, Феррела и Поляра. Эти модели циркуляции влияют на погодные условия и способствуют формированию различных климатических зон. Циркуляция атмосферы определяет многолетний режим погоды, отличающийся изменчивостью и контрастностью своих воздействий на природу и деятельность человека.

3) Общее распределение суши и вод, которые составляют горизонтальное расчленение земной поверхности. Районы суши нагреваются и остывают быстрее, чем океаны, что приводит к разнице температур между прибрежными и внутренними регионами. Крупные водоемы, такие как океаны и моря, оказывают смягчающее воздействие на климат, влияя на местные режимы температуры и влажности.

4) Рельеф, составляющий вертикальное расчленение земной поверхности. Он влияет на движение воздушных масс, характер осадков и локальные колебания температуры. Горы, например, могут блокировать преобладающие ветры, что приводит к разнице в количестве осадков с наветренной и подветренной сторон.

5) Свойства атмосферы (высота над уровнем моря, содержание водяного пара, углеродных кислот, озона, пыли и аэрозолей, бактерий и т.п.). Высота над уровнем моря напрямую влияет на температуру и характер осадков, интенсивность и количество солнечного излучения, ветровой режим,

а также экосистему и биоразнообразие. Парниковые газы улавливают и поглощают тепловое излучение, испускаемое поверхностью Земли, что приводит к увеличению температуры. Некоторые аэрозоли и пыль отражают солнечный свет обратно в космос, вызывая охлаждающий эффект, в то время как другие могут поглощать солнечный свет, способствуя потеплению. Также аэрозоли служат ядрами конденсации для образования облаков. Озон образует слой, защищающий поверхность Земли от вредных ультрафиолетовых лучей, защищая живые организмы, а также является сильным окислителем, вредным для человека. Влияние бактерий на атмосферу на данный момент исследуется. Бактерии могут служить ядрами конденсации для облаков, выступая в качестве аэрозолей, участвуют в круговороте углерода и биохимическом цикле.

6) Характер подстилающей поверхности, вроде воды, льда, скал, песка, глины, почвы. Различные типы поверхностей имеют различные характеристики, влияющие на энергетический баланс, влагообмен и динамику атмосферы. Поверхности с более высоким альбедо, такие как лед и снег, отражают больше солнечного света, что приводит к охлаждающему эффекту. Тепловые свойства, которыми обладает подстилающая поверхность, включая теплоемкость и теплопроводность влияют на поглощение, хранение и выделение тепловой энергии. Шероховатость влияет на распределение ветра и воздушного потока вблизи поверхности.

7) Растительный покров. В процессе своей жизнедеятельности растения выделяют водяной пар в воздух и увеличивает влажность. Происходит охлаждение окружающую среду за счет поглощения тепловой энергии с поверхности земли, что снижает температуру вокруг. Также растительный покров влияет на альбедо поверхности Земли, и поглощение солнечной радиации растительностью может привести к локальному потеплению. Помимо этого, растения обеспечивают затенение и могут регулировать температуру в прилегающих районах, уменьшить количество прямого солнечного света, достигающего земли, что также снижает температуру

поверхности и смягчает эффект городского острова тепла. Охлаждающий эффект за счет затенения может создавать микроклимат, отличный от соседних участков без растительности. В участках, имеющих растительность изменяется характер ветра и воздушный поток вблизи поверхности. Благодаря корням растений происходит влияние на гидрологический цикл, задерживая осадки, увеличивая инфильтрацию и регулируя поток воды, способствует пополнению запасов грунтовых вод, регулирует речной сток и снижает риск эрозии и наводнений.

8) Деятельность человека. Деятельность человека занимает далеко не последнее место. Выбросы парниковых газов в результате сжигания ископаемого топлива, вырубка лесов, развитие промышленности, урбанизации и прочие процессы способствуют накоплению парниковых газов в атмосфере вызывает изменение климатических моделей во всем мире. Возникает явление, известное как парниковый эффект, который приводит к потеплению планеты, обычно называемому глобальным потеплением или антропогенным изменением климата.

9) Солнечная радиация. Она является основным источником энергии для климатической системы Земли. Солнце излучает излучение в широком спектре, включая видимый свет, инфракрасное излучение и ультрафиолетовое излучение. Количество солнечного излучения, получаемого Землей, варьируется из-за таких факторов, как наклон оси Земли и ее эллиптическая орбита вокруг Солнца. Эти вариации способствуют формированию различных климатических зон на планете.

10) Вулканическая активность. За счет выброса вулканических газов и аэрозолей в атмосферу создаётся охлаждающий эффект, который может привести к краткосрочным климатическим аномалиям, таким как более низкие температуры поверхности и изменения характера осадков. Эти эффекты более выражены вблизи вулкана и могут сохраняться в течение нескольких лет после извержения, нося временный характер. Множественные

вулканические явления в течение длительного периода могут способствовать долгосрочной изменчивости климата.

11) Природные циклы (Эль–Ниньо и Ла–Нинья).

Эль–Ниньо происходит, когда температура поверхности моря в центральной и восточной тропической части Тихого океана становится значительно выше средней. Во время Эль–Ниньо пассаты, дующие с востока на запад через Тихий океан, ослабевают, позволяя теплым поверхностным водам распространяться на восток. Явление обычно длится около года или около того, но их интенсивность и продолжительность могут варьироваться. Сильные Эль–Ниньо связаны со значительными климатическими аномалиями и экстремальными погодными явлениями в различных частях мира. Это нарушает обычные закономерности атмосферной циркуляции и осадков, вызывает повышение температуры поверхности моря в восточной тропической части Тихого океана, ослабление или разворот пассатов, снижение подъема холодных, богатых питательными веществами вод вдоль побережья Южной Америки, провоцирует изменения в характере осадков, вызывающие увеличение количества осадков в центральной и восточной части Тихого океана и уменьшение количества осадков в западной части Тихого океана и некоторых частях Юго–Восточной Азии, оказывает воздействие на глобальные погодные условия, включая засухи, наводнения и изменения температуры и количества осадков в различных регионах.

Ла–Нинья представляет собой состояние, противоположное Эль–Ниньо. Явление происходит, когда температура поверхности моря в центральной и восточной тропической части Тихого океана становится ниже средней. Во время Ла–Нинья пассаты усиливаются, оттесняя теплые поверхностные воды на запад и усиливая подъем холодных, богатых питательными веществами вод вдоль побережья Южной Америки. Оно характеризуется холодной, чем в среднем температурой поверхности моря в восточной тропической части Тихого океана, более сильными пассатами, усиленным апвеллингом холодных вод вдоль берегов Южной Америки, изменением характера осадков,

включая увеличение количества осадков в западной части Тихого океана и некоторых частях Юго–Восточной Азии и уменьшением количества осадков в центральной и восточной части Тихого океана. Ла–Нинья оказывает воздействие на глобальные погодные условия, включая повышенную вероятность более частых и интенсивных тропических циклонов в Тихом океане, а также сдвиги температуры и количества осадков в различных регионах, и обычно длится около года или дольше. Как и Эль–Ниньо, его интенсивность и продолжительность могут варьироваться. Ла–Нинья может иметь значительные последствия для погоды и климата, часто противоположные тем, которые связаны с Эль–Ниньо.

Последствия как Эль–Ниньо, так и Ла–Нинья носят далеко идущий характер, затрагивая регионы по всему миру, в том числе влияя на режимы выпадения осадков, температурные аномалии и частоту экстремальных погодных явлений, таких как ураганы, засухи и наводнения

12) Изменение орбиты и наклона Земли. Наклон оси Земли относительно ее орбиты вокруг Солнца вызывает смену времен года. В регионах вблизи экватора наблюдаются относительно небольшие сезонные изменения температуры, в то время как в районах в более высоких широтах сезоны более четкие и с большими колебаниями температуры, а также светового дня.

Эти факторы вносят изменчивость в климатическую систему, что приводит к колебаниям климатических моделей в разных временных масштабах. Важно отметить, что сам климат не является статичным и может меняться с течением времени. Понимание формирования и изменения климата включает изучение взаимодействия между этими различными факторами и их действие на долгосрочные погодные условия.

2. ФИЗИКО–ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ И КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ.

2.1 ФИЗИКО–ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Алтайский край расположен на юго–востоке Западной Сибири между 49–54 градусами северной широты и 78–87 градусами восточной долготы. Граничит с Казахстаном на юге, Республикой Алтай на юго–востоке, Республикой Хакасия на западе, Новосибирской и Кемеровской областями на севере. Протяженность территории с запада на восток 600 км, с севера на юг – 400 км. Расстояние от Барнаула до Москвы по прямой – примерно 2940 км. Автомобильный путь составляет около 3400 км.



Рис. 2.1.1 – Физическая карта Алтайского края

Регион находится в часовом поясе, обозначаемом по международному стандарту как Omsk Time Zone (OMST/OMSST). Смещение относительно UTC составляет +6:00 (OMST, зимнее время) / +7:00 (OMSST, летнее время),

так как в этом часовом поясе действует переход на летнее время. Относительно Московского времени часовой пояс имеет постоянное смещение +3 часа и обозначается в России соответственно как MSK+3. Омское время отличается от поясного времени на один час, так как на территории России действует декретное время [7].

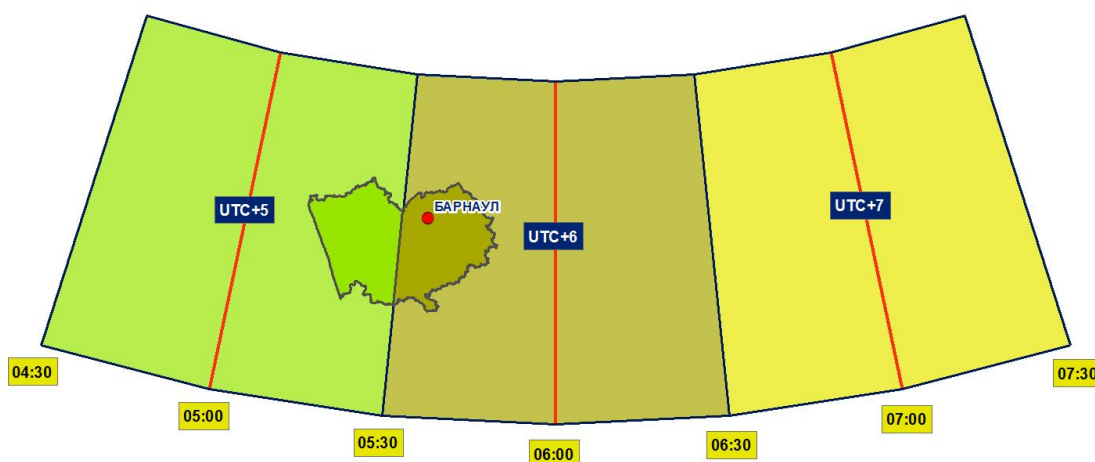


Рис. 2.1.2 – Часовой пояс Алтайского края

Территория края относится к двум физическим странам – Западно–Сибирской равнине и Алтай – Саяны. Горная часть охватывает равнину с восточной и южной сторон – Салаирский кряж и предгорья Алтая. Западная и центральная части преимущественно равнинного характера – Приобское плато, Бийско–Чумышская возвышенность, Кулундинская степь. В южной и юго–восточной частях Алтайского края преобладают Алтайские горы, обширная горная цепь, которая простирается через Россию, Китай, Монголию и Казахстан. Гора Белуха, расположенная в Республике Алтай в Горном Алтае, является самой высокой вершиной в регионе, достигая высоты 4506 метров (14 783 фута). Алтайские горы были сформированы в результате оледенения в прошлом, оставив после себя различные ледниковые формы рельефа. В отдельных районах Алтайского края встречаются U–образные

долины, цирки, морены и ледниковые озера, свидетельствующие о ледниковой истории региона.

Помимо этого, терриотрию края пересекает несколько рек, сформировавших его рельеф. Реки, такие как Обь, Бия, Катунь и Чарыш, прорезали глубокие долины и ущелья в горах, создавая отличающиеся данный край природные ландшафты. Они, расположенные преимущественно в северной и центральной частях края, способствуют формированию плодородных долин и равнин, поддерживая сельское хозяйство и населенные пункты. Река Катунь, в частности, популярна среди любителей рафтинга и других водных развлечений.

Здесь также имеется несколько плоскогорий и возвышенностей, формирующих рельеф региона. Плато Укок, расположенное в юго-восточной части области, известно своим уникальным ландшафтом с высокогорной степью, вечной мерзлотой и древними курганами. Курайское и Уймонское нагорья, расположенные в центральной и западной частях края, дополняют разнообразный рельеф региона.

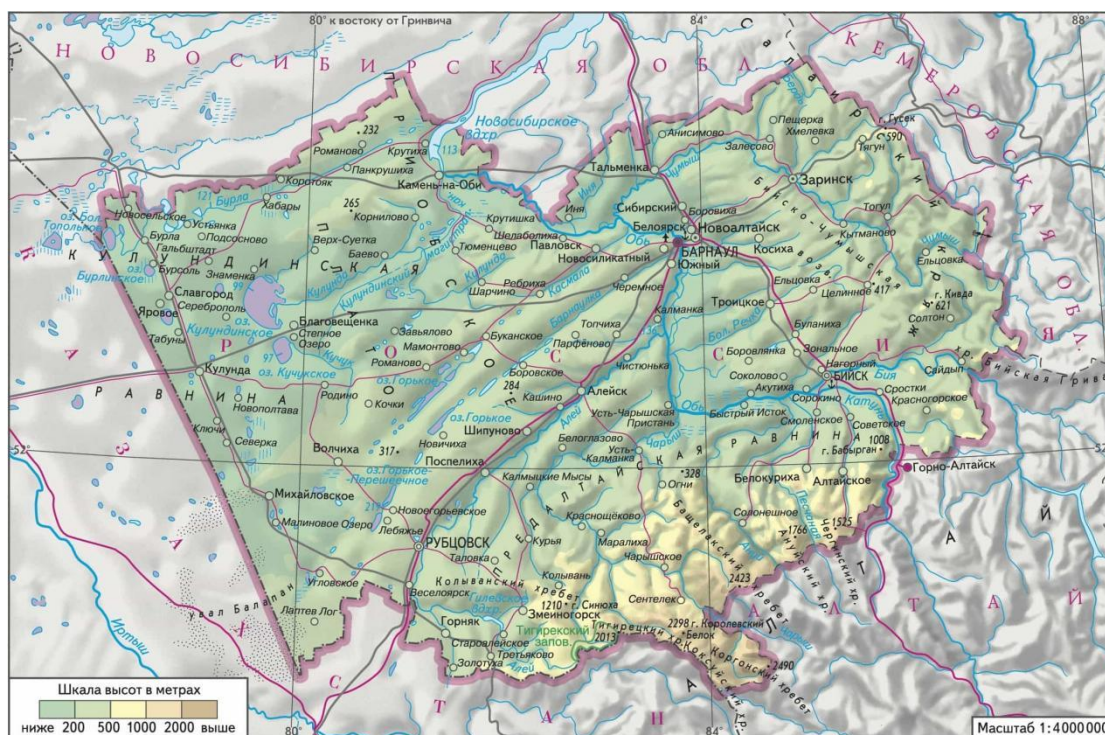


Рисунок 2.1.3 – Карта рельефа Алтайского края

Водные ресурсы Алтайского края состоят из поверхностных вод и подземных. Поверхностные воды представлены в большинстве своём реками, озёрами, водопадами и водохранилищами. Число рек в Алтайском крае насчитывается около 17 тысяч. Наиболее крупные из них – Обь, Бия, Катунь, Чумыш, Алей и Чарыш. Главной водной артерией края является река Обь длиной в пределах края 493 км. Она образуется от слияния рек Бии и Катуни. Бассейн Оби занимает 70% территории края.

Озёр в крае примерно 13 тысяч – это искусственные и естественно образованные. Самое большое – Кулундинское озеро (площадь 728 км²). Отдельно стоит отметить Телецкое озеро, одно из самых крупных и известных озёр Алтайского края, расположенное в юго-восточной части территории. Это озеро известно чистыми водами и окружено горами. Также известны озеро Бийское и озеро Малые Синюхи.

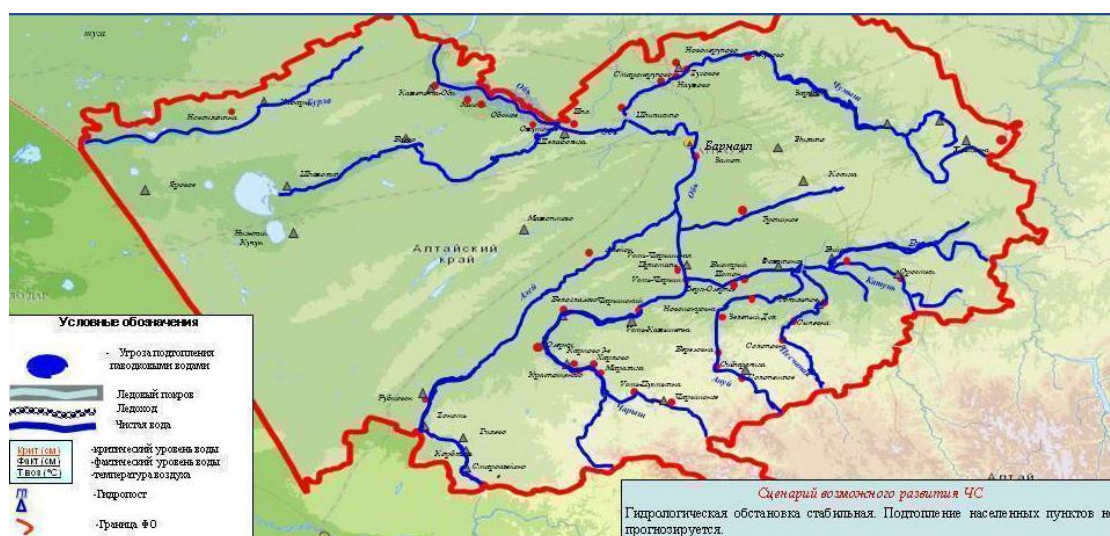


Рис. 2.1.5 – Карта водных ресурсов Алтайского края

Регион имеет несколько водохранилищ, используемых для хранения водных ресурсов и производства гидроэлектроэнергии. Крупнейшее из них – Бийское водохранилище, образованное перекрытием реки Бия. Данное водохранилище играет решающую роль в регулировании потока воды,

обеспечении водными ресурсами ближайших населённых пунктов. Оно необходимо для орошения сельскохозяйственных угодий и выработки электроэнергии на гидроэлектростанциях.

Также в регионе находятся множеством водопадов. Наиболее известные и посещаемые из них – это водопад Корбу на реке Катунь и водопад Чемал на реке Бия. Они являются популярными туристическими достопримечательностями.

В крае присутствуют почти все природные зоны России – степь и лесостепь, тайга и горы. Равнины характеризуется развитием степной природных зон, лесостепями, зонами с ленточными борами, озёрами и колками, а также развитой балочно–овражной сетью.

