



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская работа)

На тему «Анализ условий формирования начала весеннего сезона в
Средней полосе России»

Исполнитель Молчанова Алина Евгеньевна ПМ-М19-1-1

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

доцент 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)

« 8 » июня 2021 г.

Санкт-Петербург

2021

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	4
1. Особенности формирования климата.....	6
1.1 Понятие климата и климатообразующих факторов.....	6
1.2 Возможные причины изменения климата.....	11
1.2.1 Изменение климата и механизмы обратной связи.....	12
1.2.2 Изменение климата, тектоника литосферных плит и горообразование.....	14
1.2.3 Изменение климата и колебания орбиты Земли.....	17
1.2.4 Изменение климата и атмосферные частицы.....	19
1.2.5 Изменение климата и колебания солнечной энергии.....	21
1.3 Физико-географическое описание региона исследования.....	23
2. Характеристика весеннего сезона.....	35
2.1 Понятие «весны» и методы определения начала весеннего сезона.....	35
2.2 Методы определения даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел на повышение.....	37
3. Анализ условий формирования начала весеннего сезона в Средней полосе России.....	41
3.1 Постановка цели и задач.....	41
3.2 Анализ динамики даты начала весеннего сезона в Средней	

полосе России.....	41
3.3 Анализ повторяемости синоптических объектов, формирующих начало весеннего сезона в Средней полосе России.....	50
3.4 Характерные синоптические ситуации «дружного» начала весны.....	53
3.5 Характерная синоптическая ситуация раннего начала весны в западной части Средней полосы России.....	61
Заключение.....	67
Список литературы.....	68

Введение

В последние десятилетия наблюдается глобальное изменение климата. Зимний сезон является индикатором климатических изменений, и особенно это сказывается на начале весеннего сезона. В исследовании [23] упоминается об изменениях сдвига границы начала весеннего сезона на более ранние сроки на территории России. В данной работе предполагается оценить данную тенденцию более раннего прихода весны для Средней полосы России. Выявление типичной синоптической ситуации, формирующей начало весны в Средней полосе России с детальной проработкой хода среднесуточной температуры воздуха и синоптических процессов до и после ее начала, является задачей несомненно актуальной и практически значимой.

Целью магистерской диссертации является анализ синоптических процессов, формирующих начало весеннего сезона в Средней полосе России.

Для достижения поставленной цели по выбранным станциям необходимо рассчитать даты устойчивого перехода температуры через нулевой предел на повышение за каждый год за период с 1960 по 2019 года. Рассчитанные даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C в нашей работе являются границей начала весеннего сезона для выбранных станций. Далее нужно проанализировать динамику дат начала климатической весны по каждой станции и выявить, какие синоптические процессы формируют начало весны в регионе исследования.

Для анализа дат начала климатической весны были выбраны станции, территориально относящиеся к Центральному и Приволжскому федеральным округам, среди них области и республики: Смоленская (Смоленск), Брянская (Брянск), Калужская (Сухиничи), Московская (Москва, ВДНХ; Коломна; Можайск), Рязанская (Павелец; Рязань, Елатьма), Пензенская (Земетчино), Нижегородская (Лукоянов), Самарская (Самара; Серноводск), Республика Мордовия (Краснослободск), Республика Чувашия (Порецкое).

В первой главе магистерской диссертации говорится о понятии климата и возможных причинах его изменения, приводится физико-географическое описание выбранных для исследования пунктов в Средней полосе России.

Во второй главе рассматривается понятие весны и методы определения начала весеннего сезона.

В третьей главе научно-исследовательской работы анализируются даты начала весеннего сезона по выбранным станциям в Средней полосе России и синоптические процессы, формирующие их.

Оценка хода начала весны в различных областях Средней полосы России и сравнительная характеристика синоптических процессов имеет научную новизну.

1 Особенности формирования климата

1.1 Понятие климата и климатообразующих факторов

Мы не всегда задумываемся о том, как климат глубоко влияет почти на все аспекты существования в средних широтах. Например, он влияет на наше жилье, одежду, форму ландшафтов, сельское хозяйство, то, как мы себя чувствуем и как живем, и даже на то, где мы живем. Большинство людей предпочтут жить на солнечном склоне холма, а не в холодном, темном и туманном бассейне реки. Целые цивилизации процветали в благоприятных климатических условиях и уходили от неблагоприятных или погибали в неблагоприятных условиях климата [16].

Итак, климат – это многолетний режим погоды, который характерен для данной местности из-за ее географического положения; среднее значение повседневной погоды в течение длительного времени. Помимо общего понятия «климат» выделяют микро-, мезо-, макроклимат и глобальный климат. Небольшой климатический регион вблизи или на поверхности земли называется микроклиматом. Он обуславливается различиями внутри местного климата. О местном климате – или мезоклимате – можно говорить, когда мы изучаем климат небольшого участка земной поверхности. Размер территории может варьироваться от нескольких акров до нескольких квадратных километров. Мезоклимат включает в себя такие регионы, как: леса, долины, пляжи и города, – относительно небольшие территории со сравнительно однородными условиями. Климат гораздо большей территории, такой как область, штат или страна, называется макроклиматом. Климат, распространяющийся на всю землю, часто называют глобальным климатом.

На нашей планете можно повстречать самые разнообразные типы климата – от густонаселенных тропических джунглей до холодных полярных «пустошей». Кажется, существует почти бесконечное разнообразие

климатических регионов. Факторы, которые формируют климат в любом конкретном месте, – климатообразующие факторы, – это те же самые факторы, которые определяют нашу повседневную погоду [1,2]. К климатообразующим факторам относятся:

1. Интенсивность солнечного света и ее изменение в зависимости от широты;
2. Распределение земли и воды;
3. Океанские течения;
4. Преобладающие ветры;
5. Положение зон высокого и низкого давления;
6. Горные препятствия;
7. Высота над уровнем моря.

Мы можем установить, как климатообразующие факторы влияют на климат, наблюдая за глобальными закономерностями двух погодных элементов – температуры и осадков.

На рис. 1.1 показаны среднегодовые температуры воздуха по всему миру. Чтобы устранить искажающий эффект рельефа, температуры скорректированы до уровня моря. В обоих полушариях изотермы ориентированы с востока на запад, что отражает тот факт, что места на одной и той же широте получают почти одинаковое количество солнечной энергии. Кроме того, годовое количество солнечного тепла, которое получает каждая широта, уменьшается от низких до высоких широт; следовательно, годовые температуры имеют тенденцию снижаться от экваториальных к полярным регионам [16].

Изгиб изотерм вдоль прибрежных окраин частично обусловлен неравномерными нагревательными и охлаждающими свойствами суши и воды, а также океанскими течениями и апвеллингом. Например, вдоль западного побережья Северной и Южной Америки океанские течения переносят холодную воду к экватору. Кроме того, ветер в обоих регионах дует в сторону экватора, параллельно побережью. Эта ситуация

благоприятствует подъему холодной воды, которая охлаждает прибрежные окраины. В районе восточной части Северной Атлантики (севернее 40° северной широты) изгиб изотерм в сторону полюса обусловлен Гольфстримом и Северо-Атлантическим течением, которые несут теплую воду на север.

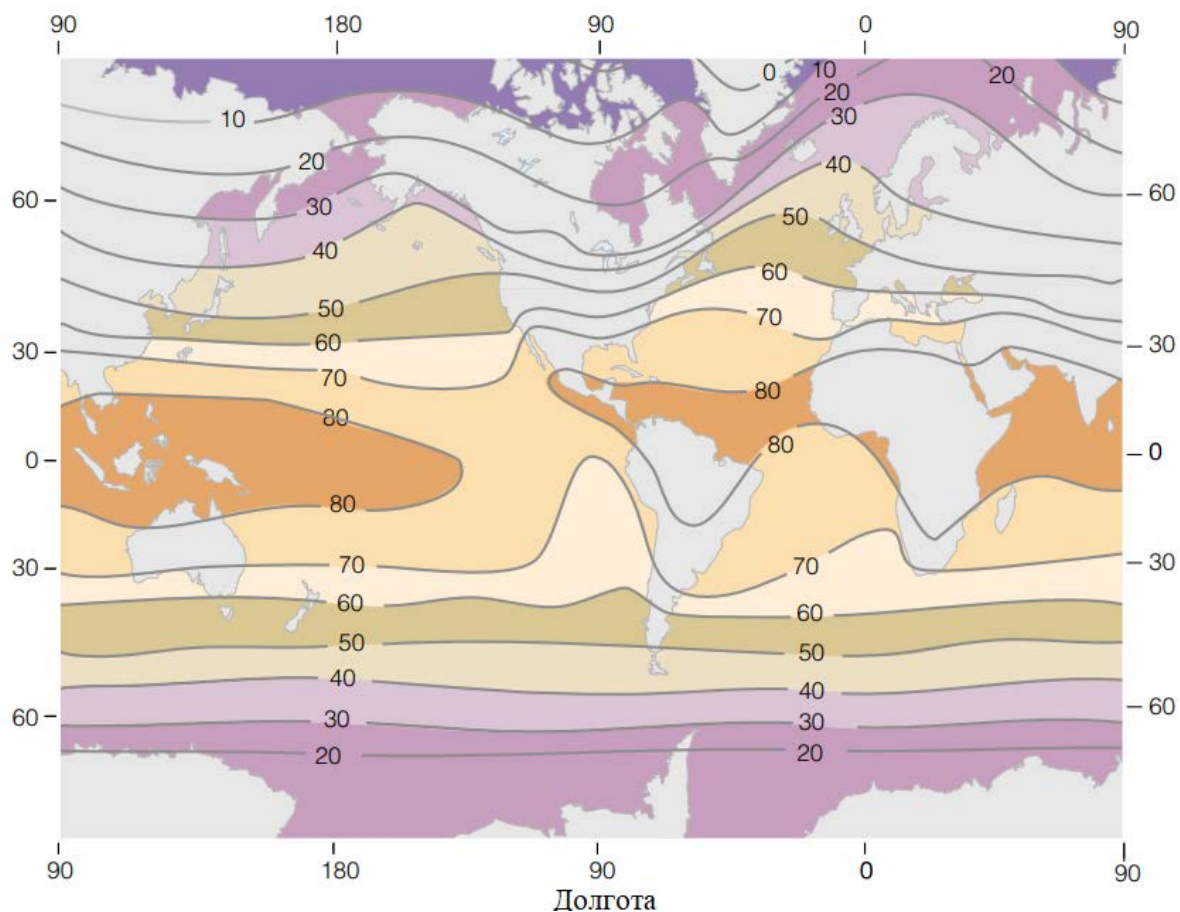


Рисунок 1.1 – Среднегодовые температуры на уровне моря по всему миру (F°)

Тот факт, что массы суши нагреваются и охлаждаются быстрее, чем большие водоемы, означает, что колебания температуры между летом и зимой будут намного больше в континентальных районах, чем вдоль западных прибрежных окраин континентов. Точно так же климат внутренних континентальных регионов будет более экстремальным, поскольку они

имеют (в среднем) более высокие летние температуры и более низкие зимние температуры, чем их аналоги на западном побережье [16].

Самые высокие средние температуры наблюдаются не в тропиках, а в субтропических пустынях Северного полушария. Здесь нисходящие воздушные потоки, связанное с субтропическими антициклонами, обуславливают в целом ясное небо и низкую влажность. Летом высоко стоящее солнце, лучи которого падают на относительно бесплодный ландшафт, является причиной палящей жары [16].

Самые низкие средние температуры наблюдаются на больших массивах суши в высоких широтах. Самый холодный регион в мире – Антарктика. Чуть меньше шести месяцев солнце находится ниже горизонта; когда оно находится над горизонтом, солнце располагается низко в небе, и его лучи неэффективно нагревают поверхность. Следовательно, земля остается покрытой снегом и льдом круглый год. Снег и лед отражают 80 % солнечного света, который достигает поверхности. Большая часть неотраженной солнечной энергии используется для преобразования льда и снега в водяной пар. Относительно сухой воздух и большая высота Антарктиды – средняя высота поверхности континента над уровнем моря составляет >2000 метров, – позволяют быстро охлаждаться в течение темных зимних месяцев, формируя чрезвычайно холодный поверхностный воздух. Чрезвычайно холодная Антарктика помогает объяснить, почему в целом Южное полушарие холоднее Северного. К другим факторам, формирующим более прохладное Южное полушарие, относятся:

а) полярные области Южного полушария отражают больше поступающего солнечного света;

б) в тропических и субтропических районах Южного полушария меньше площади суши.

На рис. 1.2 показано глобальное годовое распределение осадков, которое варьируется от места к месту. Однако есть определенные области, которые выделяются как влажные или сухие. Например, экваториальные

регионы обычно влажные, в то время как субтропики и полярные регионы относительно сухие. Глобальное распределение осадков тесно связано с общей циркуляцией атмосферы и с распределением горных хребтов и высоких плато.

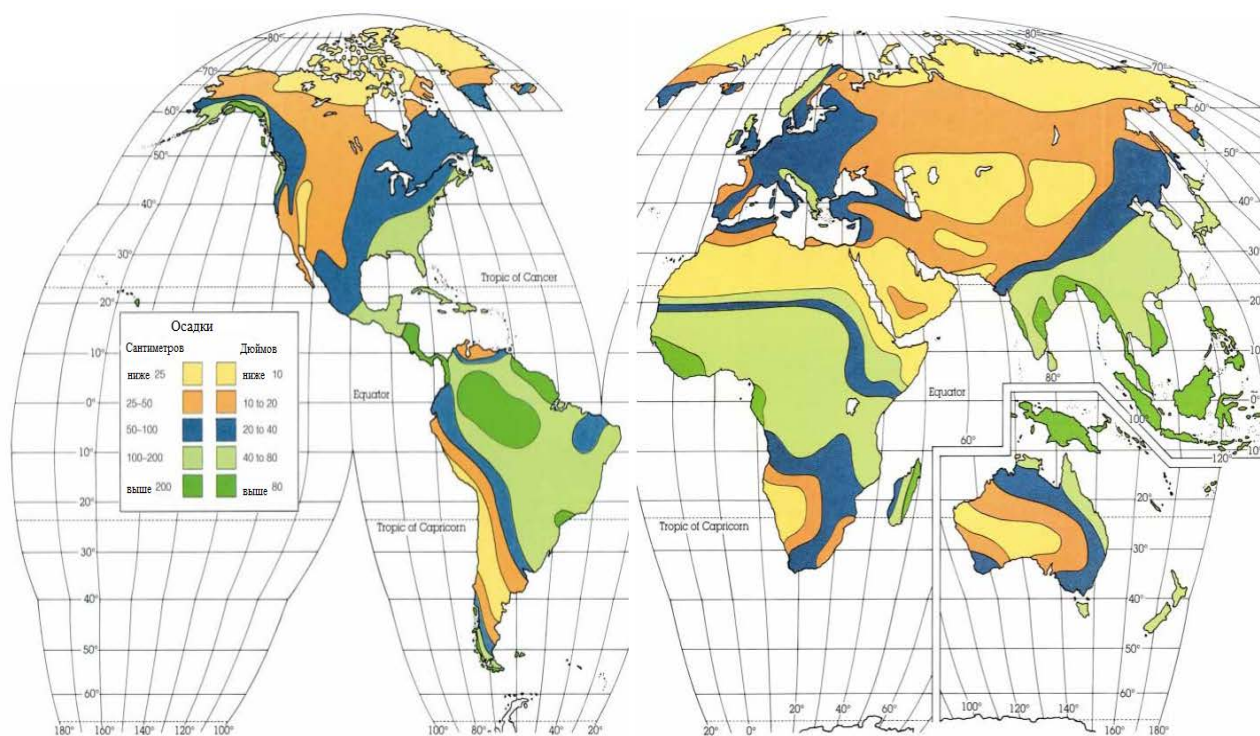


Рисунок 1.2 – Глобальное годовое распределение осадков

На рис. 1.3 в упрощенной форме показано, как общая циркуляция атмосферы влияет на распределение осадков с севера на юг, которое следует ожидать на равномерно покрытой водой земле. Осадки наиболее обильны там, где воздух поднимается; наименее обильны там, где он опускается. Следовательно, ожидается большое количество осадков в тропиках и вдоль полярного фронта, и мало вблизи субтропических максимумов и на полюсах.

