



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Анализ климатических особенностей теплого полугодия в
центральной России»

Исполнитель Малашенкова Анна Дмитриевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Ефимова Юлия Викторовна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 9 » 06 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Содержание:

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Климатические характеристики городов Центральной части России. ..	5
1.1 Климатические и геофизические характеристики поселка Максатиха.....	5
1.2. Климатические и геофизические характеристики города Рыбинск. ..	6
1.3. Климатические и геофизические характеристики города Ветлуга. ...	7
1.4. Климатические и геофизические характеристики города Кострома..	8
1.5. Климатические и геофизические характеристики города Переславль- Залесский.	10
1.6. Климатические и геофизические характеристики города Нижний Новгород.	11
1.7. Климатические и геофизические характеристики города Можайск.	12
1.8. Климатические и геофизические характеристики города Москва. ..	13
1.9. Климатические и геофизические характеристики поселка Елатьма.	15
1.10. Климатические и геофизические характеристики города Лукоянов.....	16
1.11. Климатические и геофизические характеристики города Рязань...	17
2. Анализ климатических особенностей теплого полугодия в Центральной России	19
2.2 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в поселке Максатиха.	20
2.3 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Рыбинск.	30

2.4 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Ветлуга.....	33
2.5 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Кострома.....	35
2.6 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Переславль-Залесский.....	40
2.7 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Нижний Новгород.....	44
2.8 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Можайск.	47
2.9 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Москва.	52
2.10 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в поселке Елатьма.	55
2.11 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Лукоянов.....	58
2.13. Сравнительный анализ изменений границ и продолжительности и теплого полугодия на всей территории исследования.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	68
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	69

ВВЕДЕНИЕ

Исследование климатических особенностей летнего периода в центральной части России становится всё более актуальным в свете необходимости изучения региональных климатических процессов.

Погодные условия летнего сезона оказывают значительное влияние на сельское хозяйство, на развитие туристической отрасли. В бакалаврской работе выбран регион исследования, в котором хорошо развиты как аграрная отрасль, так и туристическая. Территория исследования входит в Золотое кольцо России. Увеличение количества дней теплого периода, изменения его границ, несомненно важны для долгосрочного планирования и анализ климатических характеристик теплого периода Центральной части России является актуальной задачей.

Целью данной выпускной квалификационной работы заключается в анализе климатических характеристик тёплого сезона в центральной части России и выявление характерные для региона закономерности и тенденции.

В первой главе рассматриваются климатические и геофизические характеристики теплого полугодия региона исследования. Детально описаны климатические и физико-географические особенности каждой выбранной станции. Отдельное внимание уделено методам расчетов дат устойчивого перехода температуры воздуха через различные пределы, которые в данной работе являются границами климатического теплого периода.

Третья глава посвящена анализу климатических характеристик теплого периода года. В ней приведены результаты анализа дат начала и окончания теплого полугодия в 11 пунктах Центральной России, а также продолжительности теплого периода и его средней температуры

1. Климатические характеристики городов Центральной части России.

1.1 Климатические и геофизические характеристики поселка Максатиха.

Посёлок Максатиха, расположенный в центральной части Восточно-Европейской равнины в Тверской области, характеризуется умеренно-континентальным климатом с выраженной сезонностью. Рельеф посёлка Максатиха преимущественно равнинный с незначительными колебаниями высот (140-180 м над уровнем моря). Почвы в основном дерново-подзолистые, подверженные заболачиванию из-за близкого залегания грунтовых вод. Гидрографическая сеть слабо развита и представлена малыми притоками реки Мологи. Природная растительность - смешанные леса с преобладанием хвойных пород. Регион относится к лесной зоне умеренного пояса, степень антропогенной трансформации ландшафта оценивается как средняя.

Средняя температура января составляет около $-9,5^{\circ}\text{C}$, а июля - $+17,5...+18,5^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура колеблется в пределах $+3,0...+3,8^{\circ}\text{C}$. Последние десятилетия демонстрируют тенденцию к потеплению среднесезонных температур, особенно в тёплый период года. Тёплый период (при средней суточной температуре выше $+10^{\circ}\text{C}$) длится около 140 суток, начинаясь в первой декаде мая и заканчиваясь во второй половине сентября. За последние 30 лет наблюдается тенденция к увеличению продолжительности тёплого периода на 7-10 дней.

Среднегодовое количество осадков составляет 600-750 мм, с максимумом в тёплый период (июнь-август) из-за активной конвекции и циклонической деятельности. Грозы и ливни также характерны для летнего периода. Несмотря на достаточное увлажнение в целом, в последние десятилетия отмечаются эпизоды летней засухи, особенно в южной части Тверской области.

Таким образом, климатические и геофизические особенности поселения Максатиха обуславливают комфортные, но динамичные температурные и водные условия в течение весенне-летнего периода.

1.2. Климатические и геофизические характеристики города Рыбинск.

Город Рыбинск, расположенный в северо-восточной части европейской территории Российской Федерации, является одним из крупнейших промышленных и культурных центров Ярославской области. Расположенный на правом берегу реки Волги в месте ее слияния с рекой Шексней, город характеризуется развитой гидрографической сетью, включающей в себя Волгу, Шексну и Рыбинское водохранилище. С геологической точки зрения, территория города относится к Мологско-Шекснинской низменности, сформированной в ходе последнего оледенения. Преобладающие типы почв – дерново-подзолистые с участками заболоченности в низинах. Геологическое строение представлено ледниковыми и водно-ледниковыми отложениями.

Климат Рыбинска классифицируется как умеренно-континентальный, с четко выраженной сезонностью. Зима продолжительная и холодная, лето умеренно теплое и влажное. Средняя годовая температура воздуха составляет $+3,5...+4,0$ °C. Холодным месяцем является январь со средней температурой около -11 °C, а самым теплым июль ($+18 - +19$ °C.).

Среднегодовое количество осадков варьируется от 600 до 700 мм. Основная часть осадков выпадает в теплый период года (максимум в июле-августе). Снежный покров устанавливается в ноябре и сохраняется до середины или конца апреля. Преобладающее направление ветра – юго-западное и западное.

Влияние Рыбинского водохранилища способствует более мягкому микроклимату в прибрежных районах города, особенно весной и осенью. Тёплый период длится около 135-145 дней (с начала мая до конца сентября) и демонстрирует тенденцию к удлинению в последние десятилетия.

Растительность в окрестностях Рыбинска представлена преимущественно хвойно-широколиственными лесами, однако значительная часть территории используется для сельского хозяйства и промышленности. Экологическая обстановка в городе оценивается как средняя, с наличием

локальных источников промышленного загрязнения, но сохраняется высокий потенциал природной среды благодаря лесным массивам и водной системе.

1.3. Климатические и геофизические характеристики города Ветлуга.

Город Ветлуга, расположенный на северо-востоке Нижегородской области, является административным центром Ветлужского округа. Он находится на правом берегу реки Ветлуги, являющейся притоком одноименной реки, и характеризуется стабильными геофизическими и климатическими условиями, свойственными для северо-восточной части Центральной России.

Рельеф местности слабо выражен, с чередованием невысоких холмов, речных террас и водоразделов. Преобладающий тип почв - дерново-подзолистые, формирующиеся на суглинках и супесях. Вблизи рек и низинных участков встречаются болотные и глеевые почвы, обусловленные высоким уровнем грунтовых вод. Город расположен в зоне Восточно-Европейской платформы, что гарантирует геодинамическую стабильность и отсутствие сейсмических рисков. Основным гидрографическим элементом является река Ветлуга, оказывающая существенное влияние на микроклимат, влажность и сезонные изменения окружающей среды.

Климат города Ветлуги характеризуется как умеренно континентальный с ярко выраженной сезонной контрастностью. Формирование климата обусловлено удаленностью от моря и влиянием как атлантических, так и континентальных воздушных масс. Ветлуга испытывает длительные и холодные зимы, умеренно тёплое лето, короткую весну и затяжную осень. Атмосферная циркуляция определяется западным переносом воздуха и активностью циклонов и антициклонов.

Тёплый период года (среднесуточная температура выше $+10^{\circ}\text{C}$) длится около 140-145 суток, начиная с первой декады мая и заканчивая третьей декадой сентября. В последние десятилетия наблюдается тенденция к

удлинению тёплого сезона за счет более раннего начала и позднего окончания. Температурный режим тёплого периода отличается умеренными значениями и стабильностью. Однако с 1990-х годов отмечается устойчивый рост среднесезонных температур и увеличение количества дней с температурой выше $+25^{\circ}\text{C}$. Одновременно уменьшается амплитуда межгодовой изменчивости, что свидетельствует о термической стабилизации климатической системы.

Город Ветлуга расположен в зоне хвойно-широколиственных лесов, преимущественно сосново-еловых ассоциаций с участием березы, осины и ольхи. Заболоченные участки и поймы рек обладают особым природоохранным значением.

Благоприятные климатические условия способствуют развитию лесного хозяйства, сельского землепользования. Река Ветлуга оказывает смягчающее влияние на климат, особенно в переходные сезоны, повышая влажность и снижая температурные экстремумы. Это также сказывается на фенологических ритмах в регионе.

Таким образом, город Ветлуга расположен в северо-восточной части Центральной России и характеризуется стабильными геофизическими и климатическими характеристиками, свойственными данному региону. Преобладающий равнинный рельеф, развитая сеть водных объектов и умеренно-континентальный климат с продолжительным периодом снежного покрова формируют благоприятные природные условия, однако они чувствительны к различного рода изменениям.

1.4. Климатические и геофизические характеристики города Кострома.

Город Кострома, являясь административным центром одноимённой области, расположен на правом берегу реки Волги, в месте её слияния с рекой Костромой, в центральной части Европейской территории России. Входит в состав Центрального федерального округа.

С геоморфологической точки зрения, территория города расположена на Костромской низменности, которая относится к Верхневолжской равнинной провинции. Преобладает равнинный рельеф с незначительными волнообразными формами, обусловленными последствиями ледниковых и водно-ледниковых процессов. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми почвами, развивающимися на суглинках и супесях. В долинах рек и низинах встречаются глеевые и болотные почвы, что связано с высоким уровнем грунтовых вод.

Сейсмическая активность в регионе незначительна: территория относится к стабильной части Восточно-Европейской платформы и не подвержена активным тектоническим процессам. Гидрографическую сеть города образуют реки Волга и Кострома, а также их малые притоки и временные водотоки. Повсеместно встречаются заболоченные участки, озёра и ручьи, что характерно для равнинных территорий с достаточным увлажнением.

Климат в Костроме умеренно-континентальный, с чётко выраженными четырьмя сезонами: холодной снежной зимой, тёплым летом и выраженными переходными периодами - весной и осенью. На формирование климатического режима влияют атлантические и континентальные воздушные массы, а также циркуляционные особенности атмосферы.

Тёплое время года длится с начала мая до конца сентября, средняя продолжительность тёплого сезона составляет около 140 суток. В последние десятилетия наблюдается тенденция к смещению начала тёплого периода на более ранние сроки, а окончания - на более поздние, что свидетельствует о потеплении климата. Средняя температура в течение тёплого полугодия составляет около $+15^{\circ}\text{C}$. Летом возможны эпизоды жары с дневными температурами выше $+30^{\circ}\text{C}$, а также грозы и кратковременные ливни.

1.5. Климатические и геофизические характеристики города Переславль-Залесский.

Переславль-Залесский — город, находящийся на юго-западе Ярославской области, на берегу озера Плещеево. Он является частью Центрального федерального округа Российской Федерации. С точки зрения геологии, его территория располагается в лесной зоне Восточно-Европейской равнины, в пределах Волго-Окского междуречья. Преобладание крупных водоемов и ровный рельеф создают определенные климатические условия, а также влияют на особенности почвы, гидрологию и природные ресурсы региона. Город расположен на южном краю Ростово-Суздальской возвышенности, благодаря чему местность имеет слегка волнистый рельеф. В местах с повышенной влажностью можно встретить глеевые и болотные почвы. Процесс почвообразования осуществляется на кислых и плохо дренируемых породах, что требует применения агротехнических методов при использовании земли. С точки зрения тектоники, регион является стабильным и находится на Восточно-Европейской платформе с низким уровнем сейсмической активности.

Основным природным объектом является озеро Плещеево — крупный водоем ледникового происхождения площадью около 50 км². Оно входит в состав национального парка «Плещеево озеро», заповедной природной зоны, и существенно влияет на микроклимат окружающих районов. В окрестностях озера доминируют влажные лугово-лесные экосистемы, а также участки с измененными людьми ландшафтами. Регион также обладает разветвленной сетью малых рек и ручьев (Трубеж, Кубрь, Вёкса), которые в основном наполняются атмосферными осадками и подпочвенными источниками. Водные ресурсы используются для питьевого и технического водоснабжения, а также имеют значение для отдыха и экосистем.

Климат в Переславле-Залесском — умеренно континентальный, с четко выраженной сменой сезонов. На климат влияет циркуляция воздушных масс

средней широты, что приводит к западному переносу, зимним вторжениям арктических масс и влиянию континентальных антициклонов летом. Зима длительная, с постоянным отрицательным температурным режимом и снежным покровом. Лето теплое, но не жаркое, с умеренными осадками. Весна и осень — переходные сезоны, часто с резкими изменениями температуры. Теплый сезон начинается в первой половине мая, когда среднесуточная температура превышает $+10^{\circ}\text{C}$, и заканчивается в конце сентября, что дает продолжительность теплого времени около 140–145 дней. Недавние наблюдения показывают, что теплый период становится всё длиннее, увеличивается средняя температура этого времени года, а также число дней с температурой выше $+25^{\circ}\text{C}$, наблюдаются отдельные волны жары.

1.6. Климатические и геофизические характеристики города Нижний Новгород.

Нижний Новгород находится в центральной части европейской России, на слиянии двух крупных рек — Волги и Оки. Это положение делает город значимым как в транспортном, так и в историко-культурном плане, а также привлекает внимание ученых из-за его природных и климатических особенностей. Геоморфология города описывает переход между Приволжской возвышенностью и Окско-Донской низменностью, что определяет его разнообразный рельеф — от возвышенных участков с овражными формами до пойменных и террасных форм на левом берегу. Почвы в основном относятся к дерново-подзолистым и серолесным типам.

Водоемы имеют ключевую роль в формировании природных условий региона. Волга и Ока создают важный гидрографический узел, влияя на климат и процессы почвообразования, а источники воды определяют режим увлажнения, включая и сам город. До начала урбанизации естественные ландшафты представляли собой широколиственные и смешанные леса, заболоченные поймы и луга. Хотя большая часть территорий изменилась,

сохранившиеся природные зоны, включая прибрежные лесопарки, продолжают выполнять ключевые экосистемные функции.

По климатическим характеристикам Нижний Новгород относится к умеренно континентальной зоне, что проявляется в ярко выраженных сезонных изменениях температуры, контрастах между зимой и летом, а также в умеренных осадках. Зимой преобладают отрицательные температуры, в то время как летом температуры бывают комфортными или теплыми, а весной и осенью наблюдается изменчивость погоды и переходные режимы температур.

Тёплый сезон начинается с регулярного повышения среднесуточной температуры выше 10 °С в начале мая и заканчивается в конце сентября, длина этого периода составляет около 140–145 дней. Несмотря на преобладание умеренных температур, в последние годы увеличилось количество дней с температурами выше 30 °С. Также изменения в осадках: сокращается количество дождливых дней, но усиливается интенсивность осадков. Эти наблюдения свидетельствуют о возможных признаках изменения климата в регионе. Природные условия Нижнего Новгорода формируются под воздействием ряда факторов — геологической структуры, гидрографической сети, климатических условий и рельефа. В совокупности они создают стабильную систему, но чувствительную к внешним влияниям.

1.7. Климатические и геофизические характеристики города Можайск.

Город Можайск расположен в западной части Московской области, в пределах Центрального федерального округа Российской Федерации. Можайск находится в зоне лесной равнины, к западу от столицы. Это определяет особенности рельефа, климата и природных условий, характерных для центральной части Европейской России. Территория Можайска является частью Смоленско-Московской возвышенности, которая входит в состав Восточно-Европейской равнины. Рельеф местности преимущественно равнинный, с небольшими перепадами высот.

Через город протекает река Можайка, которая относится к бассейну реки Москва. Также рядом расположено Можайское водохранилище, крупнейшее в Подмосковье. Оно играет важную роль в водоснабжении региона и поддержании гидробаланса. В районе широко распространены подземные воды верхнего напора, родники и временные водотоки. Водные объекты способствуют повышению влажности воздуха, влияют на микроклимат и регулируют температурные колебания в тёплое время года.

По климатическому районированию Можайск относится к зоне умеренно-континентального климата с выраженной сезонной сменой погодных условий. Зима в Можайске продолжительная и холодная, средняя температура составляет $-10...-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, но возможны похолодания до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Снежный покров устанавливается в ноябре и сохраняется до конца марта. Лето в регионе умеренно тёплое, средняя температура июля составляет $+17...+19\text{ }^{\circ}\text{C}$, но в отдельные годы возможны периоды жары с температурой выше $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Тёплый сезон начинается в первой декаде мая, когда среднесуточная температура воздуха стабильно превышает $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, и продолжается до конца сентября. Таким образом, продолжительность тёплого полугодия в Можайске составляет около 140–145 дней. В этот период наблюдаются умеренные температуры и частые осадки в виде дождей и гроз, особенно в июне–июле. За последние 30 лет отмечается устойчивый рост средней температуры тёплого сезона на $0,5-1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.8. Климатические и геофизические характеристики города Москва.

Москва, будучи крупнейшим городом России и административным центром государства, занимает центральное положение на Восточно-Европейской равнине. Её расположение в умеренных широтах определяет особенности природы и климата, характерные для Центральной России.

Город находится на пересечении различных природных зон, включая переходные области от водоразделов к речным долинам и от возвышенностей к низменным террасам. Это придаёт природной среде Москвы разнообразие и делает её чувствительной к изменениям климата и экологическим факторам.

На территории города можно встретить как возвышенные, так и низменные участки. Важную роль в водном балансе Москвы играет река Москва, которая имеет разветвлённую сеть притоков и каналов. Кроме того, здесь есть водохранилища и искусственные водоёмы, которые регулируют сток воды и обеспечивают водоснабжение. Эти водоёмы также влияют на температуру воздуха и уровень влажности в городе. В прошлом на территории Москвы преобладали смешанные широколиственные леса. Однако в результате многолетнего воздействия человека природный ландшафт значительно изменился. Тем не менее, некоторые участки естественной растительности сохранились в виде особо охраняемых природных территорий, заповедников, парков и лесопарковых зон.

Климат Москвы относится к умеренно континентальному типу. Для него характерны ярко выраженные сезонные колебания и изменчивость погодных условий. Он формируется под влиянием западных воздушных масс, которые встречаются с континентальными потоками восточного происхождения. Атмосферные фронты, пересекающие регион, создают условия для неустойчивости климата, особенно в переходные сезоны. Зима в Москве длится около четырёх месяцев и характеризуется устойчивым снежным покровом и низкими температурами. Лето здесь умеренно тёплое, с периодами сильной жары. Весна и осень обычно короткие и сопровождаются частыми изменениями погоды.

С середины мая в Москве устанавливается тёплая погода с температурой выше +10 °C, что означает начало тёплого сезона, который продолжается до конца сентября. Таким образом, его продолжительность составляет примерно 150 дней. В условиях изменения климата в мире, Москва демонстрирует

признаки термического сдвига. Это проявляется в повышении средних температур, увеличении количества жарких дней и изменении границ вегетационного периода. Эти процессы также сопровождаются изменениями в количестве осадков и учащением экстремальных погодных явлений, таких как сильные ливни, грозы и кратковременные, но интенсивные засухи.

1.9. Климатические и геофизические характеристики поселка Елатьма.

Посёлок Елатьма расположен в юго-восточной части Рязанской области и административно относится к Касимовскому муниципальному району. Он находится на высоком правом берегу реки Оки, в пределах центральной полосы Восточно-Европейской равнины. Природный рельеф территории характеризуется равнинностью с элементами слабой волнистости, присущей Окско-Донской низменности. Река Ока является основным водотоком района, оказывая значительное влияние на водоснабжение и формирование локального микроклимата, особенно в пойменной зоне. Дополнительные гидрографические элементы включают временные ручьи, озёра, старицы и осушенные болотные участки.

Почвенный покров района разнообразен. На водоразделах преобладают дерново-подзолистые и серые лесные почвы. В зонах с избыточным увлажнением сформировались аллювиальные, глеево-подзолистые и луговые почвы. Плодородие почв позволяет их использовать в сельскохозяйственной деятельности при условии проведения мелиоративных мероприятий и контроля эрозионных процессов.

Климат Елатьмы относится к умеренно континентальному типу, характерному для центральной части европейской территории России. Он характеризуется умеренной влажностью, значительными сезонными колебаниями температуры воздуха и умеренной ветровой активностью. Зима в Елатьме характеризуется холодными температурами и устойчивым снежным покровом. Лето — тёплыми температурами, периодическими грозами и

обильными осадками. В начале мая среднесуточные температуры стабильно превышают $+10^{\circ}\text{C}$, что знаменует начало активного тёплого периода, продолжающегося в среднем до конца сентября. Таким образом, тёплый сезон длится около 140-145 дней, обеспечивая благоприятные условия для вегетации сельскохозяйственных культур, рекреационной деятельности и других видов хозяйственной активности. В последние годы наблюдаются климатические тренды, выражающиеся в более раннем наступлении весенних процессов, увеличении среднесуточных температур и повышении частоты дней с высокой температурой воздуха.

1.10. Климатические и геофизические характеристики города Лукоянов.

Город Лукоянов расположен в северо-восточной части Нижегородской области, в Варнавинском районе. Он находится на территории Восточно-Европейской равнины, рядом с рекой Ветлугой, которая является одним из главных водных объектов региона.

Основным источником воды в этом городе является река Ветлуга. Она не только обеспечивает влажность почвы, но и влияет на температуру воздуха в окрестностях. Кроме того, в этой местности есть сезонные потоки, болота и родники, которые вместе образуют локальную гидрологическую систему.

Почвы в этой местности в основном дерново-подзолистые, сформированные на супесчаных и суглинистых породах. В пойме преобладают оглеенные и аллювиальные почвы, которые отличаются высокой влажностью, особенно весной и в периоды паводков.

Климат в этой местности умеренно континентальный, с ярко выраженной сезонной сменой температур и умеренным количеством осадков. Зима длится с ноября по март, в это время стабильно лежит снег. Лето умеренно тёплое, иногда бывают засушливые периоды и грозы с дождём. Климат формируется под влиянием воздушных масс из Атлантики и континента, что делает погоду непредсказуемой и изменчивой. С мая

температура воздуха стабильно держится выше +10 °С, начинается период тепла, который длится до конца сентября. За это время создаются благоприятные условия для роста растений. Тёплая погода длится около 140 дней.

1.11. Климатические и геофизические характеристики города Рязань.

Город Рязань является административным центром Рязанской области и расположен в центральной части Восточно-Европейской равнины. Населённый пункт находится на правом берегу реки Оки, что оказывает значительное влияние на природно-климатические и ландшафтные характеристики региона. Рязань входит в состав Центрального федерального округа и расположена в пределах лесостепной подзоны.

Рельеф территории Рязани и её окрестностей преимущественно характеризуется как плоский и слабоволнистый, с наличием пойменных и надпойменных террас, особенно в долине реки Оки. Почвенный покров представлен преимущественно серыми лесными и дерново-подзолистыми почвами, обладающими средней естественной плодородностью. В пойменной части города развиты аллювиальные и оглеенные почвы, подверженные временной затопленности в период паводков.

Река Ока является крупнейшим водным объектом региона, определяющим гидрографическую сеть и оказывающим влияние на влажность воздуха, микроклимат и почвенное увлажнение. В пределах города также протекают малые реки и ручьи (Трубеж, Павловка), а также присутствуют искусственные и естественные водоёмы.