Многообразие природных зон Алтайского края способствует видовому разнообразию животного мира. Здесь насчитывается более 320 видов птиц, 90 видов млекопитающих. Точно так же растительный мир весьма разнообразен: в регионе произрастает около 2000 видов высших сосудистых растений, что составляет две трети видового разнообразия Западной Сибири. Что немаловажно, часть из них – это эндемические и реликтовые видов. К особо ценным относятся: золотой корень (родиола розовая), маралий корень (рапонтикум сафлоровидный), красный корень (копеечник забытый), марьин корень (пион уклоняющийся), солодка уральская, душица, зверобой, девясил высокий и другие. Леса занимают в сумме примерно 26 % площади края.

Алтайские горы являются средой обитания для большого спектра диких животных, в том числе для нескольких редких и знаковых видов. Например, сибирский козерог, архар, алтайский улар, алтайские сурки и снежный барс. Это также жизненно важная точка для размножения перелетных птиц.

В основном состояние атмосферного воздуха определяется размещением и скоплением экологически активных отраслей материального производства. На это также влияет уровень очистки выбросов производства от загрязняющих веществ. Около 64% загрязняющих веществ на предприятиях улавливается специальными газоочистными установками.

Поскольку в крае эксплуатируется более 560 тыс. автомобилей, выбросы вредных веществ зависят от загруженности автомагистралей, и процент загрязнения составляет 45 от общего, в том числе: оксида углерода – 69 %, оксидов азота – 37 %, углеводородов – 92 %.

В регионе отмечается усиление загрязнения почвенных и земельных ресурсов ресурсами отходами животноводческих комплексов и ферм, силосными стоками, разного рода химическими веществами, которые входят в состав минеральных удобрений и ядохимикатов, используемых против вредителей. Соли тяжелых металлов; цветение и заиливание водоисточников, уплотнение пахотного слоя под возделыванием сельскохозяйственной техники оборудывания, специализирующегося на обработке почв.

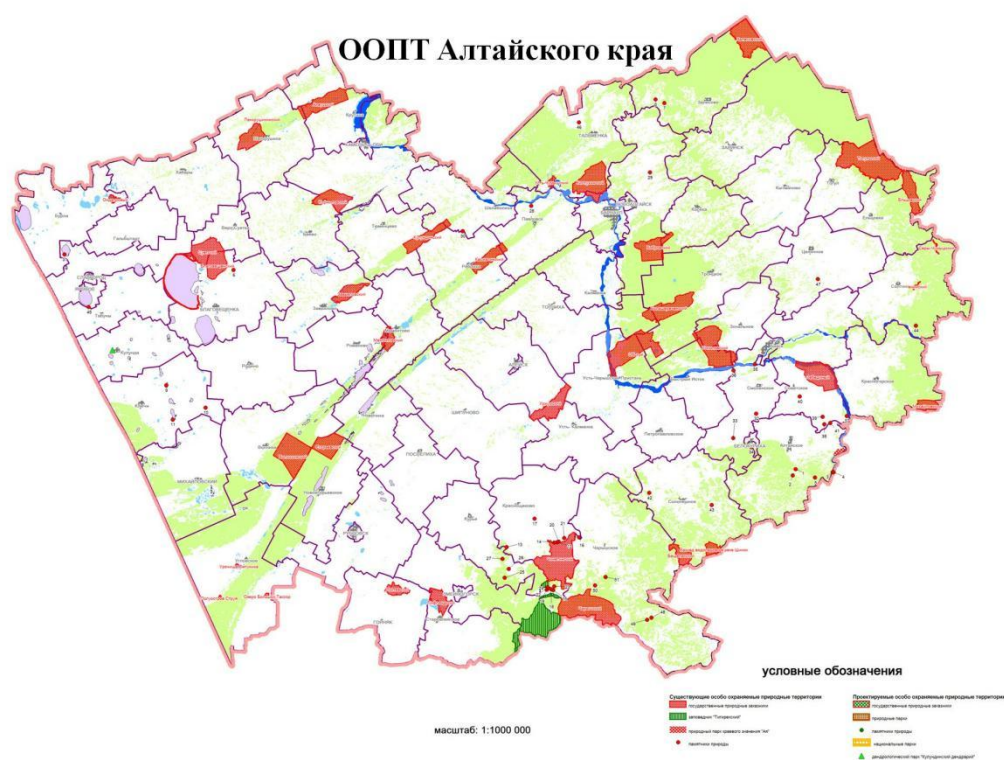


Рис. 2.1.6 – Карта экологического состояния Алтайского края

Водные объекты края в основном загрязняются посредством химических и нефтехимических предприятий, машиностроения, теплоэнергетики. Важной также является проблема охраны малых рек от

обмеления и загрязнения в связи с вырубкой деревьев и лесоповала. За счет сокращения лесистости происходит ускорение и увеличение водной эрозии, из-за которой затем мелеют речные русла. Многочисленные мелкие озера, рассредоточенные по территории региона, постоянно подвержены влиянию хозяйственно-бытовых стоков населенных пунктов и животноводческих комплексов, что приводит к соответствующему загрязнению. Кроме того, над территорией края проходят траектории пусков ракетополетов с космодрома Байконур, а продукты ракетного топлива и части сгоревших в атмосфере ступеней попадают на поверхность.

На данный момент в целом в регионе имеются остро стоящие проблемы. К примеру, в Алтайском крае почти не сохранились изначально естественные ландшафты. Все они испытывают воздействие хозяйственной деятельности, эрозии, переноса веществ водными и воздушными потоками. Для решения данной проблемы планируется создание разветвленной сети особо охраняемых природных территорий, в число которых входят: заповедники, национальные парки, заказники, памятники природы.

2.2 КЛИМАТИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Алтайский край отличается разнообразным существенно неоднородным климатом, что обусловлено различными условиями в силу своего географического положения и разнообразного рельефа. На климат региона влияет его близость к Алтайским горам, которые служат барьером для преобладающих погодных условий.

Предгорная и приобская части края имеют умеренный климат, переходный к резко континентальному, который формируется в результате частой смены воздушных масс, поступающих из Атлантики, Арктики, Восточной Сибири и Средней Азии. Характеризуется четко выраженными сезонами и значительными колебаниями температуры в течение года. Лето обычно теплое, а зима холодная и продолжительная.

Наиболее сухой и жаркой является западная равнинная часть. Здесь климат местами резко континентальный. Наиболее мягким климатом характеризуются Алтайский и Смоленский районы, а наиболее резким – Кулундинский и Ключевской районы.

Абсолютная годовая амплитуда температуры воздуха достигает 90–95 °С. Среднегодовые температуры – положительные, от +0,5 до +2 °С и меняются в зависимости от сезона, а также повышаются к юго–западу края. Летом температура может варьироваться от умеренной до жаркой, со средним максимумом от 20 до 30 °С. Средние максимальные температуры экстремальные достигают от 40 до 42 °С. Зимы холодные, средние температуры часто опускаются ниже нуля и колеблются от –10 до –20 градусов по Цельсию. Средние минимальные температуры января примерно равны –20... –24 °С. В некоторых районах температура может упасть еще ниже в периоды сильных холодов. Абсолютный зимний минимум составляет –50... –55 °С [9]. Безморозный период продолжается около 120 дней. Наибольшие температуры воздуха в летний период наблюдаются в Угловском и Михайловском районах, наименьшие в зимний период – в Ельцовском, Залесовском, Заринском.

В Алтайском крае выпадает умеренное количество осадков в течение всего года, их количество несколько выше в летние месяцы. Характер осадков различается по региону из–за влияния гор Алтая. В южной и юго–восточной частях территории, находящейся под влиянием горных хребтов, выпадает больше осадков, чем в северной и западной частях. Годовое количество осадков колеблется от 200 до 700 миллиметров. К востоку и юго–востоку происходит увеличение осадков от 230 мм до 600–700 мм в год. Наибольшее количество осадков выпадает в Красногорском, Алтайском и Солонешенском районах, наименьшее – в Угловском районе и западной части Рубцовского района.

В зимние месяцы часто выпадает снег, особенно в горных районах, где выпадает значительное количество снега, что делает их популярным местом

для любителей зимних видов спорта. Там снежный покров может сохраняться в течение нескольких месяцев. Снежный покров устанавливается в среднем во второй декаде ноября, разрушается в первой декаде апреля. Высота снежного покрова составляет в среднем 40–60 см, в западных районах уменьшается до 20–30 см. Глубина промерзания почвы 50–80 см, на оголённых от снега степных участках возможно промерзание на глубину 2–2,5 м.

Благодаря наличию горного барьера на юго–востоке региона господствующий западно–восточный перенос воздушных масс приобретает юго–западное направление. В летние месяцы часты северные ветры. В 20–45 % случаев скорость ветров юго–западного и западного направлений превышает 6 м/с. В степных районах края с усилением ветра связано возникновение суховеев. В зимние месяцы в периоды с активной циклонической деятельностью в крае повсеместно отмечаются метели, повторяемость которых 30–50 дней в году. Наибольшая среднегодовая скорость ветра наблюдается в Благовещенском районе, наименьшая – в Бийском.

Разнообразный рельеф Алтайского края способствует наличию микроклиматов в пределах региона. Высота над уровнем моря, вид склона и близость к водоемам влияют на местные климатические условия. Долины и низменности часто имеют более мягкие температуры по сравнению с возвышенностями, в то время как на горных склонах, обращенных в разные стороны, могут наблюдаться колебания температуры и количества осадков. Горный климат: Алтайские горы имеют свой уникальный горный климат. По мере увеличения высоты температура имеет тенденцию к снижению, а количество осадков обычно выше. Горные вершины часто более прохладные и подвержены более экстремальным погодным условиям по сравнению с окружающими равнинными районами[8].

2.3 МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ

	Name	Latitude	Longitude
☐	Aleyskaya	52,52	87,77
☐	Baevo	53,28	80,78
☐	Barnaul	53,43	83,52
☐	Biysk	52,68	84,93
☐	Volchiha	52,03	80,33
☐	Zarinsk	53,75	84,93
☐	Zmeinogorsk	51,15	82,17
☐	Kamen-na-Obi	53,82	81,27
☐	Kluchi	52,27	79,2
☐	Krasnoshekovo	51,67	82,73
☐	Rebriha	53,08	82,33
☐	Rodino	52,48	80,18
☐	Rubcovsk	51,58	81,2
☐	Slavgorod	52,97	78,65
☐	Soloneshnoe	51,63	84,33
☐	Talmenka	53,82	83,58
☐	Togul	53,47	85,93
☐	Habari	53,62	79,55
☐	Shelaboliha	53,42	82,6

Таблица 2.2.1 – Географическое положение метеостанций

3. ФОРМИРОВАНИЕ АРХИВА ДАННЫХ О КЛИМАТООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

3.1 ФОРМИРОВАНИЕ АРХИВА ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ ЗА ПЕРИОД С 1960 ПО 2022 ГОДА.

Для формирования архива были взяты данные с сайта www.pogodaiklimat.ru. На указанном сайте находится информация о метеостанциях, прогнозах погоды, климатическом мониторинге и многое другое, включая летописи и архивы погоды.

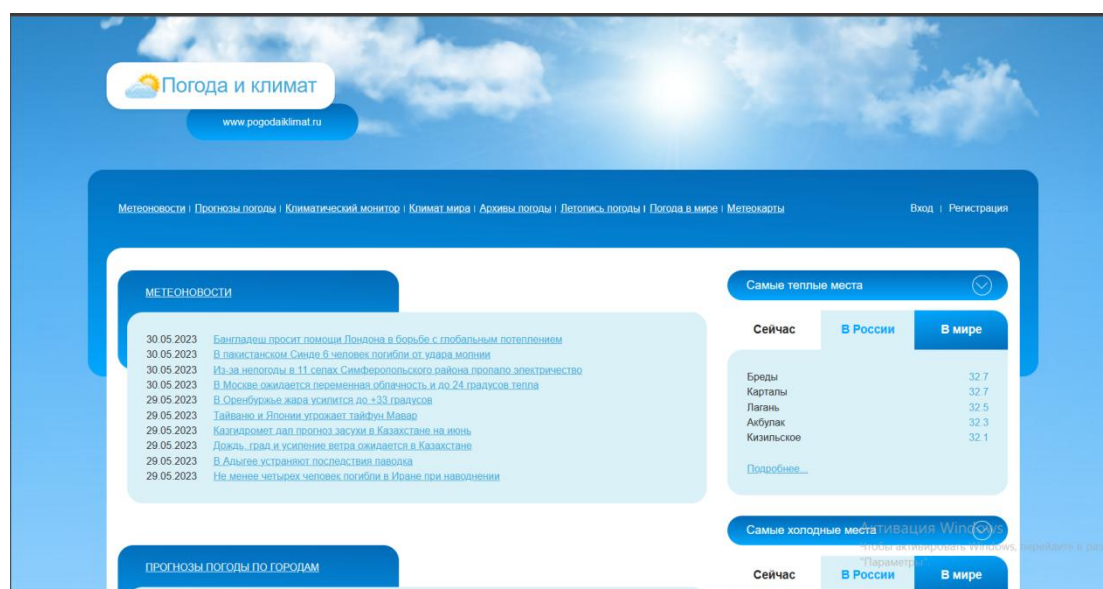


Рис 3.1.1 – Сайт www.pogodaiklimat.ru

В летописях погоды были найдены данные об Алтайском крае и действующих метеостанциях.

Затем были скачаны данные о средних годовых температурах воздуха и осадках у каждой из отобранных станций. У большинства станций наблюдения велись не ранее 1960 года, поэтому этот год был взят в качестве начала климатологического ряда. Остальные данные удалены. Концом ряда, соответственно, стал 2022 год.

То же самое сделано для годовым суммам осадков.

Год	АЛЕЙСКАЯ	БАЕВО	БАЙСКОЕ	ВОЛЧАНКА	ЗАРИНСКОЕ
1960	0,2	534	-0,2	413	446
1961	2,6	600	2,2	408	410
1962	3,3	359	2,9	264	376
1963	4,1	491	3,3	408	382
1964	2,5	515	1,7	321	383
1965	2,7	396	2,1	216	377
1966	0,8	471	-0,1	289	391
1967	2,6	323	1,7	247	350
1968	1,6	436	0,5	338	393
1969	-0,8	621	-2	465	569
1970	1,6	720	0,7	473	570
1971	2,8	506	1,9	496	435
1972	1,4	589	0,3	459	450
1973	3,2	388	2,2	247	327
1974	1,3	346	0	214	284
1975	2,7	386	1,8	307	328
1976	1	583	0,1	319	432
1977	2,3	535	1,3	322	252
1978	3,3	414	2,1	280	319
1979	2,2	542	1,4	324	338
1980	2,5	344	1,6	294	228
1981	3,3	357	2,5	238	345
1982	3,8	432	3	349	205
1983	4,4	466	3,6	292	229
1984	0,9	469	-0,6	399	289
1985	2,1	399	0,9	445	203

Рис. 3.1.2 – Архив метеостанций Алтайского края

3.2 ЗАПОЛНЕНИЕ ПРОПУСКОВ В АРХИВЕ

Ряды данных некоторых метеостанций оказались неполными: у 10 из 19 станций часть измерений отсутствовала. Поэтому было принято решение провести восстановление пропусков посредством метода линейной регрессии.

Линейная регрессия – это метод статистического моделирования, используемый для анализа связи между двумя непрерывными переменными. Он направлен на поиск наиболее подходящего линейного уравнения, которое представляет связь между независимой переменной (также известной как переменная–предиктор) и зависимой переменной (также известной как переменная отклика). Модель линейной регрессии предполагает, что связь между переменными может быть аппроксимирована прямой линией. Уравнение для простой модели линейной регрессии представлено как:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \text{ где:}$$

- Y – зависимая переменная (переменная отклика);
- X – независимая переменная (предикторную переменную);
- β_0 – точка пересечения (значение Y , когда X равно нулю);
- β_1 – наклон (изменение Y на каждую единицу изменения X);

– ε – ошибка (разница между прогнозируемым и фактическим значениями Y).

Цель линейной регрессии состоит в том, чтобы оценить значения коэффициентов β_0 и β_1 , которые минимизируют сумму квадратов разностей между прогнозируемыми значениями и фактическими значениями зависимой переменной.

Существует два основных типа линейной регрессии:

1) Простая линейная регрессия: в простой линейной регрессии есть одна независимая переменная, используемая для прогнозирования зависимой переменной. Он предполагает линейную зависимость между двумя переменными.

2) Множественная линейная регрессия. В множественной линейной регрессии для прогнозирования зависимой переменной используется несколько независимых переменных. Это позволяет использовать более сложные отношения, рассматривая комбинированное влияние нескольких предикторов на зависимую переменную.

Линейный регрессионный анализ позволяет:

- Оценивать силы и направления связи между переменными
- Прогнозировать значения
- Проводить оценку статистической значимости.

Восстановление пропусков наблюдений основано на построении регрессионных уравнений с одним или несколькими предполагаемыми аналогами, которые имеют как более продолжительный период наблюдений, так и данные наблюдений в те годы, которые были пропущены на рассматриваемой станции. В частном случае такие регрессионные зависимости могут быть построены и между разными метеорологическими характеристиками на одной станции, например между температурой воздуха и осадками.

В данном случае были рассмотрены регрессионные зависимости между одинаковыми метеорологическими характеристиками, но с разных станций.

Выбраны ряды, один из которых имеет меньшую продолжительность наблюдений и который необходимо восстановить (n), а другой большую – N .

Определяются коэффициенты уравнения связи между коротким (Y) и продолжительным (X) рядами наблюдений за совместный период:

$$Y = k_0 + k_1 * X \quad \text{где}$$

x – известное значение, взятое из продолжительного ряда за тот же год.

k_1 и k_0 были получены посредством использования в программе Excel функции «ЛИНЕЙН». Данная функция рассчитывает статистику для ряда с применением метода наименьших квадратов, чтобы вычислить прямую линию, которая наилучшим образом аппроксимирует имеющиеся данные и затем возвращает массив, который описывает полученную прямую.

В итоге, пропущенные данные были восстановлены:

Рис. 3.2.1 – Восстановленные данные метеостанции Шелаболиха

Анализируя восстановленные пропуски, было отмечено, что все станции за исключением Ребрихи не имели пропусков по данным среднегодовой температуры. По данным годовой суммы осадков пропуски были у 10 станций: Заринск, Кючи, Краснощеково, Ребриха, Родино, Славгород, Тальменка, Тогул, Хабары, Шелаболиха. Максимум пропусков по годовым суммам осадкам состави 23 года. Минимум – 2 года.