Горные хребты нарушают идеализированную картину глобального распределения осадков, способствуя конвекции (поскольку их склоны теплее, чем окружающий воздух) и заставляя воздух подниматься вдоль их наветренных склонов (орографическое поднятие). Следовательно,

наветренная сторона гор имеет тенденцию быть «влажной». По мере того как воздух опускается и прогревается с подветренной стороны, вероятность облаков и осадков уменьшается. Таким образом, подветренная сторона гор имеет тенденцию быть «сухой» [16].

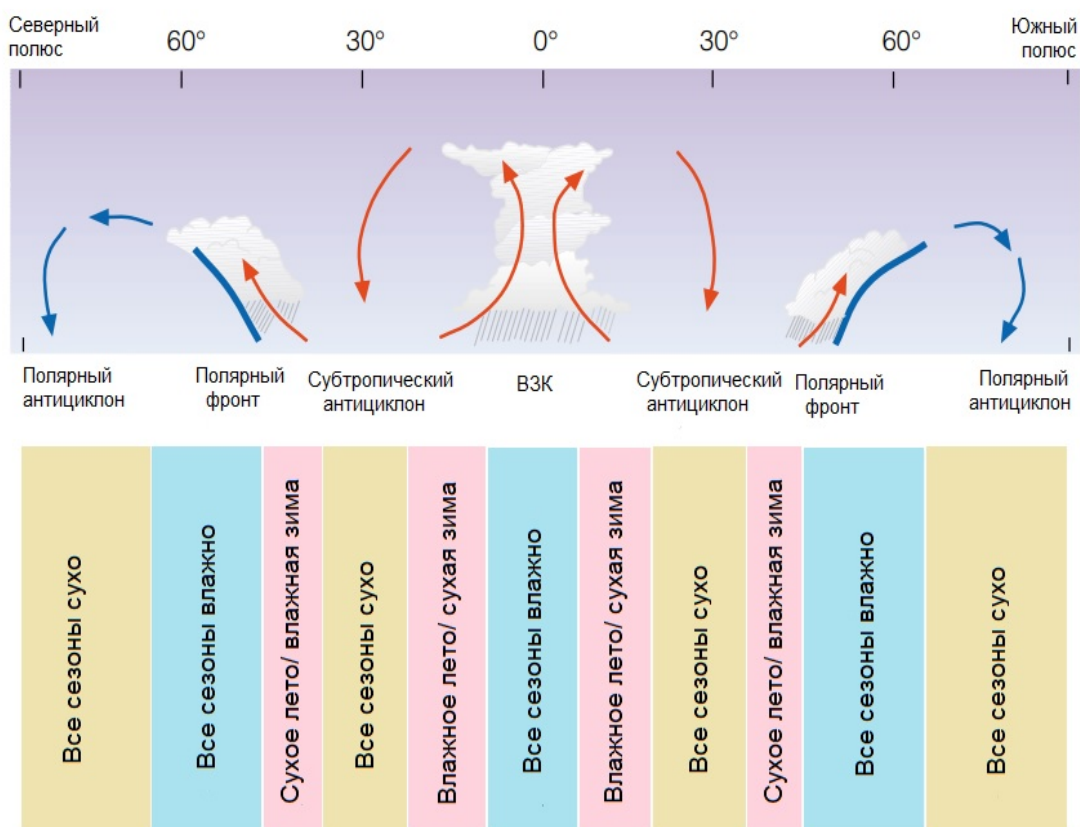


Рисунок 1.3 – Вертикальное поперечное сечение вдоль линии, проходящей с севера на юг, иллюстрирует основные глобальные регионы подъема и опускания воздуха и то, как каждый регион влияет на осадки

К числу других факторов можно отнести растительность, снежный покров, геофизический фактор (размер и масса Земли, гравитационное и магнитное поля, внутреннее тепло Земли). В работе они подробно не рассмотрены, но данные факторы также могут сильно повлиять на климат.

1.2 Возможные причины изменения климата

Почему климат земли естественным образом меняется, до конца не понятно. Многие теории пытаются объяснить изменение климата, но ни одна теория не может удовлетворительно объяснить все климатические изменения прошлого.

Почему загадка изменчивого климата до сих пор не решена полностью? Одна из главных проблем, с которой сталкивается любая всеобъемлющая теория, – это сложная взаимосвязь элементов. Например, при изменении температуры могут измениться и многие другие элементы. Взаимодействия между атмосферой, океанами и льдом чрезвычайно сложны, и число возможных взаимодействий между этими системами огромно. Ни один климатический элемент в системе не изолирован от других. Сначала мы исследуем, как работают системы с обратной связью, а затем рассмотрим некоторые современные теории изменения климата.

1.2.1 Изменение климата и механизмы обратной связи

Система земля-атмосфера находится в тонком балансе между поступающей и исходящей энергией. Если этот баланс будет нарушен, даже незначительно, глобальный климат может претерпеть ряд сложных изменений.

Предположим, что система земля-атмосфера была нарушена настолько, что земля вступила в тенденцию медленного потепления. С годами температура медленно повышается, и вода из океанов быстро испаряется в более теплый воздух (который при этой более высокой температуре обладает большим давлением насыщения). Увеличенное количество водяного пара поглощает больше инфракрасной энергии земли, тем самым усиливая атмосферный парниковый эффект. Это усиление парникового эффекта еще больше повышает температуру воздуха, что, в свою очередь, позволяет большему количеству водяного пара испаряться в атмосферу. Парниковый эффект становится еще сильнее, а температура воздуха повышается еще

больше. Эта ситуация известна как обратная связь повышения водяного пара-температуры. Он представляет собой механизм положительной обратной связи, поскольку начальное повышение температуры усиливается другими процессами. Если эту обратную связь не остановить, температура земли будет расти до тех пор, пока океаны не испарятся. Такая цепная реакция называется безудержным парниковым эффектом [1].

Система земля-атмосфера имеет ряд сдерживающих факторов и противовесов, которые помогают ей противодействовать тенденциям изменения климата. Например, небольшое повышение температуры поверхности приведет к значительному увеличению исходящей инфракрасной энергии. Эта исходящая энергия с поверхности замедлит изменение температуры и поможет стабилизировать климат. Следовательно, нет никаких доказательств того, что на земле когда-либо имел место парниковый эффект, и нет никаких указаний на то, что он произойдет в будущем.

Противодействовать механизмам положительной обратной связи помогают механизмы отрицательной обратной связи – те, которые, как правило, ослабляют взаимодействия между переменными, а не усиливают их. Рассмотрим пример того, как механизм отрицательной обратной связи может работать на планете против потепления. Предположим, что по мере того, как воздух нагревается и становится более влажным, глобальная низкая облачность увеличивается. Низкие облака, как правило, отражают большой процент поступающего солнечного света, и, так как уменьшается количество солнечной энергии, необходимой для нагрева поверхности, потепление замедляется [16].

Все механизмы обратной связи работают одновременно и в обоих направлениях. Например, повышение глобальной температуры приземного воздуха может привести к таянию снега и льда в полярных широтах. Это таяние уменьшило бы альбедо (отражательную способность) поверхности, позволив большему количеству солнечной энергии достичь поверхности, что

еще больше повысило бы температуру. Этот механизм положительной обратной связи называется обратной связью снег-альbedo. Как видно, он дает положительную обратную связь на нагревающейся планете, но он также может дать положительную обратную связь и на охлаждающейся планете. Если предположить, что на Земле наблюдалась медленная тенденция глобального охлаждения, которая длилась сотни или даже тысячи лет, более низкие температуры могли бы обеспечить большой снежный покров в средних и высоких широтах, что увеличило бы альbedo поверхности, так что большая часть падающего солнечного света отражалась бы обратно в космос. Меньшее количество солнечного света, поглощаемого поверхностью, может привести к дальнейшему падению температуры. Это действие может еще больше увеличить снежный покров, еще больше понизив температуру. Если не прервать обратную связь снег-альbedo, она приведет к так называемому безудержному ледниковому периоду, который маловероятен на Земле, потому что другие механизмы обратной связи в атмосферной системе работают, постоянно регулируя величину охлаждения [16].

1.2.2 Изменение климата, тектоника литосферных плит и горообразование

В геологическом прошлом поверхность земли претерпела значительные изменения. Одно из них связано с медленным смещением континентов и океанского дна. Это движение объясняется в широко принятой теории тектоники литосферных плит (ранее называвшейся теорией дрейфа материков). Согласно этой теории, внешняя оболочка земли состоит из огромных плит, которые подходят друг к другу, как кусочки пазла. Плиты, скользя по частично расплавленной зоне под ними, перемещаются относительно друг друга. Континенты располагаются на этих плитах и тоже

движутся. Скорость движения чрезвычайно медленная, всего несколько сантиметров в год.

Помимо того, что тектоника литосферных плит дает представление о многих геологических процессах, она также помогает объяснить прошлые климатические условия. Например, сегодня мы находим ледниковые особенности вблизи уровня моря в Африке, предполагая, что этот район пережил период оледенения сотни миллионов лет назад. Скорее всего, температуры в низких широтах вблизи экватора никогда не были достаточно низкими, чтобы образовались ледяные щиты. Ледяные щиты сформировались, когда эта суша находилась на гораздо более высокой широте. За многие миллионы лет, прошедшие с тех пор, земля медленно пришла к своему нынешнему положению. Также можно привести в пример, как ископаемые остатки тропической растительности могут быть найдены сегодня под слоями льда в полярных регионах [1].

Согласно тектонике литосферных плит, ныне существующие континенты были когда-то объединены в один огромный континент, который затем распался на части. Его фрагменты медленно перемещались по поверхности земли, изменяя таким образом распределение континентов и океанических бассейнов. Некоторые ученые считают, что, когда массивы суши сосредоточены в средних и высоких широтах, более вероятно образование ледяных щитов. В этот период времени существует вероятность того, что больше солнечного света будет отражено обратно в космос и что механизм обратной связи снег-альbedo, упомянутый ранее, усилит охлаждение.

Различные расположения континентов могут также влиять на направление океанических течений, которые, в свою очередь, могут не только изменить перенос тепла из низких широт в высокие, но также могут изменить как глобальную систему ветров, так и климат в средних и высоких широтах. В качестве примера – движение плит “отсекает” довольно большой объем океанической воды в высоких широтах, так что транспортировка

теплой воды в регион прекращается. Зимой поверхностные воды в конце концов покроются льдом. Это охлаждение, в свою очередь, уменьшило бы количество ощутимого и скрытого тепла, отдаваемого атмосфере. Кроме того, верх льда может накапливаться снег, тем самым создавая условия, которые могут привести к еще более низким температурам.

Существуют и другие механизмы, с помощью которых тектонические процессы могут влиять на климат. Формирование океанических плит (плит, лежащих под океаном) начинается с хребта, где плотное расплавленное вещество изнутри земли поднимается на поверхность, образуя новый материал морского дна по мере его затвердевания. Распространение (порядка нескольких сантиметров в год) происходит в центре хребта, где две океанические плиты отдаляются друг от друга. Когда океаническая плита сталкивается с более легкой континентальной плитой, она реагирует, ныряя под нее, в процессе, называемом субдукцией. Расплавленная порода может постепенно подниматься на поверхность, вызывая извержения вулканов, которые выбрасывают в атмосферу водяной пар, углекислый газ и незначительное количество других газов [16].

Некоторые ученые предполагают, что изменение климата, происходящее в течение миллионов лет, может быть связано со скоростью движения плит и, следовательно, с количеством CO_2 в воздухе. Например, во времена быстрого распространения образуется относительно широкий хребет, вызывающий повышение уровня моря относительно континентов. В то же время с увеличением вулканической активности в атмосферу выбрасывается большое количество CO_2 , что усиливает атмосферный парниковый эффект, вызывая повышение глобальных температур. Более того, более высокий уровень моря означает, что здесь меньше подвержена воздействию суша и, предположительно, меньше химического выветривания горных пород – процесса, который удаляет CO_2 из атмосферы. Однако по мере роста глобальных температур повышение температуры способствует химическому выветриванию, которое быстрее удаляет атмосферный CO_2 .

Миллионы лет спустя, когда скорость распространения уменьшается, меньшая вулканическая активность означает меньшую дегазацию. Изменение формы подводного хребта приводит к падению уровня моря относительно континентов, подвергая больше горных пород химическому воздействию и удалению CO_2 из воздуха. Снижение уровня CO_2 ослабляет парниковый эффект, который приводит к снижению глобальной температуры. Накопление льда и снега на некоторых частях континентов может способствовать дополнительному охлаждению, отражая больше солнечного света обратно в космос. Однако охлаждение не останется без контроля, поскольку более низкие температуры замедляют как химическое выветривание горных пород, так и истощение атмосферного CO_2 [16].

Цепь вулканических гор, образующаяся над зонами субдукции, может нарушить поток воздуха над ними. Точно так же образование гор, возникающее при столкновении двух континентальных плит (подобно тому, как это произошло с Гималаями и Тибетским нагорьем), может оказать заметное влияние на характер глобальной циркуляции и, следовательно, на климат всего полушария.

Рассмотренные климатические изменения могут происходить в течение миллионов лет из-за движения континентов и связанной с этим перестройки массивов суши, гор и океанов.

1.2.3 Изменение климата и колебания орбиты Земли

Теория, объясняющая климатические изменения изменениями орбиты Земли, – это теория Миланковича, названная в честь астронома Милутина Миланковича. Он впервые предложил эту идею в 1930-х годах. Основная предпосылка этой теории состоит в том, что по мере того, как Земля движется в пространстве, три отдельных циклических движения объединяются, чтобы вызвать изменения в количестве солнечной энергии, которая падает на Землю.

Первый цикл связан с изменением формы (эксцентриситета) орбиты Земли при вращении земли вокруг Солнца. Орбита Земли меняется с эллиптической на почти круглую. Чтобы перейти от менее эллиптического к более эллиптическому и обратно, требуется около 100 000 лет. Чем больше эксцентриситет орбиты, тем больше разница в солнечной энергии, получаемой Землей между ее ближайшим и самым дальним приближением к Солнцу [1].

В настоящее время мы находимся в периоде низкой эксцентричности. Земля ближе к Солнцу в январе и дальше от него в июле. Разница в расстоянии (которая составляет всего около 3%) ответственна за почти 7-процентное увеличение солнечной энергии, получаемой в верхней части атмосферы с июля по январь. Когда отличие в расстоянии составляет 9% (сильно эксцентричная орбита), разница в полученной солнечной энергии будет порядка 20%. Кроме того, более эксцентричная орбита изменит продолжительность сезонов в каждом полушарии, изменив продолжительность времени между весенним и осенним равноденствиями.

Второй цикл учитывает тот факт, что, когда Земля вращается вокруг своей оси, она колеблется, как волчок. Это колебание, известное как прецессия земной оси, происходит в цикле около 23 000 лет. В настоящее время Земля находится ближе к Солнцу в январе и дальше в июле. Из-за прецессии примерно через 11 000 лет произойдет обратное. Примерно через 23 000 лет мы вернемся туда, где находимся сегодня, а это, конечно, означает, что если все остальное останется прежним, то через 11 000 лет сезонные колебания в Северном полушарии должны быть больше, чем в настоящее время.

Третий цикл занимает около 41 000 лет и связан с изменением наклона Земли по мере ее обращения вокруг Солнца. В настоящее время наклон орбиты Земли составляет $23,5^\circ$, но в течение 41 000-летнего цикла наклон изменяется примерно от 22° до $24,5^\circ$. Чем меньше наклон, тем меньше сезонные колебания между летом и зимой в средних и высоких широтах.

Таким образом, зима, как правило, мягче, а лето прохладнее. В более теплые зимы в полярных регионах выпадет больше снега из-за повышенной температуры, а, следовательно, давления насыщения. А в более прохладное лето тает меньше снега. Как следствие, периоды меньшего наклона, как правило, способствуют образованию ледников в высоких широтах. Если принять во внимание все циклы, нынешняя тенденция должна быть направлена на более прохладный климат в Северном полушарии.