Климат Рязани относится к умеренно континентальному типу с чётко выраженными временами года, значительными сезонными колебаниями температуры и умеренной влажностью. Формирование климатических условий региона обусловлено взаимодействием атлантических и континентальных воздушных масс, а также периодическим воздействием

арктических воздушных потоков. Зимний сезон в Рязани характеризуется продолжительностью и устойчивыми отрицательными температурами, сопровождающимися образованием снежного покрова. Лето умеренно тёплое с частыми осадками и периодами повышения температуры. Весна и осень отличаются резкими переходами температурных режимов и изменчивостью погодных условий.

Тёплый сезон в Рязани начинается в первой половине мая и продолжается до конца сентября, характеризуясь среднесуточными температурами, стабильно превышающими $+10^{\circ}\text{C}$, что способствует активной вегетации растений и проведению сельскохозяйственных работ. Продолжительность тёплого периода составляет около 145–155 дней. В последние десятилетия наблюдается тенденция к повышению летних температур, удлинению вегетационного периода и увеличению частоты экстремальных погодных явлений, таких как жара, засуха и ливни, обусловленных климатическими изменениями.

2. Анализ климатических особенностей теплого полугодия в Центральной России

2.1. Цели и задачи научно-исследовательской работы

Для выполнения научно-исследовательской работы была поставлена цель: проанализировать климатических особенностей теплого полугодия в центральной России. Для анализа в работе были выбраны следующие климатические характеристики теплого полугодия: границы теплого и летнего климат сезона (даты устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C и 15°C соответственно), их продолжительность и средняя температура.

Для анализа теплого полугодия были выбраны 14 городов: Максатиха, Рыбинск, Ветлуга, Кострома, Переславль-Залесский, Нижний Новгород, Можайск, Москва, Елаьма, Лукоянов, Рязань, которые входят или находятся рядом с Золотым кольцом России. Территория исследования с выбранными станциями представлена на рисунке 2.1.[\[1\]](#)

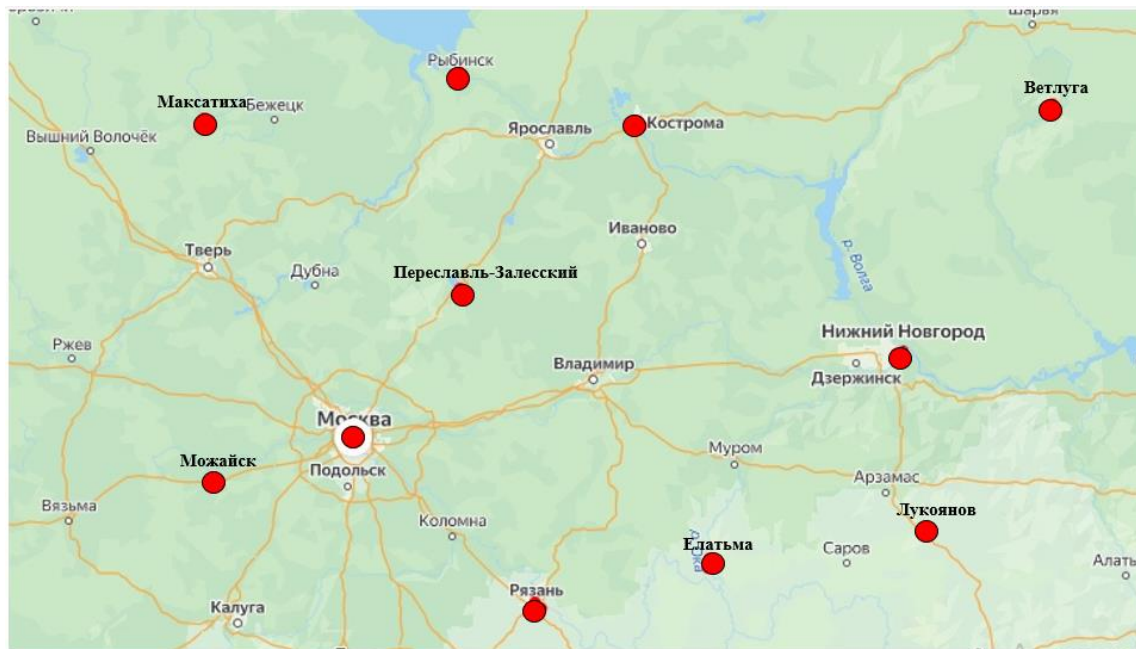


Рисунок 2.1. Территория исследования.

Для достижения поставленной цели, решим следующие задачи:

1. Создать и проанализировать архив данных по среднесуточной температуре за 61 год (с 1961 по 2022).
2. Рассчитать границы продолжит средней температуре теплого и летнего сезона для каждого выбран города.
3. Провести сравнительный анализ полученных результатов
4. Проанализировать условия формирования аномальных осадков в теплое полугодие, охватывающих большую часть выбранной территории Золотого кольца России.

2.2 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в поселке Максатиха.

В ходе выполнения бакалаврского проекта были рассчитаны различные климатические границы, входящие в рамки теплого полугодия, такие как: переходы через 10°C на повышение и на понижение границ, что в работе принималось как начало и окончание теплого сезона; переходы через 15 градусов на повышение и на понижение границ именно летнего сезона.

Для достижения цели работы, мы использовали метод В.А. Хаустова, который помог нам рассчитать границы устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C (таблица 2.2.).

По полученным данным, можно сделать вывод, что начало устойчивого перехода температуры через 10°C , в основном, приходилось на апрель и май. Так же можно наблюдать два случая, когда переход температуры наступил в июне (3 июня в 1965г. и 1 июня в 1990г.). Наиболее поздним сроком установления устойчивого перехода на повышения температуры является 3 июня в 1965г, а самым ранним-21 апреля в 2012г.

За 60 лет наблюдений произошел устойчивый сдвиг начала теплого сезона с конца мая-начала июня в 1960-х до начала апреля- конца марта в 2010-2020х. Кроме того, из данных таблицы видно, что завершение теплого сезона

чаще всего было зафиксировано в сентябре. В августе устойчивое снижение температуры происходит редко и в основном к концу месяца, а в октябре даты охватывают первые недели месяца.

Таблица 2.1. Фрагмент таблицы дат устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C (в сторону повышения и понижения).

период	апрель	май	июнь		август	сентябрь	октябрь
1961		25		1961		5	
1962		20		1962		14	
1963	30			1963		20	
1964		23		1964		20	
1965			3	1965		25	
1966		8		1966		10	
1967		2		1967		13	
1968		5		1968		8	
1969		8		1969		18	
1970	27			1970		23	
1971		7		1971		14	
1972		15		1972		19	
1973		15		1973		4	
1974		29		1974			5
1975		1		1975		30	
1976		12		1976		17	
1977	30			1977		11	
1978		16		1978		14	
1979		3		1979		10	
1980		26		1980		22	
1981		7		1981		12	
1982		24		1982		26	
1983		9		1983		24	
1984		4		1984		27	
1985		4		1985		9	
1986	24			1986		8	
1987	30			1987	31		
1988		1		1988		14	
1989	26			1989		30	
1990			1	1990	26		
1991		12		1991		5	
1992		24		1992		20	

По данным таблицы, можно увидеть, что самая ранняя дата устойчивого перехода теплого полугодия за 60 лет наблюдалась 26 августа 1990г. Можно сказать, что в 1990г теплое полугодие по своей продолжительности (83 дня) было самым коротким, по сравнению с другими годами. Самая поздняя дата наблюдалась 12 октября 2020г.

Весенний переход, связанный с началом тёплого сезона, как правило, фиксируется в интервале с конца апреля до начала июня, при этом большая часть значений приходится на май. Это указывает на стабильное наступление устойчиво тёплой погоды во второй весенний месяц. Однако наблюдаются как

более ранние переходы (в апреле), так и запаздывания до июня, что свидетельствует о заметной межгодовой изменчивости климатических условий. С 1970-х годов прослеживается тенденция к более раннему наступлению тёплого периода, что может быть связано с глобальным потеплением и региональными климатическими сдвигами.

Осенний переход температуры через $+10^{\circ}\text{C}$ в сторону понижения, соответствующий окончанию тёплого сезона, в основном происходит в сентябре, реже — в конце августа или в октябре. Это подтверждает, что середина сентября традиционно является рубежом между тёплым и холодным сезонами.

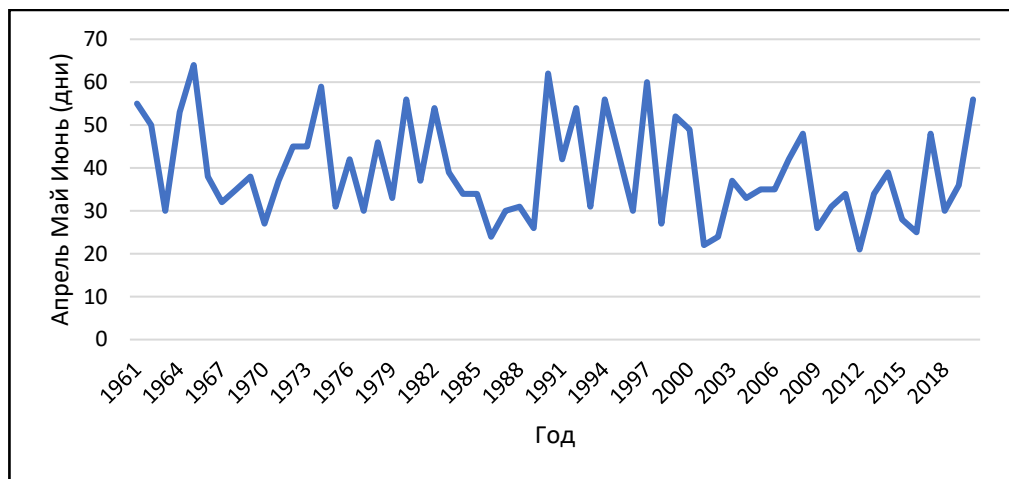
Сравнение весенних и осенних данных показывает, что продолжительность тёплого периода (между переходами вверх и вниз через $+10^{\circ}\text{C}$) в среднем составляет от 120 до 150 дней, но в отдельные годы может колебаться.

В представленной исследовательской работе были рассчитаны даты начала теплого сезона. По результатам наблюдения п. Максатиха, с помощью метода линейного скользящего осреднения с окном 30 лет, были построены графики скользящего среднего изменения устойчивого перехода температуры через 10°C на повышение (рисунок 2.2)

На основе представленных графиков можно проследить чёткую климатическую тенденцию – смещение начала тёплого сезона на более ранние сроки за последние десятилетия. В 1960–1970-х годах устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения чаще всего происходил во второй половине апреля – начале мая. Среднее значение по тем годам находилось в пределах 9–11 мая. Начиная с конца 1970-х годов и особенно с 1990-х годов, фиксируется устойчивое снижение дат перехода, то есть тёплый сезон начинает наступать раньше. В 2000–2020-х годах большинство значений приходится уже на середину или даже начало апреля (5–7 апреля).

На графике со скользящим средним (рисунок 2.2б) эта тенденция выражена особенно наглядно: кривая плавно снижается, отражая долгосрочное потепление весеннего периода.

А)



Б)

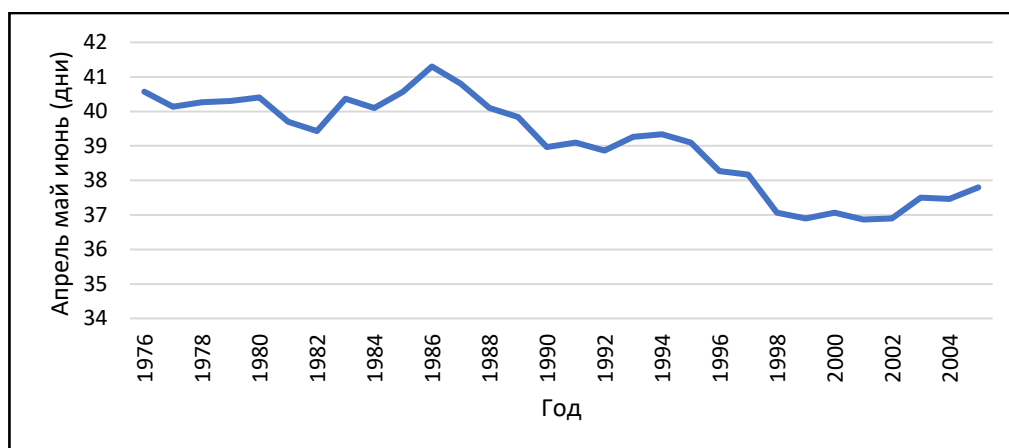
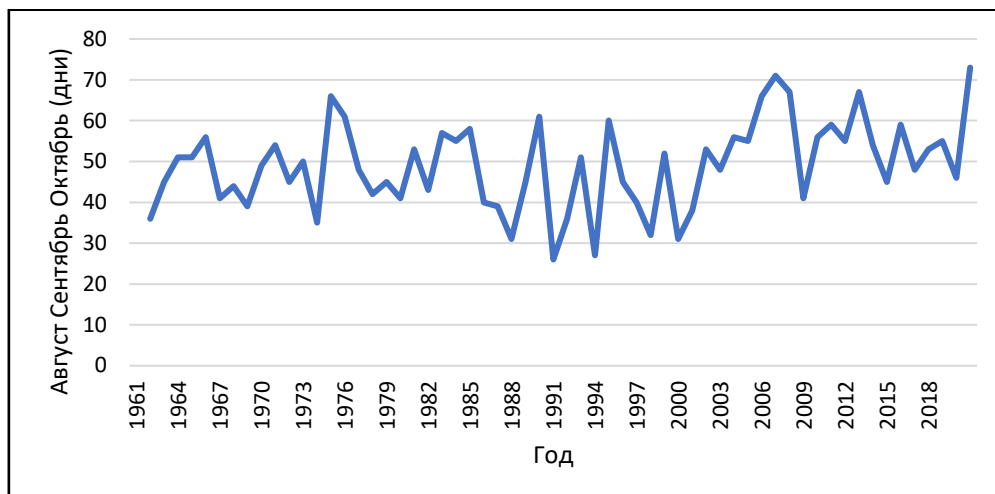


Рисунок 2.2. Границы начала теплого климатического сезона в п. Максатиха за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Также были рассчитаны даты окончания теплого сезона. На рисунке ниже представлены неосредненные и скользящее осредненные значения (рисунок 2.3). На основании графиков, представленных на рисунке 2.3, можно проанализировать изменения сроков окончания тёплого климатического сезона в п. Максатиха за период с 1961 по 2022 гг.

А)



Б)

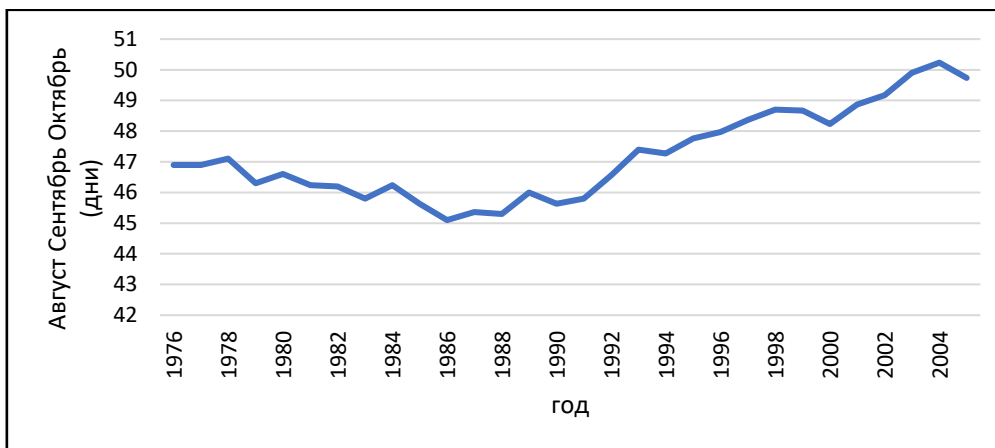


Рисунок 2.3 Границы окончания теплого климатического сезона в п. Максатиха за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Данные характеризуют дату устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через отметку $+10^{\circ}\text{C}$ в сторону понижения. На рисунке 2.3а отображает неосреднённые значения, позволяющие проследить межгодовую изменчивость. Даты окончания тёплого сезона варьируются в широких пределах – от конца сентября до конца октября, что отражает климатическую неустойчивость региона.

Более устойчивую тенденцию позволяет выявить график б, где использовано скользящее среднее с окном усреднения в 30 лет. С начала 1970-х годов и до середины 1980-х годов наблюдается постепенное смещение даты

окончания тёплого сезона на более ранние сроки. Однако начиная с конца 1980-х годов отмечается устойчивая тенденция к более позднему окончанию тёплого периода. В течение 1990-х годов наблюдается постепенное увеличение средних значений, что свидетельствует о продлении продолжительности тёплого сезона.

По полученным данным, можно сделать вывод, что в исследуемом периоде окончание тёплого климатического сезона демонстрирует общую тенденцию к сдвигу на более поздние даты, особенно в последние десятилетия. Это может быть связано с глобальными климатическими изменениями и общей тенденцией к потеплению, характерной для 2000-х.

Таблица 2.2 Осредненные даты начала и окончания теплого сезона в п. Максатиха за период с 1961 г. по 2020 г. (скользящее осреднение 30 лет)

период (годы)	Дата начала	Дата конца	продолжительность
с 1961 по 1990гг	11 мая	16 сентября	128
с 1991 по 2020гг	8 мая	20 сентября	135

В таблице 2.2 приведены усреднённые значения дат начала и окончания тёплого климатического сезона в п. Максатиха за два периода: с 1961 по 1990 гг. и с 1991 по 2020 гг., полученные методом скользящего среднего с окном 30 лет.

Сравнительный анализ показывает, что в более поздний период (1991–2020 гг.) начало тёплого сезона стало происходить в среднем на 3 дня раньше — 8 мая вместо 11 мая. Это свидетельствует о тенденции к более раннему наступлению устойчивых положительных температур воздуха (свыше +10 °C), что может быть связано с потеплением весеннего периода.

Окончание тёплого сезона также претерпело изменения: если в период 1961–1990 гг. оно в среднем происходило 16 сентября, то в 1991–2020 гг. сдвинулось на более позднюю дату — 20 сентября. Таким образом, конец

тёплого сезона также стал происходить позднее, что указывает на сохранение высоких летних температур в осенний период на более продолжительное время.

Продолжительность тёплого периода (рассчитанная как разница между датами начала и окончания сезона) увеличилась с 128 до 135 дней, то есть на 7 дней. Это расширение тёплого периода в году наглядно подтверждает наблюдаемую в последние десятилетия тенденцию к увеличению продолжительности климатического лета.

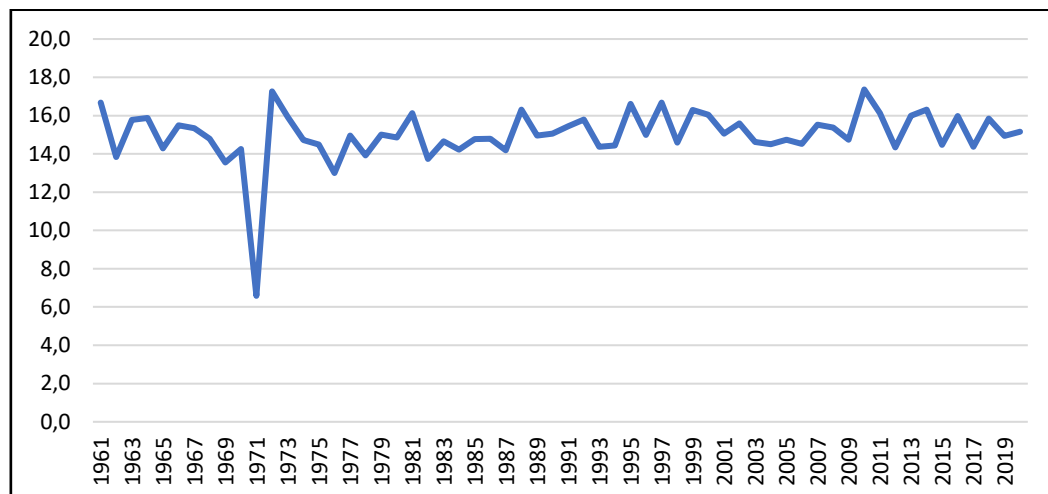
Таким образом, результаты анализа таблицы 2.2 дополняют выводы, полученные по графикам: в п. Максатиха отмечается устойчивое смещение границ тёплого сезона как в сторону более раннего начала, так и более позднего окончания, что в совокупности указывает на общее удлинение тёплого периода, вероятно обусловленное текущими климатическими изменениями.

Для выявления климатических тенденций и оценки возможных изменений в температурном режиме была проведена оценка средней температуры воздуха тёплого климатического сезона в п. Максатиха. На рисунке 2.4 представлены графики средней температуры за каждый год в необработанном виде (а), а также с применением метода скользящего среднего (б), который позволяет сгладить кратковременные колебания и проследить долгосрочные тенденции.

Такой подход обеспечивает более наглядное представление о развитии температурных изменений в регионе на протяжении всего исследуемого периода

На рисунке 2.4 представлены графики изменения средней температуры воздуха в период тёплого климатического сезона в п. Максатиха. На рисунке 2.4а мы видим неосреднённые данные, отображающие межгодовую изменчивость средней температуры за исследуемый период.

А)



Б)

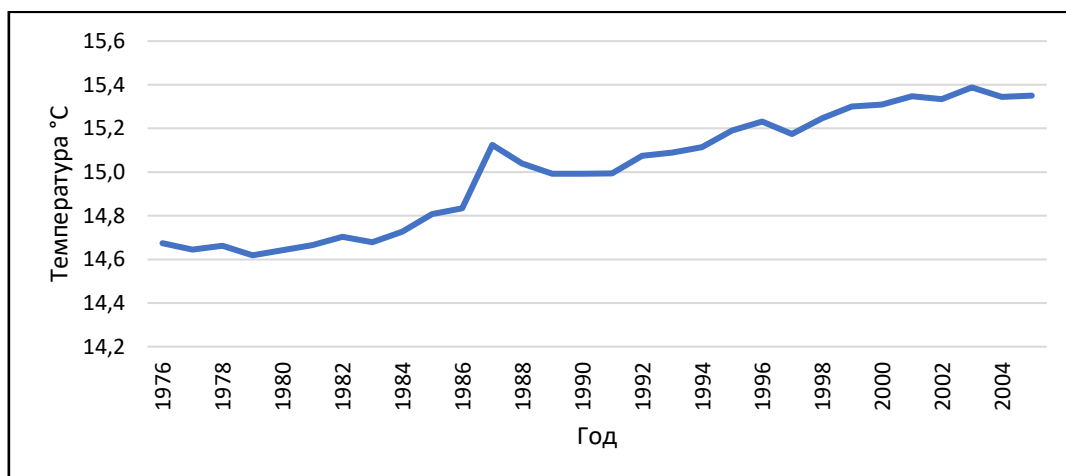


Рисунок 2.4 – Средняя температура воздуха теплого климатического сезона в п. Максатиха. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

По результатам данным, можно увидеть четкую относительную стабильность температурных значений в годы наблюдений. В отдельные годы (в 1970-х) фиксируются значительные отклонения от общего уровня, что, вероятно, связано с краткосрочными климатическими аномалиями. График Б показывает результаты скользящего осреднения температурных значений с использованием окна осреднения в 30 лет, что позволяет более наглядно выявить долгосрочные тенденции. Согласно представленным данным, начиная с конца 1980-х годов прослеживается чёткая тенденция к повышению

средней температуры тёплого климатического сезона. Данный рост наиболее выражен в период с 1990-х до начала 2000-х годов. В последние годы наблюдается стабилизация температурных значений на более высоком уровне по сравнению с ранним исследуемым периодом.