Название станции	Временной ряд	Пропуски (Среднегодовая температура)	Пропуски (годовая сумма осадков)
Алейская	62 года	0	0
Баето	62 года	0	0
Барнаул	62 года	0	0
Бийск	62 года	0	0
Волчиха	62 года	0	0
Заринск	62 года	0	17
Змеиногорск	62 года	0	0
Камень-на-Оби	62 года	0	0
Ключи	62 года	0	6
Краснощеково	62 года	0	23
Ребриха	62 года	2	2
Родио	62 года	0	5
Рубцовск	62 года	0	0
Славгород	62 года	0	2
Солонешное	62 года	0	0
Тальменка	62 года	0	14
Тогул	62 года	0	12
Хабары	62 года	0	14
Шелаболиха	62 года	0	11

Таблица 3.2.1 – Временные ряды и количество пропусков метеостанций

Метеостанции имеют следующие пропуски:

– Заринск по данным годовых сумм осадков за 1989, 1991, 1992, 1995–2000, 2004–2009, 2014 и 2015 года.

– Ключи по данным годовых сумм осадков за период с 1960 по 1966.

– Краснощеково по данным годовых сумм осадков с 1960 по 1972, 1992, 1995–2000, 2004, 2005, 2015 года.

– Ребриха по среднегодовым температурам и данным годовых сумм осадков за 2021 и 2022 года.

– Родио по данным годовых сумм осадков за 1997–2000, 2018 и 2019 года.

– Славгород по данным годовых сумм осадков за 2018 и 2019 года.

– Тальменка по данным годовых сумм осадков за 1997–2000, 2004–2010, 2015, 2018, 2019 года.

– Тогул по данным годовых сумм осадков за 1997–2000, 2004–2010 и 2015 года.

– Хабары по данным годовых сумм осадков за 1993, 1994, 1997–2000, 2004–2010 и 2015 года.

– Шелаболиха по данным годовых сумм осадков за 1960–1972, 1992, 1994–2000, 2004, 2005 и 2015 года

Учитывая нынешнюю полноту данных, стало возможным определение средних значений среднегодовых температур и годовых сумм осадков. Их расчёт также был произведён в программе Excel посредством функции «СРЗНАЧ»:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
49	2006	2,9	479		2,2	254		2,5	458		2,7	640		2,7	496		
50	2007	4,5	466		3,5	342		4,2	372		4,1	573		4	383		
51	2008	3,8	324		2,7	322		3,2	413		3	484		3,2	324		
52	2009	1,9	456		1,2	436		1,4	466		1,5	575		1,7	379		
53	2010	1,3	427		0,6	240		0,6	437		0,8	521		0,6	245		
54	2011	2,4	288		1,9	267		2,1	315		1,9	418		2	251		
55	2012	2,1	379		1,4	226		1,8	400		1,5	528		1,5	262		
56	2013	4,1	502		3,1	339		3,5	501		3,8	580		3,6	307		
57	2014	2,8	656		2	387		2,4	539		2,3	632		2,4	354		
58	2015	4,5	455		3,8	407		4,2	470		3,9	559		3,9	407		
59	2016	3,6	574		2,8	436		3	489		3	639		2,9	495		
60	2017	3,8	445		3	462		3,4	497		3,2	439		3,2	401		
61	2018	2,1	545		1,3	372		1,5	441		1,8	508		1,2	417		
62	2019	3,5	419		2,8	318		3,3	374		2,9	565		3,2	268		
63	2020	5,2	386		4,4	294		4,8	440		4,6	467		4,7	298		
64	2021	3,6	466		2,5	363		3	418		3,2	456		3,1	292		
65	Ср. многолет	2,8	459		2,0	346		2,4	429		2,3	548		2,3	358		

Рис. 3.2.2 – Средние значения среднегодовых температур и годовых сумм осадков

Далее, используя имеющиеся и восстановленные данные, была создана электронная карта метеостанций и проведена их пространственная интерполяция.

Для этого была использована программа MapInfo и данные станций, включая их широту, долготу и средние значения среднегодовых температур.

	Name	Latitude	Longitude	Temperature
☐	Aleyskaya	52,52	87,77	2,8
☐	Baevo	53,28	80,78	2
☐	Barnaul	53,43	83,52	2,4
☐	Biysk	52,68	84,93	2,3
☐	Volchiha	52,03	80,33	2,3
☐	Zarinsk	53,75	84,93	2
☐	Zmeinogorsk	51,15	82,17	2,9
☐	Kamen-na-Obi	53,82	81,27	1,7
☐	Kluchi	52,27	79,2	3,1
☐	Krasnoschekovo	51,67	82,73	3,4
☐	Rebriha	53,08	82,33	1,9
☐	Rodino	52,48	80,18	2,8
☐	Rubcovsk	51,58	81,2	2,9
☐	Slavgorod	52,97	78,65	2,5
☐	Soloneshnoe	51,63	84,33	1,9
☐	Talmenka	53,82	83,58	1,3
☐	Togul	53,47	85,93	2,4
☐	Habari	53,62	79,55	1,7
☐	Shelaboliha	53,42	82,6	2,3

Таблица 3.2.2 – Географическое положение метеостанций и их средние значения среднегодовых температур

В ней был создан геоинформационный слой с территорией страны:



Рис. 3.2.3 – Геоинформационный слой Российской Федерации

Поскольку для работы необходим только Алтайский край, формируем слой для вышеуказанного региона и визуализируем сформированный слой метеостанций в регионе.

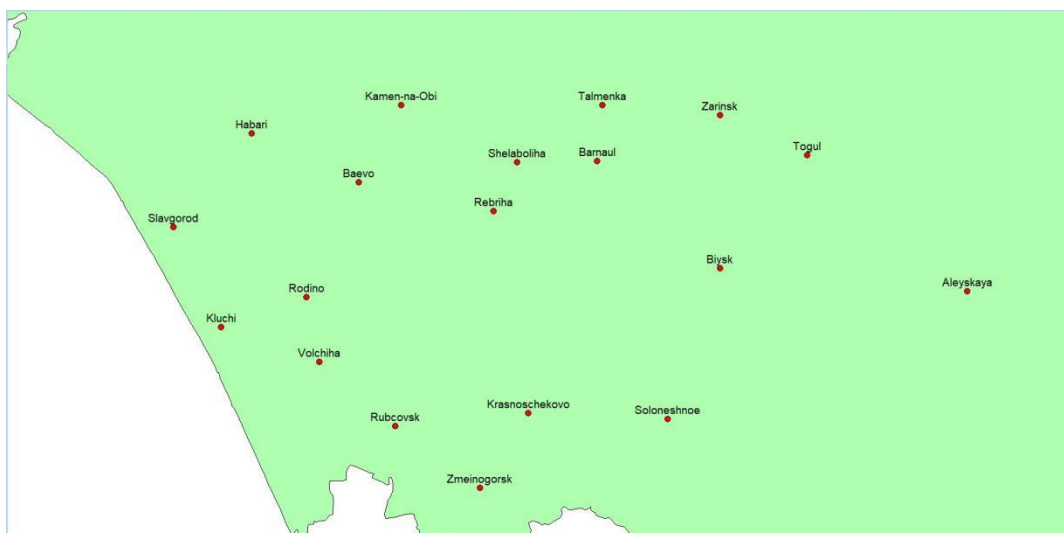


Рис. 3.2.4 – Геоинформационный слой Алтайского края

Затем строим поле пространственной изменчивости средних многолетних температур. В результате, получаем электронную карту с пространственной интерполяцией:

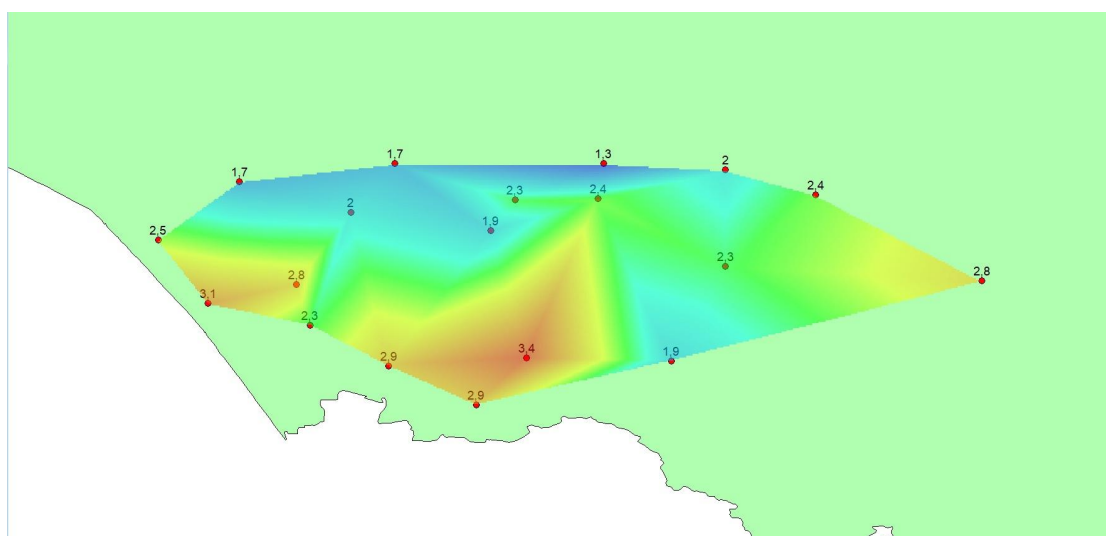


Рис. 3.2.5 – Электронная карта с пространственной интерполяцией среднегодовых температур

То же самое сделано для годовых сумм осадков:

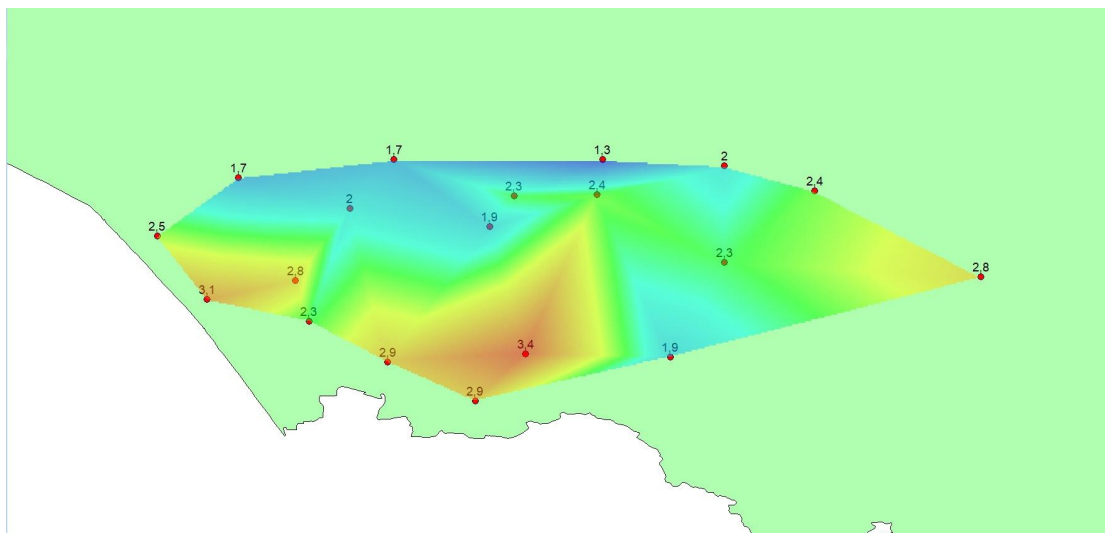


Рис. 3.2.6 – Электронная карта с пространственной интерполяцией годовых сумм осадков

3.3 РАСЧЕТ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ КЛИМАТООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ И ИХ АНАЛИЗ. ОБРАЗОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ТРЕНДОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧЕК БИФУРКАЦИИ

Анализ временных рядов метеорологических элементов широко используется как в климатических исследованиях, так и для целей прогноза, в том числе с наименьшей заблаговременностью – наукастинга. Существует большое количество методов обработки стационарных временных рядов. Однако, климатические факторы и метеорологические элементы характеризуются значительной изменчивостью, имеющей сложную стохастически–детерминированную физическую природу. Соотношение случайной и закономерной составляющих общей изменчивости временного ряда оценивается путем выявления и удаления статистически значимых монотонных и циклических трендов. В результате этого существенно уменьшается общая дисперсия исследуемого показателя, что повышает надежность и точность его вероятностной и прогнозной оценок. Для сверхкраткосрочного и текущего прогнозов временных рядов метеорологических или экологических элементов пользуются

экстраполяцией текущих значений на будущее. Однако методы экстраполяции допустимы в рамках одного процесса, но не дают положительного результата в период их смены.

Одним из этапов исследования различных временных рядов является определение наличия моментов времени смены процессов, которым подчинялось поведение временного ряда. Момент времени в исследуемом ряду, соответствующий резкому изменению характера протекающего процесса, т. е. смене тренда, можно считать «точкой бифуркации». В интервалах между бифуркациями поведение системы предсказуемо, оно определяется и случайными, и закономерными факторами. Для нахождения положения точки бифуркации возможно использование тренда в качестве математической модели отрезков временного ряда. Однако такой подход наталкивается на трудности, в частности, связанные с тем, что не существует «автоматического» способа обнаружения тренда во временном ряду. Более того, нет даже единого формального определения тренда.

В основе алгоритма определения положения точек бифуркации лежит сравнение между собой разных отрезков временного ряда [6]. Задача решается заменой отрезков временного ряда их математической моделью. В качестве моделей могут быть использованы полиномы разных степеней, начиная от полинома нулевой степени. При таком подходе каждая степень полинома определяет геометрическую форму отрезков временного ряда между точками бифуркации. Для полинома нулевой степени это число, которое будет определять на графике временного ряда положение прямой линии, параллельной горизонтальной оси времени (так называемый метод К–средних). Для полинома первой степени – это отрезки прямых, для полинома второй степени – это параболы и т. д .

Таким образом, определение положения точек бифуркации включает следующие этапы:

- формирование на основе прямого перебора отрезков разной длины;
- построение для них математических моделей;

– оценка успешности каждого такого разбиения с помощью одного или нескольких количественных критериев, рассчитываемых с использованием соответствующих метрик.

При исследовании временных рядов может оказаться важным нахождения момента времени, соответствующего резкому изменению характера протекающего процесса, т. е. точки бифуркации. При этом наступление такого момента может быть достаточно легко установлено при графическом анализе временного ряда, так и носить «скрытый» характер. Рассмотрим одну из возможных методик реализации нахождения положения точки бифуркации:

Пусть имеется временной ряд их N значений. Разделим этот ряд на два отрезка: $[1, n1]$ и $[n1+1, N]$. Вычислим средние значения для каждого отрезка:

$$Y_{1cp} = \sum_1^{n1} Y_i \qquad Y_{2cp} = \sum_{n1+1}^n Y_i$$

Где Y_{1cp}, Y_{2cp} – средние значения рядов

Y_i – член ряда с номером i

Тогда положение точки бифуркации будет определяться таким номером $n1$, для которого будет выполняться следующее условие:

$$SS = \sum_1^{n1} (Y_i - Y_{1cp})^2 + \sum_{n1+1}^n (Y_i - Y_{2cp})^2 = \min$$

Где SS – рассчитываемый параметр для поиска точки бифуркации

При реализации данного алгоритма точка бифуркации определяется положением двух прямых, при котором сумма квадратов отклонений этих прямых от значений временного ряда будет минимальным. Для оценки «эффективности» произведенного деления ряда на два отрезка можно

воспользоваться сравнением дисперсии всего ряда с дисперсией отступ его двух отрезков, вычисленных по формуле:

$$\sigma_{\text{ступ}} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 n_1 + \sigma_2^2 n_2}{(n_1 + n_2 - 1)}}$$

Где σ – среднее квадратическое отклонение

n_1, n_2 – длины рядов

Используя алгоритм, описанный выше, были построены временные ряды для всех метеорологических станций, используемых в работе (см. Приложение). Вот примеры нескольких из них:

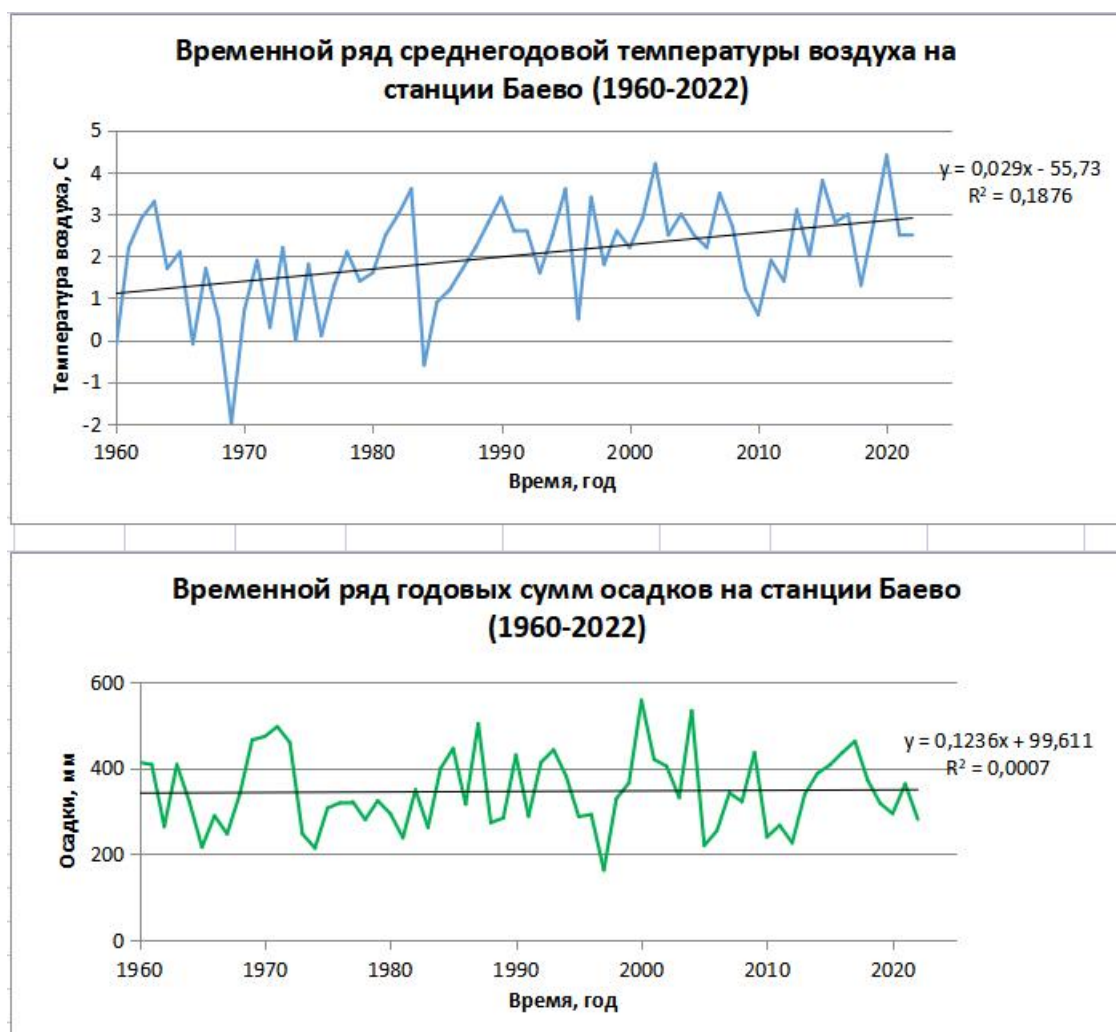


Рис. 3.3.1 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Баево за период с 1960 по 2022

На данных графиках методом визуального анализа уже можно предположить отсутствие точек бифуркации, поскольку общая динамика климатообразующих факторов не наблюдает резких скачков: среднегодовые температуры постепенно возрастают, а годовые суммы осадков остаются неизменными.