Таким образом, циклы Миланковича, которые в совокупности приводят к изменениям солнечной радиации, получаемой на поверхности земли, включают:

1. Изменение формы (эксцентриситета) орбиты Земли вокруг Солнца;
2. Прецессия оси вращения Земли, или колебание;
3. Изменение наклона земной оси.

1.2.4 Изменение климата и атмосферные частицы

Микроскопические жидкие и твердые частицы (аэрозоли), попадающие в атмосферу как из антропогенных, так и из природных источников, могут оказывать влияние на климат. Их влияние чрезвычайно сложно и зависит от ряда факторов, таких как размер частицы, форма, цвет, химический состав и вертикальное распределение над поверхностью [16].

А) Аэрозоли в тропосфере

Аэрозоли попадают в нижние слои атмосферы различными путями – промышленные и автомобильные выбросы, сжигание сельскохозяйственных культур, лесные пожары и пыльные бури. Некоторые частицы (такие, как почвенная пыль и частицы сульфатов) в основном отражают и рассеивают поступающий солнечный свет, в то время как другие (такие, как дымная сажа) легко поглощают солнечный свет, который нагревает воздух вокруг них. Аэрозоли, уменьшающие количество солнечного света, которое могло достичь поверхности земли, как правило, являются причиной охлаждения

приземного воздуха в течение дня. Некоторые аэрозоли также избирательно поглощают и излучают инфракрасную энергию обратно на поверхность, нагревая приземного воздуха в ночное время. Однако общее чистое воздействие антропогенных аэрозолей на климат заключается в охлаждении поверхности.

В последние годы широко изучается влияние высокоотражающих сульфатных аэрозолей на климат. В нижних слоях атмосферы большинство этих частиц образуется при сжигании серосодержащих ископаемых видов топлива, но выбросы тлеющих вулканов также могут быть значительным источником тропосферных сульфатных аэрозолей. Загрязнение серой, которое более чем удвоилось во всем мире с доиндустриальных времен, поступает в атмосферу в основном в виде двуокиси серы. В атмосфере он превращается в крошечные капли или частицы сульфата. Поскольку эти аэрозоли обычно остаются в атмосфере всего несколько дней, они не успевают распространиться по всему земному шару. Следовательно, они плохо перемешаны, и их влияние ощущается в основном в Северном полушарии, особенно в загрязненных регионах [16].

Сульфатные аэрозоли не только рассеивают поступающий солнечный свет обратно в космос, но и служат ядрами конденсации облаков. Следовательно, они обладают потенциалом для изменения физических характеристик облаков. Например, если количество сульфатных аэрозолей и, следовательно, ядер конденсации внутри облака должно увеличиться, облаку придется делиться доступной влагой с добавленными ядрами, что должно привести к появлению гораздо большего количества (но меньших по размеру) облачных капель. Большее количество капель будет отражать больше солнечного света и уменьшать количество солнечного света, достигающего поверхности земли. Таким образом, сульфатные аэрозоли отражают поступающий солнечный свет, снижая тем самым температуру поверхности земли в течение дня. Сульфатные аэрозоли также могут влиять на облака, увеличивая их отражательную способность.

Б) Извержения вулканов и аэрозоли в стратосфере

Извержения вулканов могут оказать решающее влияние на климат. Во время извержений вулканов в стратосферу могут выбрасываться мелкие частицы пепла и пыли (а также газы). Ученые сходятся во мнении, что наибольшее влияние на климат оказывают извержения вулканов, богатые сернистыми газами. Данные газы на протяжении примерно двух месяцев в присутствии солнечного света соединяются с водяным паром, образуя крошечные отражающие частицы серной кислоты, которые увеличиваются в размерах, образуя плотный слой тумана. Дымка может находиться в стратосфере в течение нескольких лет, поглощая и отражая обратно в космос часть поступающей энергии Солнца. Поглощение солнечной энергии наряду с поглощением инфракрасного излучения от Земли нагревает стратосферу. Отражение поступающего солнечного света дымкой охлаждает воздух на поверхности земли, особенно в полушарии, где происходит извержение.

В попытке соотнести богатые серой извержения вулканов с долгосрочными тенденциями глобального климата ученые измеряют кислотность годовых слоев льда в Гренландии и Антарктиде. Как правило, чем больше концентрация частиц серной кислоты в атмосфере, тем выше кислотность слоя льда. Относительно кислый лед был открыт примерно с 1350 по 1700 года, что соответствует Малому ледниковому периоду. Такие результаты свидетельствуют о том, что богатые серой извержения вулканов, вероятно, сыграли важную роль в инициировании этого сравнительно прохладного периода и, возможно, других прохладных периодов в геологическом прошлом.

1.2.5 Изменение климата и колебания солнечной энергии

В прошлом считалось, что солнечная энергия не менялась более чем на долю процента в течение многих столетий. Однако измерения, сделанные современными радиометрами на борту спутников, показывают, что

излученная энергия Солнца может изменяться больше, чем считалось. Более того, излученная энергия Солнца немного меняется в зависимости от активности солнечных пятен.

Солнечные пятна – это огромные магнитные бури на Солнце, которые проявляются в виде более прохладных (темных) областей на поверхности Солнца. Они появляются циклически, причем их количество и размер достигают максимума примерно каждые 11 лет. В периоды максимальных солнечных пятен Солнце излучает больше энергии, чем в периоды минимумов солнечных пятен. Большее количество ярких областей (факелов) вокруг солнечных пятен излучает больше энергии, что компенсирует эффект темных пятен [1,16].

11-летний цикл солнечных пятен не всегда преобладает. По-видимому, между 1645 и 1715 годами, в период, известный как минимум Маундера, солнечных пятен было мало, если они вообще были. Интересно отметить, что минимум пришелся на самую холодную стадию Малого ледникового периода – время, когда глобальная средняя температура снизилась примерно на $0,5^{\circ}\text{C}$ по сравнению с долгосрочным средним значением. Некоторые ученые предполагают, что снижение яркости Солнца отчасти было причиной этого похолодания.

В попытке лучше понять поведение Солнца исследователи изучают звезды, которые похожи по возрасту и массе на наше Солнце. Недавние наблюдения показывают, что у некоторых из этих звезд излученная энергия может варьироваться на целых 0,4 процента, что заставляет некоторых ученых предполагать: изменения в излученной энергии Солнца могут частично объяснить глобальное потепление в течение прошлого века.

Магнитное поле Солнца меняется в зависимости от активности солнечных пятен и фактически меняется каждые 11 лет. Поскольку для возвращения в исходное состояние требуется 22 года, магнитный цикл Солнца составляет 22 года, а не 11. Некоторые исследователи указывают на тот факт, что периодические 20-летние засухи на Великих равнинах

Соединенных Штатов, по-видимому, коррелируют с этим 22-летним солнечным циклом. Совсем недавно ученые обнаружили связь между 11-летним циклом солнечных пятен и погодными условиями в Северном полушарии. Зимнее потепление может быть связано с изменением солнечных пятен и с изменением направления стратосферных ветров над тропиками.

Подводя итог, можно сказать, что колебания солнечной энергии могут объяснять климатические изменения в масштабах десятилетий и столетий. На сегодняшний день было предложено много теорий, связывающих колебания солнечной активности с изменением климата, но ни одна из них не была доказана. Однако приборы на борту спутников и солнечных телескопов на Земле следят за Солнцем, дабы проследить, как может изменяться его излученная энергия. Поскольку необходимы многолетние данные, может пройти некоторое время, прежде чем мы полностью поймем взаимосвязь между солнечной активностью и изменением климата на Земле.

1.3 Физико-географическое описание региона исследования

В качестве Средней полосы России было применено административно-территориальное деление областей и в нее вошли следующие области: Смоленская, Брянская, Калужская, Московская, Рязанская, Пензенская, Нижегородская, Самарская области, Республики Мордовия и Чувашия. Перечисленные области относятся к Центральному и Приволжскому федеральным округам. Среди Приволжского федерального округа были выбраны только его западные области. На рисунке 1.4 представлен карта региона исследования с нанесенными на нее станциями, которые были выбраны для проведения научно-исследовательской работы.

Для анализа условий формирования начала весеннего в Средней полосе России были выбраны 15 станций: Брянск, Смоленск, Сухиничи, Можайск,

Москва, Коломна, Павелец, Рязань, Елатьма, Земетчино, Краснослободск, Лукоянов, Порецкое, Самара, Серноводск.

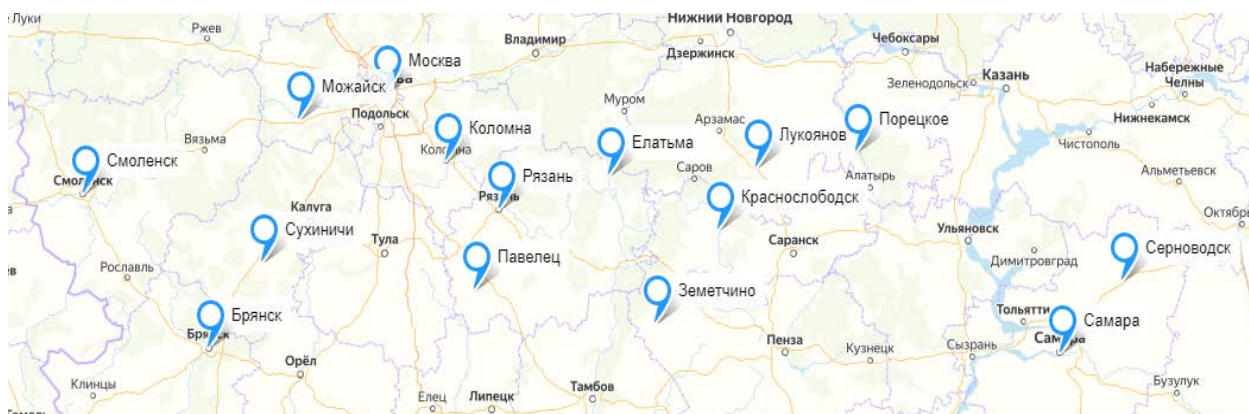


Рисунок 1.4 – Карта региона исследования

Ниже, в таблице 1.1, представлена информация о широте и долготе станции, ее высоте над уровнем моря и о годе начала наблюдений.

Таблица 1.1

Информация о выбранных для исследования станциях Средней полосы
России

№	Код станции	Название станции	Широта	Долгота	Высота над уровнем моря, м	Год начала наблюдений
1	26781	Смоленск	54°45'	32°04'	236	1887
2	26898	Брянск	53°15'	34°19'	214	1928
3	27509	Можайск	55°31'	36°00'	184	1932
4	27612	Москва, ВДНХ	55°50'	37°37'	147	1948
5	27625	Коломна	55°08'	38°44'	112	1913
6	27648	Елатьма	54°57'	41°46'	132	1885

7	27665	Лукоянов	55°02'	44°30'	217	1886
8	27675	Порецкое	55°11'	46°20'	136	1891
9	27707	Сухиничи	54°06'	35°21'	237	1926
№	Код станции	Название станции	Широта	Долгота	Высота над уровнем моря, м	Год начала наблюдений
10	27730	Рязань	54°38'	39°42'	155	1931
11	27756	Краснослободск	54°26'	43°46'	185	1951
12	27823	Павелец	53°47'	39°15'	209	1927
13	27857	Земетчино	53°29'	42°38'	131	1880
14	28802	Серноводск	53°55'	51°16'	112	1917
15	28900	Самара	53°15'	50°13'	136	1936

Смоленская область. Смоленская область является субъектом Российской Федерации и расположена на крайнем западе европейской территории России. На западе область граничит с Республикой Беларусь, на севере – с Псковской и Тверской областями, на востоке – с Московской областью, на юго-востоке – с Калужской, а на юге – с Брянской областью. Смоленская область входит в состав Центрального федерального округа (ЦФО). Административным центром является город Смоленск. Площадь области составляет 49 779 км². На территории области располагаются четыре действующие станции – Смоленск, Вязьма, Гагарин и Рославль. Для работы над магистерской диссертацией были выбраны станции южнее 55°50' с.ш. и с достаточно протяженным рядом среднесуточной температуры воздуха (с 1960 года). Поэтому среди этих четырех станция была выбрана только станция Смоленск. Смоленск находится на западе области.

Смоленская область находится на западе центральной части Восточно-Европейской равнины. Наибольшая высота в Смоленской области составляет

314 метров, так как основная часть территории находится в пределах пологохолмистой Смоленско-Московской возвышенности.

Климат Смоленской области относится к умеренно континентальному. Средние температуры января изменяются от -8°C на западе области до -10°C на востоке. Средние температуры июля составляют $17-18^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков изменяется в пределах 630-730 мм, самая увлажненная часть области – западная. Стоит отметить, что в зимний период на территорию области влияют теплые влажные воздушные массы с Атлантики, в связи с чем часто наблюдаются оттепели [3].

Брянская область. Брянская область входит в состав ЦФО и расположена практически в центральной части Восточно-Европейской равнины. Область граничит с Украиной и Республикой Беларусь, а также с Калужской и Смоленской областями на севере, Орловской и Курской областями на востоке. Административным центром является город Брянск. Площадь области составляет 34 900 км². На территории области расположены шесть действующих станций – Брянск, Жуковка, Карачев, Красная Гора, Трубчевск и Унеча. Для исследования была выбрана только станция Брянск, так как она находится южнее $55^{\circ}50'$ с.ш. и в архиве станции имеется протяженный ряд среднесуточной температуры воздуха, так как для работы необходим ряд с 1960 года. Станция Брянск расположена на северо-востоке области.

Рельеф Брянской области – слабоволнистая равнина, которая имеет общий пологий склон, ориентированный с северо-востока и востока на юго-запад. Высота области над уровнем моря изменяется от 288 до 125 метров. На территории области большое количество водных ресурсов: рек, озер, болот, искусственных водоемов, источников подземных вод, – однако крупных озер здесь немного. Самая протяженная и крупная река – Десна. Интересный факт, что на территории области много искусственных прудов (564) и водохранилищ (27).

Климат Брянской области частично формируется под влиянием воздушных масс с Атлантики. Можно сказать, что климат области умеренно континентальный, с умеренно холодной зимой и относительно теплым летом. Среднегодовая температура июля находится в пределах 18-19 °С, в январе же она может составлять от -7,5 °С до -8,5 °С. Более теплой является южная часть области. Среднее годовое количество осадков по территории области составляет 520-660 мм. Большая часть осадков (70%) выпадает в теплую половину года. На холодные месяцы приходится около 30 % осадков [4].

Калужская область. Калужская область входит в состав Центрального федерального округа. Область граничит: на севере – с Московской областью и г. Москва, на востоке – с Тульской, на юге – с Орловской и Брянской областями, на западе – со Смоленской областью. Административный центр – город Калуга. Площадь области составляет 29 777 км². На территории области располагаются семь станций – Калуга, Сухиничи, Обнинск, Жиздра, Малоярославец, Мосальск, Спас-Деменск. В архиве ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» в открытом доступе есть данные среднесуточной температуры воздуха только по станции Сухиничи. Станция находится центре Калужской области.

Калужская область расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины, перепад высот составляет около 170 метров. Самая высокая точка Калужской области, значение которой достигает 275 метров, находится в северо-западной части Среднерусской возвышенности. Гидрологическая сеть области густая: по территории протекают около 200 рек протяженностью более 10 км. Основной водной артерией является река Ока, которая относится к бассейну реки Волги.

Климат, как и во многих областях выбранного региона, является умеренно континентальным. Сезоны выражены четко: лето – умеренно жаркое и влажное, зима – умеренно холодная. Средние температуры января – от -9 до -10,5 °С; июля – от +17 до +18,5 °С. За год в среднем выпадает от

550 до 650 мм осадков, при этом 70 % – в виде дождя, а 30% – в виде снега. Преобладают ветры западных направлений [5].