Выявленная тенденция свидетельствует о постепенном потеплении климата в исследуемом регионе, что согласуется с общими глобальными климатическими изменениями, наблюдаемыми в последние десятилетия.

Таблица 2.3 Осредненная по 30-летиям средняя температура теплого сезона в п. Максатиха с 1961 по 2020 гг.

Период (годы)	Средняя температура
с 1961 по 1990	14,6
с 1991 по 2020	15,3

Таблица 2.3 содержит данные о средней температуре тёплого климатического сезона в п. Максатиха за два тридцатилетних периода: с 1961 по 1990 гг. и с 1991 по 2020 гг. Согласно представленной информации, в первом периоде средняя температура составляла 14,6 °С, а во втором — 15,3 °С.

Таким образом, наблюдается повышение средней температуры на 0,7 °С, что является значительным показателем при длительном наблюдении и подтверждает наличие устойчивой тенденции к потеплению климата в исследуемом регионе. Этот результат соответствует как локальным климатическим изменениям, зафиксированным в Максатихе, так и глобальным климатическим трендам, отмечаемым в последние десятилетия. Повышение средней температуры тёплого сезона может быть обусловлено как увеличением продолжительности сезона, так и общим ростом температурных значений в летние месяцы.

Таблица 2.4 Статистические характеристики ряда

ряд	среднее	ско	дисперсия
1 период	14,6	1,8	3,2
2 период	15,4	0,8	0,7
весь ряд	15	1,4	2,1

В таблице 2.4 представлены статистические показатели (среднее значение, среднеквадратичное отклонение и дисперсия) температурного ряда тёплого сезона в п. Максатиха, разделённого на два 30-летних периода: с 1961 по 1990 год (1 период) и с 1991 по 2020 год (2 период), а также по всему исследуемому ряду. Среднее значение температуры увеличилось с 14,6 °С в первом периоде до 15,4 °С во втором, что подтверждает ранее выявленную тенденцию к постепенному потеплению тёплого сезона. Среднее значение по всему периоду (1961–2020 гг.) составляет 15,0 °С. Среднеквадратичное отклонение (СКО), характеризующее разброс данных относительно среднего, существенно снизилось: с 1,8 °С в первом периоде до 0,8 °С во втором. Это говорит о стабилизации температурных значений в последние десятилетия — температуры становятся не только выше, но и более устойчивыми, без значительных колебаний от года к году. Дисперсия, являющаяся квадратом СКО и также отражающая степень разброса данных, уменьшилась с 3,2 до 0,7, что дополнительно подтверждает снижение вариативности температур во втором периоде. Таким образом, на основе анализа статистических характеристик можно сделать следующие выводы: наблюдается повышение средней температуры тёплого сезона; температурные значения стали менее изменчивыми, что указывает на усиление устойчивости климатических условий в тёплый сезон; общий температурный тренд согласуется с глобальными изменениями климата и проявляется в региональном масштабе.

2.3 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Рыбинск.

Были проведены аналогичные исследования за изменением дат начала и окончания теплого сезона в г. Рыбинск за период 1961 по 2020гг(таблица 2.5)

Таблица 2.5 Осредненные даты начала и окончания теплого сезона в г. Рыбинск за период с 1961г по 2020г

период (годы)	Дата начала	Дата конца	продолжительность
с 1961 по 1990гг	12 мая	20 сентября	131
с 1991 по 2020гг	9 мая	25 сентября	139

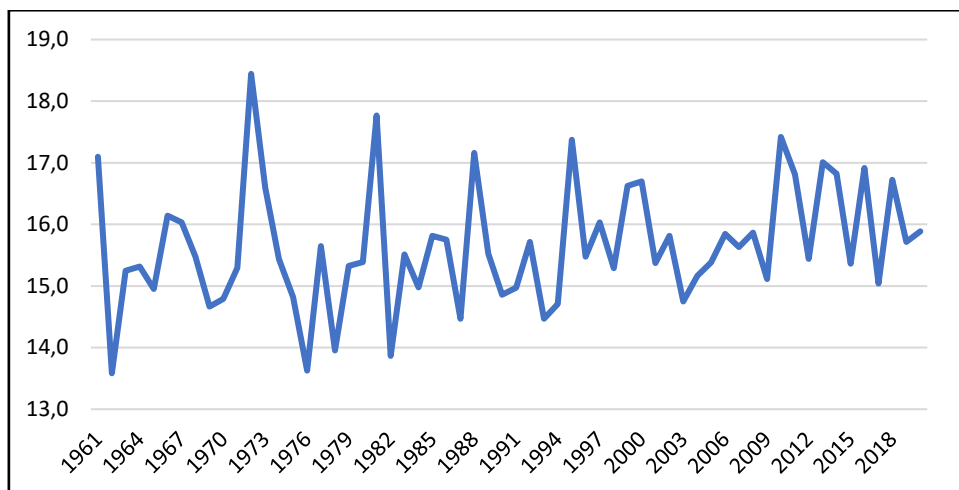
По полученным данным, можно сделать вывод, что в период с 1961 по 1990гг. начало теплого сезона сместилось на 3 дня, что означает, что устойчивые положительные температуры сместились со второй декады на первую.

Так же можно наблюдать сдвиг окончания теплого сезона на 5 дней на более поздний срок. В период с 1961 по 1990 гг. дата конца теплого полугодия была 20 сентября, а в период с 1991 по 2020 гг. - 25 сентября. Можно сделать вывод о том, что эти изменения приводят к увеличению продолжительности теплого периода на 8 дней и происходит это за счет расширения обеих границ, осенняя сдвигается больше.

На рисунке 2.7 представлены два графика, иллюстрирующие изменения средней температуры воздуха тёплого климатического сезона в городе Рыбинск за период с 1961 по 2020 год: **а)** график неосреднённых значений; **б)** график скользящего осреднения. На графике а) прослеживаются значительные колебания температуры воздуха тёплого периода. В некоторых годах фиксируются как очень тёплые сезоны (в начале 1970-хг), так и более прохладные, особенно в 1970–1980-х. Температуры варьируются от 13 °С до 18 °С. Несмотря на эти колебания, стоит отметить, что с 1990-х годов средние значения температур стабилизируются. На графике 3.5 б) отчетливо видно, что

средняя температура в тёплый сезон имеет уверенную тенденцию к повышению. Если в 1970–1980-е годы она составляла около 15,3–15,5 °С, то к 2020 году она увеличилась до примерно 15,9 °С. Увеличение температуры тёплого сезона согласуется с ранее установленной тенденцией к увеличению его продолжительности и смещению начала тёплого периода на более ранние сроки. Это говорит о стабильном процессе регионального потепления.

А)



Б)

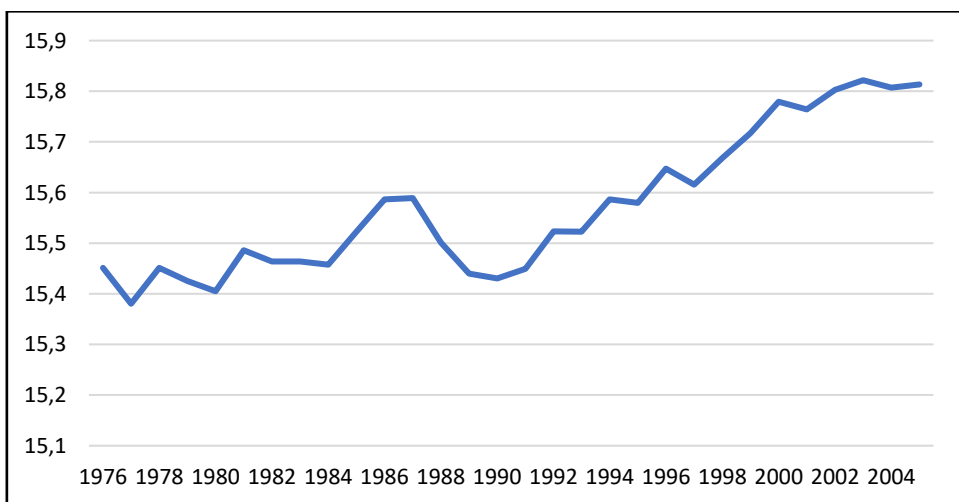


Рисунок 2.7 Средняя температура воздуха теплого климатического сезона в г.Рыбинск. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Таблица 2.6 Статистические характеристики ряда

ряд	среднее	ско	дисперсия
1 период	15,5	1,134045	1,286057996
2 период	15,8	0,820024	0,672440178
весь ряд	15,6	1,001326	1,002653719

В представленной таблице проанализированы основные статистические параметры температурного режима теплого сезона в городе Рыбинск.

Следует отметить, что средняя температура теплого сезона в период с 1961 по 1990 год составляла 15,45 °С. В последующий период (1991-2020 гг.) отмечено повышение средней температуры до 15,85 °С. Это свидетельствует о росте средней температуры теплого сезона на 0,4 °С и указывает на формирование устойчивой тенденции потепления климата в регионе. Стандартное отклонение характеризует степень разброса температурных значений относительно среднего значения. В первом периоде значение составило 1,13, что отражает высокую межгодовую изменчивость температур. Во втором периоде значение снизилось до 0,82, что говорит о понижении климатической нестабильности и большей предсказуемости температурных условий. Уменьшение дисперсии с 1,29 во втором периоде до 0,67 подтверждает тенденцию к снижению амплитуды колебаний температуры в течение теплого сезона. Это указывает на выравнивание климатических условий и уменьшение частоты экстремальных температурных явлений (как аномально холодных, так и жарких). Таким образом, за последние 60 лет в городе Рыбинск наблюдается тенденция к увеличению средней температуры теплого сезона при одновременном снижении его межгодовой изменчивости. Эти изменения указывают на общую стабилизацию климата региона и его потепление.

2.4 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Ветлуга.

Были проведены аналогичные исследования за изменением дат начала и окончания теплого сезона в г. Ветлуга за период 1961 по 2020гг (таблица 2.7)

Таблица 2.7 Осредненные даты начала и окончания теплого сезона в г. Ветлуга за период с 1961г по 2020г

период (годы)	Дата начала	Дата конца	продолжительность
с 1961 по 1990гг	14 мая	15 сентября	124
с 1991 по 2020гг	9 мая	18 сентября	132

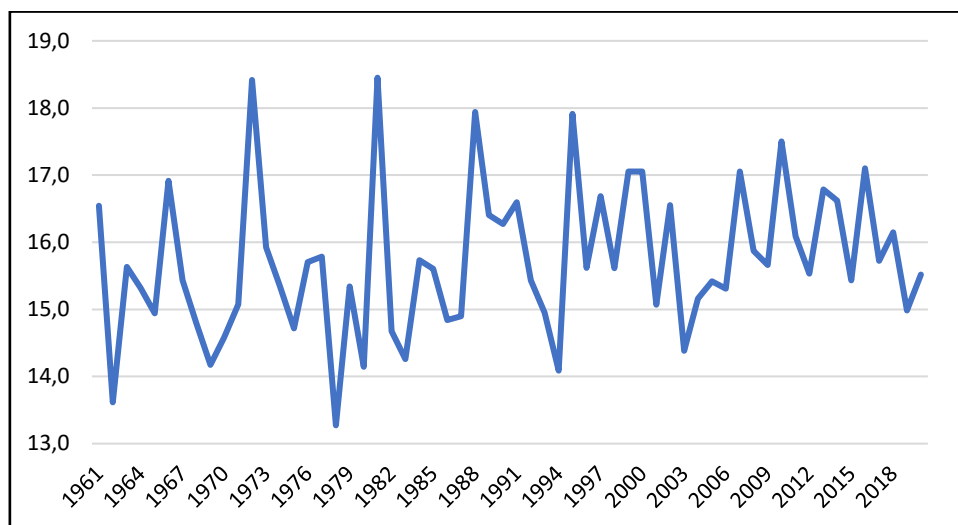
В первом периоде (1961–1990 гг.) средняя дата начала теплого сезона приходилась на 14 мая, а во втором периоде (1991–2020 гг.) сместилась на 9 мая, что свидетельствует о тенденции к более раннему наступлению устойчивых положительных температур на 5 дней. Аналогично наблюдается сдвиг на 3 дня даты окончания теплого сезона: в первом периоде она приходилась на 15 сентября, а во втором – на 18 сентября. Изменение границ теплого периода привело к увеличению его продолжительности на 8 дней.

В результате анализа начала теплого полугодия необходимо отметить, что примерно до 2000х годов наблюдались колебания наступления теплого полугодия [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 3 рисунок 3а]. В смежных годах размах мог достигать до 50 дней от минимального значения до максимальных. После 2000х годов можно наблюдать ранние наступления (17 апреля в 2012г.), но таких поздних дат наступления, как в период с 1960х по 1990е гг, когда теплое полугодие начиналось даже в июне, уже не наблюдается. Именно поэтому, если анализировать график скользящих осреднений [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 3 рисунок 3б] можно отметить, что наблюдается изменение на более ранние начала с 2000х.

Схожая тенденция и для окончания [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 4 рисунок 4]. Значительная дисперсия, в данном случае и в первом, и во втором тридцатилетии. Однако во втором тридцатилетии больше значений, когда

тепло полугодие заканчивалось в октябре. И таких ранних окончаний как в 1970х и 1990х) годах (в основном в сентябре) не наблюдалос

а)



б)

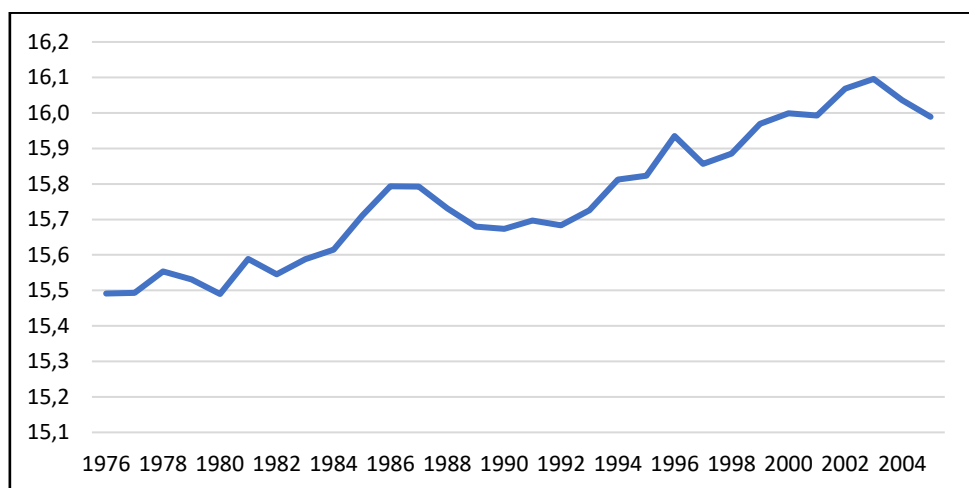


Рисунок 2.8 Средняя температура воздуха теплого климатического сезона в г. Ветлуга. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Таблица 2.8 Статистические характеристики ряда

ряд	среднее	ско	дисперсия
1 период	15,5	1,255591	1,57650872
2 период	15,9	0,928135	0,861433936
весь ряд	15,7	1,12026	1,254981989

Анализ данных, представленных на графике 2.8а, показывает существенную изменчивость средних температур в теплый период года от

года к году. Однако с рубежа 1980-х - 1990-х годов четко прослеживается выраженная тенденция к повышению температурных показателей. Статистические данные из таблицы 2.8 подтверждают эту динамику: если в начальном периоде средняя температура составляла 15,5 °С, то в последующем она возросла до 15,9 °С, что отражает общее повышение на 0,47 °С. График 2.8б демонстрирует непрерывный и устойчивый рост температурных значений на протяжении всего исследуемого временного отрезка. Примечательно, что параллельно с повышением температуры наблюдается уменьшение разброса показателей: стандартное отклонение сократилось с 1,26 до 0,93, а дисперсия уменьшилась с 1,58 до 0,86. Таким образом, можно констатировать не только процесс потепления климата в регионе, но и формирование более устойчивой климатической системы.

2.5 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Кострома.

Были проведены аналогичные исследования за изменением дат начала и окончания теплого сезона в г. Кострома за период 1961 по 2020гг(таблица 2.9)

Таблица 2.9 Осредненные даты начала и окончания теплого сезона в г. Кострома за период с 1961г по 2020г

период (годы)	Дата начала	Дата конца	продолжительность
с 1961 по 1990гг	9 мая	18 сентября	132
с 1991 по 2020гг	6 мая	23 сентября	140

Представленные статистические данные отражают динамику временных границ теплого периода в Костроме за 60-летний период (1961-2020 гг.). Анализ показывает существенные изменения в сроках наступления и завершения теплого сезона.

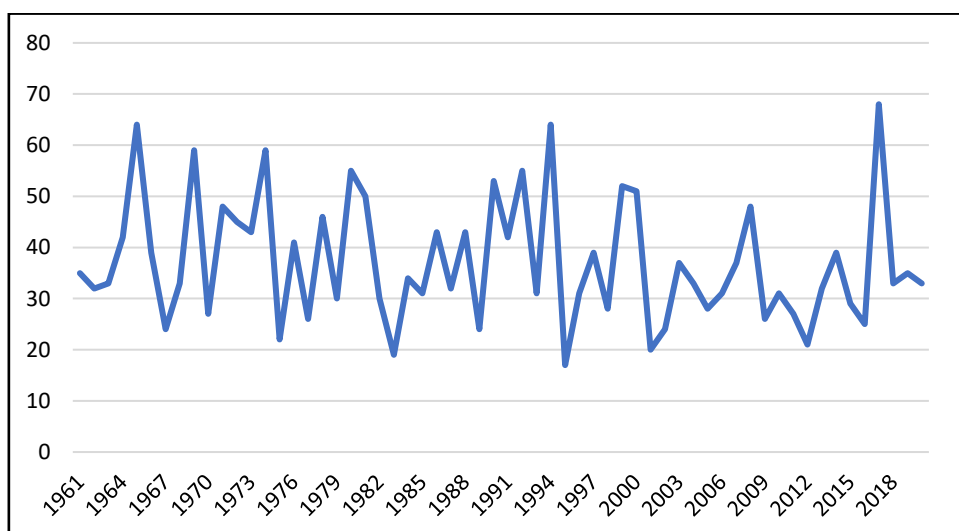
За рассматриваемый период произошло заметное смещение климатических границ: начало теплого сезона стало наступать на три дня раньше (с 9 мая до 6 мая), а его окончание сдвинулось на пять дней позже (с

18 сентября до 23 сентября). В результате общая продолжительность теплого периода увеличилась на восемь дней. Примечательно, что смещение осенней границы произошло более значительно, чем весенней.

Графическое представление данных (рисунок 2.9) демонстрирует интересную динамику. В первые три десятилетия наблюдались значительные колебания в сроках наступления теплого сезона. Однако с начала 2000-х годов сформировалась устойчивая тенденция к более раннему началу теплого периода. Это подтверждается данными с рисунка 2.9б, где четко прослеживается тенденция к снижению дат начала теплого сезона, то есть к его более раннему наступлению.

Таким образом, можно констатировать не только удлинение теплого периода, но и формирование более стабильной климатической тенденции к его более раннему началу.

а)



б)

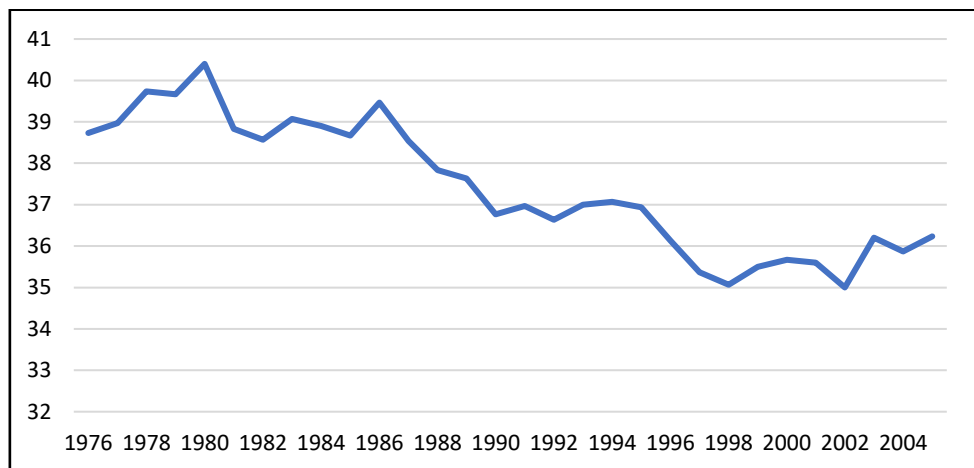
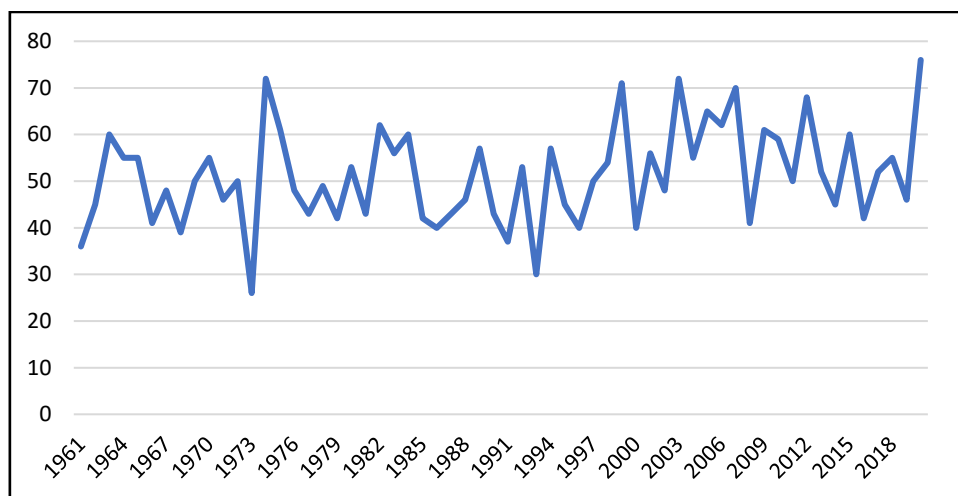


Рисунок 2.9 Границы начала теплого климатического сезона в г. Кострома за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Анализ данных, представленных на рисунке 2.10, показывает следующую картину: в первые тридцать лет исследуемого периода наблюдалась в целом стабильная дисперсия показателей. Однако в 1970-е годы произошло существенное увеличение разброса значений, при этом разница между минимальными и максимальными показателями могла достигать 50 дней.