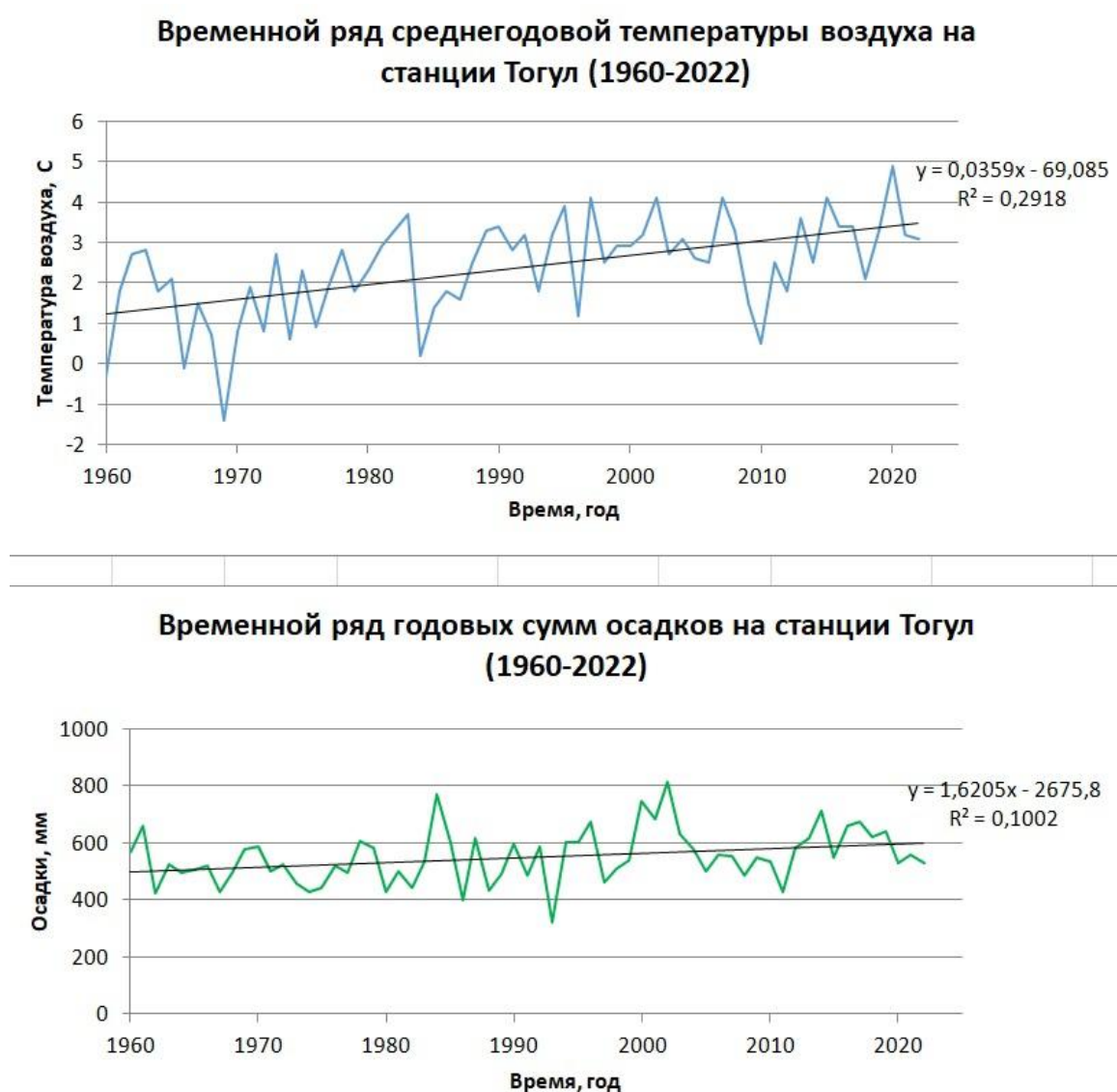


Рис. 3.3.2 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Тогул за период с 1960 по 2022

Временной тренд среднегодовой температуры, построенный на основе данных метеостанции Тогул, как и Баево, также указывает на стабильное возрастание температуры с течением десятилетий. Значения годовых сумм осадков тоже повышаются, в отличие от отсутствия изменений вышеуказанного параметра на станции Баево. Визуально точек бифуркации не найдено.

Рассмотрим ещё одну пару временных рядов и временных трендов. Для этого возьмём графики с метеостанции Ребриха:

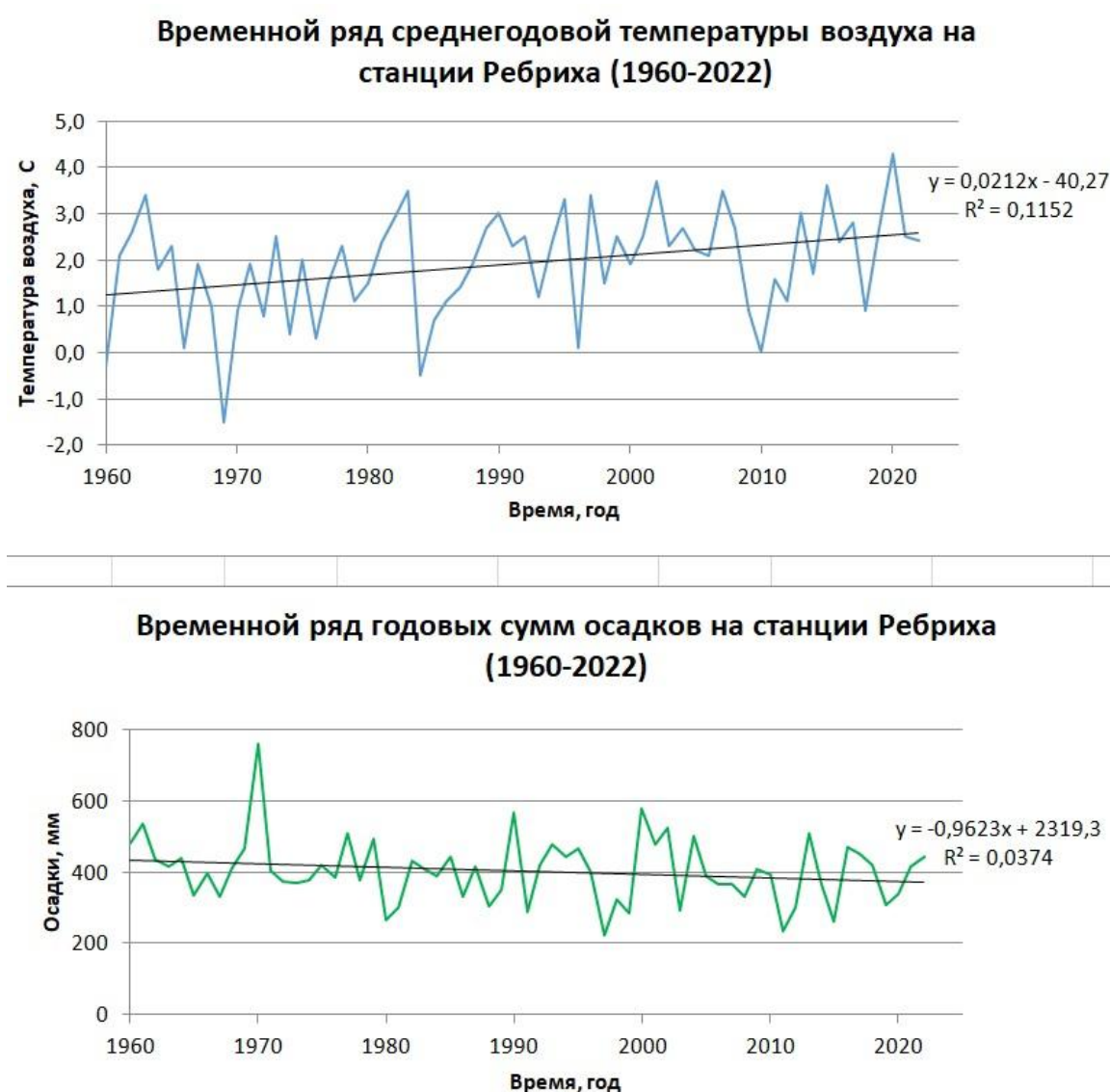


Рис. 3.3.3 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Ребриха за период с 1960 по 2022

Аналогично, тенденция среднегодовых температур сохраняется – планомерное возрастание. Годовые суммы осадков, напротив, в данном случае имеют тенденцию к снижению. Подобные отличия в данном факторе, вероятнее всего, объясняются особенностями рельефа, на которых расположены рассматриваемые метеостанции.

Далее произведён поиск возможных точек бифуркации и проведена оценка значимости. Проведённые разделения были проверены на значимость путём сравнения критерия Фишера с критическим значением по заданной формуле:

$$F = \frac{\sigma_{\text{ряда}}^2}{\sigma_{\text{ступ}}^2}$$

Рассмотрим на примере метеостанции Алейская.

Построен временной ряд для среднегодовых температур:

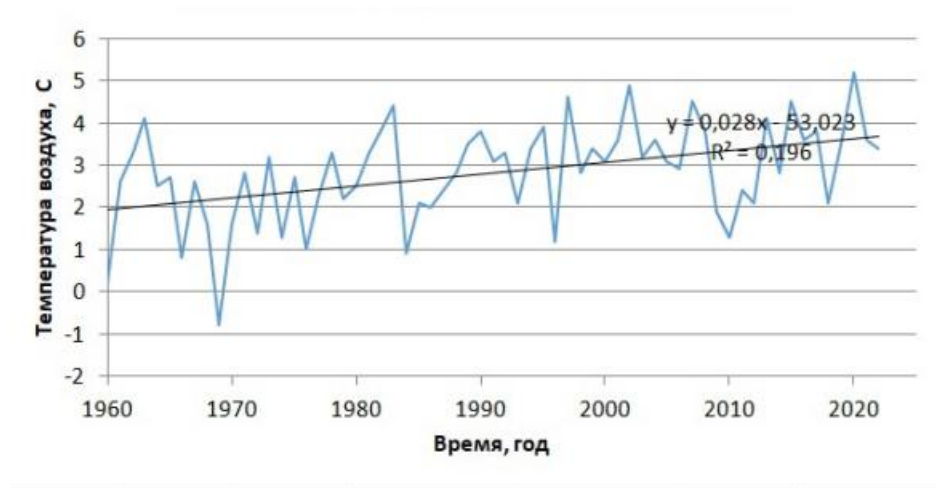


Рис. 3.3.4 – Временной ряд среднегодовой температуры воздуха станции Алейская за период с 1960 по 2022

Была найдена предполагаемая точка бифуркации 1996 г:

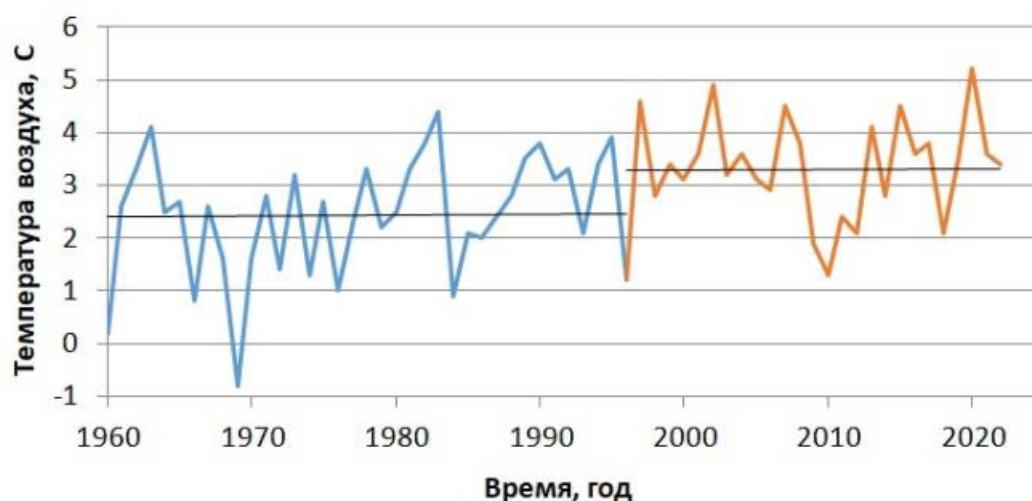


Рис. 3.3.5 – Предполагаемая точка бифуркации

Также было определено критическое значения по таблице[6]:

Критические значения статистик F -распределения для нормально распределенных независимых случайных величин при $\alpha = 5\%$

$(n_2 - 1)$	Число степеней свободы числителя $(n_1 - 1)$									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000
10	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	2,09	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
1000	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

Таблица 3.3.1 – Критические значения статистик F -распределения для нормально распределённых случайных величин

Произведены расчёты согласно алгоритму:

$$\sigma_{\text{ряда}}^2 = 1,35$$

$$\sigma_1^2 = 1,31$$

$$\sigma_2^2 = 1,04$$

$$\sigma_{\text{суп}}^2 = 1,23$$

Откуда $F=1,10$

$F_{\text{кр}}$ принята равной 1,9.

$F < F_{\text{кр}}$

Расчётное значение критерия Фишера меньше критического. Значит, проведённое разделение статистически не значимо с заданной доверительной вероятностью 0,95. Следовательно, предполагаемая точка не является точкой бифуркации.

На остальных станциях ни для годовых сумм осадков, ни для среднегодовых температур точек бифуркации также найдено не было. Это говорит о вероятной стабильности в общей динамике климатических изменений Алтайского края, но для создания более точных выводов требуется проводить больше отдельных исследований на данную тему. Также в дальнейшем было отмечено, что временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на разных станциях повторяли вид друг друга. Для наглядности были взяты временные ряды четырёх станций и нанесены на общий график.

Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков для метеостанций Алейская, Баево, Барнаул и Бийск за период с 1960 по 2022 года:

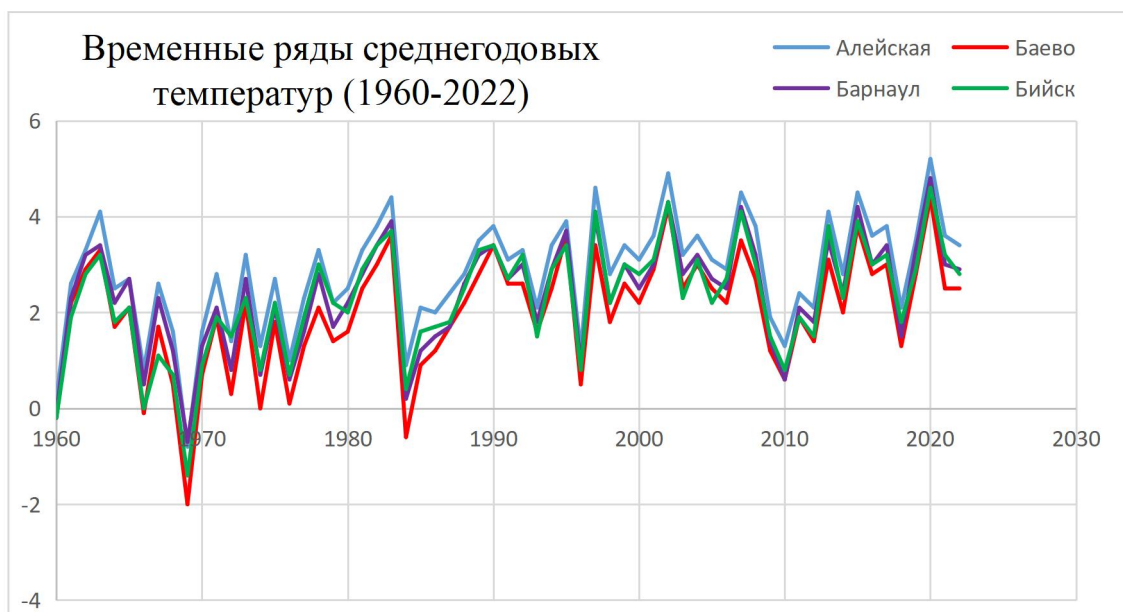


Рис. 3.3.6 – Временные ряды среднегодовых температур для метеостанций Алейская, Баево, Барнаул и Бийск за период с 1960 по 2022 года

Временные ряды среднегодовых температур повторяют очертания друг друга. В 1969 и 1984 годах станции отметили резкие падения значений среднегодовых температур, а на следующие года, наоборот, подъём. В целом, метеостанции Алейская, Баево, Барнаул и Бийск отмечают постепенный стабильный рост температур в течение последних 60 лет.

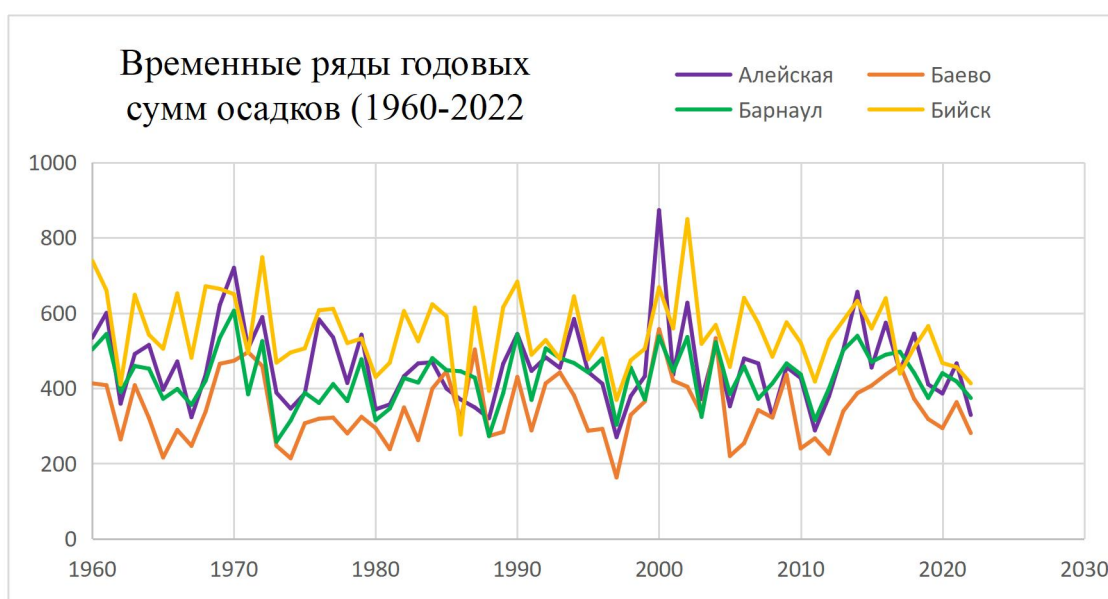


Рис. 3.3.7 – Временные ряды годовых сумм осадков для метеостанций Алейская, Баево, Барнаул и Бийск за период с 1960 по 2022 года

Временные ряды годовых сумм осадков в большей степени повторяют друг друга, оставаясь относительно параллельными в общих очертаниях. Разные годовые суммы осадков говорят о влиянии особенностей рельефа, на котором расположены метеостанции Алейская, Баево, Барнаул и Бийск. Изменение хода годовых сумм осадков, в общем, не отмечается.

Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков для метеостанций Волчиха, Заринск, Змеиногорск, Камень–на–Оби за период с 1960 по 2022 года:

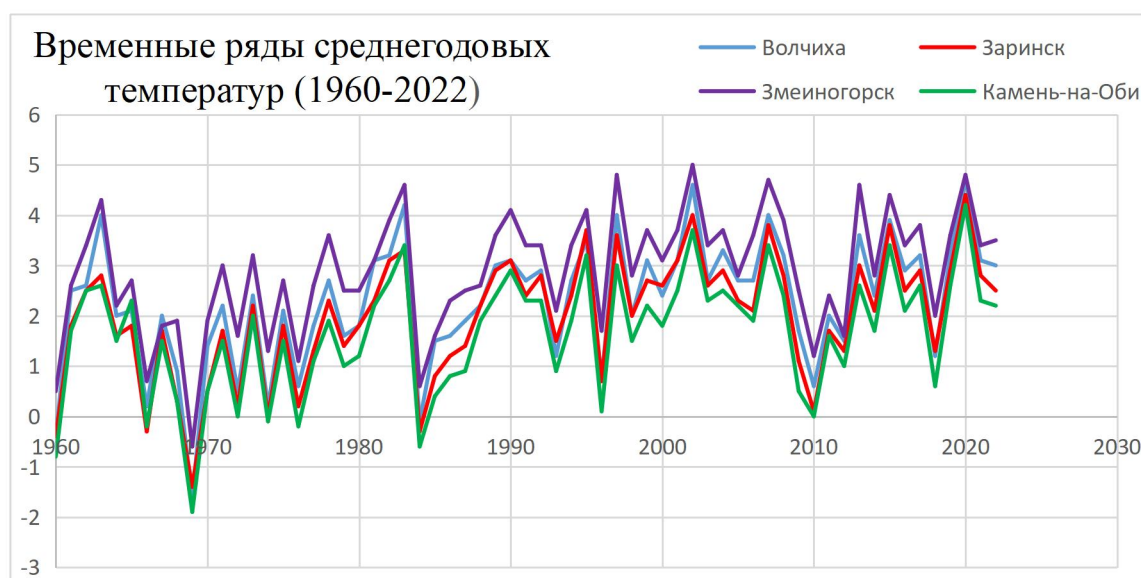


Рис. 3.3.8 – Временные ряды среднегодовых температур для метеостанций Волчиха, Заринск, Змеиногорск, Камень–на–Оби за период с 1960 по 2022 года

Поведение среднегодовых температур точно такое же, как и на предыдущих станциях. Временные ряды очень схожи и почти идеально повторяют друг друга. Аналогично, метеостанций Волчиха, Заринск, Змеиногорск, Камень–на–Оби отмечают постепенный рост температуры.



Рис. 3.3.9 – Временные ряды годовых сумм осадков для метеостанций Волчиха, Заринск, Змеиногорск, Камень–на–Оби за период с 1960 по 2022 года

Временные ряды годовых сумм осадков относительно схожи. Отмечаются общие тенденции, подъёмы и спады. Учитывая, что метеостанция Змеиногорск находится на Предалтайской равнине, количество осадков, отмечаемых ей в течение года, соответственно, значительно выше, чем на остальных станциях. В остальном временной ряд Змеиногорска имеет сходства с рядами Заринска, Волчихи и Камня–на–Оби.

Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков для метеостанций Ключи, Краснощеково, Ребриха, Родино за период с 1960 по 2022 года:

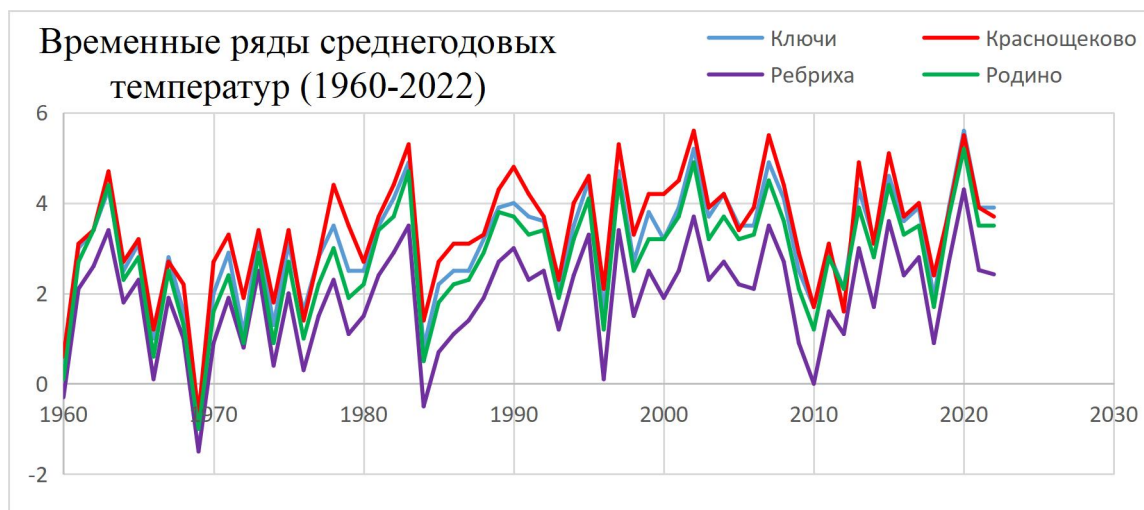


Рис. 3.3.10 – Временные ряды среднегодовых температур для метеостанций Ключи, Краснощеково, Ребриха, Родино за период с 1960 по 2022 года

Временные ряды снова довольно чётко повторяют ход друг друга, имея общие тенденции: отмечены те же общие спады и подъёмы среднегодовых температур, а также постепенный рост в последние 60 лет.



Рис. 3.3.11 – Временные ряды годовых сумм осадков для метеостанций Ключи, Краснощеково, Ребриха, Родино за период с 1960 по 2022 года

На рис. 3.3.11 также можно заметить общие тенденции годовых сумм осадков. Каждая метеостанция отмечала резкое возрастание вышеназванного параметра в период с 1968 по 1973, а затем столь же быстрый спад. В целом, временные ряды схожи с рядами метеостанций Ключи, Краснощеково, Ребриха, Родино.

Для большей наглядности было решено нанести 9 метеостанций (Алейская, Волчиха, Змеиногорск, Ключи, Краснощеково, Родино, Славгород, Тогул, Хабары) на общий график:

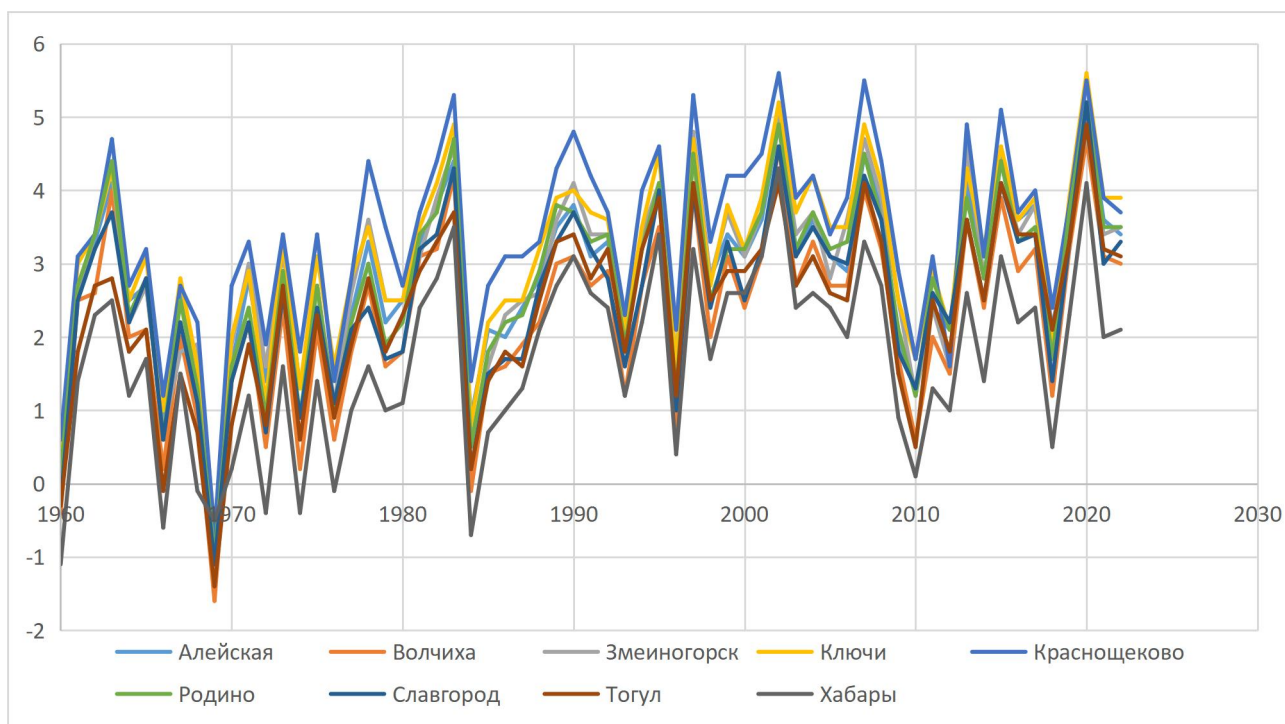


Рис. 3.3.12 – Временные ряды среднегодовых температур за период с 1960 по 2022 года

Как и предполагалось, временные ряды среднегодовых температур имеют общие тенденции и, в целом, весьма точно повторяют очертания друг друга. Значения отличаются только вследствие особенностей рельефа, однако колебания среднегодовых температур на выбранных метеостанциях аналогичны.

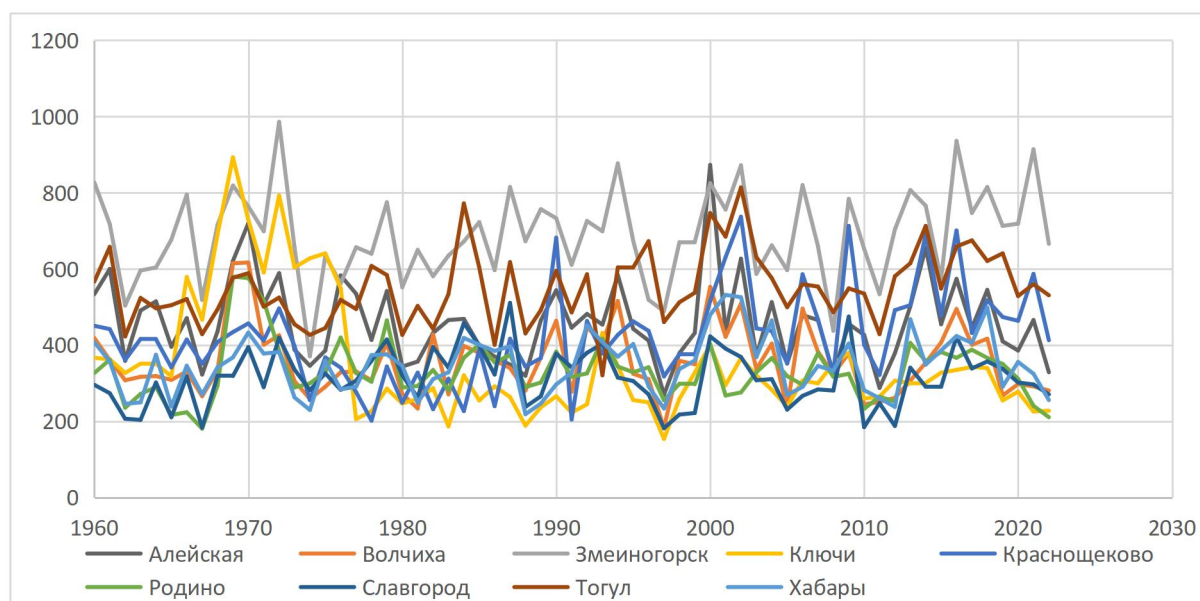


Рис. 3.3.13 – Временные ряды годовых сумм осадков за период с 1960 по 2022 года

Поведение временных рядов годовых сумм осадков значительно более хаотичное, в сравнении с рядами среднегодовых температур, поскольку данный параметр более подвержен изменению в результате влияния редьефа. Несмотря на это, по-прежнему можно заметить явные сходства.

Далее были взяты ещё 9 станций (Баево, Барнаул, Бийск, Заринск, Камень-на-Оби, Ребриха, Рубцовск, Солонешное, Тальменка) и нанесены на общий график:

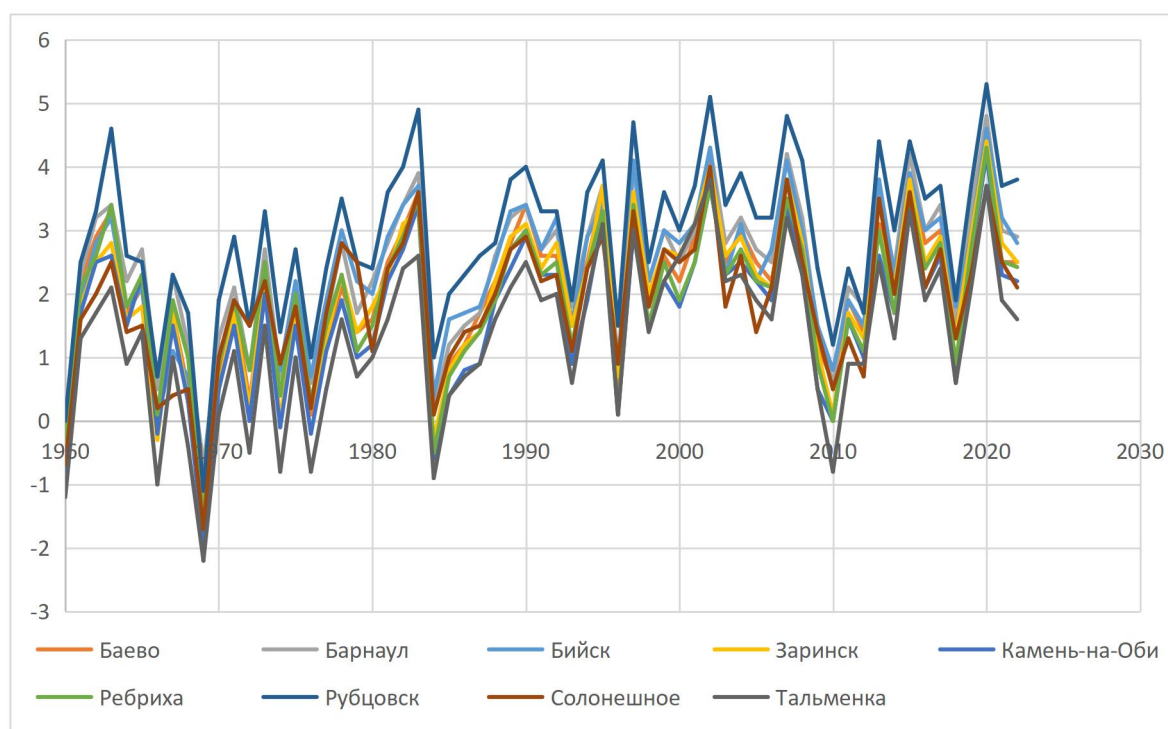


Рис. 3.3.14 – Временные ряды среднегодовых температур за период с 1960 по 2022 года

Ситуация со среднегодовыми температурами аналогична с временными рядами рис. 3.3.12.

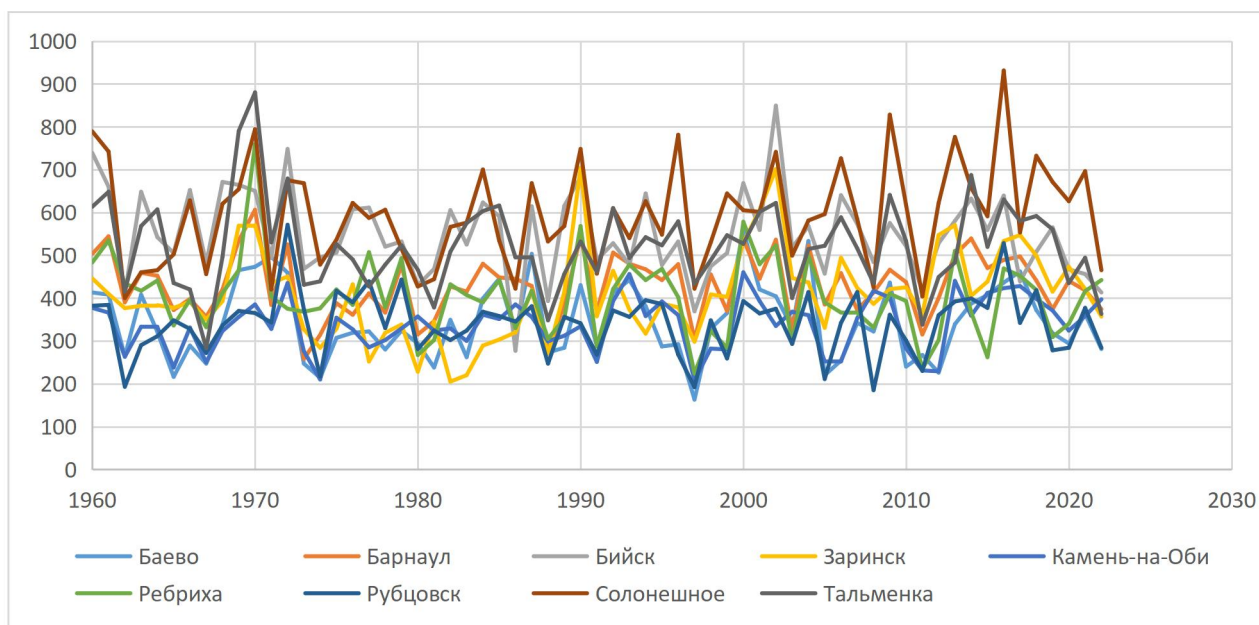


Рис. 3.3.15 – Временные ряды годовых сумм осадков за период с 1960 по 2022 года

Временные ряды имеют относительно схожие тенденции с возможным запозданием на 1–3 года, что объясняется влиянием особенностей рельефа, на котором расположены метеостанции. В целом, ситуация аналогична с рис. 3.3.13.