Московская область. Московская область (неофициальное название – Подмосковье) относится к ЦФО и находится в центре Восточно-Европейской равнины. Московская область граничит со многими областями: с Тверской областью – на севере и северо-западе, с Владимирской – на север-востоке и востоке, на юго-востоке проходит граница с Рязанской областью, а на юге с Тульской, с Калужской областью граничит на юго-западе, на западе – со Смоленской. В центре область граничит с Москвой (городом федерального значения). Административным центр области не определен, хотя фактически им является Москва, однако сама она в состав области не входит. Площадь области составляет 46 000 км². На территории области находятся больше 20-ти действующих метеорологических станций, для нашего исследования были выбраны станции южнее Москвы (южнее 55°50' с.ш.). Эти станции – Москва (ВДНХ), Коломна и Можайск. Москва располагается в центре Московской области, Можайск – на западе, а Коломна – на юго-востоке.

Западная часть области представляет собой холмистые возвышенности, а восточная – обширные низменности. Высота области изменяется от 255 метров на юге (Москворецко-Окская равнина) до 95 метров на востоке (обширная Мещёрская низменность). На территории области протекает свыше 300 рек, основные из них: Волга, Ока, Клязьма, Москва. В Московской области около 350 озер, но все они имеют максимальную глубину до 5-10 метров.

Климат Московской области – умеренно континентальный. Лето в области теплое, а зима – умеренно холодная, при этом в восточных, юго-восточных районах области континентальность выражена четче. Средняя температура января изменяется от -9 °С на западе области до -12 °С на востоке. Самым теплым месяцем является июль; его средняя многолетняя температура на северо-западе составляет +18 °С, на юго-востоке – +21 °С. Среднегодовое количество осадков варьируется от 500 до 700 мм [6].

Рязанская область. Рязанская область является субъектом Российской Федерации, административным центром которого является город Рязань. Входит в состав ЦФО. Область расположена в центре европейской территории России, граничит с Московской, Владимирской, Нижегородской, Пензенской, Тамбовской, Липецкой и Тульской областями, Республикой Мордовия. Площадь области – 39 605 км². Из шести метеорологических станций, действующих на территории области, – Рязань, Елатьма, Павелец, Ряжск, Сасово, Тума, – по поставленным условиям были выбраны 3 первые станции. Станции Рязань и Павелец находятся в западной части Рязанской области, а Елатьма – на северо-востоке.

Рязанская область располагается на южной части Мещёрской низменности, северо-восточной части Среднерусской возвышенности и северной части Окско-Донской равнины. Высота области над уровнем моря изменяется от 120 метров в районе Мещёрской низменности и до 236 в отрогах Среднерусской возвышенности. При этом низкая часть области – 76 метров над уровнем моря, – располагается на границе с Владимирской областью у реки Оки. Главными водными артериями являются реки Ока и Дон. Ока течет по территории Рязанской области на протяжении 489 км, тогда как протяженность Дона на территории области составляет всего 10 км. Озер в Рязанской области насчитывается более 2837 штук [8].

Рязанская область расположена в зоне умеренно континентального климата. Климат области формируют и Азорский и Азиатский антициклоны, и циклоны, зарождающиеся в районе Исландской депрессии, поэтому область находится под влиянием воздушных масс из разных очагов формирования. Всё это делает климат области сбалансированным, с умеренно холодной зимой и жарким летом. Средняя месячная температура января изменяется в пределах от -10,5 °С до -11,5 °С, июля – от +18,8 °С до +20 °С. Среднегодовая сумма осадков составляет приблизительно 500 мм на севере области и 600 мм на юге [7].

Пензенская область. Пензенская область относится к Средней полосе России, располагается на юго-востоке европейской части России и является частью Приволжского федерального округа. Административным центром области является город Пенза. Пензенская область граничит на юге – с Саратовской областью, на западе – с Тамбовской, на востоке – с Ульяновской, а на севере и северо-западе – с Республикой Мордовией и Рязанской областью соответственно. Площадь области составляет 43 352 км². Среди метеорологических станций, расположенных на территории области, – Городище, Заметчино, Пенза, Пачелма, Сердобск, – для исследования была выбрана станция Заметчино. Она располагается на северо-западе Пензенской области.

Рельеф Пензенской области на востоке представлен западными склонами Приволжской возвышенности, а на западе – Окско-Донской равниной. Наибольшая высота региона – 324 метра (Приволжская возвышенность), наименьшая – 150 метров (Окско-Донская равнина). Реки, протекающие по территории области, относятся к бассейнам рек Волга и Дон. В общей сложности в Пензенской области протекает более 300 рек, протяженность которых больше 10 км.

Климат области – умеренно континентальный. Особенностью расположения области является то, что она находится на границе трех природных зон: лесной, лесостепной и степной. Средние температуры июля +19 °С, а января – -12 °С. Среднегодовое количество осадков варьируется от 680 мм в северо-восточной части области до 550 мм в южной. Распределение сумм осадков по месяцам также сильно изменчиво: может выпасть от 30 до 200% от их средних значений. Из-за неравномерного выпадения осадков и вследствие этого появления дефицита увлажнения для области характерны периодические засухи [9].

Нижегородская область. Нижегородская область является субъектом Российской Федерации, входит в состав Приволжского федерального округа. Административным центром является город Нижний Новгород. На северо-

западе проходит граница между Нижегородской и Костромской областями, на северо-востоке граничит с Кировской областью, на востоке – с Республиками Марий Эл и Чувашия, на юге проходит граница с Республикой Мордовия, на юго-западе – с Рязанской областью, а на западе – с Владимирской и Ивановской областями. Площадь Нижегородской области – 76 624 км². На территории области расположено большое количество станций – 12 пунктов, но для магистерского исследования была выбрана только одна станция – Лукоянов. Она располагается на юге области.

Нижегородская область расположена в центре Восточно-Европейской (Русской) равнины. С запада на восток по области протекает р.Волга, которая делит ее на две части: Правобережье, которое в основном возвышено, и Левобережье, которое представляет собой более низменную часть. Возвышенное Правобережье занимает северо-западная часть Приволжской возвышенности, которую также называют Мордовской возвышенностью. В данном районе находится самая высокая точка области. Территория Левобережья представлена Волжско-Ветлужской низиной, колебания высот здесь небольшие. Как уже было сказано, гидрологическая сеть Нижегородской области представлена самой крупной рекой европейской территории России – Волгой, – а также ее правыми притоками – реками Ока и Сура, – и левыми притоками – реками Узола, Керженец и Ветлуга. Талые снеговые воды служат главным источником питания рек. Около 2,5 тысяч озер насчитывается на территории региона. На территории Левобережья находится около 85% болот, которые занимают низинные области.

Для Нижегородской области характерен умеренно континентальный климат. Зима, как и во многих областях Средней полосы России, умеренно холодная, а лето тёплое. Средние температуры января изменяются в пределах от -11 °С до -13 °С. Средние температуры июля попадают в градацию от +18-19 °С. Для северо-западной части Нижегородской области среднегодовое количество осадков равно 600 мм, в юго-восточной же части осадков меньше и их среднегодовое количество составляет 450 мм. В виде кратковременных

летних ливней выпадает от 30 до 40% годовой нормы. С сентября по май характерными ветрами являются ветры южных и юго-западных направлений. В летний сезон преобладают северо-западные направления ветра [12].

Самарская область. Самарская область расположена в восточной части европейской территории России. Город Самара является административным центром Самарской области, которая входит в состав Приволжского федерального округа. На севере область граничит с Республикой Татарстан, на востоке и юго-востоке – с Оренбургской областью, на юго-западе – с Саратовской областью, на западе – с Ульяновской областью. Площадь области – 53 565 км². На территории области действуют пять станций – Большая Глушица, Самара (обсерватория), Сызрань, Тольятти, Челно-Вершины. Для исследования были взяты две станции Самарской области: Самара и Серноводск. Самара располагается в центре области, а Серноводск – на северо-востоке.

Самарская область расположена в юго-восточной части Восточно-Европейской равнины. Также, как и по Нижегородской области, на территории региона протекает река Волга, которая делит область на правобережную и левобережную части. Территория области богата различными формами рельефа: платообразные участки Приволжской возвышенности; плоские и волнисто-увалистые равнины Низкого Заволжья; всхолмленное, сильно пересеченное Высокое Заволжье; пологоувалистые возвышенности; узкая и живописная долина реки Волги. Самарская область характеризуется двумя природно-географическими зонами: лесостепью и степью.

Климат Самарской области можно охарактеризовать как умеренно континентальный, зима холодная, а лето сухое и жаркое. Стоит отметить, что в среднем 60% дней в году погоду области определяет антициклональный тип циркуляции (антициклон или гребень). Средние температуры января колеблются в пределах от -12,5 °С в западной части до -14,3 °С в восточной; июля – от 18,8 °С в северо-западной части области до

21,1 °С в юго-восточной. Среднее годовое количество осадков изменяется от 500 мм в западной части до 400 мм в крайней южной части области [13].

Республика Чувашия. Республика Чувашия входит в состав Приволжского федерального округа, ее административный центр – город Чебоксары. На западе проходит граница с Нижегородской областью, на севере – с Республикой Марий Эл, на востоке граничит с Татарстаном, а на юге – с Ульяновской областью и Республикой Мордовия. Площадь области составляет 18 343 км². В Республике Чувашия находятся четыре метеостанции – Чебоксары, Алатырь, Канаш и Порецкое. Для работы над магистерской диссертацией была взята станция, которая располагается на юго-западе области, – Порецкое.

Чувашия находится в восточной части Восточно-Европейской равнины. Большая часть территории Республики находится на правом берегу Волги, которое представляет собой Приволжскую возвышенность с Чувашским плато. Самой высокая точка Чувашии – Чувашское плато (270 метров над уровнем моря). Из-за того, что территория Республики изрезана оврагами и балками, на их крутых склонах часто наблюдаются оползни. Левый берег Волги представляет собой низменную, местами заболоченную равнину. В Чувашской Республике насчитывается около 750 озер и более 2350 рек. Однако озера в основном не крупные, а длина наибольшей части рек (>90%) составляет менее 10 км, то есть они относятся к мельчайшим [11].

Республика Чувашия находится в зоне умеренно континентального климата. Лето на территории Республики теплое, зима – умеренно холодная. Чувашия характеризуется двумя природными зонами – лесостепной и лесной. Средняя температура воздуха в январе – -13 °С, в июле – +20 °С. Среднегодовое количество осадков изменяется в небольших пределах – от 530 до 570 мм [10].

Республика Мордовия. Республика Мордовия относится к субъектам Российской Федерации, расположена на границе центральной и восточной частей Восточно-Европейской равнины и входит в состав Приволжского

федерального округа. Административным центром Республики является г.Саранск. Площадь Мордовии – 26 128 км². Она граничит: на севере – с Нижегородской областью, на востоке – с Чувашской Республикой и Ульяновской областью, на юге – с Пензенской областью, на западе – с Рязанской областью. На территории Республики находятся четыре станции – Саранск, Краснослободск, Темниково и Торбеево. Для анализа условий начала весеннего сезона была выбрана одна станция – Краснослободск. Она находится в западной части Мордовии.

Западную часть Мордовской Республики занимает Окско-Донская равнина, которая характеризуется широкими водоразделами и пологими склонами. Центральная и восточная части региона – Приволжская возвышенность с оврагами и балками. Гидрологическая сеть Мордовии представлена бассейном р.Волги: крупнейшими реками являются Мокша и Сура. Озер на территории Республики насчитывается около пятисот, многие из них относятся к особо охраняемым природным территориям [15].

Климат Республики Мордовия – умеренно континентальный, с четкой выраженностью сезонов. Средняя температура июля по территории Республики – +19°C, января – -11 °C. Чаще всего регион оказывается под влиянием теплых воздушных масс с Атлантики. Среднегодовое количество осадков – 450-500 мм. Большая часть осадков выпадает в виде дождя, летом [14].

2 Характеристика весеннего сезона

2.1 Понятие «весны» и методы определения начала весеннего сезона

Весна является одним из четырех времен года, переходным периодом между летом и зимой.

Под климатическим сезоном понимается период времени года, который характеризуется однородным ходом метеорологических параметров и устанавливается определенным температурным режимом. Граница начала и окончания климатической весны не совпадает с календарными границами месяцев. Как известно, календарная весна состоит из трех месяцев – марта, апреля и мая в Северном полушарии и сентября, октября и ноября в Южном полушарии. Каждый год 1 марта россияне ждут потепления и начала «обещанного» наступления весны. Но перед их глазами чаще всего одна и та же картина: холодный ветер, снег и сугробы. А все это по тому, что климатическая весна в Средней полосе России начинается в третьей декаде марта-начале апреля.

Помимо понятий климатической и календарной весны выделяют так называемую фенологическую весну. Начало и окончание фенологической весны определяется не календарем, а наблюдением за природой. В каждом сезоне (будь то зима, весна, лето или осень) выделяют подсезоны, наступление которых определяется по феноиндикаторам. Феноиндикаторы – набор природных явлений, которые позволяют отличить один подсезон от другого [22].

Рассматривая весну с точки зрения фенологии, в этом сезоне выделяют четыре подсезона. В таблице 2.1 представлена краткая характеристика каждого из четырех подсезонов: таяния снега, оживления весны, разгара весны и предлетья, или по-другому «весны зеленой травы». В таблице показано, по каким феноиндикаторам определяется начало и конец каждого подсезона, а также феноиндикаторы за весь период подсезона.

Феноиндикаторы, характеризующие наступление каждого подсезона
фенологической весны

Подсезоны	Феноиндикаторы	
	для начала и конца подсезона	за весь подсезон
Первый подсезон: таяние снега	Начало: появление первых проталин в поле; Конец: начало цветения ольхи серой и орешника-лещины.	Прилет чаек, грачей, скворцов, жаворонков; сход снежного покрова, начало очищения водоемов ото льда; начало рыбалки по открытой воде; некоторые виды рыбы (язь, ерш, щука и др.) готовятся и приступают к нересту.
Второй подсезон: оживление весны	Начало – зацветание ольхи серой; желтеющая мать-и-мачеха; Конец – облиствение березы и «пыление» вяза.	Очищение водоемов ото льда; подсыхание верхнего слоя почвы; активизируются дождевые черви; прилетают журавли и вельдшнепы; начало нереста у окуня и леща.
Третий подсезон: разгар весны	Начало – озеленение березы; Конец – начало цветения рябины и лиловой сирени.	Зеленеют деревья и кустарники, цветет черемуха, зацветают фруктовые сады; прилет певчих птиц; активное появление насекомых; жор щуки, ловится лещ и голавль, нерест плотвы и подуста, заканчивает нерест язь.
Четвертый подсезон: предлетье, «весна зеленой травы»	Начало – начало цветения рябины и лиловой сирени; Конец – цветение шиповника.	Окончание цветения фруктовых садов; выколашивание озимой ржи и луговых злаков; начинает зацветать незабудка (в сырых местах), нивяник-поповник (на суходолах); вылет стрекоз.

В метеорологии для определения даты начала весеннего сезона используют более универсальный показатель. Таковым считается значение среднесуточной температуры воздуха. Началом климатической весны считается дата устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел на повышение. Рассмотрим, какими методами может определяться эта дата и какие для этого есть критерии.

Перед тем, как перейти к рассмотрению методик, стоит отметить, что наступления фенологических явлений активно используются для оценки региональных изменений климата. Для этого строятся фенологические модели, которые связывают наступление фенологического явления с климатическим фактором [21].

2.2 Методы определения даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел на повышение

При работе над магистерской диссертацией в качестве границы начала весеннего сезона была принята дата устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C на повышение. Ее можно рассчитать различными методами. В данной главе работы рассмотрим, какими методами в метеорологии и агрометеорологии определяется дата устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел на повышение.

1. Метод среднедекадных температур

Первым среди методов определения начала климатической весны будет метод среднедекадных температур. Среди всех методов он является самым простым. Суть метода: с февраля по апрель считаются среднедекадные температуры воздуха, затем находится и анализируется первая декада с положительной температурой. Если следующая среднедекадная температура воздуха будет отрицательной и перекроет положительную, то такой переход среднесуточной температуры воздуха нельзя назвать устойчивым.

Устойчивый переход температуры через нулевой предел происходит в той декаде, которая также является положительной, но последующая отрицательная декада не перекрывает ее по модулю.

2. Метод А.В. Федорова для среднедекадных температур

При определении даты начала весеннего сезона по методу А.В.Федорова на первом этапе с февраля по апрель рассчитываются среднедекадные температуры воздуха.