а)



б)

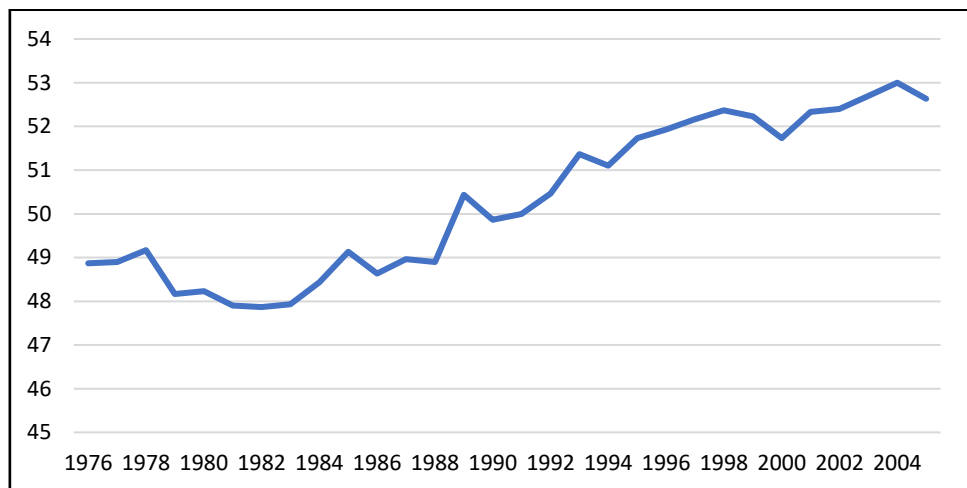
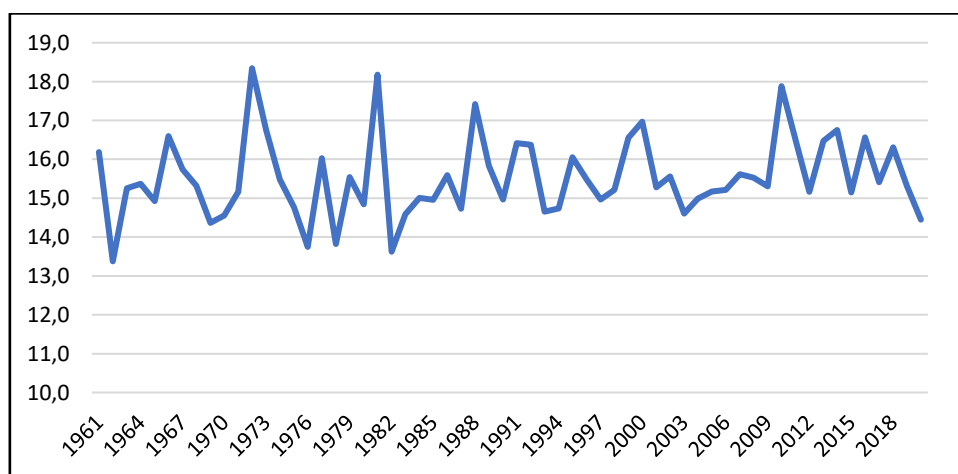


Рисунок 2.10 Границы окончания теплого климатического сезона в г. Кострома за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Важно отметить, что после 2000-х годов сформировалась устойчивая тенденция, характеризующаяся более предсказуемым окончанием теплого сезона. Теперь завершение теплого периода стабильно приходится на конец сентября - начало октября, что свидетельствует о формировании более стабильного климатического паттерна в данном временном интервале. Таким образом, можно отметить два ключевых момента: во-первых, значительное колебание показателей в 1970-е годы, и, во-вторых, установление более стабильного климатического режима в последние десятилетия.

а)



б)

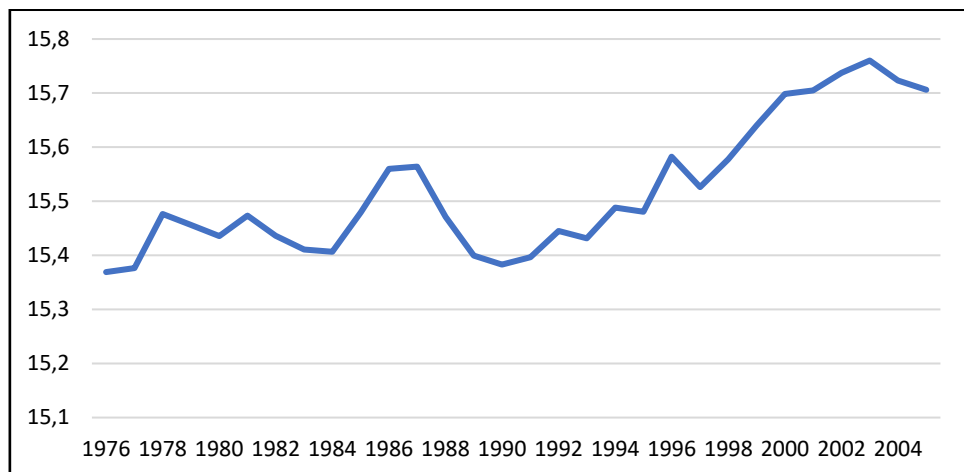


Рисунок 2.11 Средняя температура воздуха теплого климатического сезона в г. Кострома. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Таблица 2.10 Статистические характеристики ряда.

ряд	среднее	ско	дисперсия
1 период	15,4	1,203745	1,449002984
2 период	15,7	0,819766	0,672015936
весь ряд	15,5	1,033679	1,068491616

Анализ данных, представленных на рисунке 2.11а, показывает неоднородную картину изменения температур. В первые три десятилетия наблюдается значительная волатильность средних температур, однако с конца 1990-х годов отчетливо прослеживается устойчивая тенденция к повышению температурных показателей. Этот тренд наглядно демонстрируется кривой скользящего среднего на рисунке 2.11б. Количественное подтверждение данных тенденций представлено в таблице 2.10. Сравнение средних температур теплого сезона показывает следующее: если в начальном периоде показатель составлял 15,4 °С, то в последующем периоде он увеличился до 15,7 °С, что отражает общий рост на 0,32 °С. Дополнительно стоит отметить положительную динамику в плане климатической стабильности. Наблюдается существенное уменьшение показателей изменчивости: стандартное отклонение сократилось с 1,20 до 0,82, а дисперсия уменьшилась с 1,45 до 0,67.

Таким образом, анализ данных позволяет сделать вывод о двух важных климатических изменениях-произошло заметное потепление в регионе и сформировался более стабильный и предсказуемый температурный режим теплого сезона.

2.6 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Переславль-Залесский.

Были проведены аналогичные исследования за изменением дат начала и окончания теплого сезона в г. Переславль-Залесский за период 1961 по 2020гг (таблица 2.11)

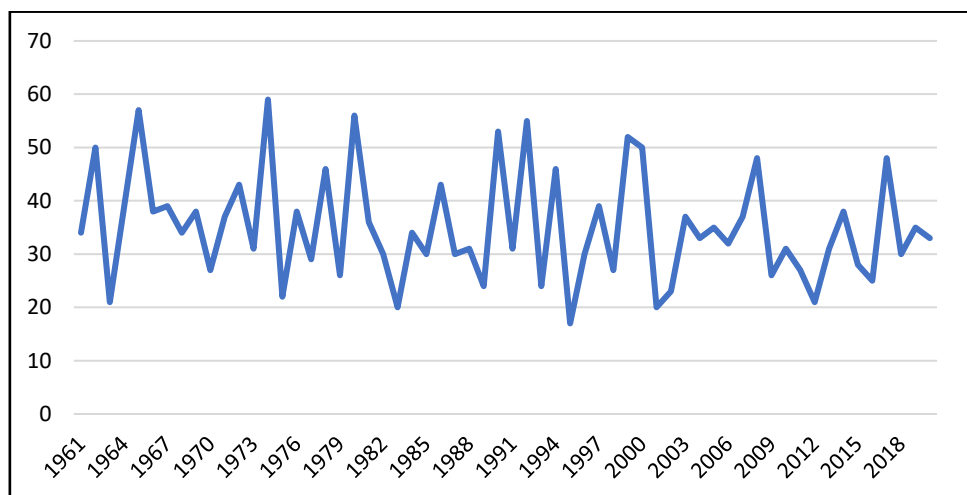
Таблица 2.11 Осредненные даты начала и окончания теплого сезона в г. Переславль-Залесский за период с 1961г по 2020г

период (годы)	Дата начала	Дата конца	продолжительность
с 1961 по 1990гг	7 мая	18 сентября	134
с 1991 по 2020гг	4 мая	25 сентября	144

Анализ временных границ теплого периода показывает существенные климатические изменения за последние десятилетия. В первом рассматриваемом периоде (1961-1990 гг.) начало теплого сезона в среднем приходилось на 7 мая. Однако в последующие годы (1991-2020 гг.) эта дата заметно сместилась на более ранний срок – 4 мая. Аналогичная тенденция наблюдается и в сроках окончания теплого периода. Если в первом периоде завершающая дата приходилась на 18 сентября, то во втором периоде она сдвинулась на 25 сентября. В результате этих изменений произошло удлинение теплого сезона. За счет более раннего начала и более позднего окончания общая продолжительность теплого периода увеличилась на 10 дней по сравнению с предыдущими показателями. Таким образом, наблюдается четкая климатическая тенденция к удлинению теплого сезона за счет смещения его временных границ в обе стороны: более раннее начало и более позднее завершение.

Изучение временных характеристик теплого периода выявляет заметные колебания в сроках его начала, что наглядно демонстрирует рисунок 2.12. Однако с последней декады 1980-х годов отмечается устойчивая тенденция к более раннему и предсказуемому наступлению положительных температур. Данный тренд особенно ярко проявляется после 2000 года, когда временные рамки начала теплого сезона установились в пределах конца апреля – первой декады мая.

а)



б)

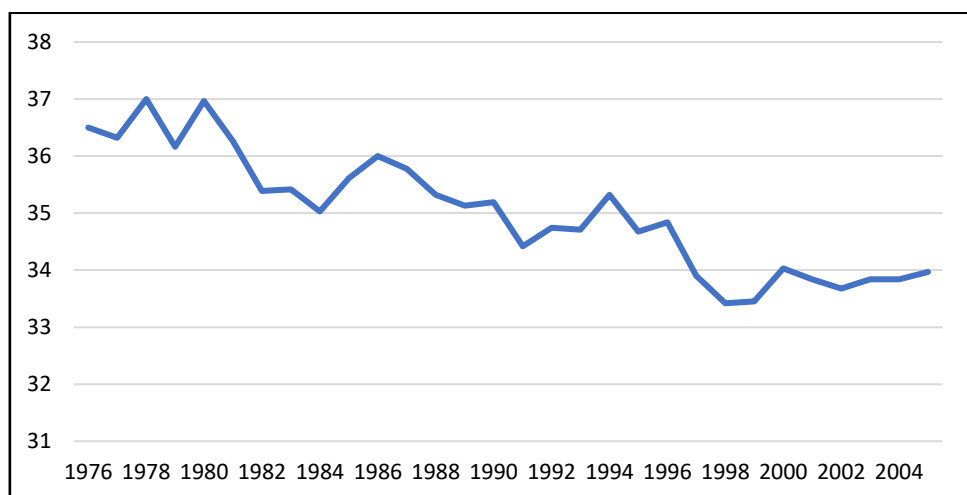
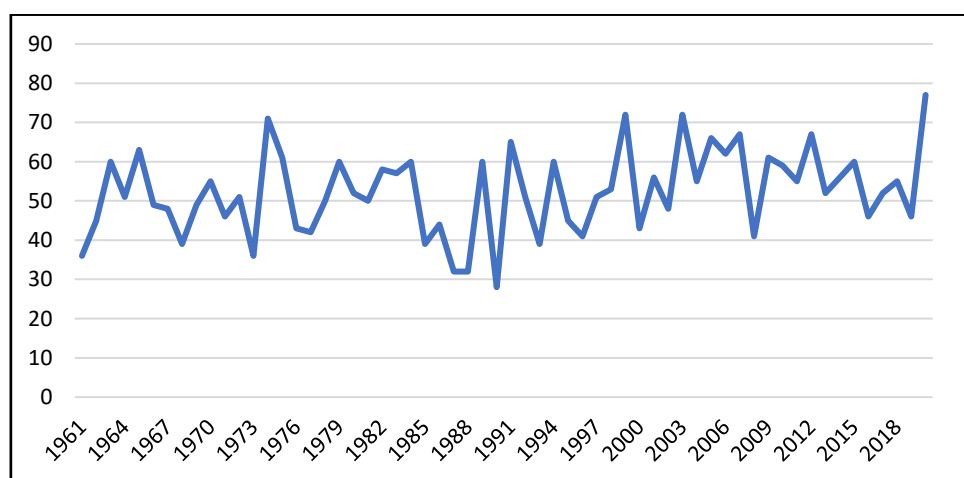


Рисунок 2.12 Границы начала теплого климатического сезона в г. Переславль-Залесский за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Рассмотрение динамики окончания теплого периода (как показано на рисунке 2.13) позволяет выявить существенную закономерность. В последние десятилетия исследуемого временного отрезка, начиная с 1990-х годов, четко прослеживается тенденция к более позднему завершению теплого сезона. При этом все чаще фиксируется его окончание в заключительные дни сентября, что свидетельствует о постепенном увеличении продолжительности теплого периода.

а)



б)

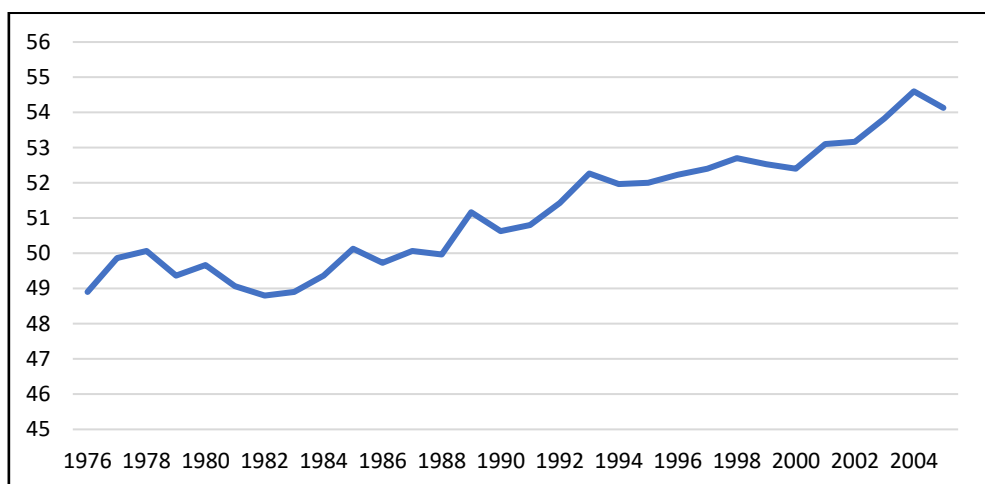
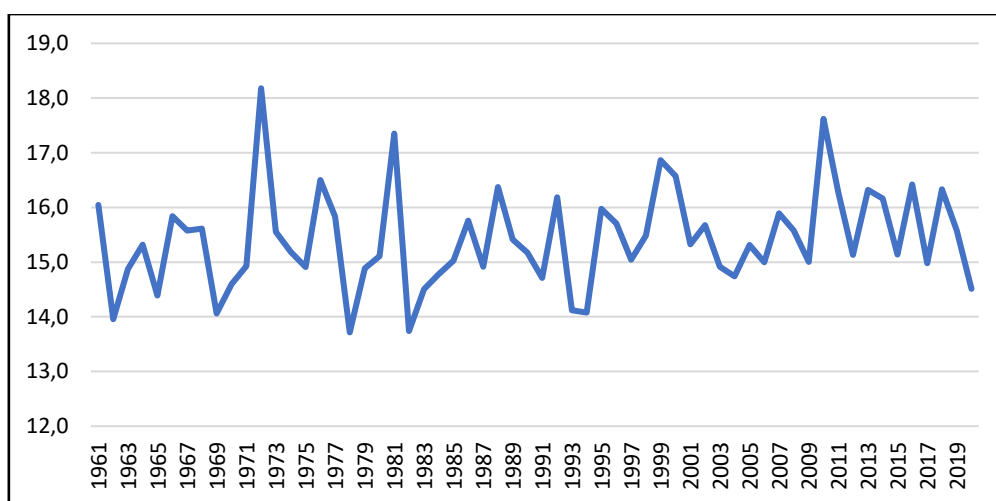


Рисунок 2.13 Границы окончания теплого климатического сезона в г. Переславль-Залесский за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Проведенный климатический анализ позволяет выделить два климатических изменения в температурном режиме региона. Во-первых, наблюдается формирование более раннего и устойчивого начала теплого сезона. Во-вторых, происходит смещение даты завершения теплого периода на более поздние сроки. Таким образом, выявленные климатические изменения свидетельствуют о формировании нового температурного режима, характеризующегося более продолжительным теплым периодом с четко определенными и предсказуемыми временными границами.

а)



б)

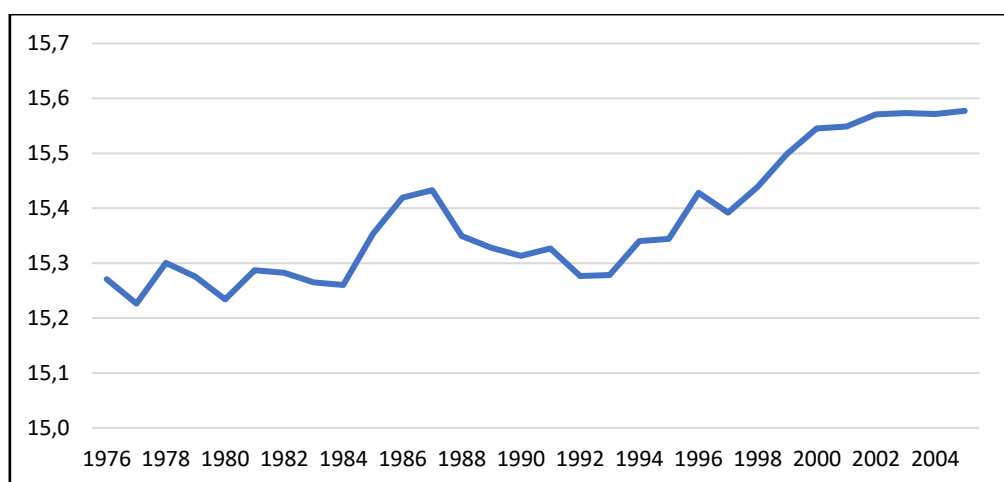


Рисунок 2.14 Средняя температура воздуха теплого климатического сезона в г. Переславль-Залесский а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Таблица 2.12 Статистические характеристики ряда

ряд	среднее	ско	дисперсия
1 период	15,27	0,98	0,97
2 период	15,56	0,82	0,67
весь ряд	15,41	0,91	0,83

Анализ данных, представленных на графике 2.14а, показывает существенную неоднородность температурных показателей в разные периоды. В первые два десятилетия (1960-1980-е годы) наблюдалась высокая степень колебаний температур: минимальные значения опускались ниже отметки 14,5 °С, а максимальные достигали более 16 °С. С конца 1980-х годов фиксируется устойчивая тенденция к повышению средних температур. В последние два десятилетия показатели стабильно удерживаются выше 15,5 °С. Эти изменения также подтверждаются данными из таблицы 2.12.

Количественный анализ демонстрирует во втором периоде средняя температура увеличилась на 0,29 °С по сравнению с первым периодом. Параллельно с повышением температуры наблюдается уменьшение показателей изменчивости: стандартное отклонение сократилось на 0,16, а дисперсия уменьшилась на 0,30.

2.7 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Нижний Новгород.

Были проведены аналогичные исследования за изменением дат начала и окончания теплого сезона в г. Нижний Новгород за период 1961 по 2020гг (таблица 2.13).

Таблица 2.13 Осредненные даты начала и окончания теплого сезона в г. Нижний Новгород за период с 1961г по 2020г

период (годы)	Дата начала	Дата конца	продолжительность
с 1961 по 1990гг	9 мая	18 сентября	132
с 1991 по 2020гг	6 мая	23 сентября	140

Анализ данных из таблицы 2.13 позволяет выявить разницу с предыдущим тридцатилетием наблюдается значительное смещение временных границ теплого сезона на более ранние сроки.

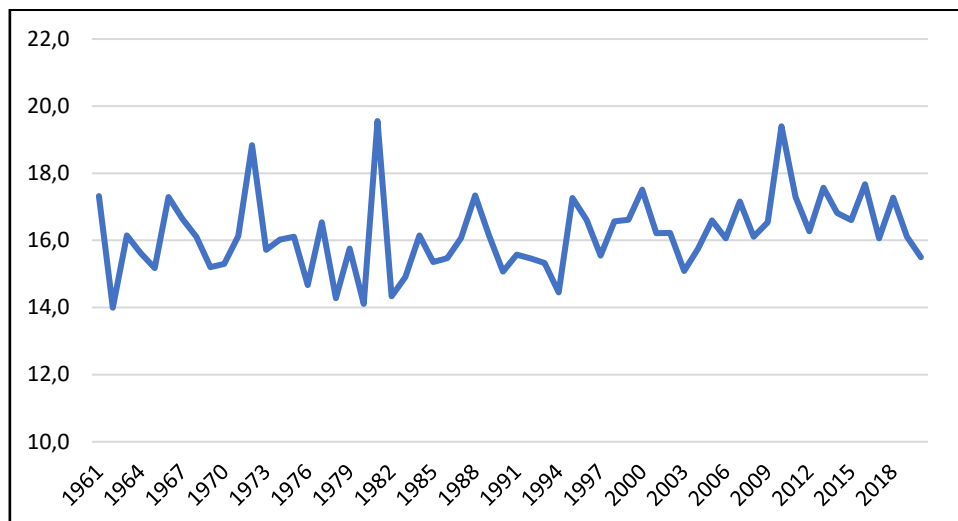
Начало теплого периода существенно сдвинулось: если в первом периоде оно приходилось на 9 мая, то во втором периоде произошло смещение на три дня раньше – на 6 мая [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 5 рисунок 5]. Аналогичные изменения коснулись и окончания теплого сезона. В период с 1961 по 1990 год завершающая дата приходилась на 18 сентября, тогда как в период с 1991 по 2020 год она сместилась на 23 сентября. Эти изменения временных границ привели к увеличению продолжительности теплого сезона на пять дней. совокупности формирует удлинение теплого сезона в календарном году.

Анализ временных границ окончания теплого сезона [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 6 рисунок 6] показывает существенную динамику в разные периоды наблюдений. В первой половине исследуемого периода даты завершения теплого сезона демонстрировали относительно стабильную картину, варьируясь преимущественно в диапазоне с 16 по 19 сентября. Отклонения от этих дат случались редко.

Во второй половине анализируемого периода отчетливо прослеживается устойчивая тенденция к более позднему завершению теплого сезона. Даты окончания после 20 сентября становятся типичным явлением, что свидетельствует о значительном смещении временных границ.

Особенно показательны отдельные годы, такие как 2016 и 2018, когда теплый сезон завершался значительно позже обычного – в период с 22 по 25 сентября. Это демонстрирует не только общую тенденцию к более позднему окончанию теплого периода, но и увеличение его продолжительности в календарном году.

а)



б)

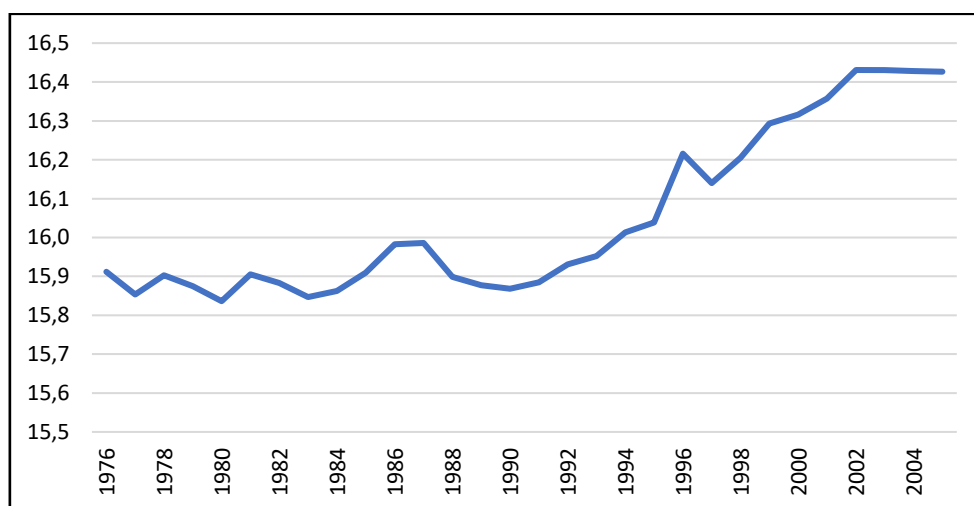


Рисунок 2.15 Средняя температура воздуха теплого климатического сезона в г. Нижний Новгород а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Таблица 2.14 Статистические характеристики ряда

Ряд	среднее	ско	дисперсия
1 период	15,91	1,27	1,60
2 период	16,44	0,97	0,93
весь ряд	16,18	1,15	1,32

Рисунок 2.15 демонстрирует динамику средних температур воздуха в теплый сезон по годам. В период с 1961 по 1990 гг. наблюдается значительная межгодовая вариабельность температур, варьирующихся от 14,8 до 16,7°C.