Анализ полученных трендов для каждой из станций показал постепенное и стабильное возрастание среднегодовой температуры Алтайского края. Связано это, главным образом, с деятельностью человека. Антропогенный фактор оказывает главенствующее влияние на обстановку региона посредством значительных выбросов парниковых газов от автомобильного транспорта и промышленности, что приводит к глобальному потеплению.

Ситуация с годовыми суммами осадков аналогична за исключением динамики их изменения, которая зависит в основном от микроклимата, создаваемого рельефом. Исходя из данных, тренды некоторых станций указывают на постепенное снижение количества осадков, либо, наоборот, увеличение. Часть трендов утверждает неизменность рассматриваемого параметра.

В итоге, можно предположить, что в дальнейшем климатический режим Алтайского края, возможно, не будет подвержен резким изменениям и сохранит свой текущий ход.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы поставленные цели были достигнуты, а задачи выполнены.

Был рассмотрен и проанализирован климатический режим Алтайского края, что дало ценную информацию об уникальных и разнообразных климатических характеристиках региона. При изучении температурных режимов и тенденций осадков произведена оценка динамики климата в данном регионе.

Для Алтайского края характерен континентальный климат с ярко выраженными сезонами от теплого лета до холодной зимы. Колебания температуры в течение года формируются посредством экосистемы региона и деятельности человека. Наличие гор Алтая создает микроклимат, что приводит к колебаниям температуры и осадков на разных участках территории. Подчёркнута важность учета климатических условий Алтайского края в различных отраслях, в том числе в сельском хозяйстве, туризме и градостроительстве и сохранения окружающей среды перед лицом изменения климата.

Сформирован архив данных метеостанций о климатообразующих факторах, таких как температура и осадки, за период с 1960 по 2022 года. Учитывая неполноту полученных данных, из 37 метеостанций было решено оставить и проанализировать информацию с 19 станций. Их распределение по территории оказалось достаточно равномерно для оценки ситуации в регионе. На оставленных станциях были восстановлены пропуски, короткие ряды продлены. Длина продолжительных рядов достаточна для относительно точного анализа существующего климата на территории Алтайского края.

После восстановления данных была создана электронная карта с нанесёнными на неё используемыми в работе метеостанциями и характеристиками, являющимися климатообразующими факторами (температура и осадки). Далее была осуществлена пространственная интерполяция изменчивости климатических характеристик, благодаря чему

получена карта климатических условий по осадкам и температуре для всего региона.

В завершении был проведён расчет временных рядов, построены временные тренды. Расчётное значение критериев Фишера для каждой из станций получилось меньше критического и для годовых сумм осадков, и для среднегодовых температур. Проведённые разделения оказались статистически не значимы с заданными доверительными вероятностями, что утверждает отсутствие точек бифуркации. На основе проведённого исследования отмечено, что динамика климата Алтайского края стабильна и, предположительно, будет двигаться в том же направлении, которое имеется сейчас. Это означает, что, вероятно, при сохранении ныне имеющихся условий температура может продолжить постепенно возрастать, а количество осадков меняться примерно в том же в зависимости от рельефа, формирующего отдельные микроклиматы внутри региона. Однако выводение более точного прогноза требует дополнительных исследований.

Понимание современного климатического режима Алтайского края служит основой для оценки возможных будущих изменений и их воздействия на регион. Важно продолжать мониторинг и анализ метеорологических данных, чтобы улучшить прогнозирование его дальнейшей динамики. В целом, изучение климатического режима Алтайского края вносит свой вклад в знания о региональных климатических особенностях и подчеркивает важность учета климатических факторов в будущих процессах планирования и принятия соответствующих решений, касающихся человеческой жизнедеятельности внутри региона.

Список используемых источников

- 1) Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
- 2) Б. П. Алисов, Б. В. Полтарус. Климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 289 с.
- 3) В. А. Лобанов. Учебное пособие по региональной климатологии. – Л.: Гидрометеиздат, 2020. – 171 с.
- 4) .Физические основы теории климата и его моделирования. Труды Международной научной конференции, организованной ВМО и МСНС при поддержке программы ООН по окружающей среде. Стокгольм, 29 июля – 10 августа 1974. Л.: Гидрометеиздат, 1977 – 271 с
- 5) Сапожникова С.А. Микроклимат и местный климат. Л.: Гидрометеиздат, 1950. – 242 с
- 6) Кузнецов А.Д., Саенко А.Г., Сероухова О.С., Симакина Т.Е. Алгоритм поиска момента смены тренда во временных рядах метеорологических величин. – Л.: Гидрометеиздат, 2019. – 89 с.
- 7) Википедия.орг: сайт. – 2001 – URL: <https://ru.wikipedia.org/> (дата обращения: 18.05.2023)
- 8) Харламова Н.Ф. Климат Алтайского региона : учебник / Н.Ф. Харламова. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 108 с.
- 9) Роганова И. Н. Исследование климата Алтая за период инструментальных исследований / Роганова И. Н, Харламова Н.Ф., Останин О. В. // Нарожный Ю. К., Никитин С. А. Современное оледенение Алтая на рубеже XX века / Материалы гляциологических исследований. – 2003. – №95.

Приложение

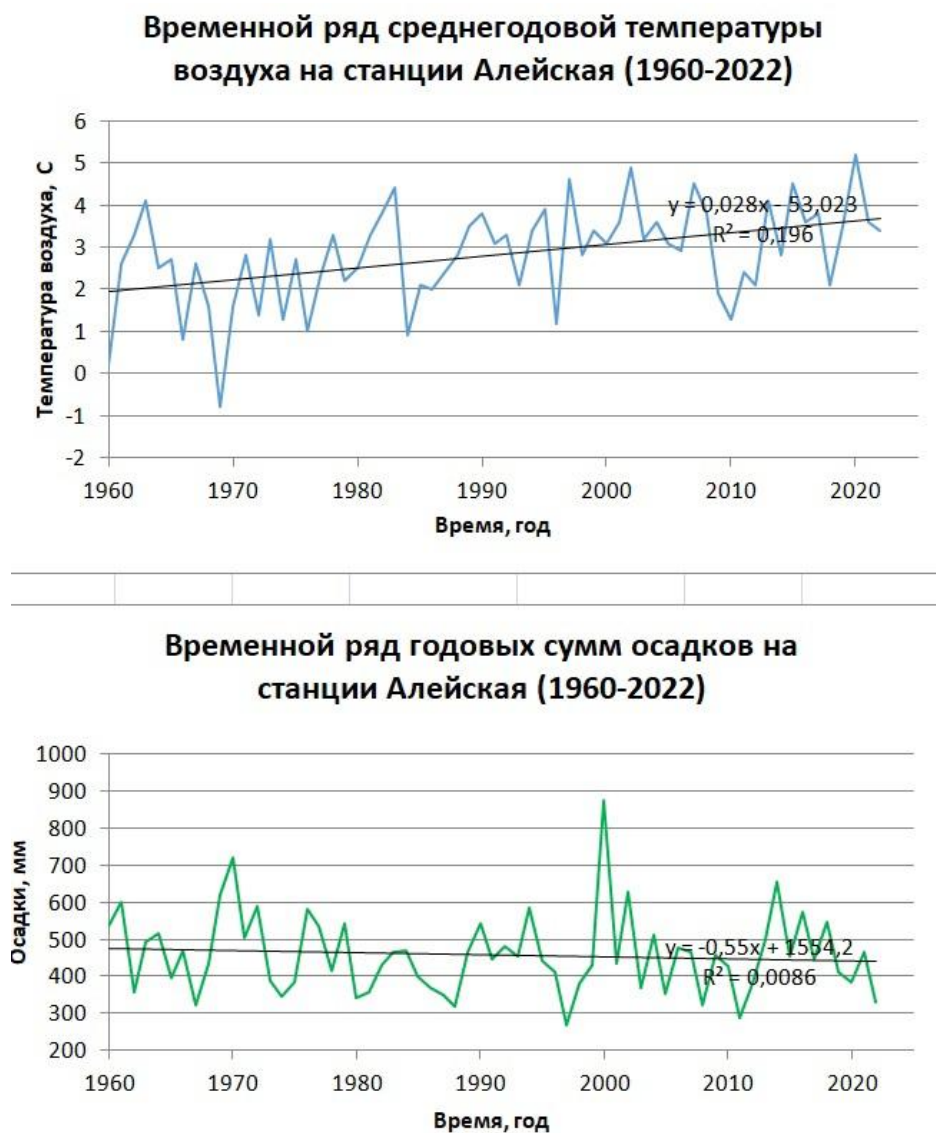
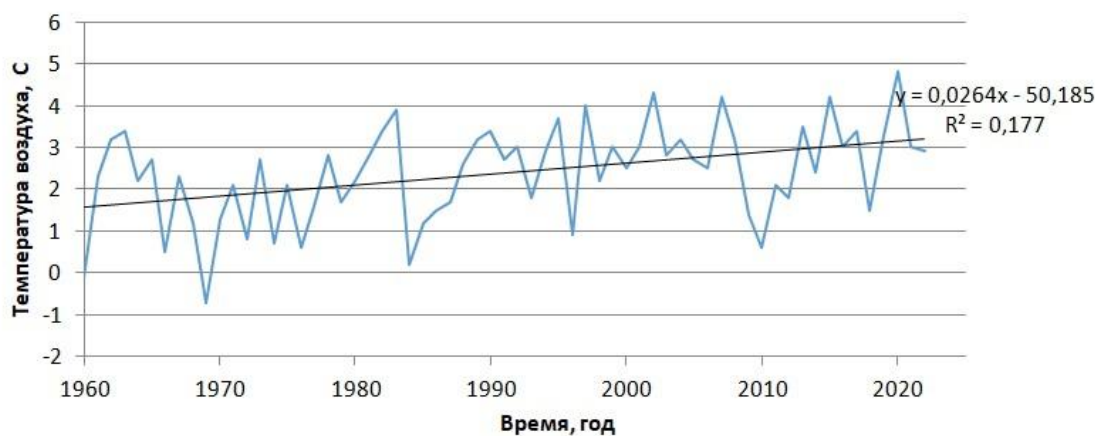


Рис. А.1 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Алейская за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Барнаул (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Барнаул (1960-2022)

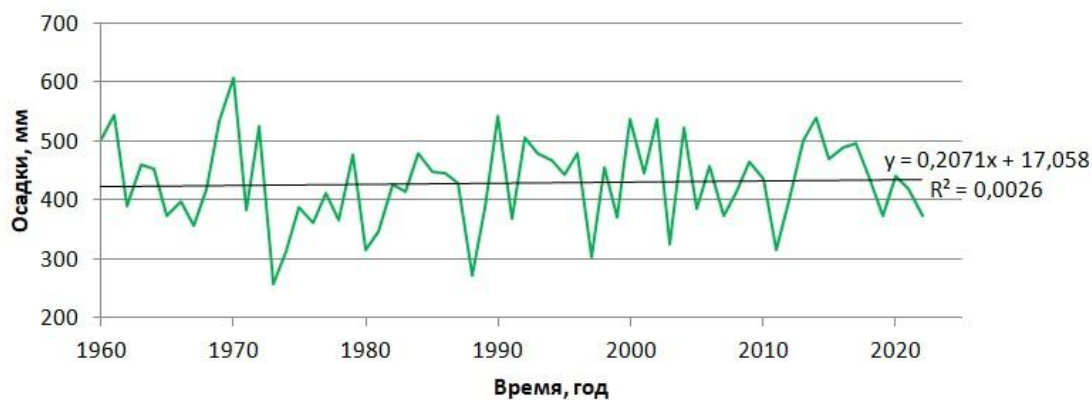


Рис. А.2 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Барнаул за период с 1960 по 2022

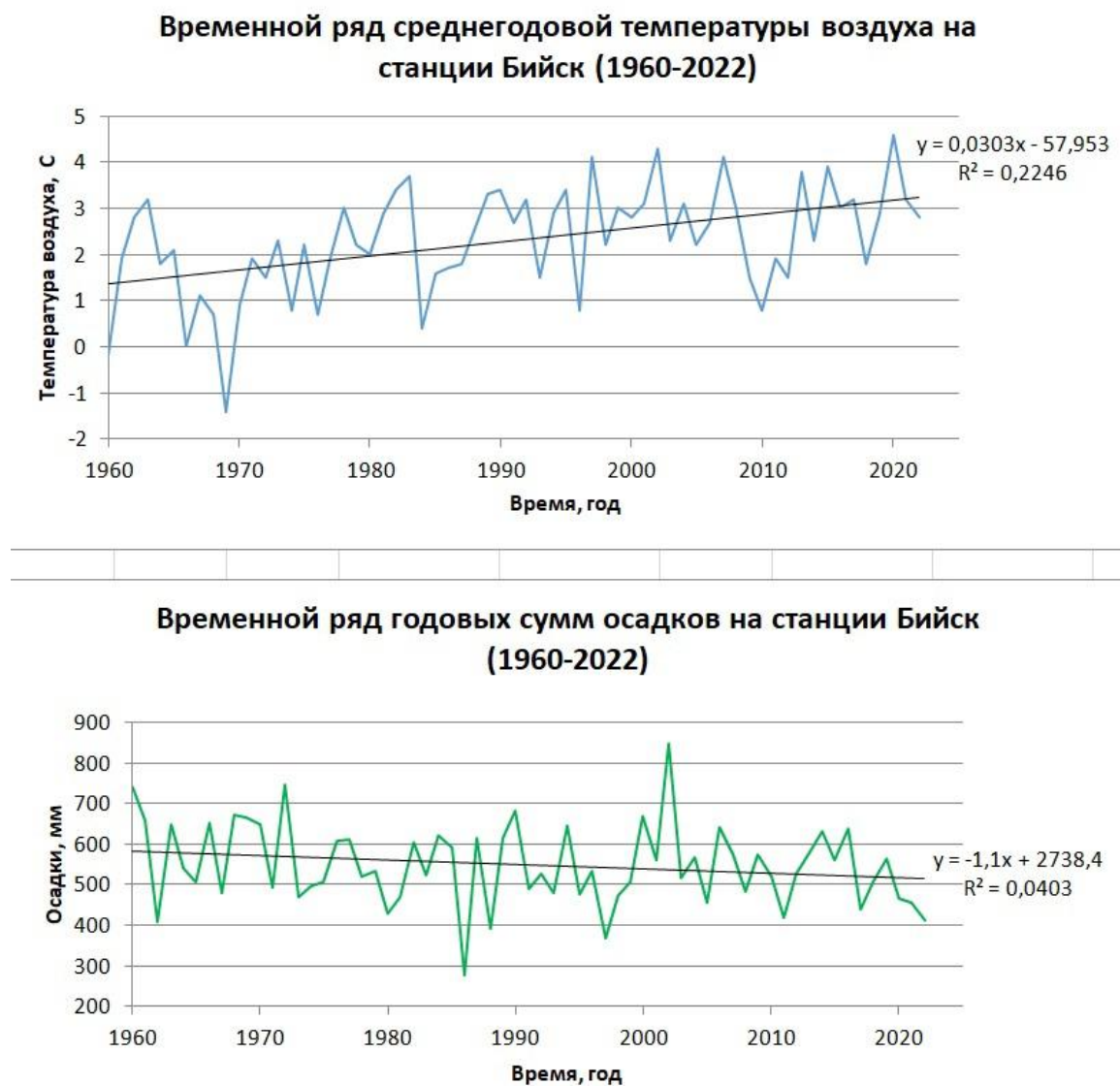
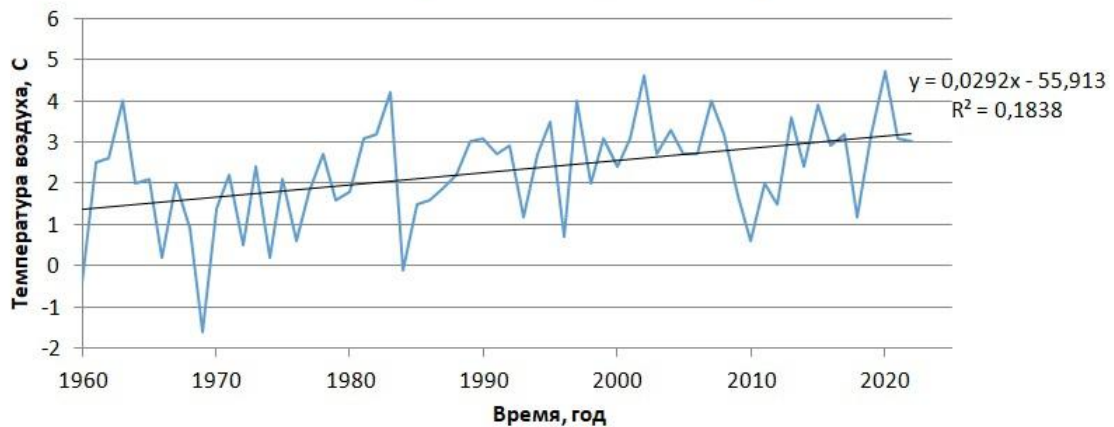


Рис. А.3 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Бийск за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Волчиха (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Волчиха (1960-2022)

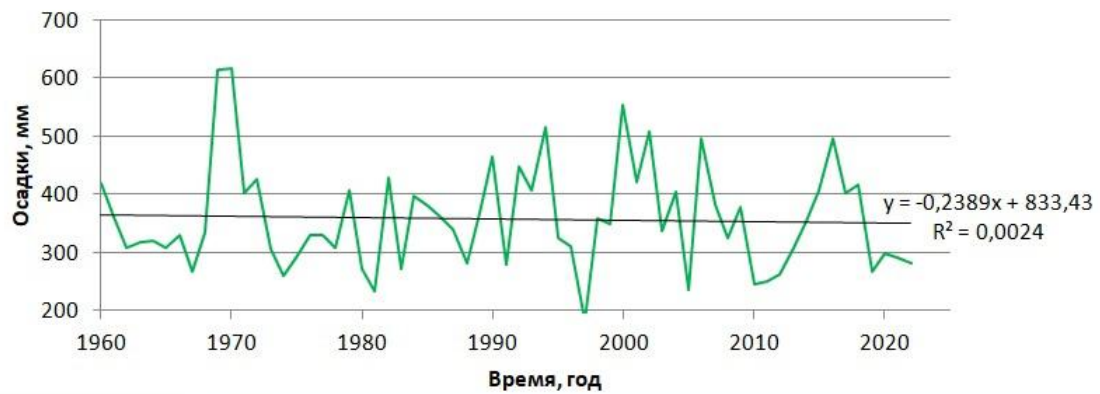


Рис. А.4 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Волчиха за период с 1960 по 2022