Вторым этапом для того, чтобы рассчитать даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел на повышение, выбираются смежные декады со средними отрицательными и положительными температурами воздуха.

На третьем этапе применяются интерполяционные формулы:

$$\text{для весны: } S = \frac{-a}{b-a}d + 5,$$

$$\text{для осени: } S = \frac{b}{b-a}d + 5,$$

где S – число дней от первого дня выбранной декады с отрицательной средней температурой воздуха для весны (или декады с положительной средней температурой – для осени); b – среднедекадная температура выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$; a – среднедекадная температура ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$; d – число дней декады с отрицательной средней температурой воздуха для весны (число дней декады с положительной средней температурой – для осени).

После расчета значения S его следует прибавить к дате, с которой начинается выбранная декада с отрицательным значением температуры воздуха. Полученное число будет считаться датой устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C [18].

3. Метод В.А. Хаустова

При нахождении даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C на повышение по методу В.А.Хаустова

считаются накопленные среднесуточные температуры воздуха; накопление начинается еще в зимний период, когда среднесуточная температура воздуха впервые достигает -5°C , так как с этого момента начинается перестройка на начало весеннего сезона. После расчета накопленных среднесуточные температуры воздуха строится график найденных накопленных температур, и точка минимума, когда график начинает идти вверх, считается датой начала весеннего сезона, то есть произошел устойчивый переход среднесуточные температуры воздуха через нулевой предел на повышение [17,19].

Иллюстрация данного метода представлена на рисунке 2.1. В точке устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C в сторону повышения фиксируется начало весны, что и показано на данном графике.

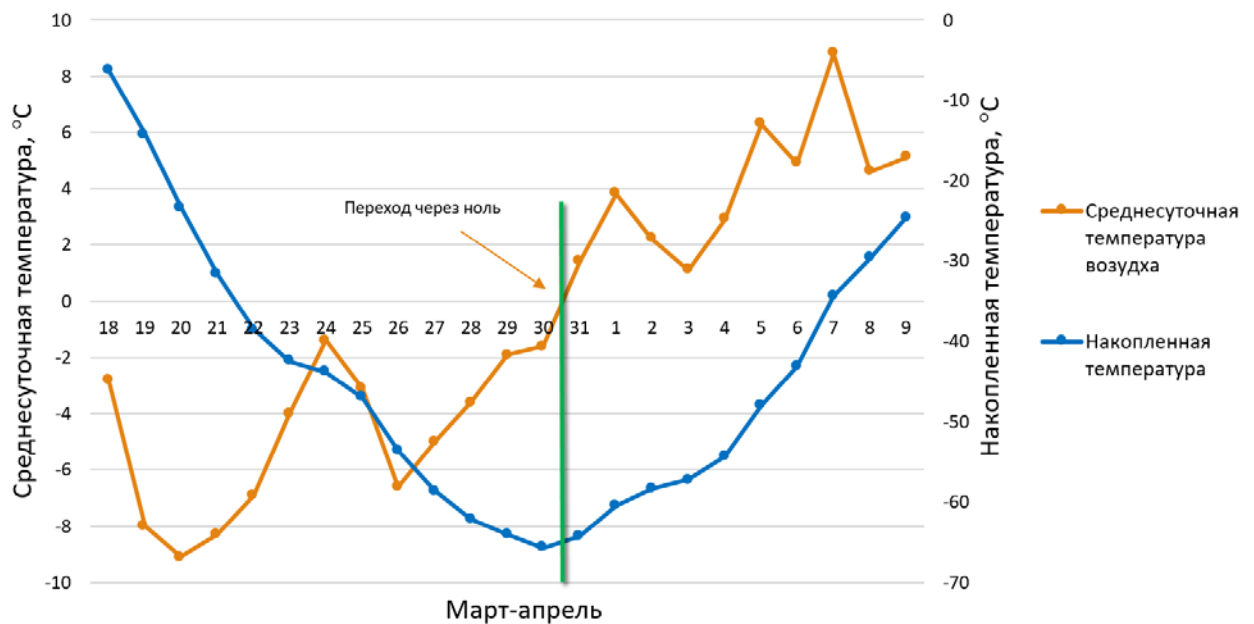


Рисунок 2.1 – Определение даты перехода среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел на повышение по методу В.А. Хаустова

Для того, чтобы не считать вручную накопленные температуры за каждый год, разработан программный пакет, который позволяет быстро и не менее точно получить даты начала весеннего сезона. Перед тем, как воспользоваться программой, подготавливается txt-файл с таблицей. Для этого создается Excel-файл, в первом столбике которого указывается год, во втором – месяц, в третьем – день, в четвертом находится исследуемая характеристика. Если исследуемой характеристикой является температура, то необходимо умножить ее на 10, чтобы не было запятых. Затем файл сохраняется в формате txt с таблицей. После открытия файла в программе получаем файл txt1. Затем, нажав правой кнопкой мыши, получаем файл txt2. В файл txt2 находится столбик, который состоит из трех значений: 777, 0 и 1. Скопировав этот столбик в файл Excel со среднесуточными температура воздуха и заменив значения 777 на пробелы, мы получаем, что остаются только 0 и 1 напротив дат переходов среднесуточной температуры воздуха через 0°C. Значение 0 стоит напротив перехода в сторону понижения, а 1 – в сторону повышения температуры. В файле txt1 содержится информация о продолжительности теплого периода, он в данной работе не анализировался.

3 Анализ условий формирования начала весеннего сезона в Средней полосе России

3.1 Постановка цели и задач

Основной целью магистерской диссертации является анализ циркуляционных условий, которые формируют начало весеннего сезона в Средней полосе России.

Основные задачи работы:

- а) Рассчитать даты начала весеннего сезона по выбранным для исследования станциям в Средней полосе России;
- б) Выявить синоптические условия формирования начала весеннего сезона на территории исследуемого региона.

Для того, чтобы получить даты начала весеннего на выбранных станциях в Средней полосе России, был создан архив среднесуточных температур воздуха за период с 1960 по 2019 года. Данные среднесуточных температур воздуха были взяты из архива ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД».

За начало весеннего сезона принята дата устойчивого перехода температуры воздуха через нулевой предел на повышение.

3.2 Анализ динамики даты начала весеннего сезона в Средней полосе России

Согласно вышеизложенному, за границу начала весеннего сезона принята дата устойчивого перехода температуры воздуха через нулевой предел на повышение. Даты устойчивого перехода через нулевой предел на повышение для каждой станции были рассчитаны по методу В.А. Хаустова (рис. 2). Метод заключается в суммировании отрицательных температур, начиная с первого появления среднесуточной температуры воздуха $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше (для начала весны), и построения графика накопленных температур. В

точке минимума, когда тенденция на накопление меняется, считается, что произошел устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел на повышение, а, следовательно, началась весна. В сравнении с методом Федорова и методом среднедекадных температур он показывает большую оправдываемость (93%) [17].

Проанализировав рисунок 2, можно сделать вывод, что устойчивый переход температуры через нулевой предел на станции Брянск в 1962 году произошел с 30 на 31 марта.

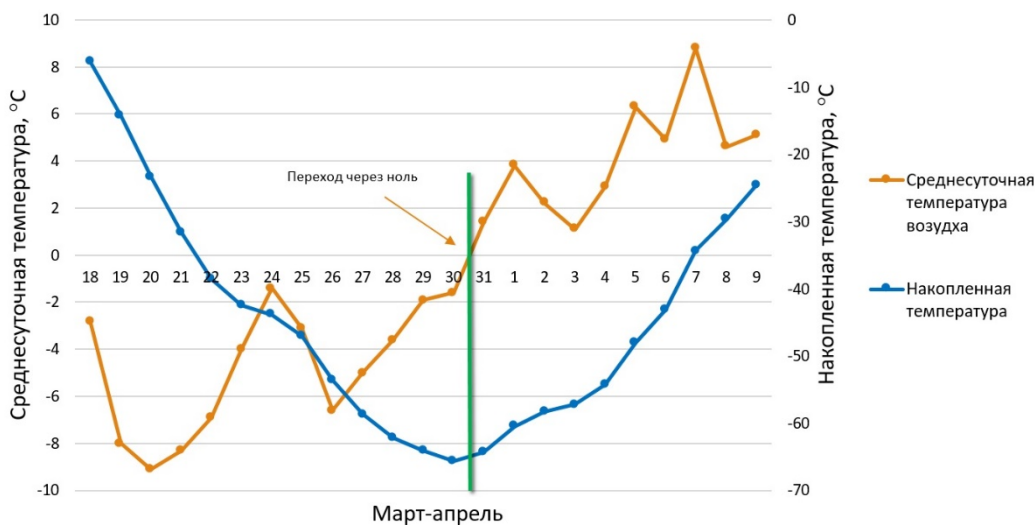


Рисунок 3.1 Определение даты перехода среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел на повышение по методу В.А. Хаустова

Для нахождения дат устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C на повышение использовался программный пакет, основанный на методике В.А. Хаустова. Подробное описание работы программы приводится в главе 2, подглава 2.2.

В качестве примера рассчитанных дат начала весны на рис. 3.2 показана динамика дат начала весеннего сезона на станции г.Брянск за период с 1960 по 2019 гг. По оси X представлены года, по оси Y – даты начала весны, представленные по юлианскому календарю (таб. 3.1). Внимательно изучив график, можно сказать, что, начиная с 1990 года,

просматривается тенденция на увеличение числа дат раннего начала весны на станции Брянск.

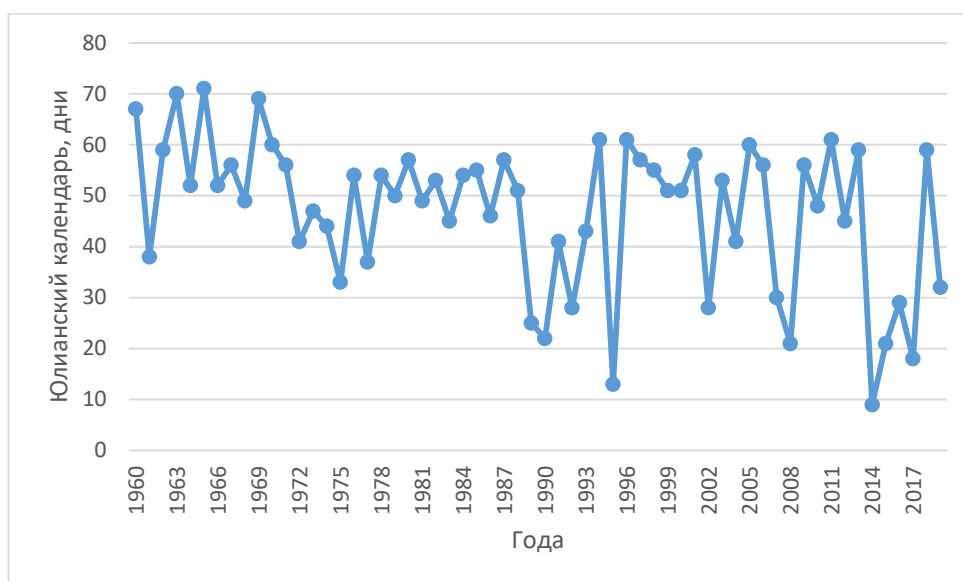


Рисунок 3.2 – Динамика даты начала весеннего сезона для станции Брянск за период с 1960 по 2019 гг. Неосредненные значения. Юлианский календарь.

Таблица 3.1

Юлианский календарь для начала весны в Средней полосе России

Февраль, день	Юлианский календарь	Март, день	Юлианский календарь	Апрель, день	Юлианский календарь
1	1	1	29	1	60
2	2	2	30	2	61
3	3	3	31	3	62
4	4	4	32	4	63
5	5	5	33	5	64
6	6	6	34	6	65
7	7	7	35	7	66
8	8	8	36	8	67
9	9	9	37	9	68
10	10	10	38	10	69
11	11	11	39	11	70
12	12	12	40	12	71
13	13	13	41	13	72
14	14	14	42	14	73

15	15	15	43	15	74
16	16	16	44	16	75
17	17	17	45	17	76
Февраль, день	Юлианский календарь	Март, день	Юлианский календарь	Апрель, день	Юлианский календарь
18	18	18	46	18	77
19	19	19	47	19	78
20	20	20	48	20	79
21	21	21	49	21	80
22	22	22	50	22	81
23	23	23	51	23	82
24	24	24	52	24	83
25	25	25	53	25	84
26	26	26	54	26	85
27	27	27	55	27	86
28	28	28	56	28	87
		29	57	29	88
		30	58	30	89
		31	59		

Получив даты начала весеннего сезона для каждой станции за каждый год с 1960 по 2019, мы разделили весь исследуемый период на два: с 1960 по 1989 гг. и с 1990 по 2019 гг. В каждом выделенном периоде были определены средние даты начала весеннего сезона по каждой станции и их изменение. Результаты расчетов представлены ниже в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Осредненные даты начала весеннего сезона за периоды 1960-1989 года и 1990-2019 года по каждой станции

Город	Дата начала весны		Изменения, дни
	1960-1989	1990-2019	
Смоленск	27 марта	16 марта	-11
Брянск	24 марта	14 марта	-10
Сухиничи	25 марта	18 марта	-7
Можайск	26 марта	19 марта	-7

Москва	23 марта	18 марта	-5
Коломна	26 марта	20 марта	-6
Город	Дата начала весны		Изменения, дни
	1960-1989	1990-2019	
Павелец	30 марта	22 марта	-8
Рязань	28 марта	22 марта	-6
Елатьма	28 марта	23 марта	-5
Земетчино	29 марта	23 марта	-6
Краснослободск	31 марта	26 марта	-5
Лукоянов	2 апреля	26 марта	-7
Порецкое	2 апреля	28 марта	-5
Самара	31 марта	27 марта	-4
Серноводск	1 апреля	30 марта	-2

Более наглядно изменение даты начала весны за два 30-летия показано на гистограмме рисунка 3.3.

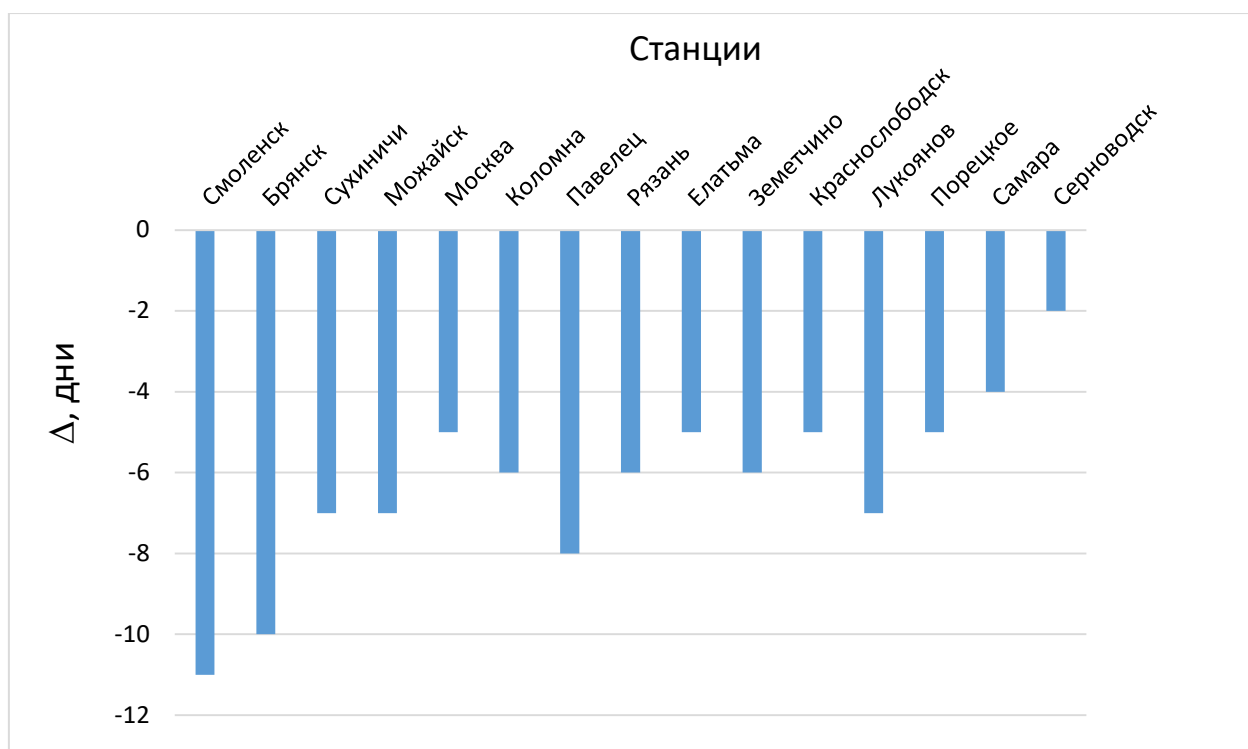


Рисунок 3.3 – Изменение даты начала весеннего сезона в районе исследования с 1960 по 2019 гг.