Начиная с 1990-х годов, отмечается устойчивая тенденция к повышению температурного фона: преобладающее число лет характеризуются значениями выше 16°C, что ранее было явлением редким. В таблице 2.14 можно наблюдать увеличение средней температуры теплого сезона на 0,53°C во втором 30-летнем периоде (с 15,91 до 16,44°C), что служит ключевым индикатором процесса климатического потепления в регионе. Заметно уменьшение стандартного отклонения с 1,27 до 0,97 и дисперсии с 1,60 до 0,93. Амплитуда колебаний средних температурных значений от года к году стала меньше.

2.8 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Можайск.

Были проведены аналогичные исследования за изменением дат начала и окончания теплого сезона в г. Можайск за период 1961 по 2020гг (таблица 2.15).

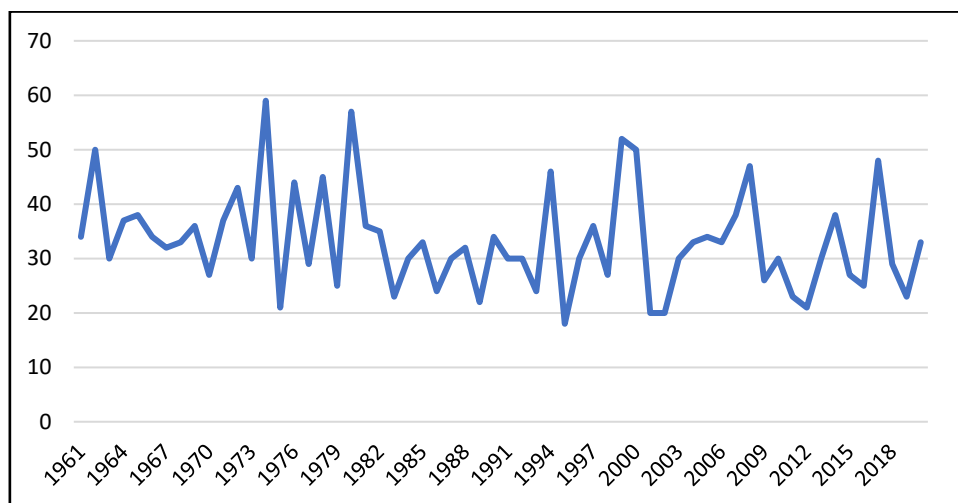
Таблица 2.15 Осредненные даты начала и окончания теплого сезона в г. Можайск за период с 1961г по 2020г

период (годы)	Дата начала	Дата конца	продолжительность
с 1961 по 1990гг	5 мая	19 сентября	137
с 1991 по 2020гг	2 мая	26 сентября	147

По сравнению с предыдущим тридцатилетием (1961-1990 гг.), в период с 1991 по 2020 год зафиксировано существенное смещение начала теплого сезона. Наблюдается четко выраженная тенденция к более раннему наступлению теплого периода: начало сезона сдвинулось на три календарных дня в сторону более ранних дат. Анализ климатических данных показывает существенные изменения в характеристиках теплого периода. Во втором тридцатилетии (1991-2020 гг.) зафиксировано значительное смещение даты окончания теплого сезона: завершение произошло на 7 дней позже по сравнению с первым периодом (1961-1990 гг.). Суммарная

продолжительность тёплого периода увеличилась с 137 до 147 дней, то есть на 10 дней.

а)



б)

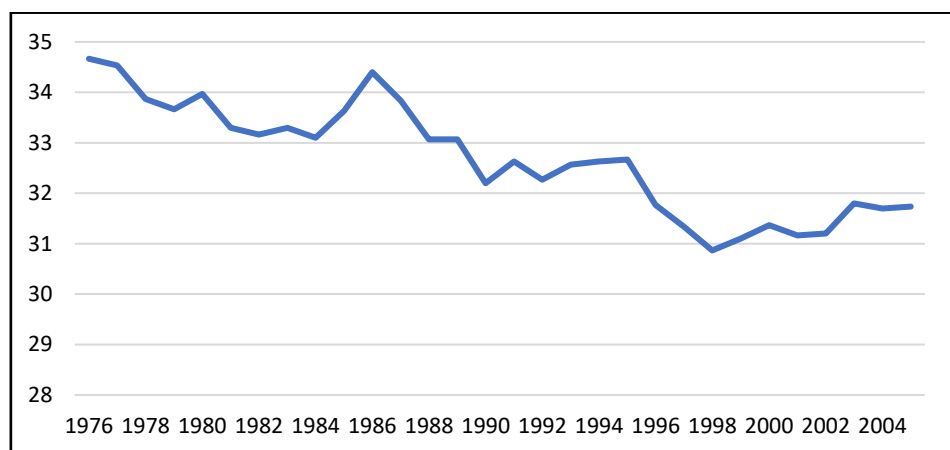


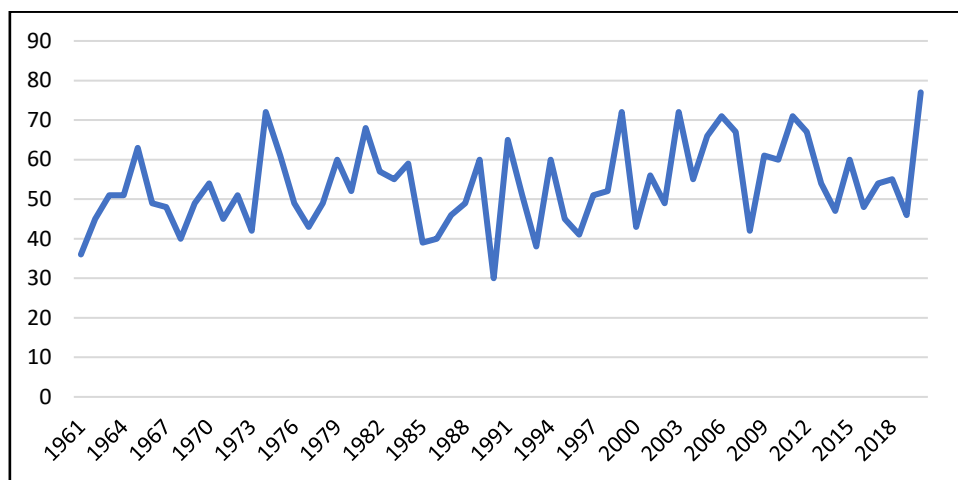
Рисунок 2.16 Границы начала теплого климатического сезона в г. Можайск за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

График 2.16а демонстрирует значительную межгодовую вариабельность даты наступления теплого периода. За весь анализируемый период наблюдений данная дата варьировалась от конца апреля до середины мая, охватывая диапазон более чем двух недель. Наиболее ранние сроки наступления теплого сезона наблюдались в ряде лет после 1990-х годов, в то время как в 1960–1980-х годах преобладали более поздние сроки (обычно с 5

по 10 мая). Несмотря на отсутствие явного регулярного цикла, можно выделить периоды с преимущественно ранними или поздними датами начала теплого сезона.

Анализ графика 2.16б свидетельствует о тенденции к более раннему наступлению теплого сезона. В 1970–1990-х годах средняя дата начала сезона приходилась на 5–6 мая, в то время как в последние десятилетия она сместилась на 2–3 мая, а в отдельных случаях – даже до конца апреля.

а)



б)

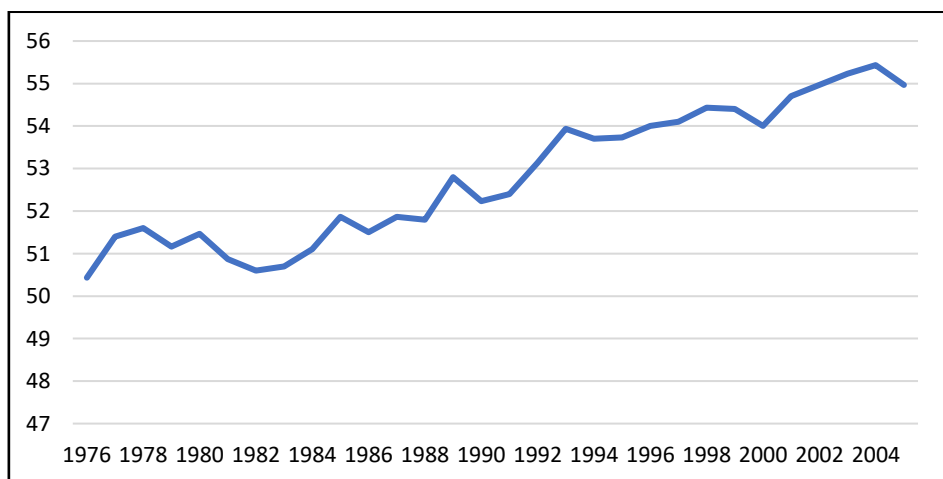


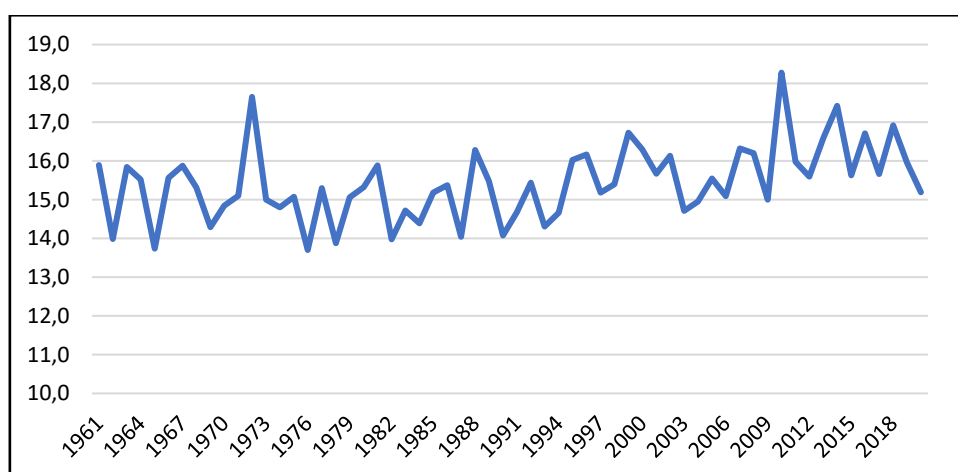
Рисунок 2.17 Границы окончания теплого климатического сезона в г. Можайск за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Рисунок 2.17а демонстрирует, что даты завершения теплого сезона варьировались от начала до конца сентября в течение различных лет, с разницей до трёх недель. В период с 1960 по 1980 годы окончание теплого сезона преимущественно приходилось на 15-20 сентября. В последние десятилетия наблюдается тенденция к более поздним окончаниям сезона – до 25-30 сентября.

На рисунке 2.17б отчетливо видна тенденция к увеличению сроков завершения теплого периода. Если в период с 1980х по 1990е годы средняя дата окончания сезона приходилась на 19 сентября, то в 2000е годы – на 26 сентября, что свидетельствует о смещении на 7 календарных дней.

График 2.18а свидетельствует о существенной межгодовой вариабельности средней температуры воздуха в теплый период года. Значения колеблются в диапазоне от приблизительно 14,2 °С до 16,8 °С, демонстрируя отчетливо выраженные "теплые" и "прохладные" сезоны. Следует отметить, что в период с 1960-х по 1980-е годы преобладали сезоны с средней температурой ниже 15,5 °С. Начиная с конца 1990-х годов, а особенно после 2000-х, на графике наблюдается появление резко теплых лет, таких как 1999, 2002, 2010 и 2016 годы.

а)



б)

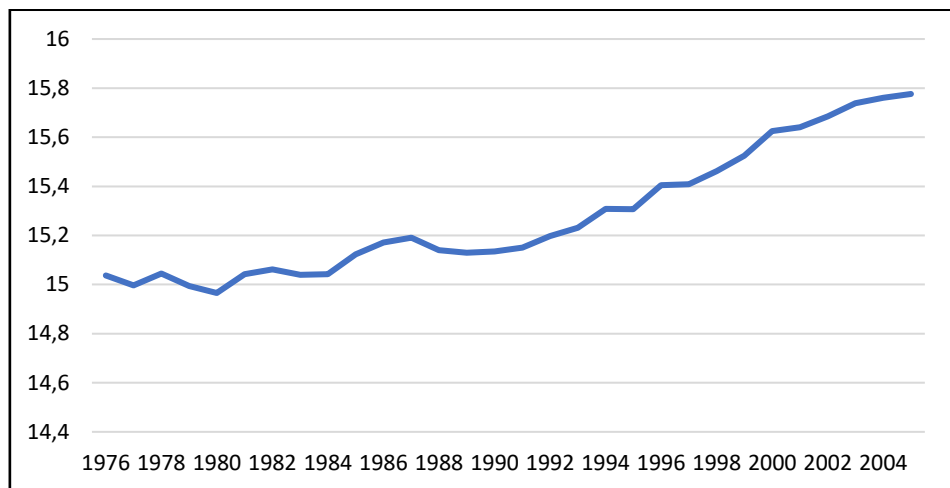


Рисунок 2.18 Средняя температура воздуха теплого климатического сезона в г. Можайск а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Таблица 2.16 Статистические характеристики ряда

ряд	среднее	ско	дисперсия
1 период	15,04	0,88	0,77
2 период	15,81	0,88	0,77
весь ряд	15,43	0,96	0,91

Рисунок 2.18б четко иллюстрирует устойчивый рост средней температуры теплого сезона с начала 1980-х до конца 2000-х годов. В период 1970–1990е гг. средняя температура составляла приблизительно 15,0–15,2 °С. В 2000е она превысила 15,8 °С.

Данные, представленные в Таблице 2.16, подтверждают, что в период 1961–1990 гг. средняя температура составила 15,04 °С. В период 1991–2020 гг. она увеличилась до 15,81 °С. Несмотря на отмеченную нестабильность, статистические параметры, приведенные в Таблице 2.16, указывают на сохранение внутренней структуры температурного ряда (СКО 0,88 °С в обоих периодах, дисперсия сохраняет стабильность 0,77).

2.9 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Москва.

Были проведены аналогичные исследования за изменением дат начала и окончания теплого сезона в г. Москва за период 1961 по 2020гг (таблица 2.17)

Таблица 2.17. Осредненные даты начала и окончания теплого сезона в г. Москва за период с 1961г по 2020г

период (годы)	Дата начала	Дата конца	продолжительность
с 1961 по 1990гг	3 мая	22 сентября	142
с 1991 по 2020гг	28 апреля	27 сентября	152

По данным таблицы, во втором климатическом периоде (1991–2020 гг.) теплый сезон стал начинаться в среднем на 5 дней раньше, чем в период с 1961 по 1990 годы. Если в первом периоде температура, превышающая +10 °С, фиксировалась 3 мая, то во втором - уже 28 апреля. Завершение теплого сезона также сдвинулось: с 22 на 27 сентября, то есть на 5 дней позже. Наиболее важным выводом из таблицы является увеличение продолжительности теплого сезона в Москве на 10 дней, с 142 до 152 дней. Это удлинение связано как с ранним приходом тепла, так и с затягиванием осеннего похолодания.

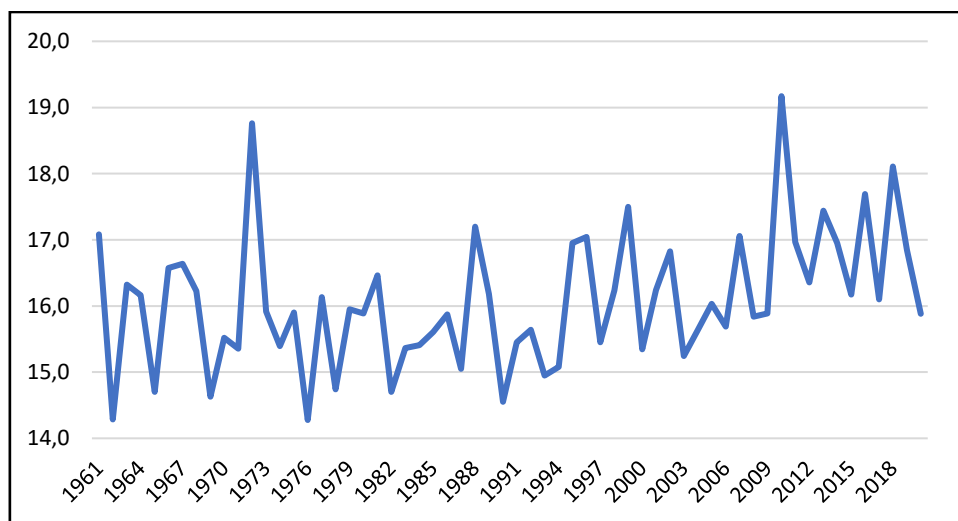
В результате анализ получены графики, где можно наблюдать, что с 1961 по 2020 год значения температуры колебались в пределах второй декады апреля и начала мая, что соответствует естественным изменениям весенних погодных условий [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 7 рисунок 7]. В особенно холодные годы, такие как 1965, 1984 и 1997, переход к стабильному теплу задерживался до начала мая, тогда как в более теплые годы, например, 1990, 2007 и 2020, этот переход происходил уже в середине или начале апреля. Скользящее 30-летнее осреднение демонстрирует устойчивую нисходящую тенденцию, начиная с 1980-х годов. Средняя дата начала теплого сезона, которая в 1960-1980-е годы приходилась на 3-5 мая, постепенно сместилась к концу апреля в последующие десятилетия. Наиболее заметное ускорение начала теплого сезона произошло между 1991 и 2020 годами, где средняя дата составила 28

апреля, тогда как в первом периоде она была 3 мая. Таким образом, климатические границы весеннего потепления сместились на 5 дней раньше.

На рисунке [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 8 рисунок 8], можно наблюдать, что колебания происходят в интервале с 15 сентября по начало октября. В 1960–1980-х годах завершение сезона чаще всего совпадало с 20-ми числами сентября. Начиная с 1990-х, всё чаще наблюдаются более поздние даты — ближе к концу месяца. График скользящего среднего показывает устойчивую тенденцию к более позднему окончанию теплого сезона. В период с 1961 по 1990 годы усредненная дата завершения приходилась на 21–22 сентября, в то время как в период с 1991 по 2020 годы — на 26–27 сентября.

На рисунке 2.19 видно, что средняя температура в тёплый период стабильно растёт, особенно с 1990-х годов. В 1960–1980-х годах температуры обычно колебались между 15,5 и 16,0 °С, тогда как с начала XXI века все чаще фиксируются сезоны с температурами, превышающими 16,5 °С, а в отдельных годах — и более 17 °С.

а)



б)

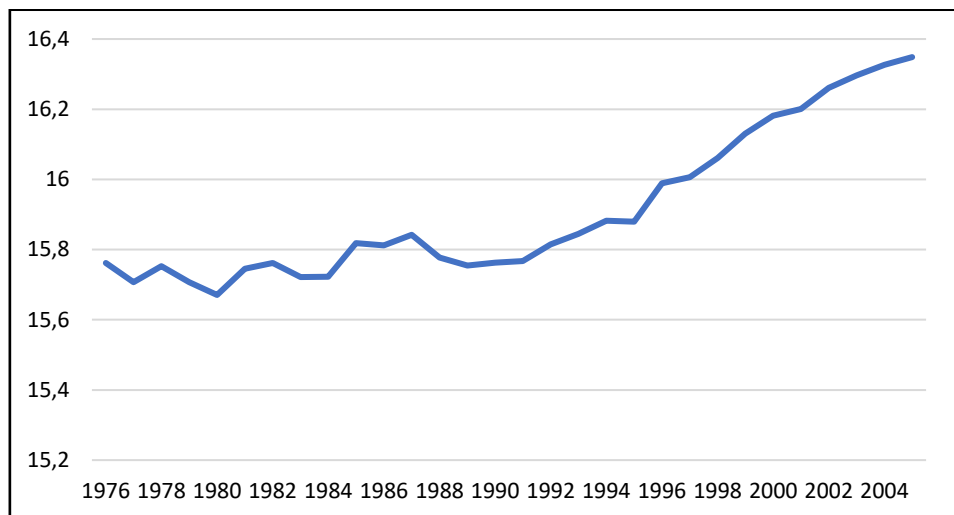


Рисунок 2.19 Средняя температура воздуха теплого климатического сезона в г. Москва. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Таблица 2.18. Статистические характеристики ряда.

ряд	среднее	ско	дисперсия
1 период	15,9	0,212558	0,045181101
2 период	16,4	0,976299	0,953159797
весь ряд	15,92577	0,226246	0,051187175

В таблице 2.18 приведены значения среднего, стандартного отклонения (СКО) и дисперсии средних температур тёплого сезона для двух климатических периодов, а также для всего исследуемого ряда. Во втором климатическом периоде (1991–2020 гг.) наблюдается увеличение средней температуры тёплого сезона на $0,63^{\circ}\text{C}$ по сравнению с первым периодом. Значения стандартного отклонения (СКО) и дисперсии в обоих периодах находятся на сопоставимом уровне: СКО: около $0,97^{\circ}\text{C}$ в обоих периодах, немного ниже по всему ряду ($0,95^{\circ}\text{C}$), Дисперсия: около $0,95$ во всех случаях, но по всему ряду она немного выше — $1,03$. Это говорит о том, что степень межгодовой изменчивости температур осталась стабильной, несмотря на рост средних значений.

2.10 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в поселке Елатьма.

Были проведены аналогичные исследования за изменением дат начала и окончания теплого сезона в п. Елатьма за период 1961 по 2020гг (таблица 2.19).

Таблица 2.19 Осредненные даты начала и окончания теплого сезона в п. Елатьма за период с 1961г по 2020г

период (годы)	Дата начала	Дата конца	продолжительность
с 1961 по 1990гг	29 апреля	21 сентября	145
с 1991 по 2020гг	30 апреля	26 сентября	150

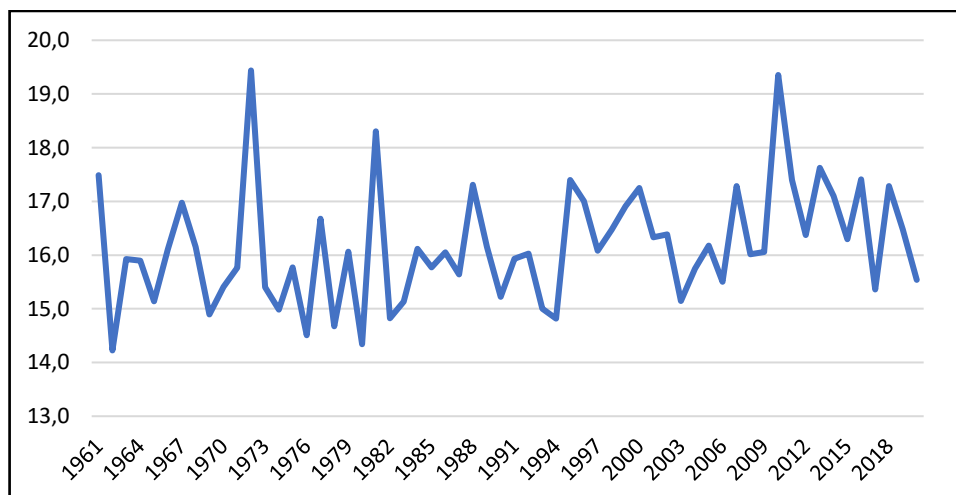
В результате анализа в первом периоде (1961–1990 гг.) тёплый сезон в Елатьме обычно начинался 29 апреля и завершался 21 сентября. Во втором периоде (1991–2020 гг.) начало сезона почти не изменилось (30 апреля), но его окончание произошло позже 26 сентября. Таким образом, продолжительность сезона увеличилась с 145 до 150 дней, что является увеличением на 5 дней.