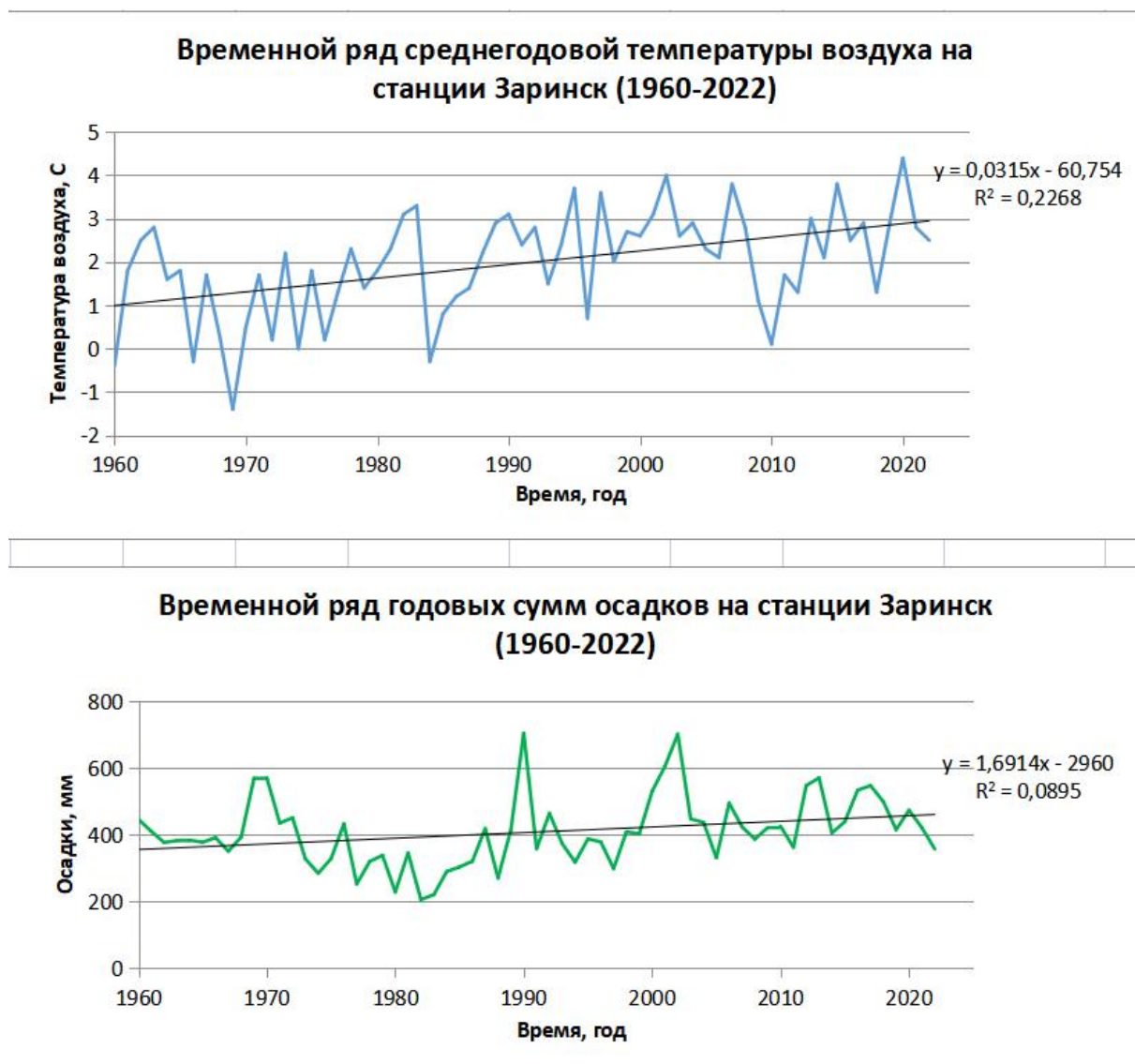
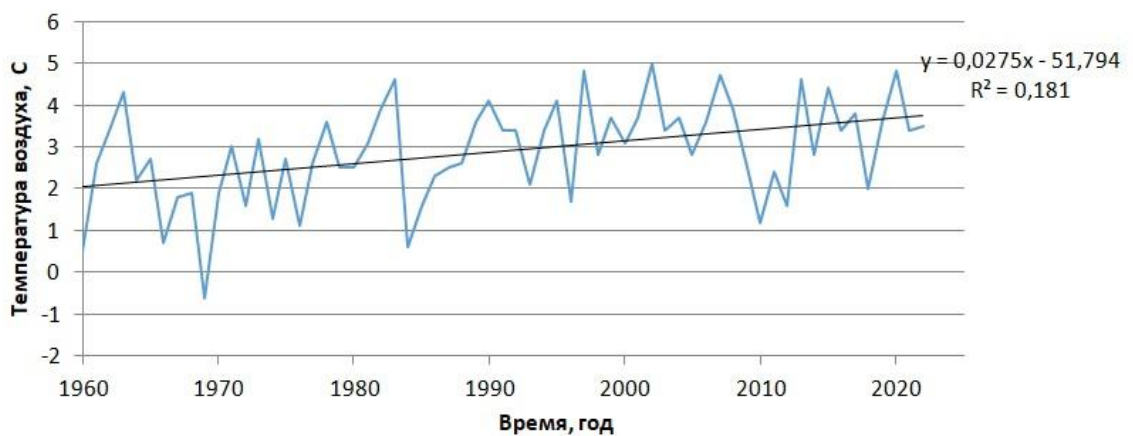


Рис. А.5 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Заринск за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Змеиногорск (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Змеиногорск (1960-2022)

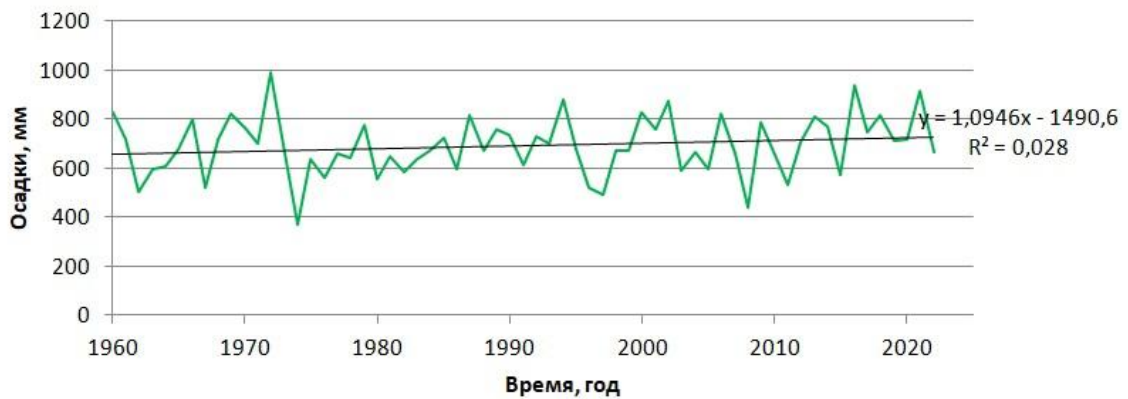
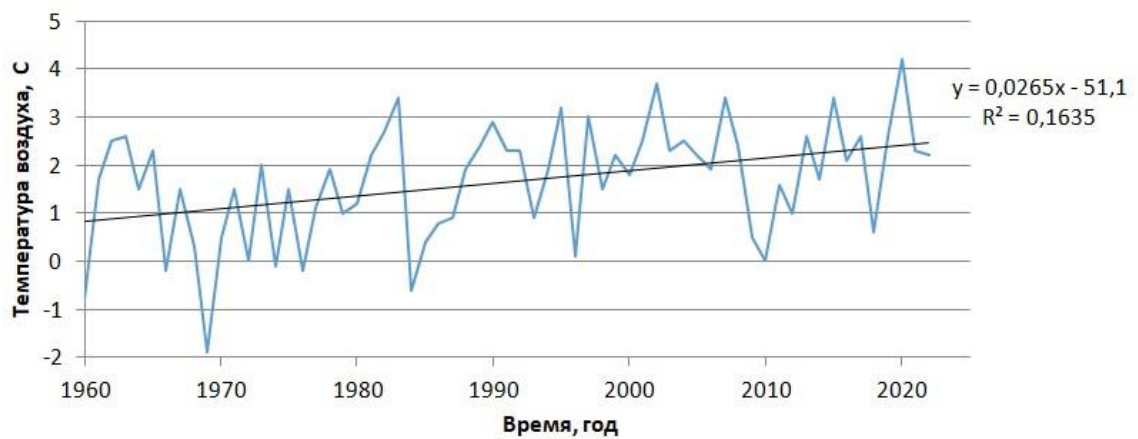


Рис. А.6 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Змеиногорск за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Камень-На-Оби (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Камень-На-Оби (1960-2022)

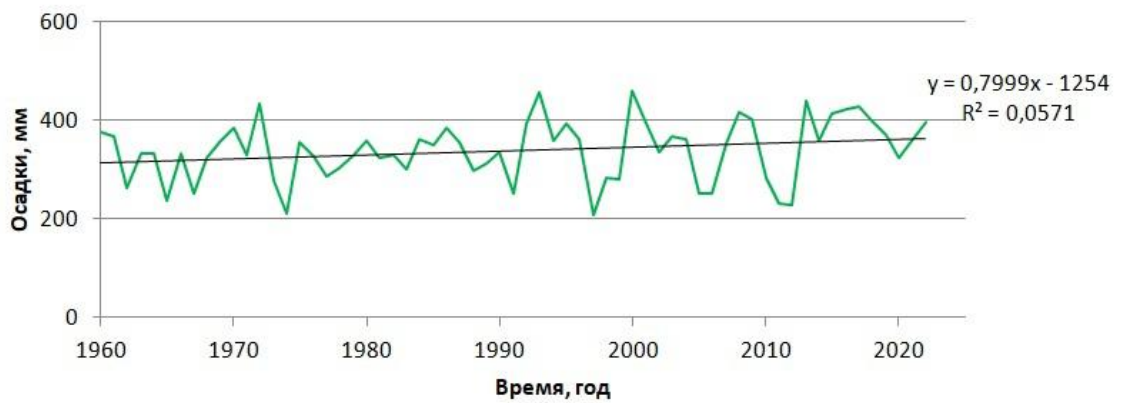
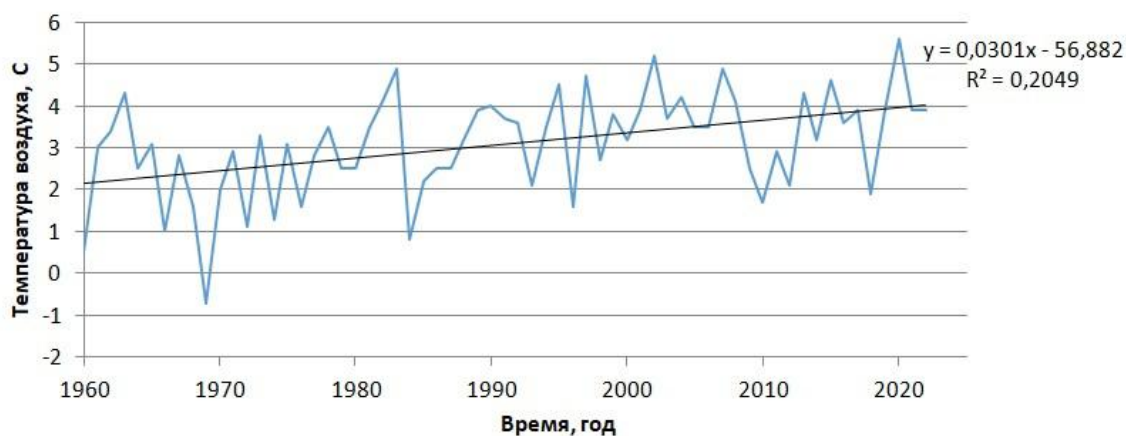


Рис. А.7 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Камень–на–Оби за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Ключи (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Ключи (1960-2022)

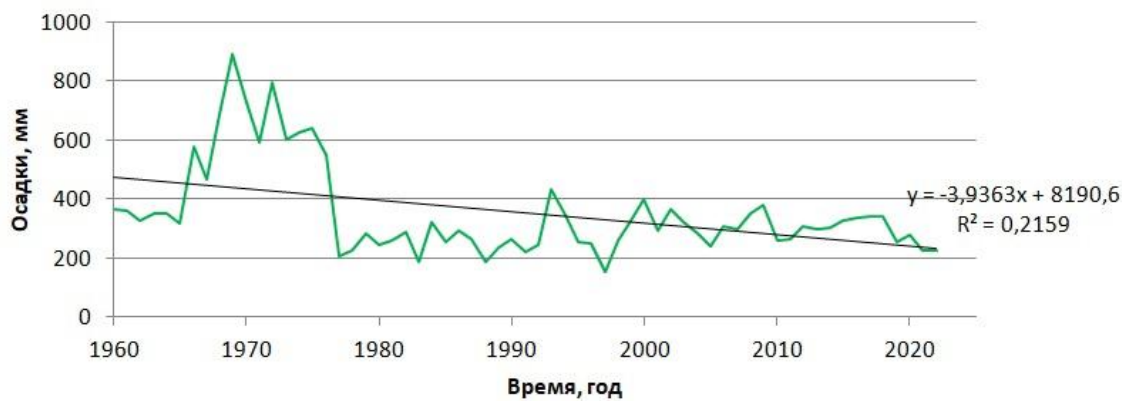
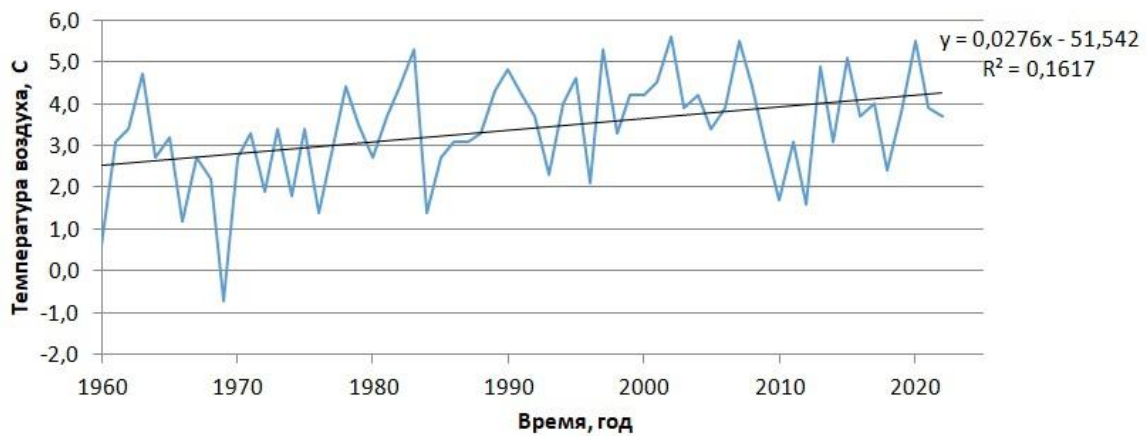


Рис. А.8 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Ключи за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Краснощеково (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Краснощеково (1960-2022)

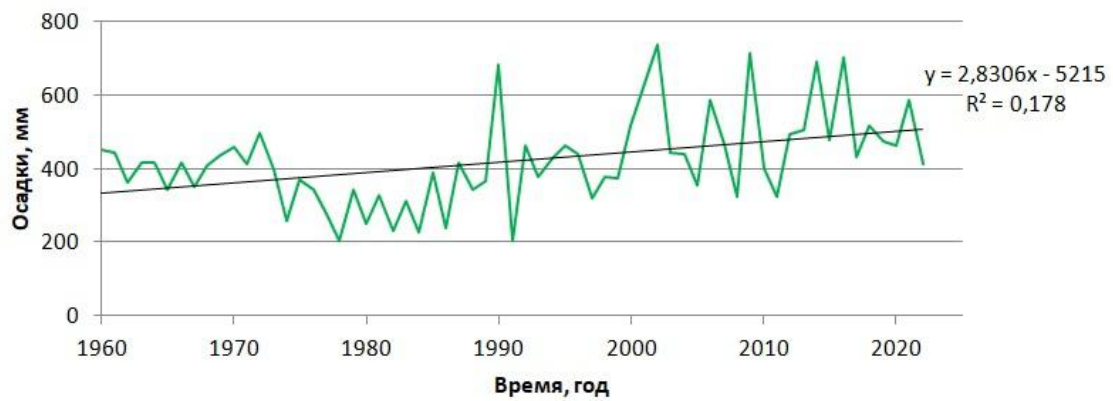
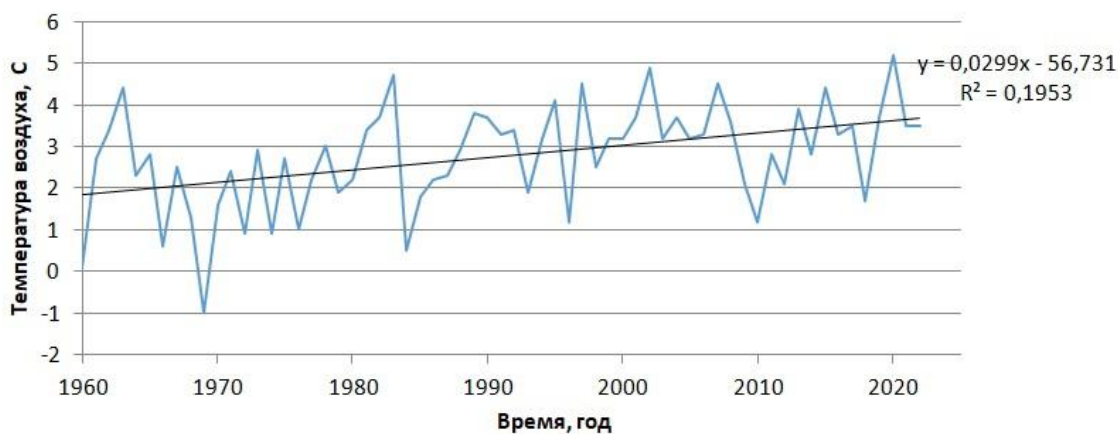


Рис. А.9 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Краснощеково за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Родино (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Родино (1960-2022)