Проанализировав полученные результаты, мы получаем, что на всех станциях исследуемого региона весна стала приходить раньше. Максимальное изменение наблюдается на станции Смоленск – здесь весна стала наступать раньше на 11 дней. Минимальное изменение в дате начала весеннего сезона мы видим на станции Серноводск – в данном пункте весна также стала приходить раньше, но только на 2 дня.

Чтобы провести пространственный анализ изменения дат начала весеннего сезона на исследуемой территории за период с 1960 по 2019 год, с помощью программы ГИС MAP-Info были визуализированы полученные изменения. Результат представлен на рисунке 3.4.

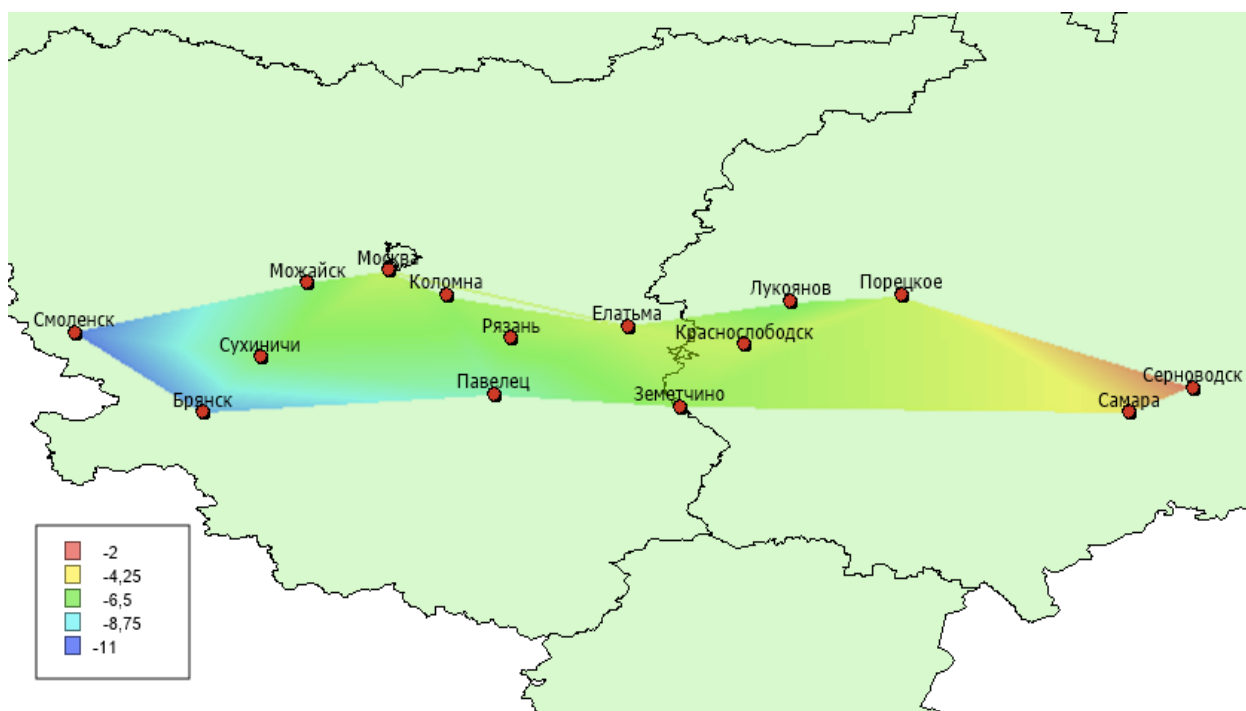


Рисунок 3.4 – Пространственное изменение сдвига весенней границы в днях на исследуемой территории за период с 1960 по 2019 год

На рисунке 3.4 показана карта пространственного изменения осредненных за два 30-летия дат начала весеннего сезона. Мы можем увидеть территориально, где заметен наиболее резкий сдвиг начала весны: самое значительное изменение наблюдается в западной части района исследования (станции Смоленск и Брянск), а минимальное – в восточной части (станции Серноводск и Самара). Конечно, это связано с циркуляционными процессами, которые будут рассмотрены в дальнейшем.

На следующем этапе анализа дат начала весны для каждой станции был построен график динамики начала весеннего сезона. Для того, чтобы было удобно анализировать изменение, полученные по методу Хаустова даты начала весны были осреднены методом скользящего среднего, окно осреднения – 30 лет. В качестве примера на рисунке 3.5 показан график динамики начала весеннего сезона для одной станции – Смоленск. По оси Y представлен юлианский календарь (см. таб. 3.1), по оси X – годы, центральная точка осреднения.



Рисунок 3.5 – Динамика начала весеннего сезона для станции Смоленск. Скользящее среднее. Окно осреднения – 30 лет.

Проанализировав по каждой станции даты начала весеннего сезона, осредненные с помощью метода скользящего среднего, были выделены 2 группы, в которых переход через 0°C на повышение из года в год идет похожим образом. Первая группа представлена на рисунке 3.6, вторая группа – на рисунке 3.7.

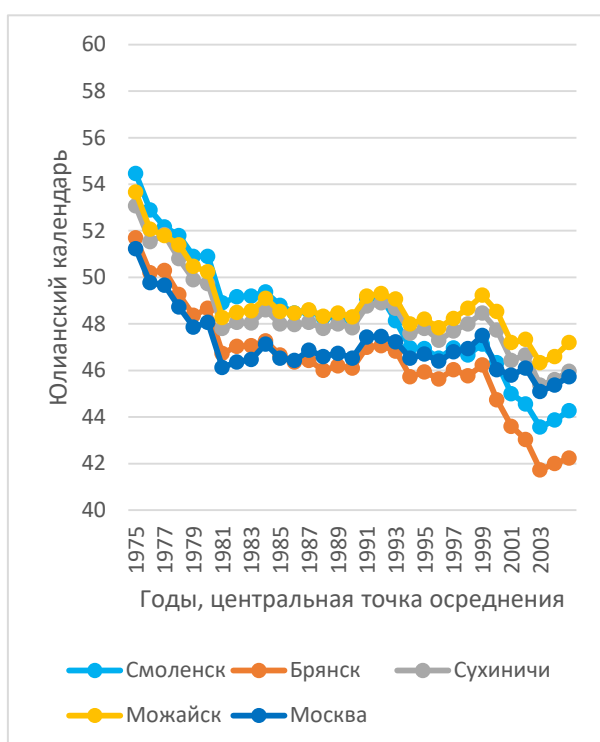


Рисунок 3.6 – Динамика начала весны.
1 группа. Скользящее осреднение.
Окно осреднения 30 лет

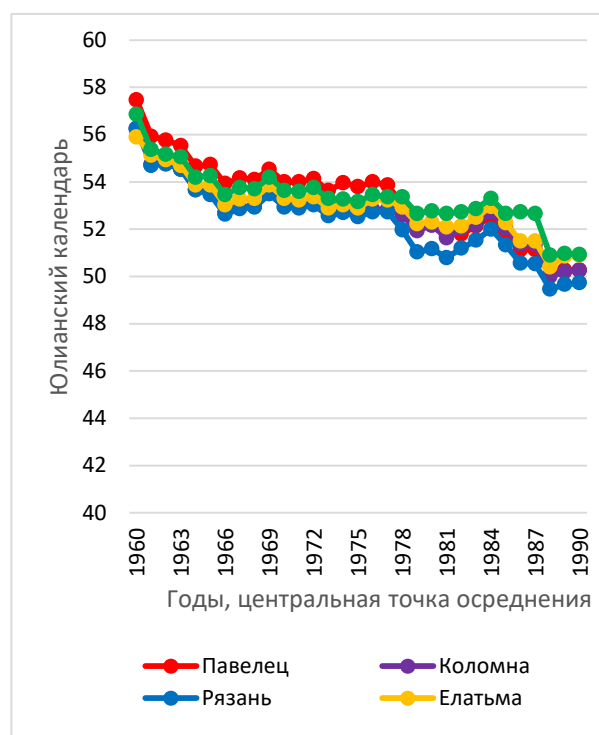


Рисунок 3.7 – Динамика начала весны.
2 группа. Скользящее осреднение.
Окно осреднения 30 лет

Сравнив два графика (рис. 3.6 и рис. 3.7), можно определить, что в целом ход похож у обеих выделенных групп, однако наблюдается в первой группе на рисунке 3.6 более раннее наступление весеннего сезона. Особенно это заметно после 1999 года. Так как точка 1999 является центральной точкой осреднения для периода с 1984 по 2013, можно сделать вывод, что, начиная приблизительно с 1984 года, циркуляционные процессы,

формирующие начало весеннего сезона в исследуемом регионе, изменились. И целесообразно будет заострить на этом внимание, анализируя синоптические процессы после 1984 года.

Пространственное расположение двух выделенных групп станций выглядит следующим образом (рисунок 3.8). Станции из первой группы: Смоленск, Брянск, Сухиничи, Можайск, Москва; вторая группа станций – Коломна, Рязань, Павелец, Елатьма, Земетчино. Для первой группы станций в качестве города-представителя была выбрана станция Брянск, для второй – станция Рязань.

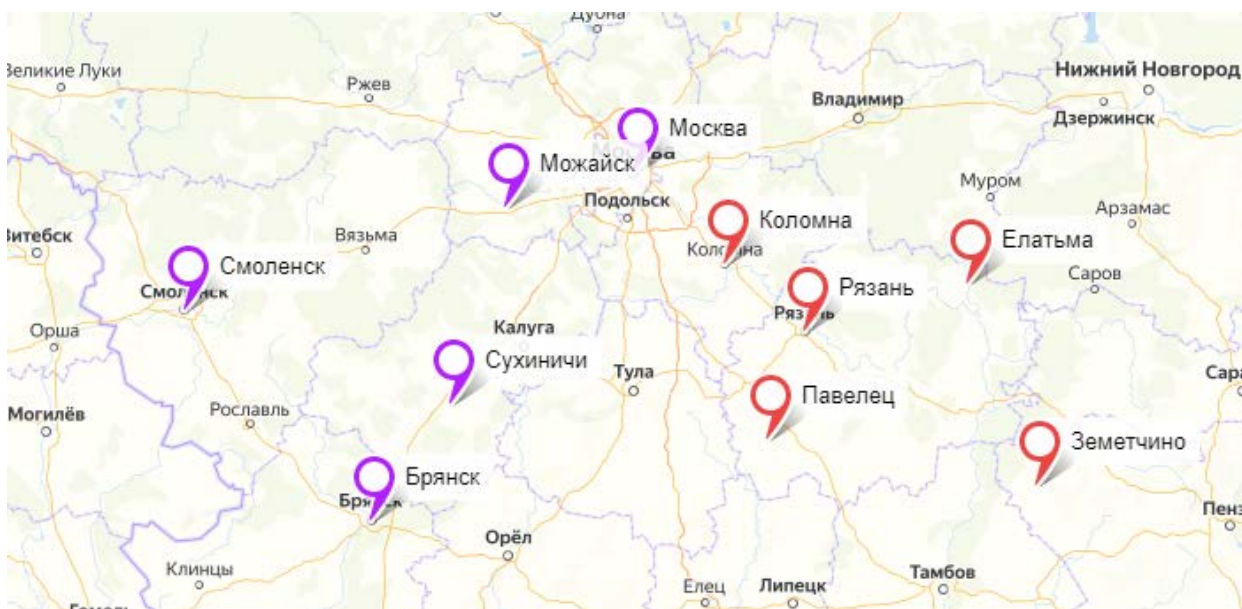


Рисунок 3.8 – Пункты, имеющие похожий характер начала весны

Для анализа синоптических процессов, которые формируют начало весны в регионе исследования, были использованы не все станции, для которых проводился расчет дат устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел на повышение. По результатам, полученным при осреднении дат начала весны за два 30-летия и предварительной оценки синоптических процессов, которые формируют

начало весны на станциях, расположенных восточнее от второй группы, было принято решение не использовать в дальнейшем при сравнении восточную часть исследуемого региона.

В результате анализа дат начала весны в выбранных пунктах были выделены две области для дальнейшего исследования. К первой области относятся станции первой группы: Сухиничи, Смоленск, Можайск, Москва, Брянск. К второй области относятся станции второй группы: Коломна, Рязань, Павелец, Елатьма, Земетчино.

3.3 Анализ повторяемости синоптических объектов, формирующих начало весеннего сезона в Средней полосе России

Одной из самых разных задач магистерской работы является анализ синоптических ситуаций, формирующих начало весеннего сезона. Для каждой даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C был создан и проанализирован архив синоптических карт. Для анализа синоптических ситуаций был использован архив реанализа ERA 20th century: приземные и высотные барические карты с 1960 года по 2019 год.

Реанализ ERA 20th century основан на наборе данных CERA-20C, доступном от ECMWF (the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды). CERA-20C – это совместный реанализ данных двадцатого века, целью которого является реконструкция прошлой погоды и климата земной системы, включая атмосферу, океан, сушу, океанские волны и морской лед. Этот реанализ основан на системе ассимиляции атмосферы и океана CERA, разработанной в Европейском центре среднесрочных прогнозов погоды. CERA-20C предоставляет ансамбль реанализов из 10 членов для учета ошибок в записи наблюдений, а также ошибок модели.

При работе над магистерской диссертацией были рассмотрены синоптические ситуации начала весны за каждый год на станциях-

представителях в выделенных группах: Брянск (первая группа) и Рязань (вторая группа).

Ниже представлена таблица 3.4, в которой содержится информация о повторяемости барических образований за весь исследуемый период на станции-представителе Брянск.

Таблица 3.4

Повторяемость барических объектов за исследуемый период
для станции-представителя Брянск

Период	Года	Барические объекты				
		Циклон	Антициклон	Ложбина	Гребень	Высокоградиентное поле давления между двумя барическими образованиями
1	1960-1969	1	3	-	-	6
	1970-1979	1	1	1	-	7
	1980-1989	2	2	-	1	5
2	1990-1999	3	-	1	3	3
	2000-2009	4	3	-	-	3
	2010-2019	2	1	1	-	6
За весь период		13	10	3	4	30

Проанализировав таблицу 3.4, можно сказать, что наиболее часто встречающимися синоптическими ситуациями, при которых происходит переход температуры воздуха через нулевой предел, являются циклон, антициклон и высокоградиентное поле давления между двумя барическими образованиями (ВДП). В половине случаев весна в первой выделенной группе – Брянск, Смоленск, Сухиничи, Можайск и Москва, для которой Брянск является городом-представителем, – начинается тогда, когда исследуемая территория находится в высокоградиентном поле давления между двумя барическими образованиями.

Аналогичная таблица составлена для станции-представителя Рязань. Информация о повторяемости барических объектов во второй группе представлена в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Повторяемость барических объектов за исследуемый период
для станции-представителя Рязань

Период	Года	Барические объекты				
		Циклон	Антициклон	Ложбина	Гребень	Высокоградиентное поле давления между двумя барическими образованиями
1	1960-1969	2	3	-	-	5
	1970-1979	1	-	1	3	5
	1980-1989	1	1	1	3	4
2	1990-1999	3	-	-	-	7
	2000-2009	1	2	1	2	4
	2010-2019	3	3	-	-	4
За весь период		11	10	3	8	28

Анализ таблицы 3.5 показал, что наиболее часто встречающимися синоптическими ситуациями, при которых происходит переход температуры воздуха через нулевой предел, являются циклон, антициклон и высокоградиентное поле давления между двумя барическими образованиями. В половине случаев весна во второй выделенной группе – Павелец, Рязань, Елатьма и Земетчино, для которой Рязань является городом-представителем, – начинается тогда, когда исследуемая территория находится в высокоградиентном поле давления между двумя барическими образованиями.