Рисунок [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 9 рисунок 9] иллюстрирует изменения границ начала тёплого климатического сезона в п. Елатьма за период с 1961 по 2020 год. На графике представлены как неосреднённые данные по каждому году, так и сглаженный ряд, полученный методом скользящего осреднения с окном в 30 лет. Анализ неосреднённых данных (рисунок 1, а) показывает значительную межгодовую вариабельность дат начала тёплого сезона, что, вероятно, связано с погодными аномалиями отдельных лет. Даты начала сезона колебались в интервале от конца апреля до начала мая. При этом результаты скользящего осреднения (рисунок 1, б) свидетельствуют об отсутствии выраженного тренда к более раннему началу сезона в рассматриваемый период. Это подтверждается и осреднёнными значениями, приведёнными в таблице 1: в период 1961–1990 гг. средняя дата начала тёплого сезона составляла 29 апреля, а в 1991–2020 гг. — 30 апреля. Таким

образом, начало тёплого сезона оставалось относительно стабильным, без существенного смещения во времени.

Рисунок [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 9 рисунок 9] отражает изменения дат окончания тёплого сезона в п. Елатьма в аналогичный период. Анализ неосреднённых данных (рисунок 9а) демонстрирует значительные колебания даты завершения тёплого сезона от года к году, что обусловлено изменчивостью климатических условий в осенний период. Вместе с тем результаты скользящего осреднения (рисунок 9б) позволяют выделить устойчивую тенденцию к более позднему окончанию тёплого сезона в последние десятилетия. Согласно данным таблицы 1, средняя дата окончания тёплого сезона в 1961–1990 гг. приходилась на 21 сентября, тогда как в 1991–2020 гг. она сместилась на 26 сентября. Таким образом, наблюдается сдвиг границы завершения тёплого сезона в среднем на 5 дней в более поздние сроки. Указанные изменения в датах начала и окончания тёплого сезона обусловили увеличение его продолжительности. Если в 1961–1990 гг. она составляла в среднем 145 дней, то в 1991–2020 гг. увеличилась до 150 дней. Данный результат согласуется с общими тенденциями потепления климата и удлинения тёплого сезона за счёт его смещения в осенний период. Следует подчеркнуть, что смещение окончания сезона имеет большее значение в формировании этой тенденции, тогда как даты начала сезона сохраняли стабильность.

а)



б)

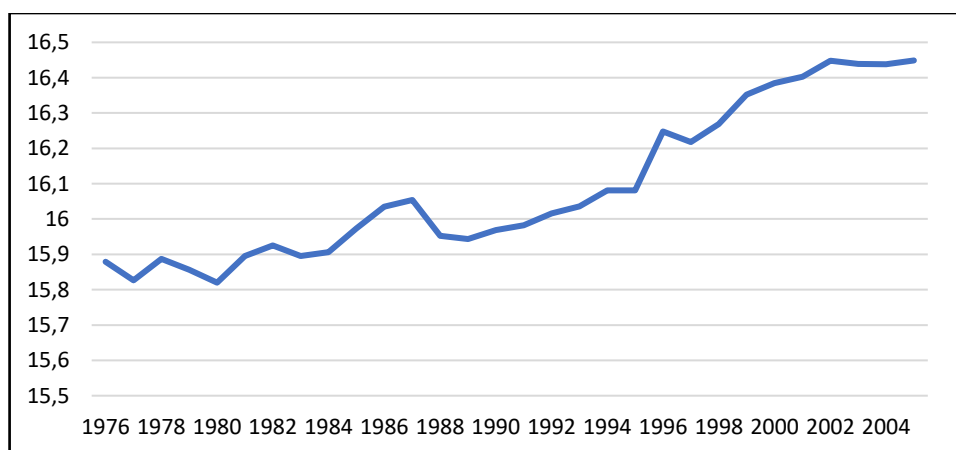


Рисунок 2.20 Средняя температура воздуха теплого климатического сезона в п. Елатма а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

Рисунок 2.20 иллюстрирует изменения средней температуры за период ТКС. График 2.20а показывает высокую межгодовую изменчивость, особенно после 1990-х годов, с тенденцией к повышению. Значения колебались от 14,5 до 17 °С. На рисунке 2.20б прослеживается устойчивый рост средней температуры, начиная с конца 1990-х годов. В период 19780х–2000х гг. среднее значение составляло 15,9 °С, а в 2000е гг. — 16,5 °С. Результаты подтверждаются статистическими характеристиками, приведёнными в Таблице 2.20.

Таблица 2.20 Статистические характеристики ряда

ряд	среднее	ско	дисперсия
1 период	15,9	1,16	1,34
2 период	16,5	0,96	0,91
весь ряд	16,2	1,09	1,19

Повышение средней температуры на 0,6 °С является климатически значимым. Примечательно, что в отличие от мегаполисов (например, Москвы), где потепление сопровождается ростом температурной нестабильности, в Елатье наблюдается снижение дисперсии и стандартного отклонения, что указывает на более устойчивый и сбалансированный термический режим.

2.11 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Лукоянов.

Были проведены аналогичные исследования за изменением дат начала и окончания теплого сезона в г. Лукоянов за период 1961 по 2020гг (таблица 2.21).

Согласно данным таблицы 2.21, в течение 1961–1990 гг. тёплый сезон в среднем начинался 2 мая и завершался 22 сентября, продолжаясь 143 дня. В последующем тридцатилетии (1991–2020 гг.) наблюдается сдвиг начала сезона на 1 день раньше (1 мая), а его окончания — на 3 дня позже (25 сентября). Общая продолжительность увеличилась на 4 календарных дня и составила 147 дней. Такой сдвиг указывает на умеренное, но устойчивое удлинение тёплого периода

Таблица 2.21 Осредненные даты начала и окончания теплого сезона в

период (годы)	Дата начала	Дата конца	продолжительность
с 1961 по 1990гг	2 мая	22 сентября	143
с 1991 по 2020гг	1 мая	25 сентября	147

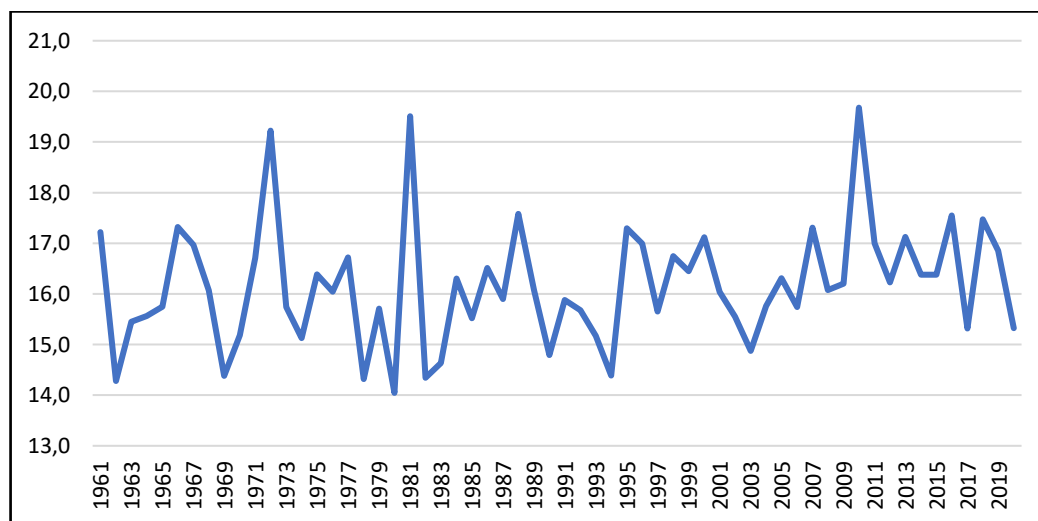
г. Лукоянов за период с 1961г по 2020г

На рисунке [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 11 рисунок 11] представлена межгодовая изменчивость даты начала теплого сезона. Значения варьируются от конца апреля до начала мая, при этом после 1980-х годов наблюдается увеличение частоты более раннего наступления сезона.

Осреднённая кривая на рисунке 11б подтверждает наличие незначительной, но устойчивой тенденции к более раннему началу тёплого периода, начиная с конца XX века. Данное изменение может быть связано с более ранним сходом снежного покрова, повышением температуры в апреле и увеличением солнечной радиации.

На рисунке [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 12 рисунок 12] зафиксированы колебания дат окончания теплого сезона от 20 до 30 сентября. График осреднения (рисунок 12б) демонстрирует более выраженную тенденцию к смещению даты окончания сезона на более поздние сроки, особенно в 1990–2010-х годах. Таким образом, осенний сдвиг климатических границ в п. Лукоянов прослеживается чётче, чем весенний, и именно он определяет увеличение продолжительности теплого сезона

а)



б)

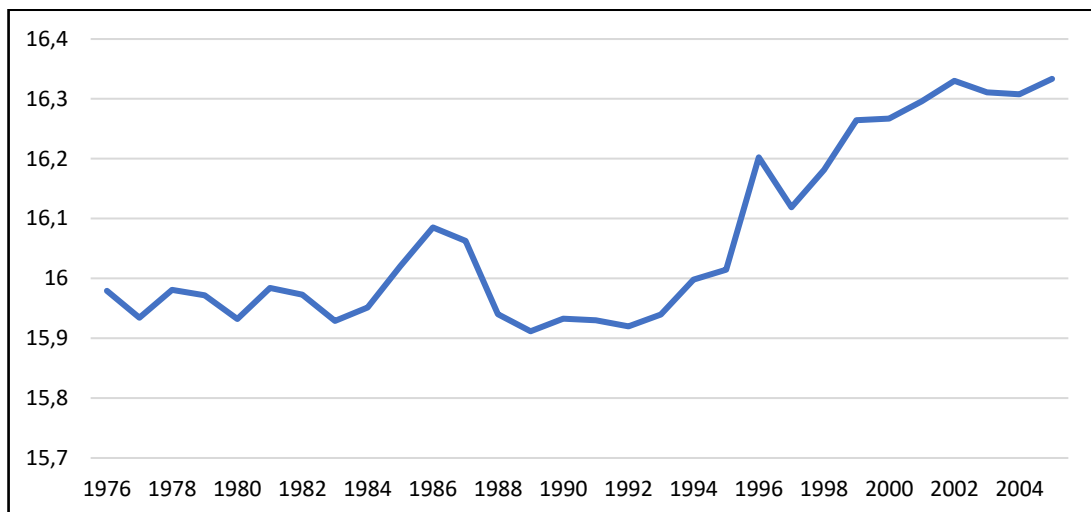


Рисунок 2.21 Средняя температура воздуха теплого климатического сезона в г. Лукоянов. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

На рисунке 2.21 представлена многолетняя динамика средней температуры воздуха за сезон. Межгодовые значения (рисунок 3а) колеблются в интервале от 15 до 17,5 °С, при этом после 1990-х годов чаще наблюдаются сезоны с температурой свыше 16,5 °С. Рисунок 3б (скользящее осреднение) демонстрирует устойчивый рост средней температуры ТКС, особенно с конца 1990-х годов. Согласно таблице 2.22, средняя температура за сезон возросла с 16,0 °С в 1961–1990 гг. до 16,4 °С в 1991–2020 гг., то есть на 0,4 °С. Снижение стандартного отклонения на 0,31 и дисперсии на 0,73 во втором периоде, что говорит о повышении температурной стабильности в пределах тёплого сезона.

Таблица 2.22 Статистические характеристики ряда.

ряд	среднее	ско	дисперсия
1 период	16,0	1,3332	1,777527821
2 период	16,4	1,022	1,0445811
весь ряд	16,2	1,1926	1,422350793

2.12 Анализ границ продолжительности температуры теплого полугодия в городе Рязань.

Были проведены аналогичные исследования за изменением дат начала и окончания теплого сезона в г. Рязань за период 1961 по 2020гг (таблица 2.23).

период (годы)	Дата начала	Дата конца	продолжительность
с 1961 по 1990гг	30 апреля	23 сентября	147
с 1991 по 2020гг	27 апреля	27 сентября	153

Таблица 2.23 Осредненные даты начала и окончания теплого сезона в г.Рязань за период с 1961г по 2020г (скользящее осреднение 30 лет)

В таблице представлены осредненные даты начала и окончания теплого сезона в г.Рязань, а также продолжительность сезона за период с 1961 по 2020гг. Дата начала теплого сезона сдвинулась на 3 дня на более ранний срок (с 30 апреля первого периода на 27 апреля второго периода), что соответствует общей тенденции к более раннему наступлению даты устойчивого перехода начальной границы теплого сезона.

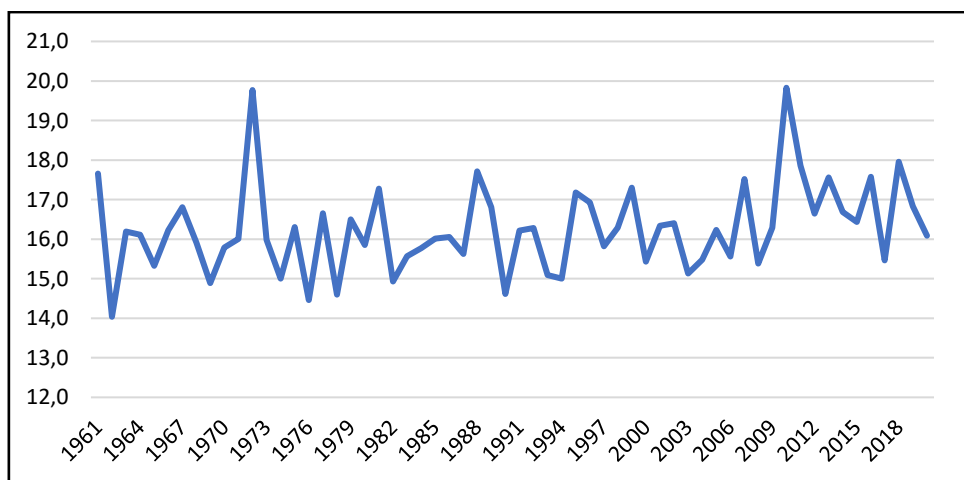
Так же можно отметить, что окончание теплого сезона сдвинулось на 4 дня в сторону более позднего окончания периода (с 23 сентября периода с 1961 по 1990гг по 27 сентября периода с 1991 по 2020гг). За исследуемый период продолжительность теплого сезона увеличилась на 6 дней (с 147 дней до 153).

На рисунке [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 13 рисунок 13] можно наблюдать изменение границ начала теплого климатического сезона в г. Рязань за период с 1961 по 2020гг. На рисунке 13а график отражает неосредненные данные дат начала теплого сезона. Диапазон колебаний составляет около 28 дней (примерно от 12 апреля до 10 мая), наблюдаются отдельные ранние сезоны, например, в начале 2000-х годов, когда устойчивое потепление наступало уже в первой половине апреля. Также фиксируются поздние начала сезона — например, в 1980-х годах, когда тёплый период начинался только в мае. Однако, несмотря на колебания, видна тенденция к более раннему началу сезона в последние десятилетия.

На рисунке 13Б видно, что течение первых двух десятилетий средняя дата начала сезона оставалась примерно одинаковой (около 30 апреля). Также видно, что с середины 1980-х годов наблюдается сдвиг даты начала сезона на более ранние сроки. К началу 2000-х годов средняя дата сместилась примерно на 27–28 апреля. В последние два десятилетия график выравнивается, и видно, что потепление наступает на 3–5 дней раньше, чем в середине прошлого века.

На Рисунке 14 [см. ПРИЛОЖЕНИЕ 14 рисунок 14] изменения даты окончания тёплого сезона в г. Рязань за период 1961–2020 гг. График 14б показывает, что в разные годы завершение периода с устойчивыми температурами выше $+10^{\circ}\text{C}$ фиксировалось от начала до конца сентября, а в отдельные тёплые сезоны — заканчивалось даже в начале октября. Особенно выражены отклонения в 1970-х и 1980-х годах, когда окончание сезона иногда происходило довольно рано — в первой половине сентября. Напротив, с конца 1990-х годов всё чаще наблюдаются сезоны с поздним завершением — ближе к концу сентября и даже в октябре. С середины 1980-х наблюдается постепенное смещение окончания сезона на более поздние сроки. К 2020 году эта дата достигла приблизительно 27 сентября. Величина сдвига составляет около 4 дней, что подтверждает тенденцию к удлинению периода тёплой погоды в осенние месяцы.

А)



Б)

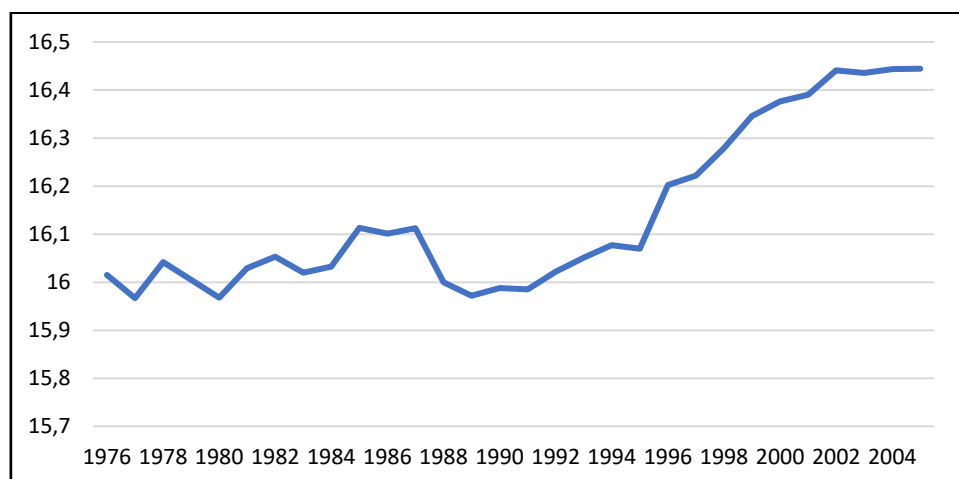


Рисунок 2.21 Средняя температура воздуха теплого климатического сезона в г.Рязань. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет

Рисунок 2.21 иллюстрирует изменения средней температуры воздуха тёплого климатического сезона за период 1961–2020 гг. График 2.21а показывает колебания средней температуры тёплого сезона в диапазоне от 15,0 °С до 18,5 °С. Явно выделяются: аномально тёплые сезоны (например, 2010 г., 2007 г.); более прохладные сезоны, преимущественно в 1960–1980-х гг. На рисунке 2.21Б видно, что в 1970–1980-х годах температура стабильно составляла 15,5–15,8 °С. С 1990-х начинается постепенный рост температуры — особенно выраженный с 2000х годов. К 2020 году средняя температура достигает порядка 17,2–17,5 °С, что на 1,5 °С выше, чем 60 лет назад.

Таблица 2.24 Статистические характеристики ряда

ряд	среднее	ско	дисперсия
1 период	16,0	1,15	1,31
2 период	16,5	1,05	1,11
весь ряд	16,3	1,12	1,25

2.13. Сравнительный анализ изменений границ и продолжительности и теплого полугодия на всей территории исследования.

Выше были представлены изменения для каждой метеостанции на территории исследования. В данном пункте мы попробуем провести сравнительную характеристику и выявить районы, где больше всего происходит изменений. Обобщенная информация про все города представлена в таблице 2.24. Во всех исследуемых населённых пунктах зафиксировано увеличение продолжительности теплого сезона. Разница между периодами составила 4-10 дней, что свидетельствует о наличии устойчивой тенденции к удлинению тёплого времени года. Наибольшая продолжительность наблюдается в Переславль-Залесский, Можайск, Москва (10 дней). Минимальные значения наблюдаются в Елатье (5 дней) и Лукоянове (4 дня), что может быть обусловлено региональными климатическими особенностями и меньшей подверженностью этим территориям влиянию урбанизированных факторов. Удлинение ТКС является устойчивым и практически повсеместным процессом, более выраженным в центральных и южных участках исследуемой территории.

Таблица 2.24. Общая характеристика дат начала, дата окончания и продолжительность теплого сезона для всех пунктов.

город	дата начала		дата конца		продолжительность	
	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020
Максатиха	11 мая	8 мая	16 сентября	20 сентября	128	135
Рыбинск	12 мая	9 мая	20 сентября	25 сентября	131	139
Ветлуга	14 мая	9 мая	15 сентября	18 сентября	124	132
Кострома	9 мая	6 мая	18 сентября	23 сентября	132	140
Переславль-Залесский	7 мая	4 мая	18 сентября	25 сентября	134	144
Нижний Новгород	3 мая	1 мая	21 сентября	26 сентября	132	140
Можайск	5 мая	2 мая	19 сентября	26 сентября	137	147
Москва	3 мая	28 апреля	22 сентября	27 сентября	142	152
Елатья	29 апреля	30 апреля	21 сентября	26 сентября	145	150
Лукоянов	2 мая	1 мая	22 сентября	25 сентября	143	147
Рязань	30 апреля	27 апреля	23 сентября	27 сентября	147	153

Анализ показывает, что: начало тёплого сезона в большинстве случаев сдвинулось на 2–5 дней раньше, а окончание сезона произошло на 3–7 дней

позже, что оказало ключевое влияние на общее увеличение продолжительности теплого сезона. Наиболее раннее начало сезона во втором периоде (1991–2020 гг.) зафиксировано в Москве и Рязани — 28 и 27 апреля соответственно, что может быть связано с интенсивным весенним прогревом и городским тепловым эффектом. Наиболее позднее окончание отмечено в Москве (27 сентября), Можайске (26 сентября) и Переславле-Залесском (25 сентября).

Таблица 2.25. Общая характеристика средней температуры теплого полугодия для всех пунктов.

город	температура	
	1961-1990	1991-2020
Максатиха	14,6	15,3
Рыбинск	15,5	15,8
Ветлуга	15,5	15,9
Кострома	15,4	15,7
Переславль-Залесский	15,3	15,6
Нижний Новгород	15,9	16,4
Можайск	15,1	15,8
Москва	15,9	16,4
Елатьма	15,9	16,5
Лукоянов	16,0	16,4
Рязань	16,0	16,5

Во всех пунктах наблюдается рост средней температуры воздуха в тёплый сезон (таблица 2.25). По сравнению с 1961–1990 гг., повышение составило от +0,3 до +0,7 °С. Наибольшие изменения зафиксированы в Можайске, Елатьме, Максатихе. Минимальные значения прироста температуры зафиксированы в Костроме, Рыбинске и Переславле-Залесском (+0,3 °С). Таким образом, наиболее выраженное потепление наблюдается в центральной и юго-западной части исследуемой территории, что подтверждает неоднородность температурных изменений даже в пределах одного макрорегиона.

По результатам сравнительного анализа можно сказать, что Москва, Можайск и Рязань демонстрируют наиболее интенсивные сдвиги — как по

длительности, так и по температуре. Это может быть связано с урбанизацией, плотной застройкой и изменением теплофизических свойств подстилающей поверхности. В Костроме, Ветлуге, Рыбинске темпы потепления выражены слабее. Эти территории характеризуются более стабильным агроклиматическим режимом и менее выраженным влиянием антропогенных факторов. Северные и восточные пункты (Лукоянов, Елаьма) демонстрируют устойчивое потепление, но с меньшим приростом длительности сезона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате реализации бакалаврского проекта, все поставленные цели и задачи были выполнены.

Во всех обследованных регионах наблюдается увеличение продолжительности тёплого сезона, которое варьируется от 4 до 10 дней, более всего заметное в крупных и урбанистических центрах, таких как Москва, Можайск и Переславль-Залесский. Основным фактором, способствующим этому удлинению, является осенний сдвиг границ сезона. В большинстве районов дата начала тёплого климатического сезона переместилась на 2–5 дней раньше. Однако весенний сдвиг менее заметен по сравнению с осенним.