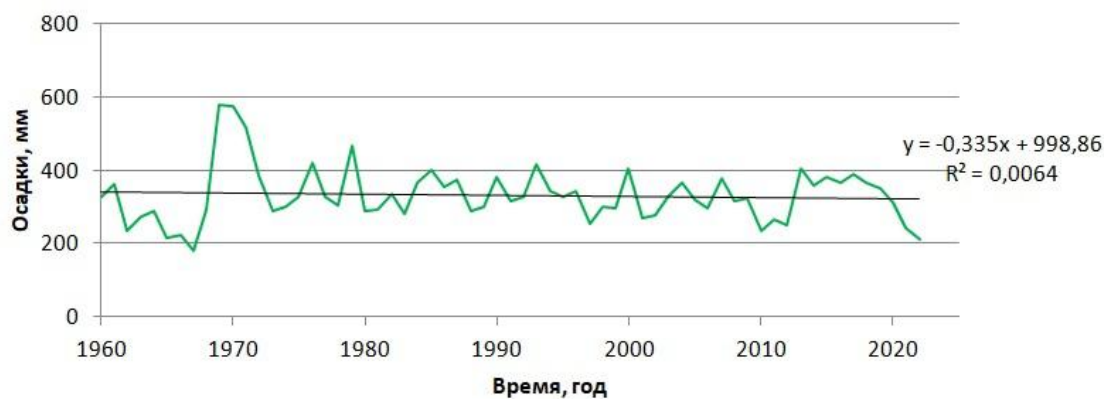
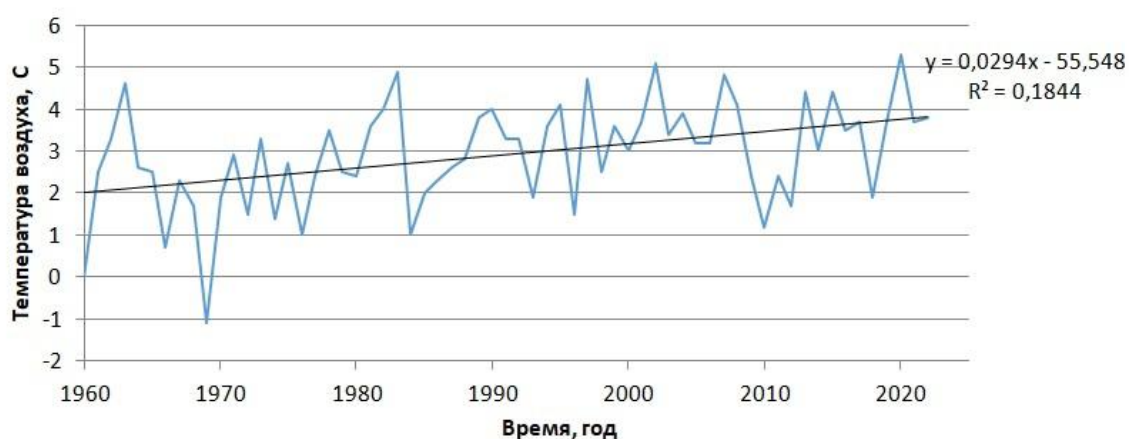


Рис. А.10 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Родино за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Рубцовск (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Рубцовск (1960-2022)

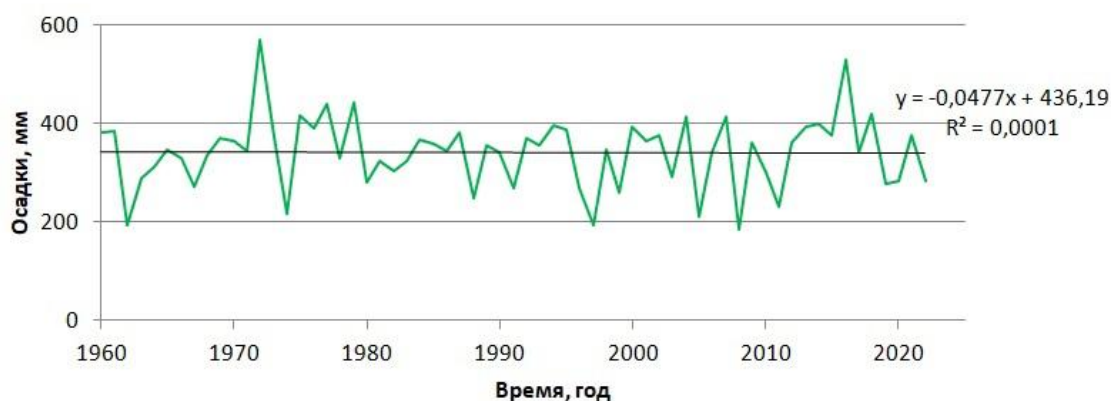
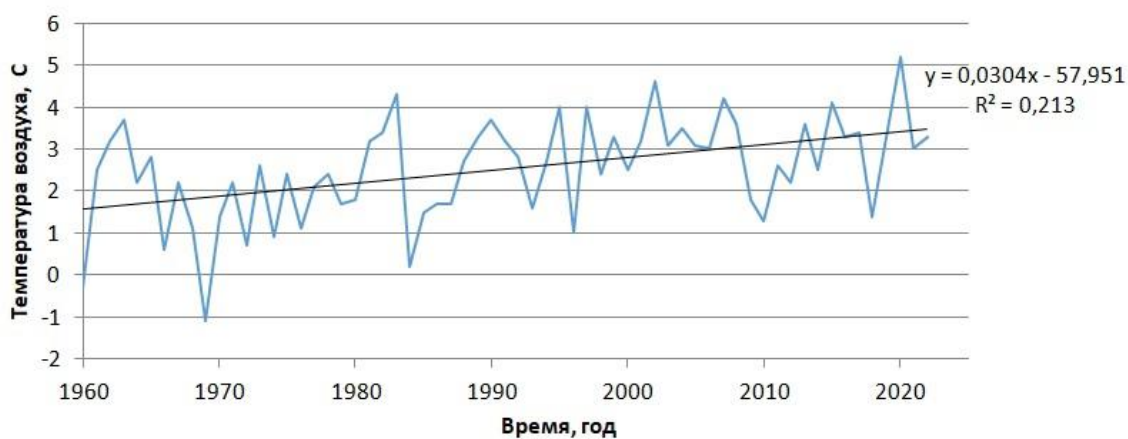


Рис. А.11 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Рубцовск за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Славгород (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Славгород (1960-2022)



Рис. А.12 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Славгород за период с 1960 по 2022

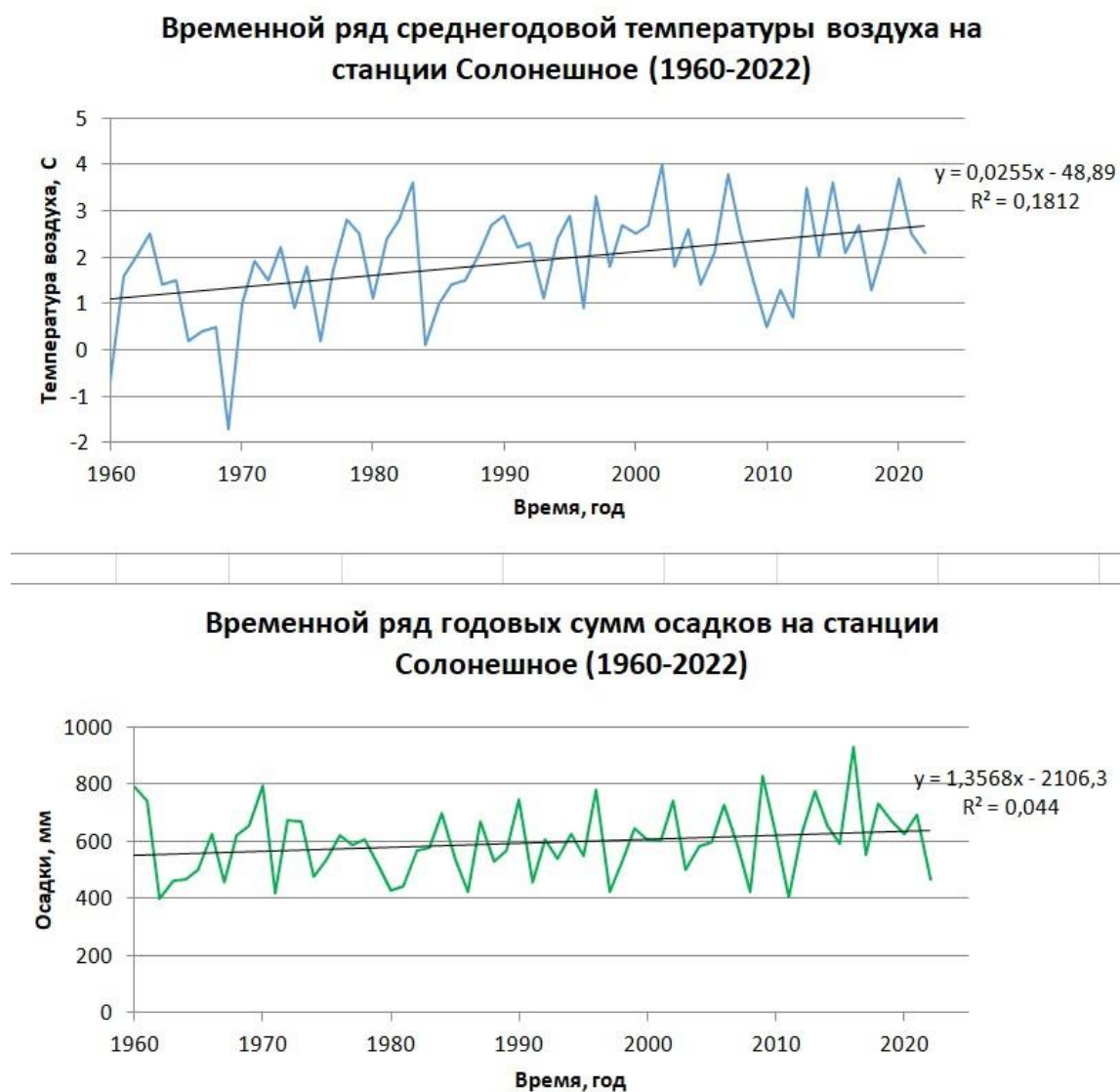
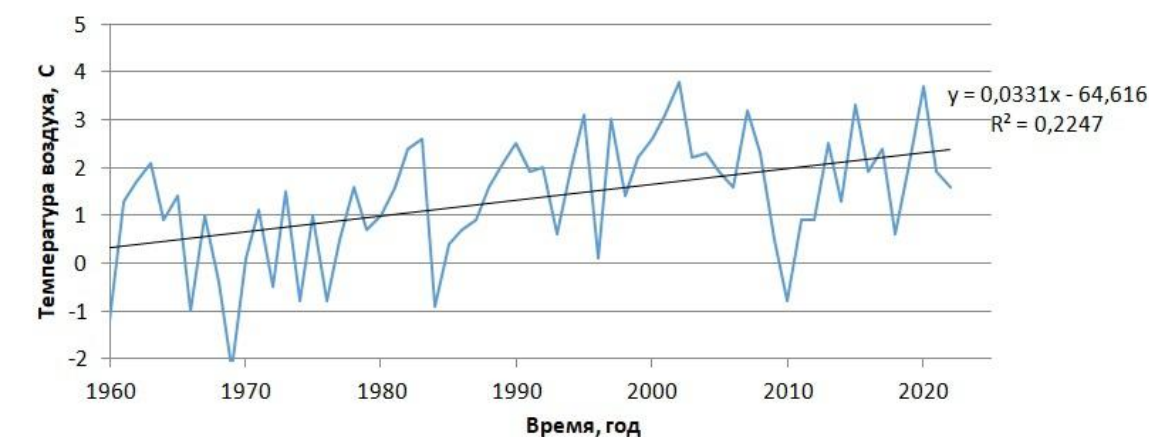


Рис. А.13 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Солонешное за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Тальменка (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Тальменка (1960-2022)

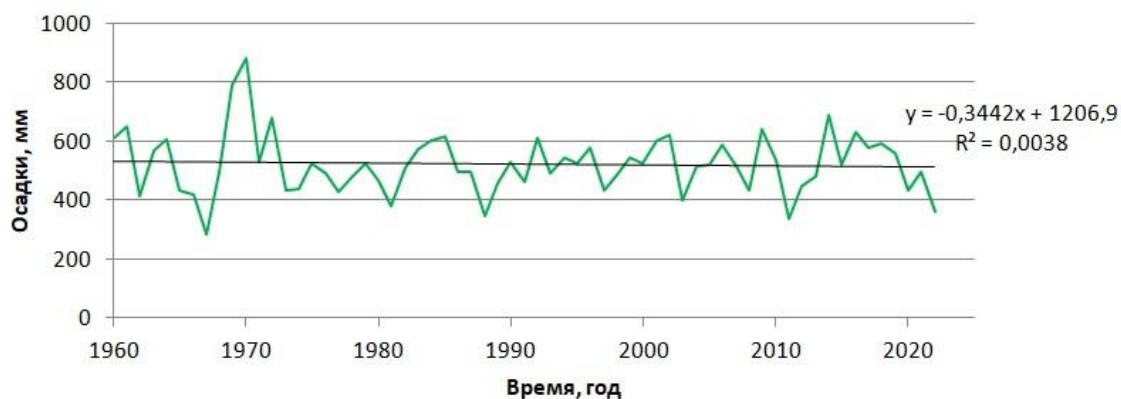
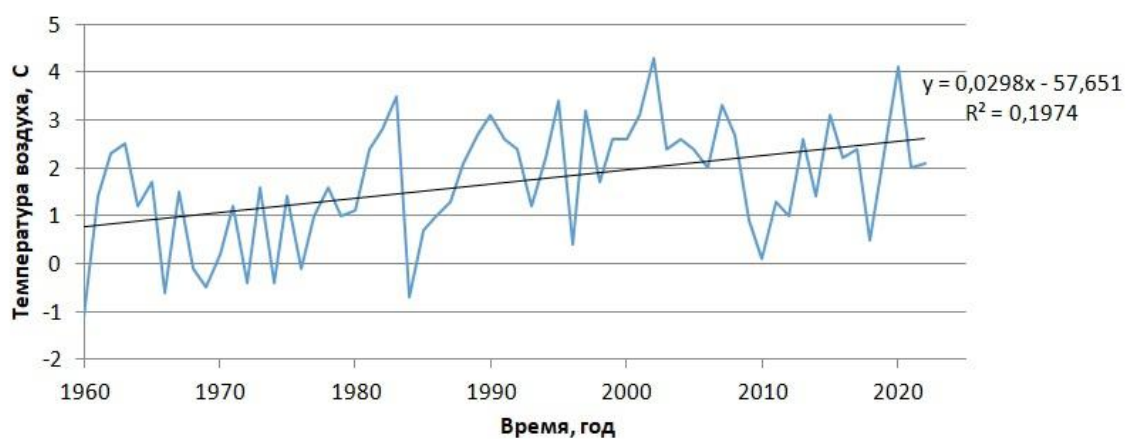


Рис. А.14 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Тальменка за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Хабары (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Хабары(1960-2022)

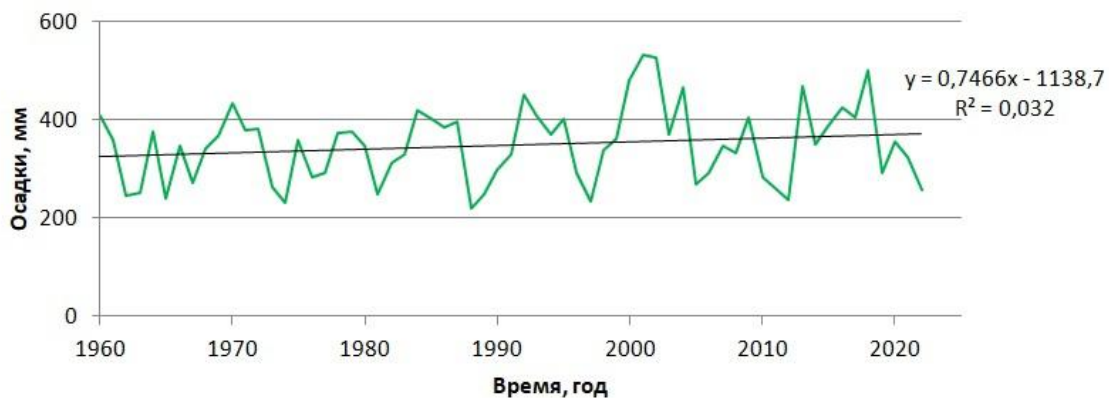
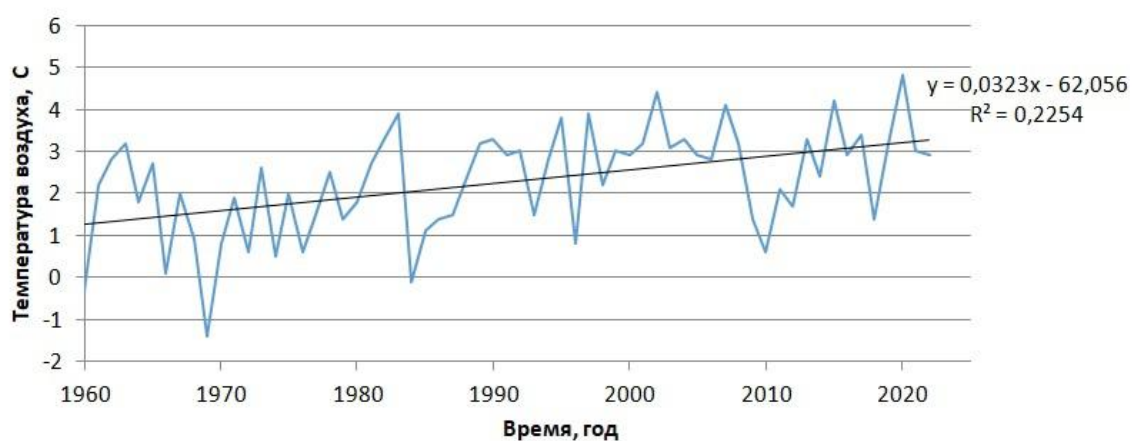


Рис. А.15 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Хабары за период с 1960 по 2022

Временной ряд среднегодовой температуры воздуха на станции Шелаболиха (1960-2022)



Временной ряд годовых сумм осадков на станции Шелаболиха(1960-2022)

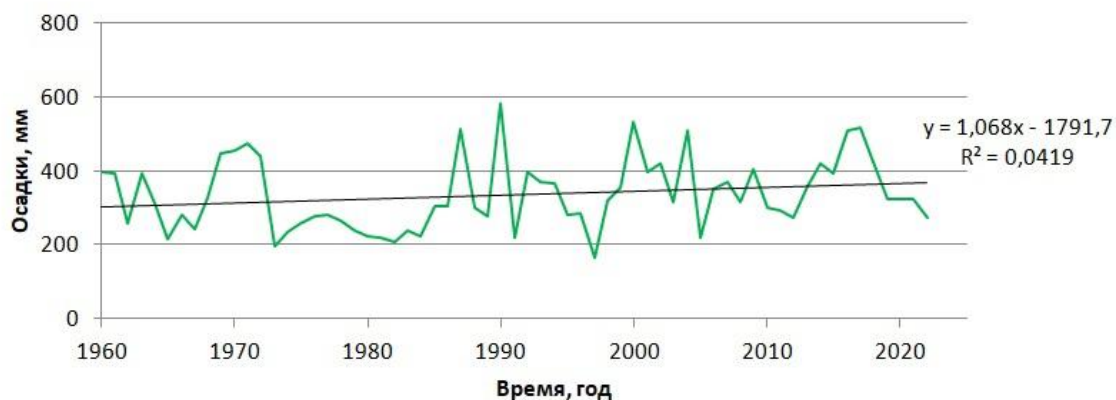


Рис. А.16 – Временные ряды среднегодовых температур и годовых сумм осадков на метеостанции Шелаболиха за период с 1960 по 2022