Для сравнительного анализа повторяемости барических объектов в двух выделенных группах были построены круговые диаграммы, которые представлены на рисунке 3.9. Внимательно изучив диаграммы, можно сделать вывод, в целом барические объекты, которые формируют начало

весеннего в первой и во второй группах станций, практически не отличаются, за исключением повторяемости гребней – под их влиянием над территорией второй группы станций в первом 30-лети (1960-1989 гг.) весна начиналась чаще.

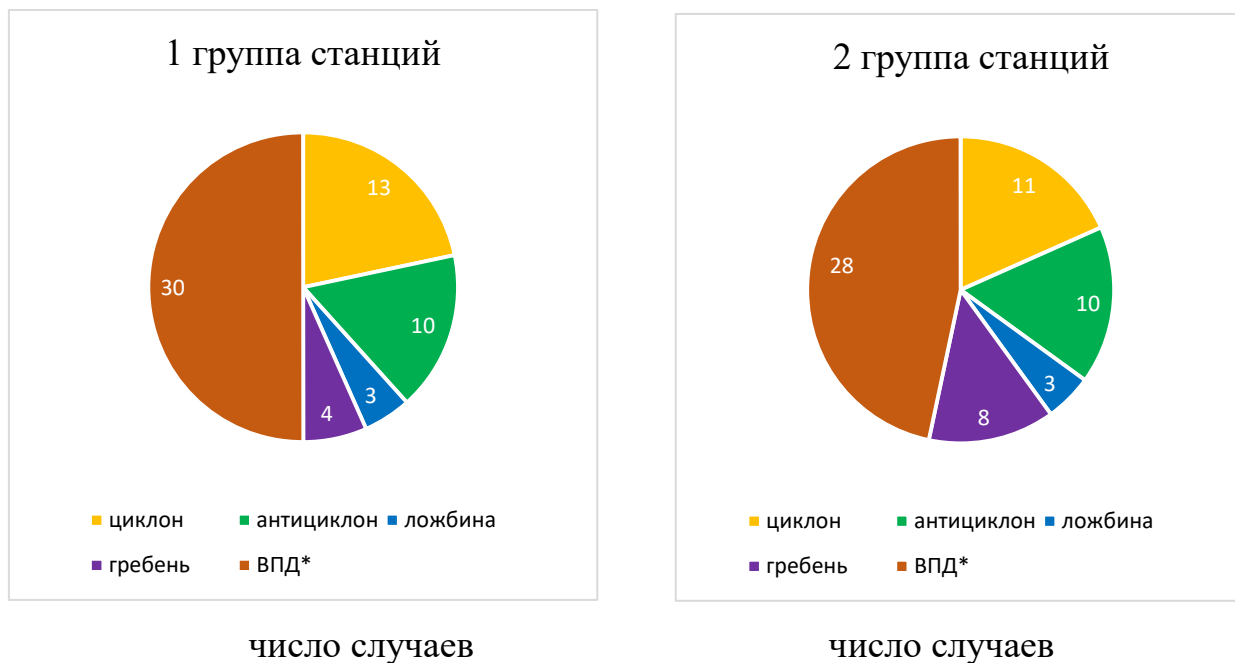


Рисунок 3.9 – Повторяемость барических объектов за период с 1960 по 2019 гг. для первой (диаграмма 1) и второй (диаграмма 2) групп станций

Высокоградиентное поле давления (ВПД) в данной работе наиболее часто встречается при начале весны. Особенность данной ситуации заключается в том, что под ней понимается высокоградиентная зона между атлантическим циклоном и антициклоном над Поволжьем. Область исследования находится в районе меридионально ориентированных изобар. Под влиянием подобной ситуации в область исследования продвигаются теплые воздушные массы с юга Европы или с северной части Черного моря.

3.4 Характерные синоптические ситуации «дружного» начала весны

Для анализа синоптических процессов, которые формируют начало весеннего сезона в выделенных группах, были использованы совместные

карты высотного (AT_{500}) и приземного давления, а также совместная карта приземного давления и AT_{850} , которая дает представление о распределении температуры на высоте 1,5 км.

В ходе исследования были выявлены наиболее характерные синоптические ситуации «дружного» начала климатической весны в первой и во второй группах станций. Их можно разделить на 3 типа:

а) Станции-представители и города, которые отнесены к двум выделенным группам: Брянск, Смоленск, Сухиничи, Можайск, Москва (первая группа) и Павелец, Рязань, Коломна, Елатьма, Земетчино (вторая группа), – оказываются под влиянием высокоградиентного поля давления между двумя барическими образованиями.

На рисунке 3.10 показана синоптическая ситуация единичного случая 1 апреля 1962 года, когда территория, на которой располагаются станции и первой, и второй группы, оказывается под влиянием высокоградиентного поля давления между двумя барическими образованиями, и происходит устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел на повышение на станциях обеих групп, а, следовательно, начинается весенний сезон.

Исследуемый регион связан с переходной зоной от передней части циклона к западной периферии антициклона. Центр обширного циклона располагается над Норвежским морем, европейская территория России находится под влиянием гребня антициклона. Изобары ориентированы меридионально.

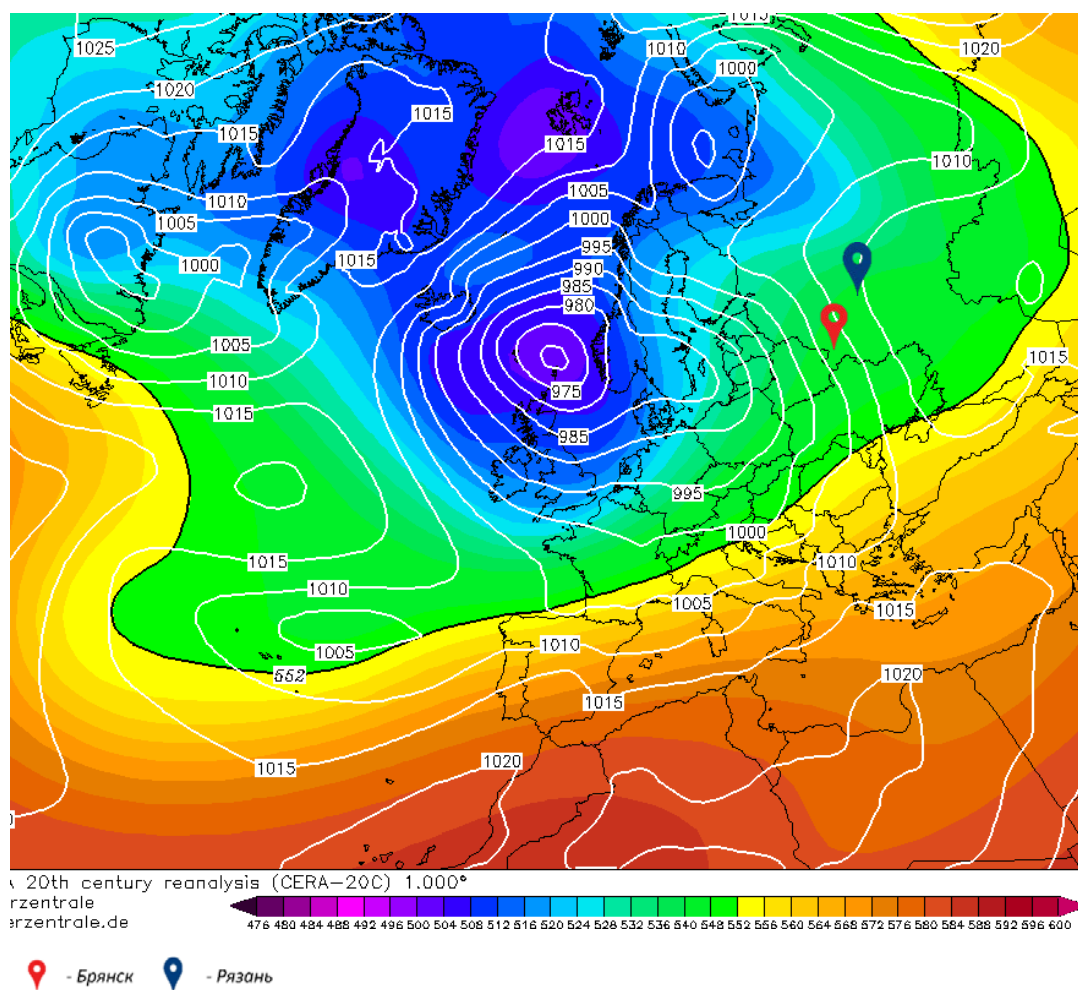


Рисунок 3.10 – Синоптическая ситуация, характерная для «дружного» начала весны в 1 и 2 группах станций. Высокоградиентное поле давления между двумя барическими образованиями Приземная карта и AT_{500}

Гребень тепла, который мы наблюдаем на картах AT_{850} (рис. 3.11) связан одновременно и с южными потоками в западной периферии антициклона, и с теплым сектором циклона. Данный гребень тепла, связанный с двумя барическими образованиями, располагается над исследуемой территорией, и в дальнейшем сдвигается на восток. Среднесуточная температура воздуха на метеостанции Брянск 1 апреля 1962 года равнялась $1,4^{\circ}\text{C}$, а в Рязань – 2°C .

Таким образом вся территория попадает под потоки теплого воздуха со Средиземного моря, и наблюдается устойчивый переход температуры

воздуха через нулевой предел. В этом случае высотная фронтальная зона находится в своем обычном положении пока еще для зимнего периода [20].

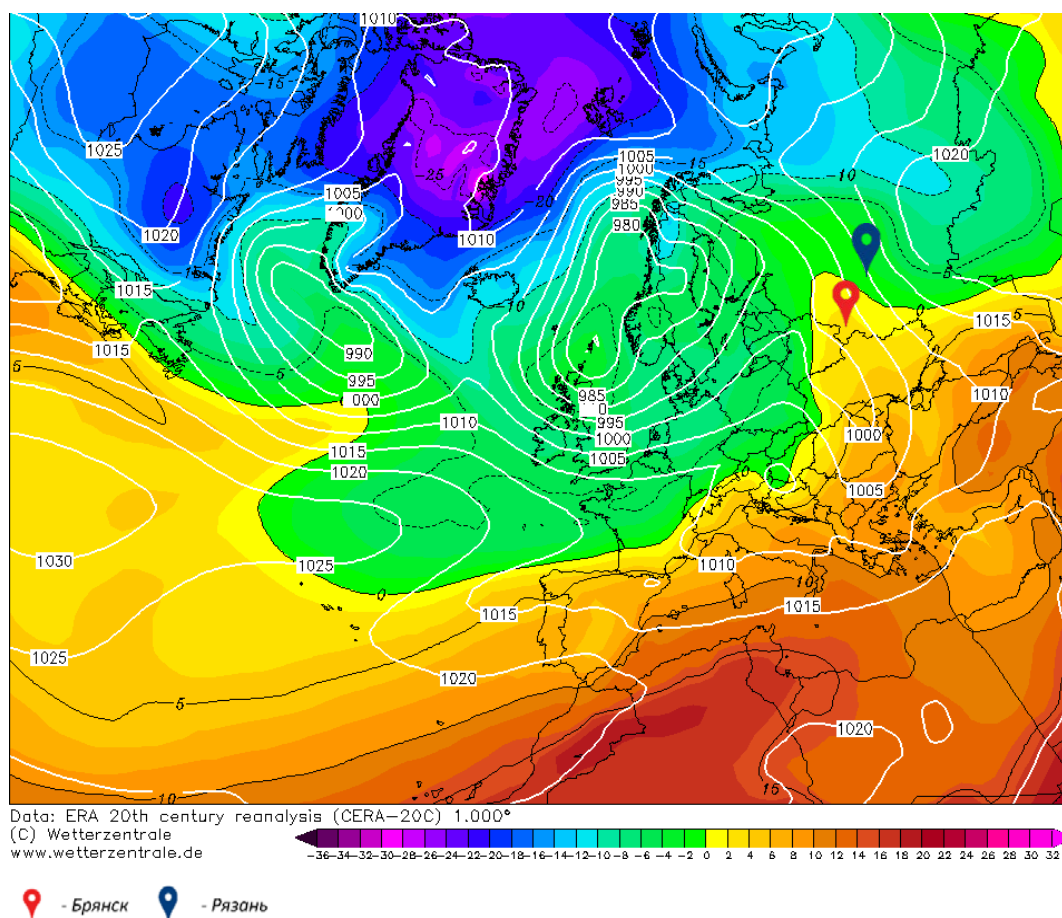


Рисунок 3.11 – Синоптическая ситуация, характерная для «дружного» начала весны в 1 и 2 группах станций. Высокоградиентное поле давления между двумя барическими образованиями. Карты АТ₈₅₀

б) Станции-представители и города, которые отнесены к двум выделенным группам: Брянск, Смоленск, Сухиничи, Можайск, Москва (первая группа) и Павелец, Рязань, Коломна, Елатьма, Земетчино (вторая группа), – оказываются под влиянием западной, либо центральной части антициклона.

Западная периферия антициклона является самой теплой частью антициклона, так как там наблюдаются потоки воздушных масс с юга, юго-востока.

На рисунке 3.12 показана синоптическая ситуация единичного случая 2 апреля 2011 года, при которой начинается весенний сезон на станции Брянск и на станциях первой группы, а также на станции Рязань и на территории, где располагаются станции второй выделенной группы.

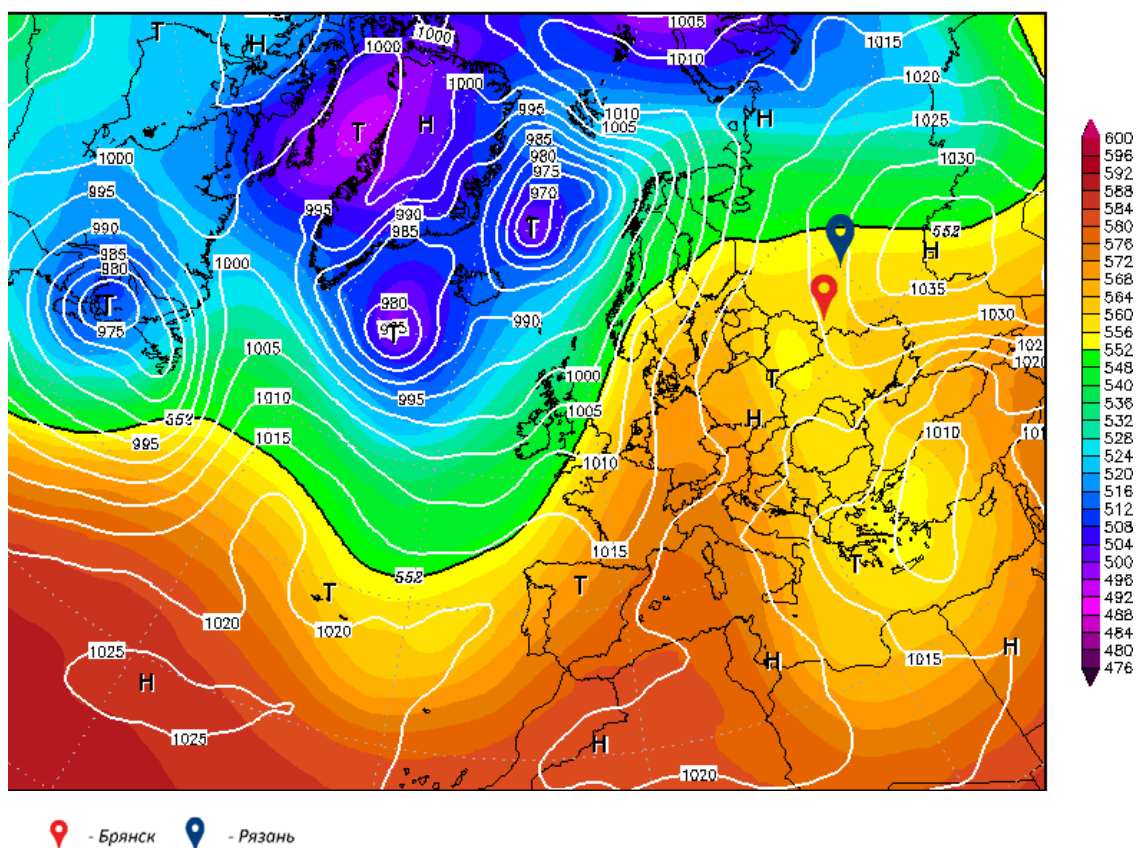


Рисунок 3.12 – Синоптическая ситуация, характерная для «дружного» начала весны в 1 и 2 группах станций. Антициклон. Приземная карта и AT_{500}

Центр антициклона располагается над Поволжьем и частично над территорией Казахстана. Над территорией исследуемого региона наблюдаются юго-восточный, южные залоки теплого воздуха с юга России и частично с восточной части Украины.