Средняя температура тёплого сезона возросла на 0,3–0,7 °С в зависимости от географического положения и климатических условий региона, причем наибольшее потепление наблюдается на юго-западе, где климат становится гораздо более подходящим для сельского хозяйства и туристической деятельности. Некоторые места, такие как Елатьма, Максатиха и Лукоянов, показывают не только повышение температуры, но и уменьшение её изменчивости, что указывает на стабилизацию температуры в тёплые месяцы. В то же время, в более урбанизированных территориях наблюдается высокая изменчивость температур между годами.

В целом, полученные данные подтверждают наличие устойчивых региональных проявлений глобального потепления, что необходимо учитывать при: экологическом и агроклиматическом районировании, планировании сезонных работ в сельском хозяйстве, проектировании туристической и рекреационной инфраструктуры, а также разработке мер адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

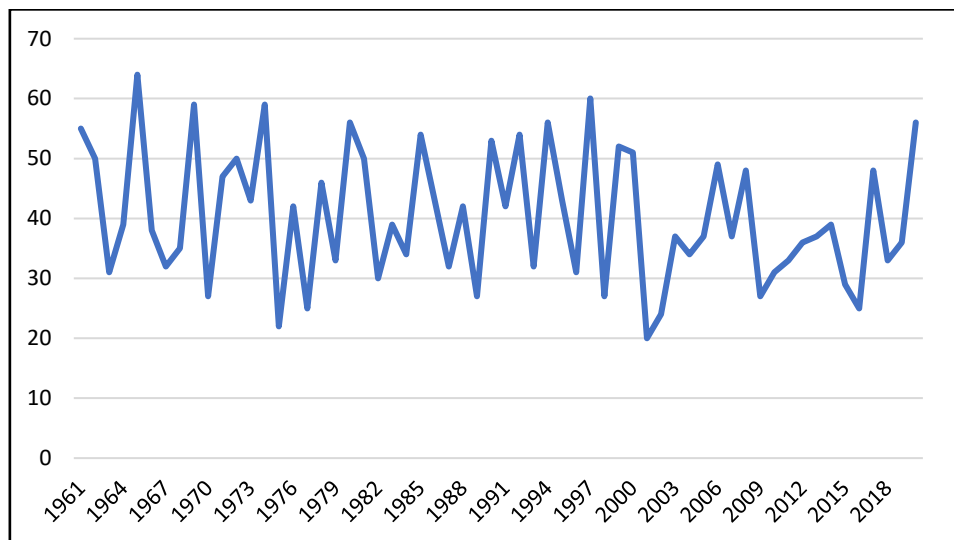
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Атлас климатических изменений и их последствий на территории Российской Федерации. – М.: Росгидромет, 2017. – 248 с.
2. Климатический атлас Российской Федерации / Под ред. В.М. Фролова. – СПб.: Гидрометеиздат, 2009. – 212 с.
3. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации. – М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2023. – 420 с.
4. Киселёв С.М. Климатология: учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2021. – 304 с.
5. Ляпченко А.П., Иванов И.А. Основы метеорологии и климатологии. – М.: Юрайт, 2022. – 378 с.
6. Географический энциклопедический словарь / гл. ред. А.Ф. Трёшников. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – 432 с.
7. Гвоздецкий Н.А., Макунина И.М. Природа Европейской части СССР. – М.: Просвещение, 1987. – 207 с.
8. Росгидромет. Временные ряды метеорологических наблюдений по метеостанциям России \[Электронный ресурс]. – URL: [\[https://aisori.meteo.ru\]](https://aisori.meteo.ru)(<https://aisori.meteo.ru>) (дата обращения: 05.06.2025).

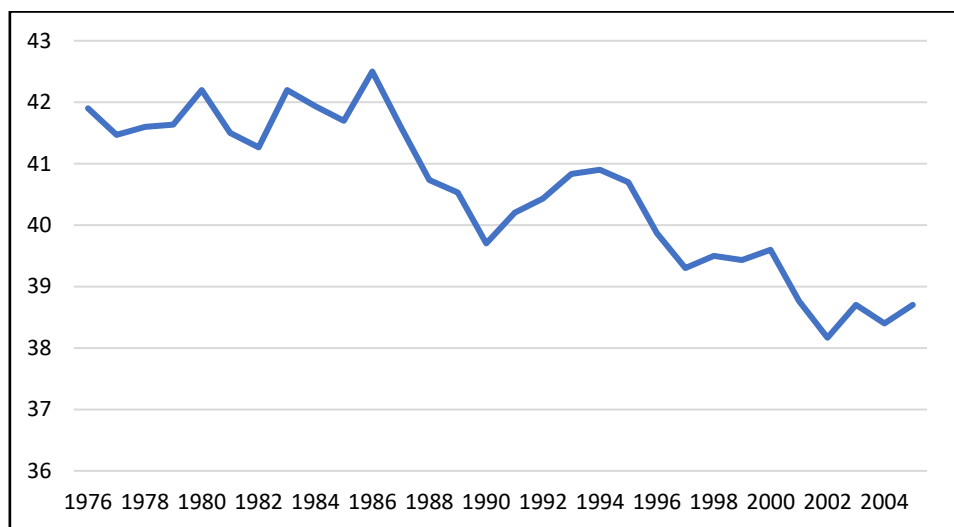
ПРИЛОЖЕНИЕ

Рисунок 2. Границы начала теплого климатического сезона в г. Рыбинск за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



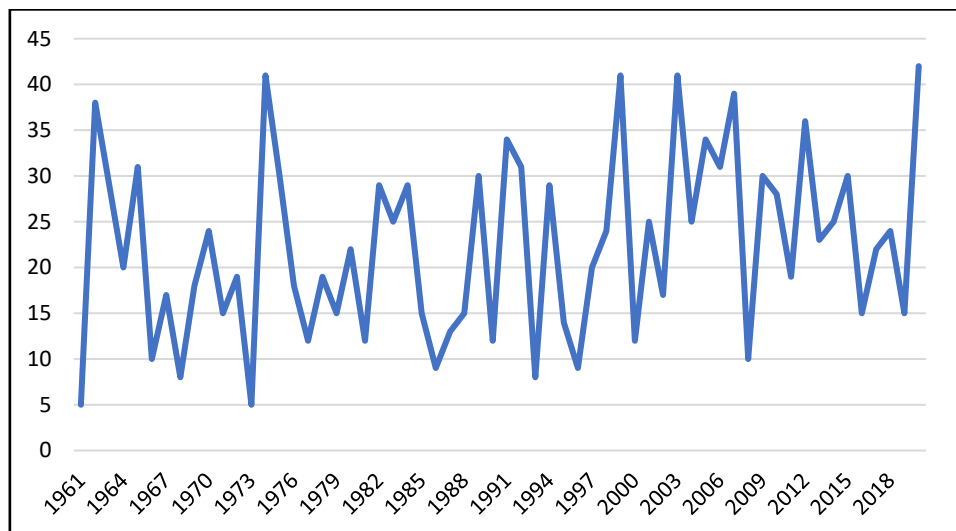
б)



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Границы окончания теплого климатического сезона в г. Рыбинск за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



б)

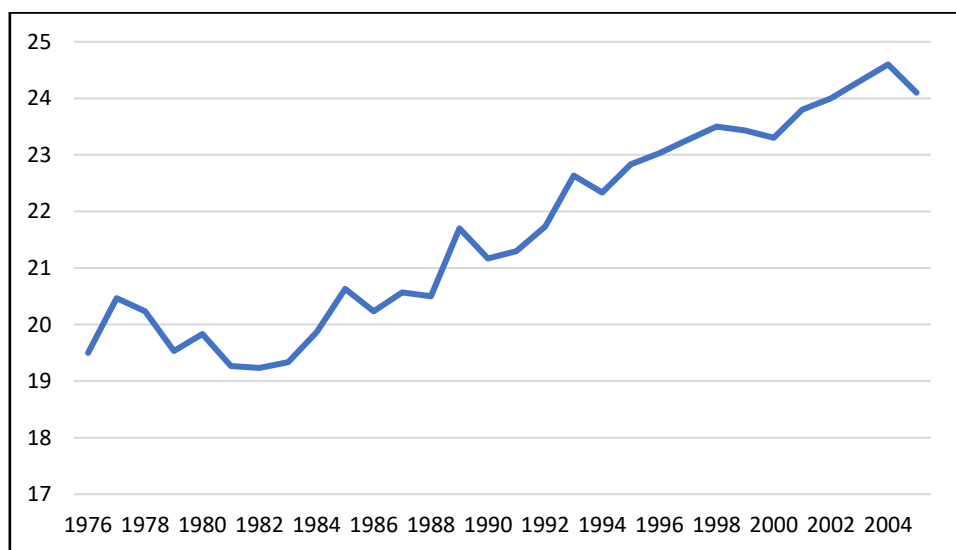
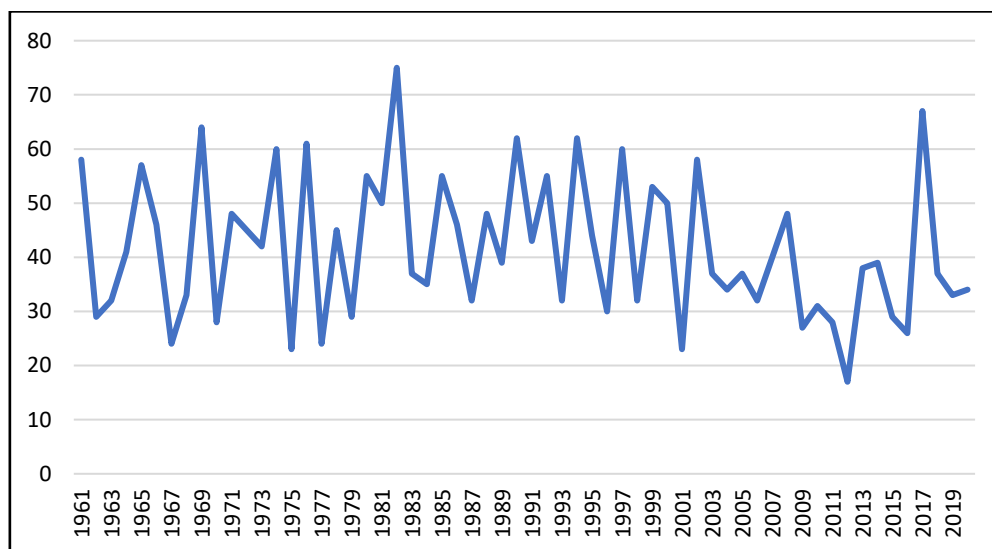


Рисунок 3. Границы начала теплого климатического сезона в г. Ветлуга за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



б)

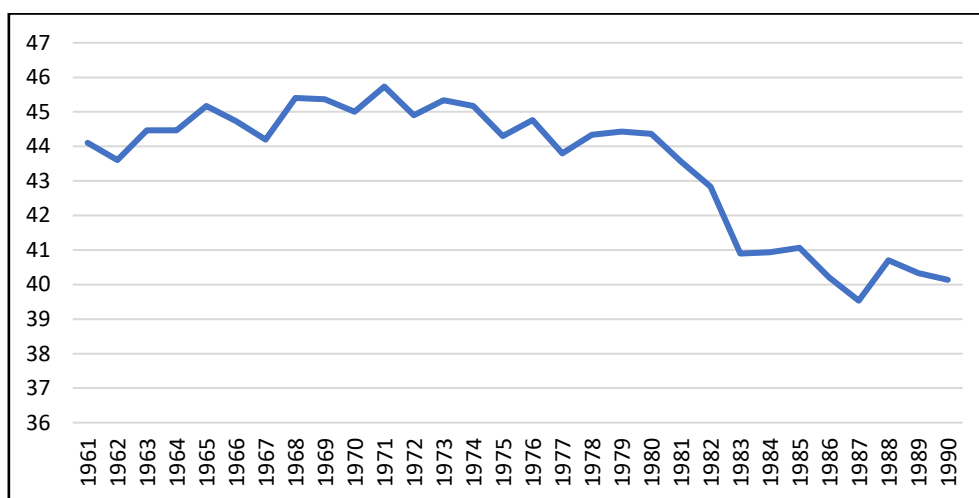
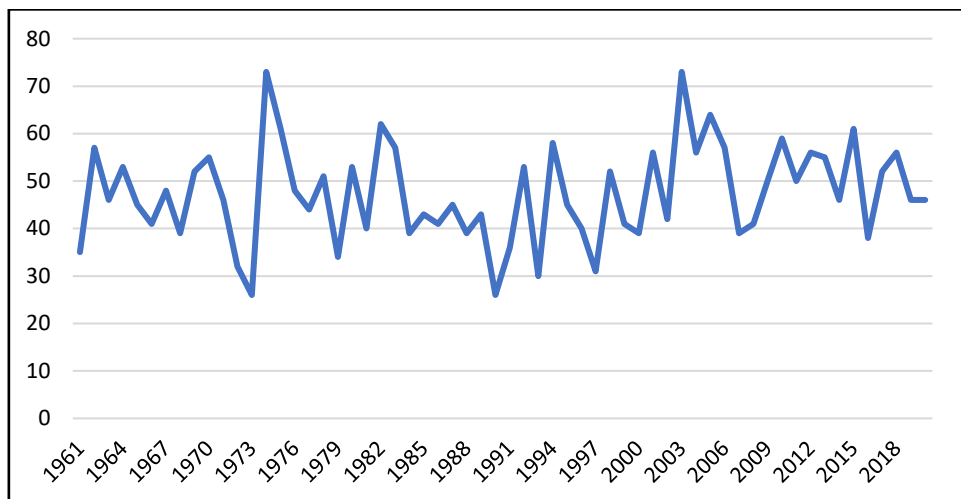


Рисунок 4. Границы окончания теплого климатического сезона в г. Ветлуга за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



б)

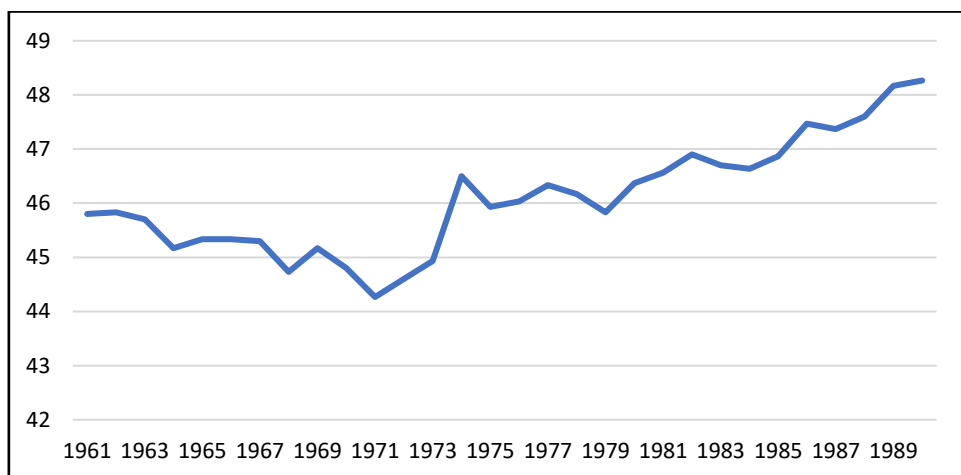
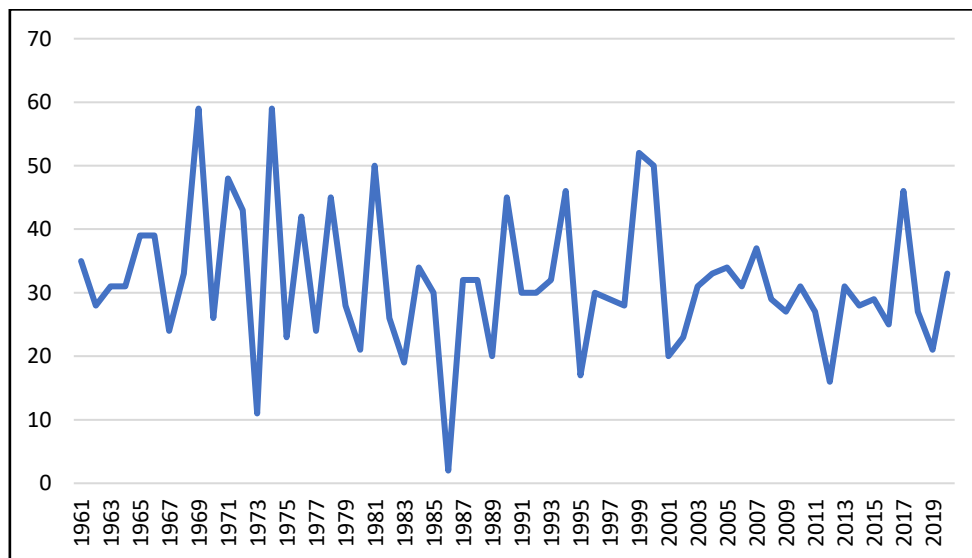


Рисунок 5. Границы начала теплого климатического сезона в г. Нижний Новгород за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



б)

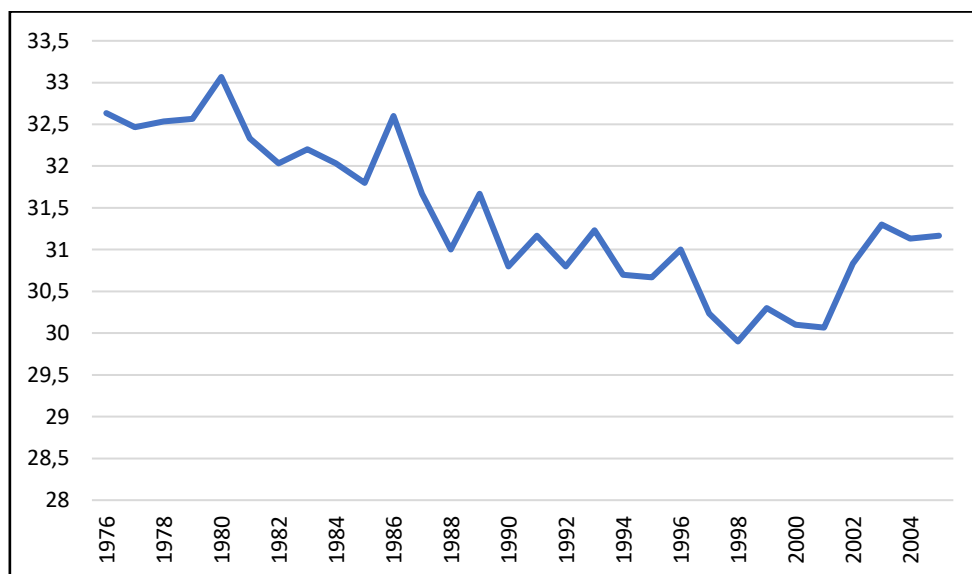
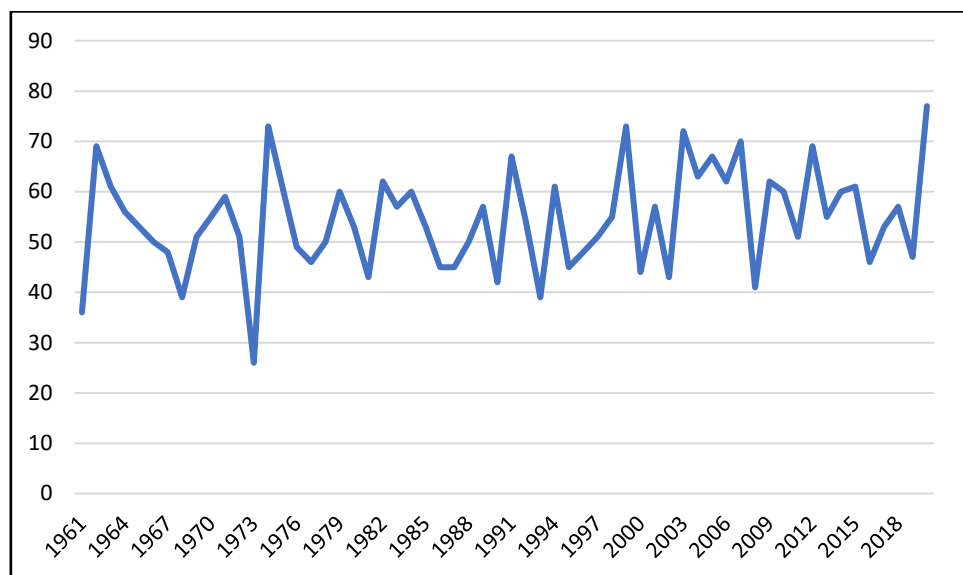


Рисунок 6. Границы окончания теплого климатического сезона в г. Нижний Новгород за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



б)

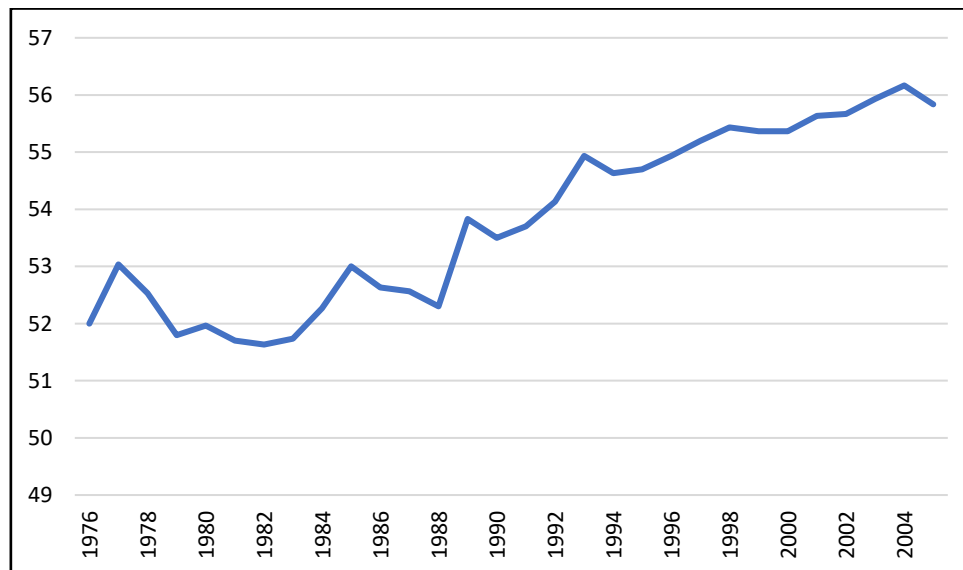
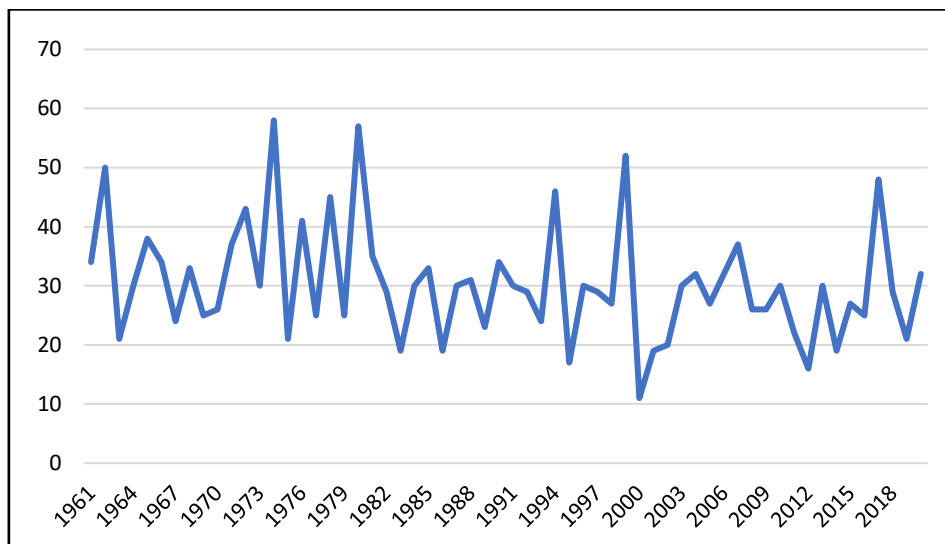


Рисунок 7. Границы начала теплого климатического сезона в г. Москва за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



б)

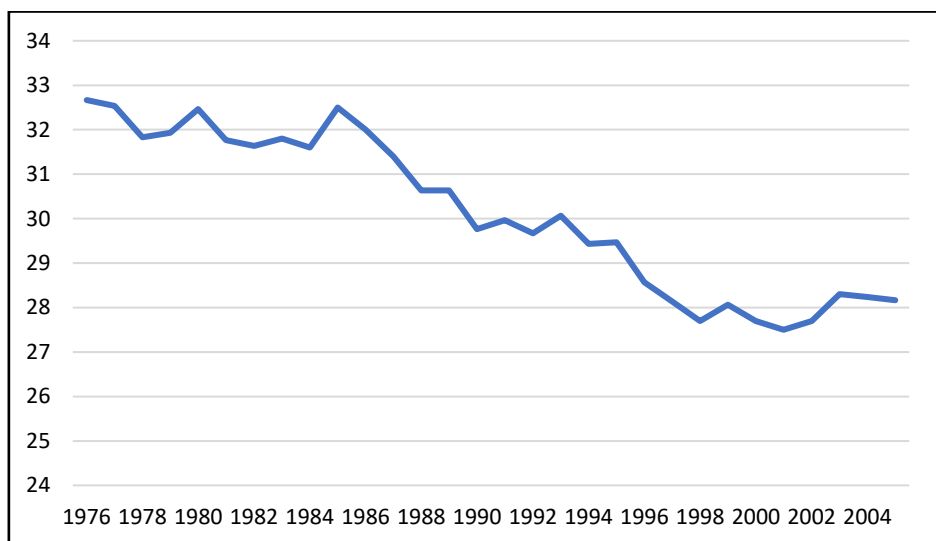
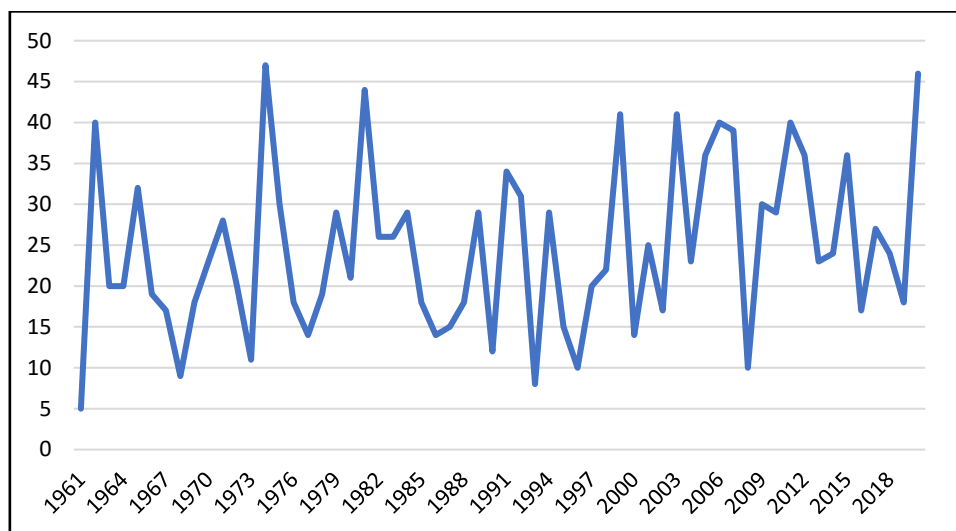


Рисунок 8. Границы окончания теплого климатического сезона в г. Москва за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



б)

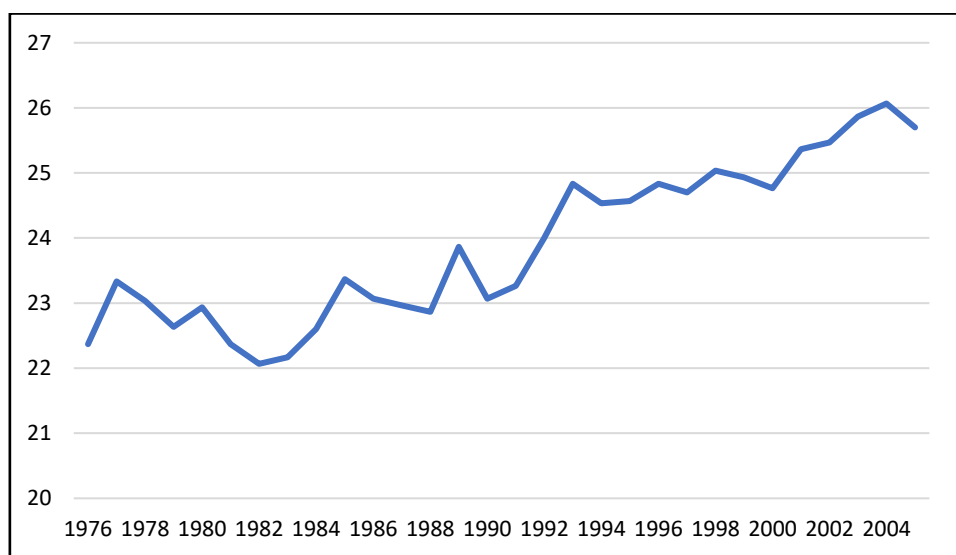
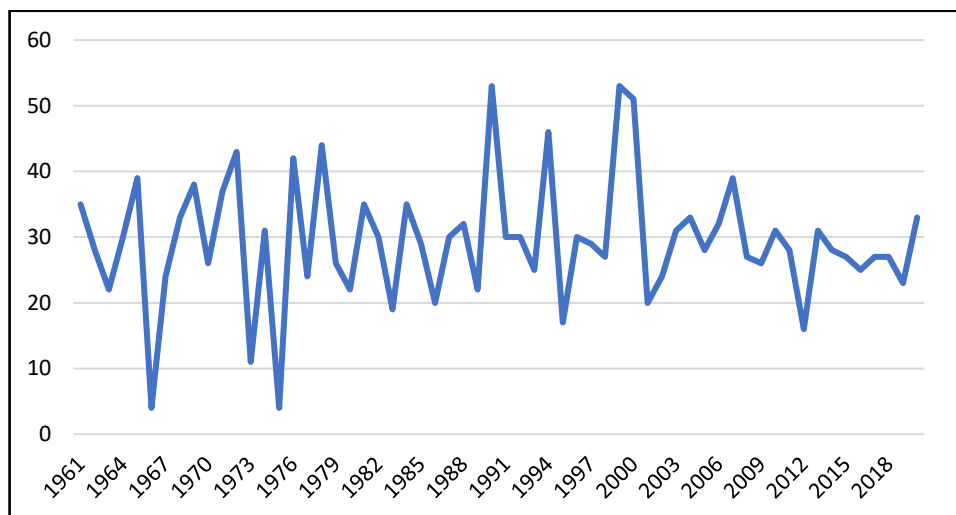


Рисунок 9 Границы начала теплого климатического сезона в п. Елатьма за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



б)

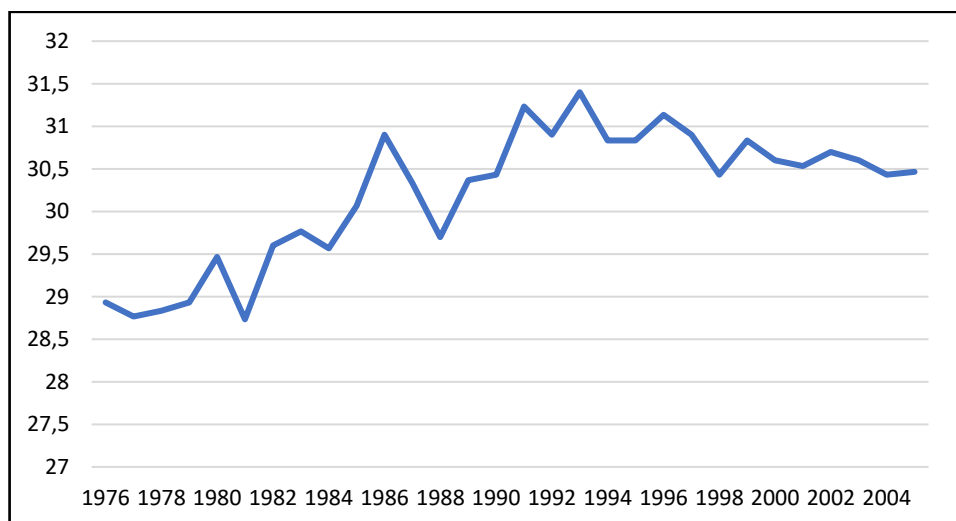
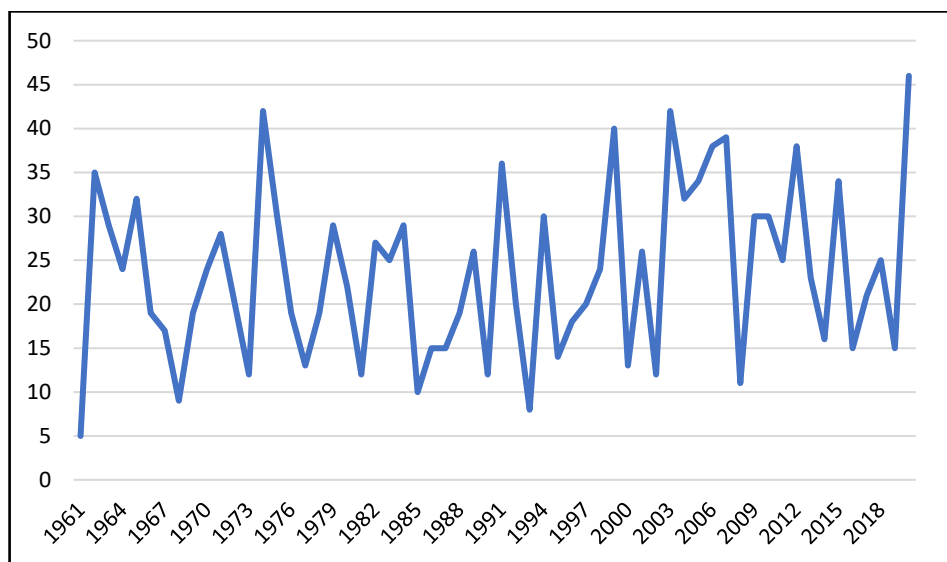


Рисунок 10. Границы окончания теплого климатического сезона в п. Елатьма за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



б)

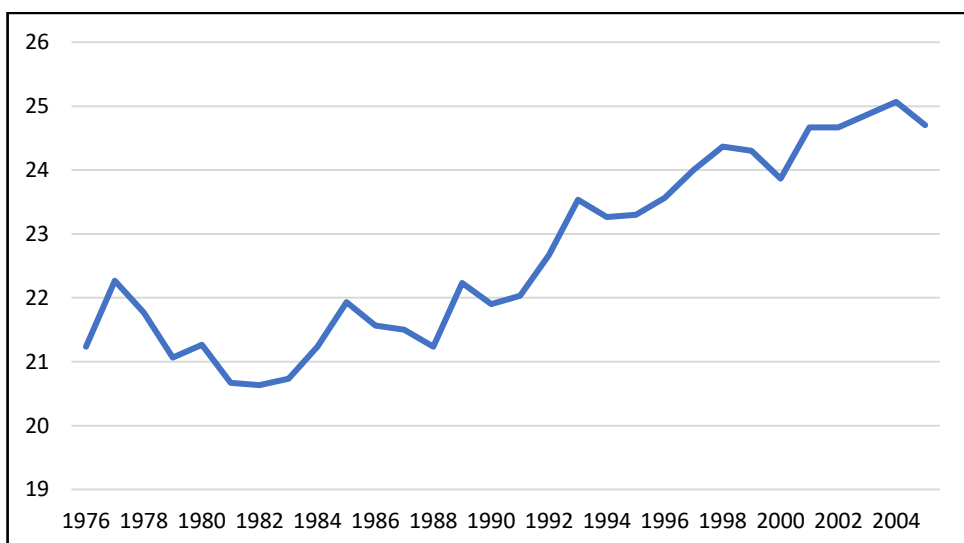
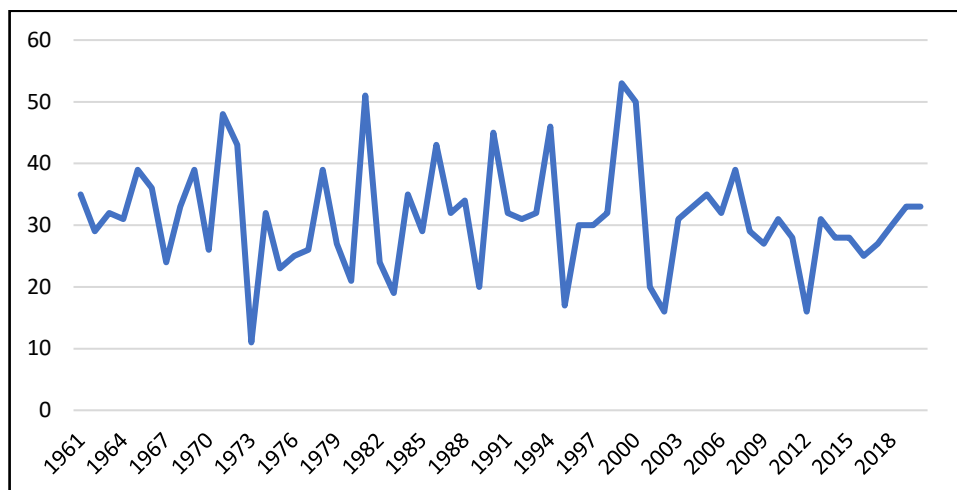


Рисунок 11. Границы начала теплого климатического сезона в г. Лукоянов за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



б)

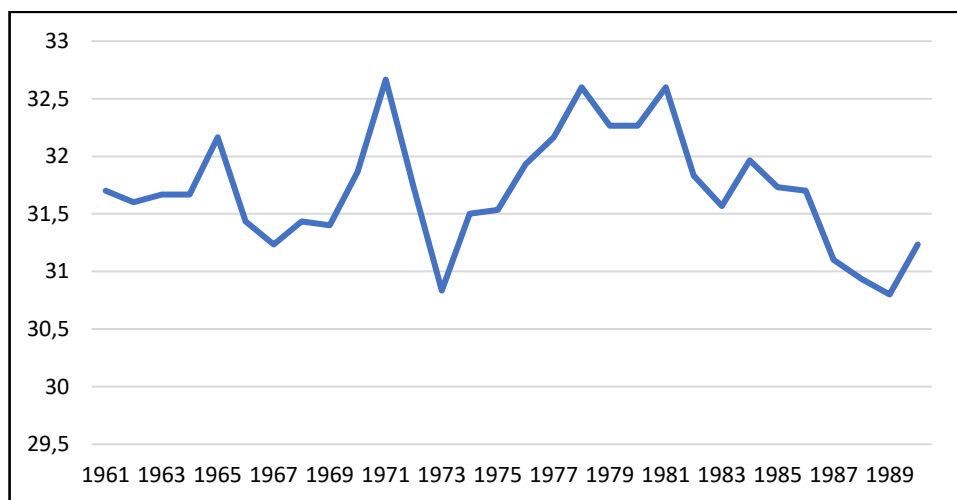
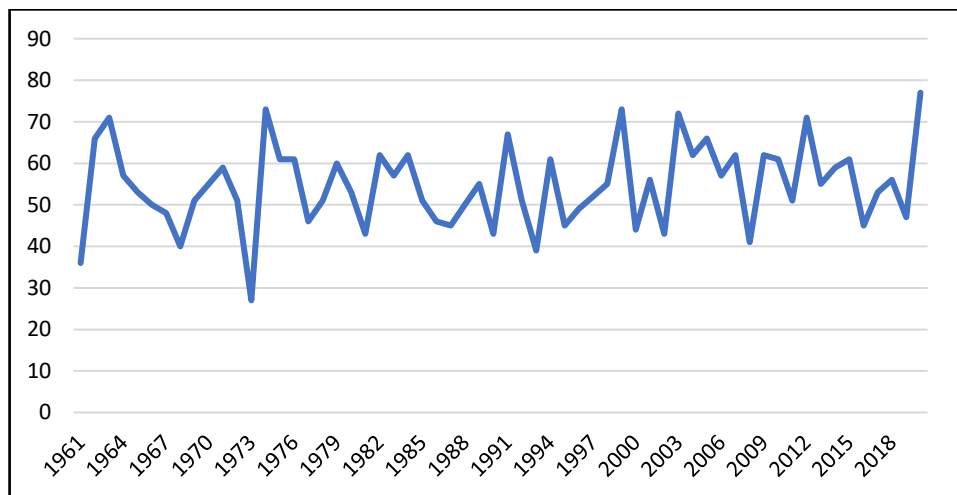


Рисунок 2. Границы окончания теплого климатического сезона в г. Лукоянов за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

а)



б)

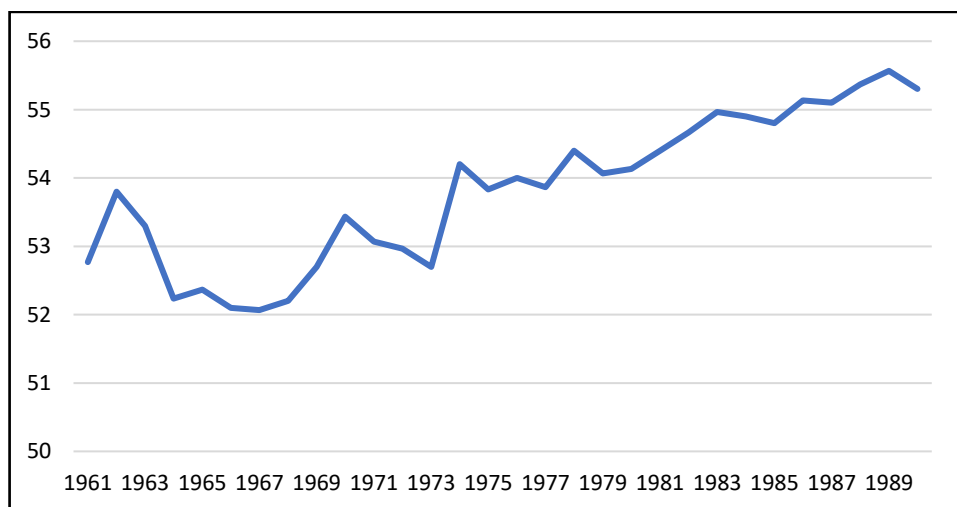
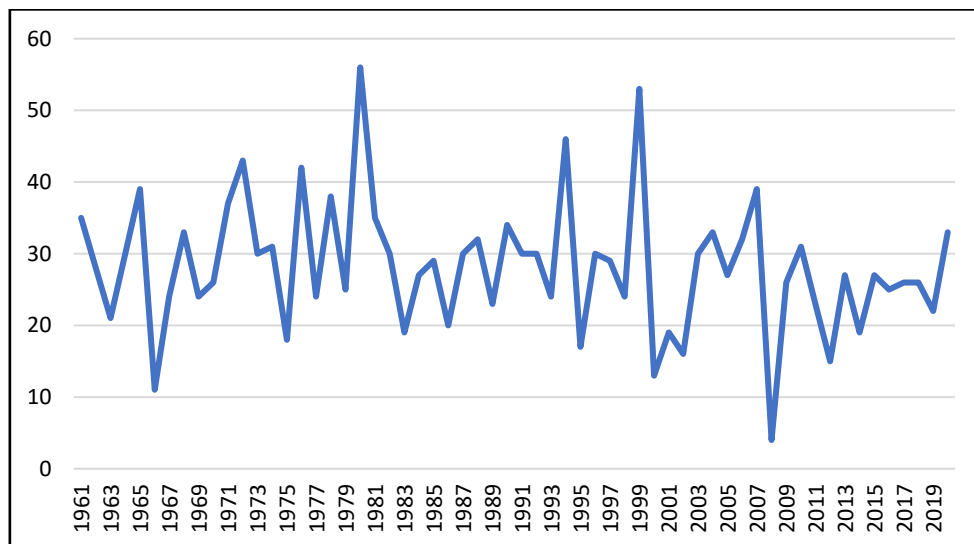


Рисунок 13 Границы начала теплого климатического сезона в г.Рязань к за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

А)



Б)

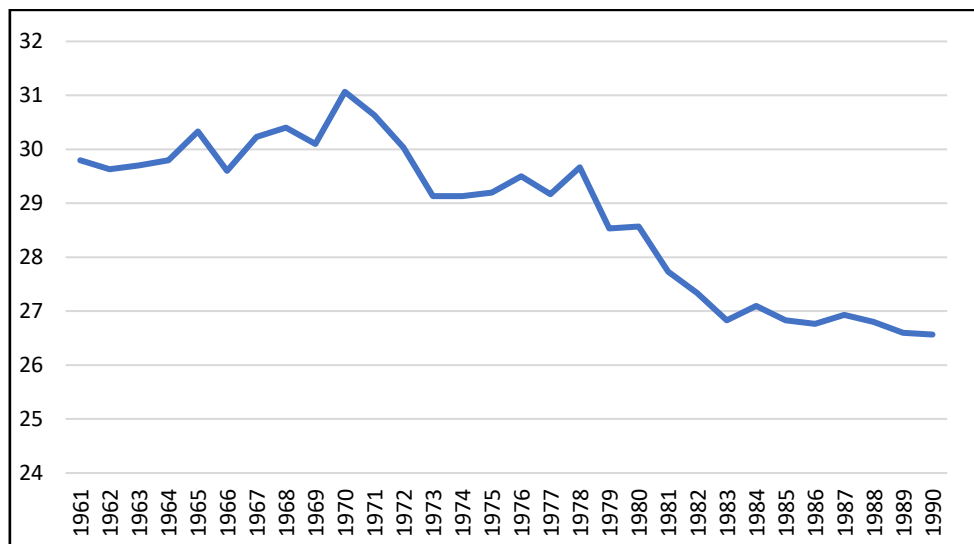
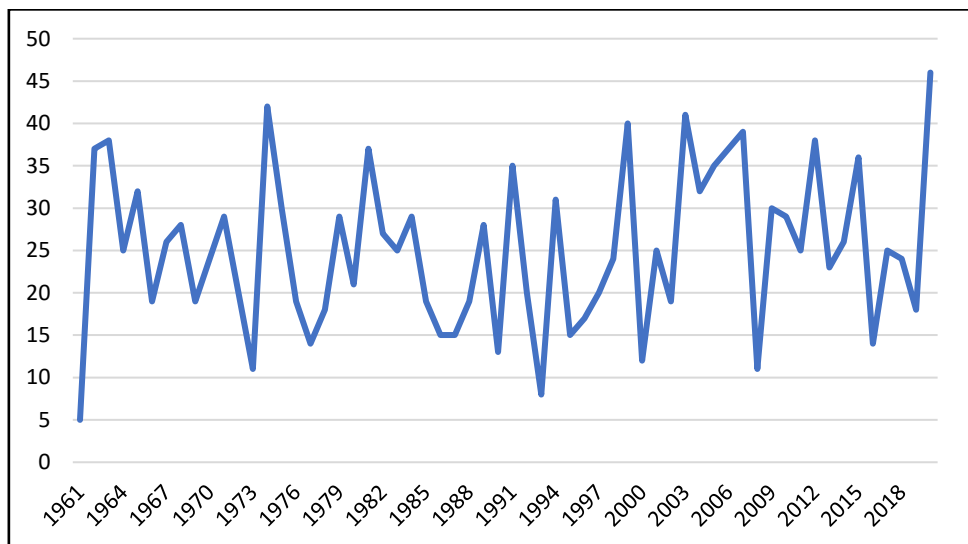


Рисунок 14. Границы окончания теплого климатического сезона в г. Рязань за период с 1961-2020гг. а) неосредненные данные, б) скользящее осреднение (окно осреднение 30 лет)

А)



Б)