Среднесуточная температура воздуха в день перехода на станции Брянск поднялась значительно и была равна 6,5 °С. На станции Рязань среднесуточная температура в день перехода через нулевой предел равнялась 0,3 °С, а на следующий день поднялась до 2,7 °С.

По картам АТ₈₅₀(рис. 3.13) видно, что температура воздуха на высоте 1,5 км в 12:00 UTC 2 апреля 2011 г. была в пределах от 0°С до 2°С.

Стоит отметить, что переход должен быть обязательно в конце марта-начале апреля, когда антициклон уже приносит не холод, а дневной прогрев с суточным ходом до 10 градусов по Цельсию.

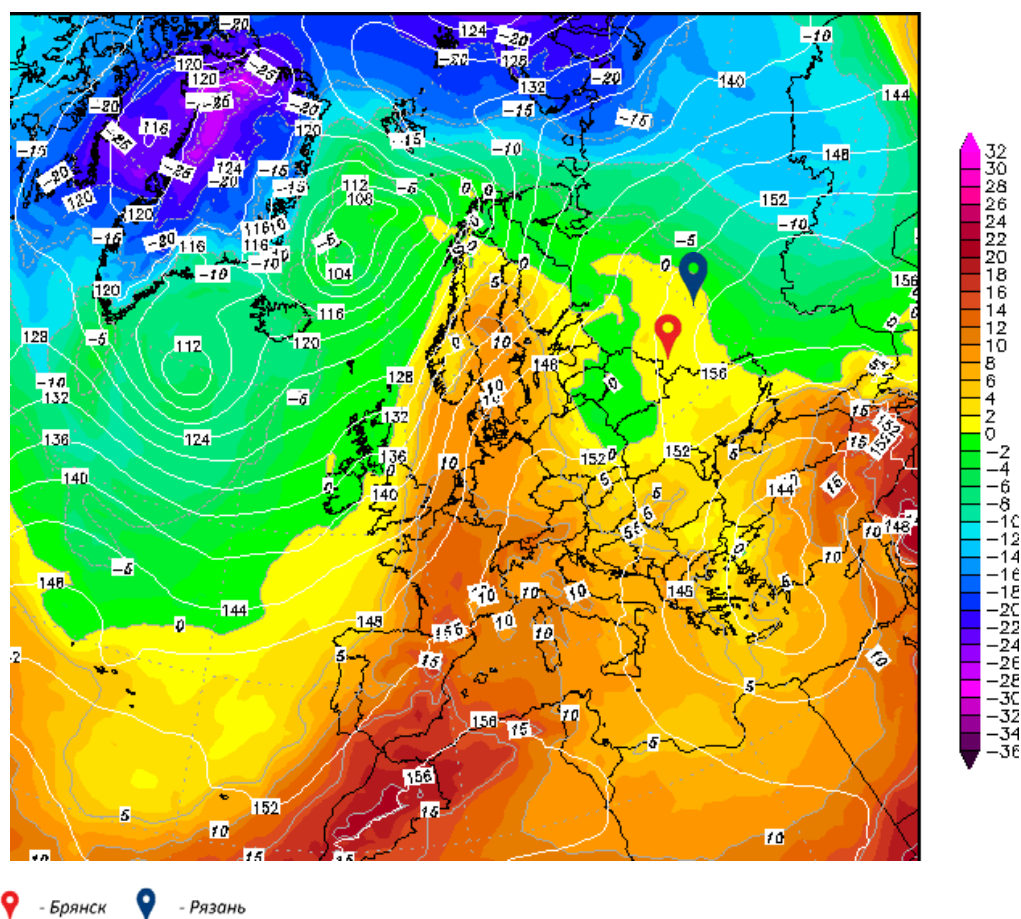


Рисунок 3.13 – Синоптическая ситуация, характерная для «дружного» начала весны в 1 и 2 группах станций. Антициклон. Карта АТ₈₅₀

в) Станции-представители и города, которые отнесены к двум выделенным группам: Брянск, Смоленск, Сухиничи, Можайск, Москва (первая группа) и Павелец, Рязань, Коломна, Елатьма, Земетчино (вторая группа), – оказываются под влиянием южной части циклона.

Южная часть циклона является самой теплой его частью, так как там наблюдаются южные, юго-западные ветры и потоки теплого тропического воздуха.

На рис. 3.14 показана синоптическая ситуация единичного случая 20 марта 2010 г. Мы видим, что территория, на которой располагаются станции первой и второй группы, находится под влиянием южной части обширного циклона. Он имеет два центра: один центр располагается над Атлантикой между о.Шпицберген и северной частью Норвегии; второй центр расположен на границе между Финляндией и Россией.

Область исследования находится под влиянием теплых воздушных масс с Атлантики, меридианы ориентированы зонально, направление ветра – западное, юго-западное.

По карте температуры воздуха на высоте 2 метра за 12:00 UTC (рис. 3.15) мы видим, что над территорией выбранных для анализа станций наблюдается вынос тепла, температуры находятся в диапазоне от 3°C до 6°C.

В день начала весеннего сезона среднесуточная температура воздуха на станции Брянск, который является городом-представителем для первой группы станций, была равна 4,3°C, а на станции Рязань, которая в свою очередь является городом-представителем для второй группы станций, равнялась 2°C.

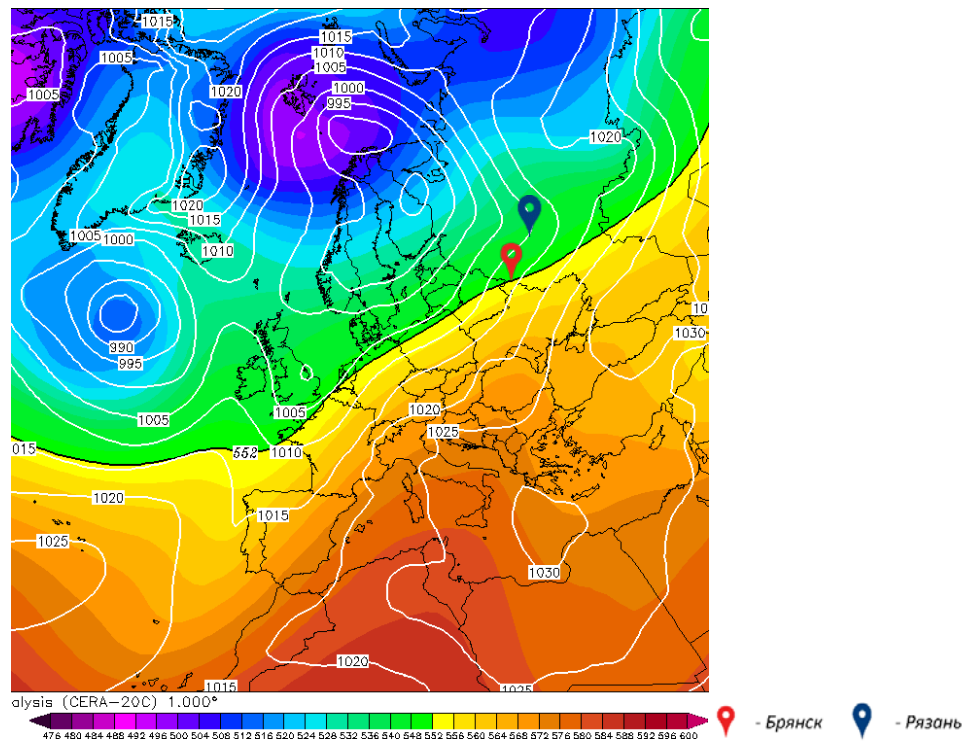


Рисунок 3.14 – Синоптическая ситуация, характерная для «дружного» начала весны в 1 и 2 группах станций. Циклон. Приземная карта и AT_{500}

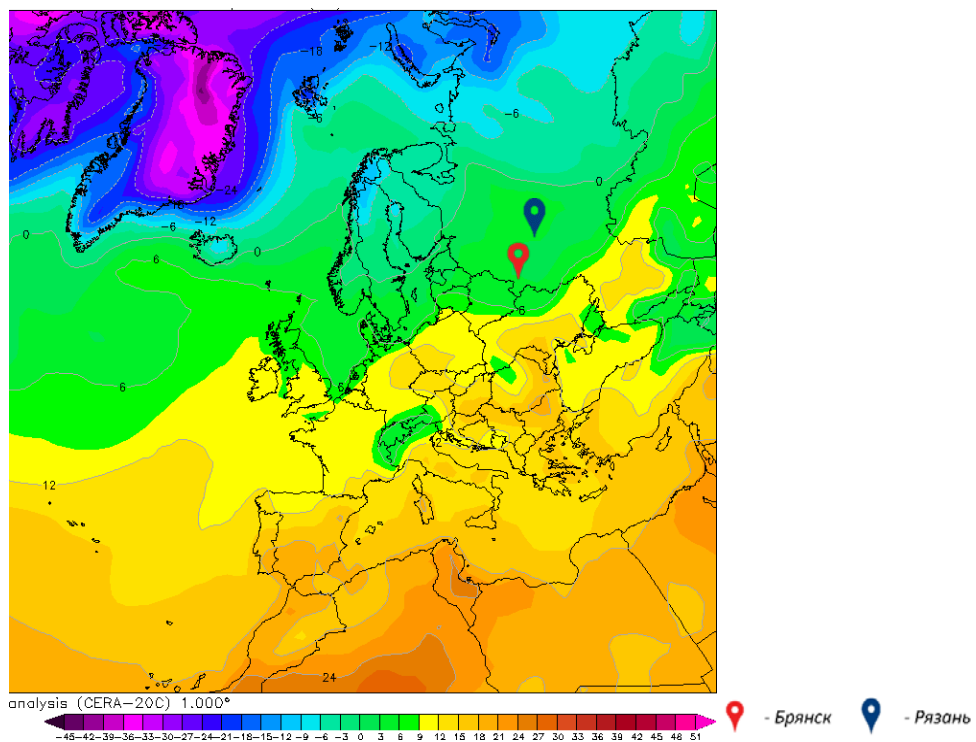


Рисунок 3.15 – Синоптическая ситуация, характерная для «дружного» начала весны в 1 и 2 группах станций. Циклон. Карта температуры воздуха на высоте 2 метра

3.5 Характерная синоптическая ситуация раннего начала весны в западной части Средней полосы России

Основываясь на предыдущих выводах по анализу динамики начала весеннего сезона, весна на исследуемой территории стала начинаться раньше. Особенно заметно это изменение на более западных станциях. На станции Брянск весна стала начинаться в среднем на 10 дней раньше: если в период 1960-1989 гг. весна в среднем приходила 24 марта, то с 1990 по 2019 гг. начало весеннего сезона приходится в среднем на 14 марта. На станции Рязань, которая расположена восточнее, начало весны в период с 1960 по 1989 гг. приходилось на 28 марта, а с 1990 по 2019 гг. начало весеннего сезона сместилось на 22 марта.

Если посмотреть неосредненный график дат начала весны за каждый год с 1960 по 2019 гг. (рис. 3.16), то можно увидеть, что довольно часто весна в этих двух группах наступает одновременно или с разницей в 1-3 дня, а изменение дат начала весны именно по средним значениям обусловлено появлением аномально ранних случаев наступления весны, которые приходятся на февраль и все чаще и чаще встречаются в последние десятилетия.

Целесообразно объяснить причину такого сдвига начала весны на более ранние даты, особенно на станции Брянск. Проанализировав даты перехода температуры воздуха через 0°C за два выделенных периода: 1960-1989 и 1990-2019, – на станции Брянск, мы увидели, что, начиная с 1989 года, самым ранним месяцем, в котором происходит переход температуры воздуха через нулевой предел на повышение, стал февраль. Таких случаев было 8. До 1989 года самой ранней датой начала весеннего сезона было 5 марта, после – 13 февраля.

На станции Рязань, начиная с 1990 года, самое раннее начало весеннего сезона также было зафиксировано в феврале. Но на данной станции в период с 1990 по 2019 было выявлено только 3 случая начала весны в феврале,

самый ранний из них – 22 числа. До 1990 года самая ранняя дата начала весны – 15 марта.

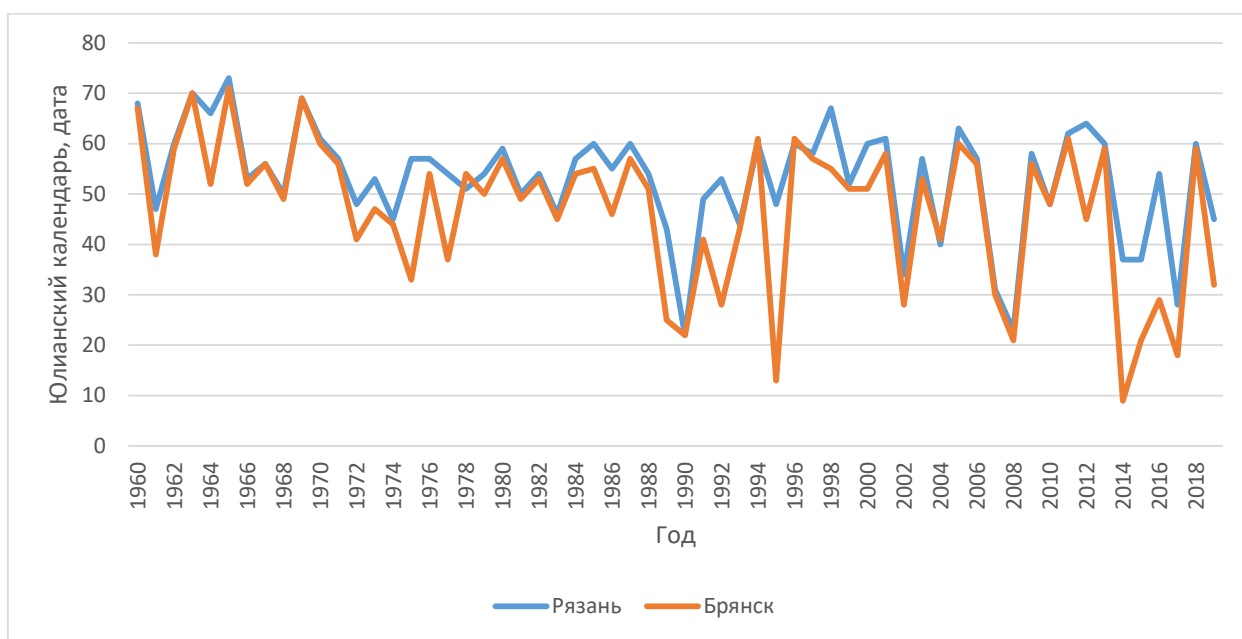


Рисунок 3.16 – Даты начала весны за период с 1960 по 2019 для г.Брянск (первая группа) и г.Рязань (вторая группа). Юлианский календарь.

Сопоставив года с датами февральских переходов температуры на станции Брянск с теми же годами на станции Рязань, мы решили проанализировать синоптические ситуации в те дни, когда в Брянске начался весенний сезона, а в Рязани нет, и понять, почему так произошло.

На рисунке 3.17 представлен график среднесуточной температуры воздуха с 18 февраля по 8 апреля 2015 года на станциях-представителях Брянск и Рязань. На станции Брянск переход температуры через нулевой предел произошел 21 февраля, а на станции Рязань – 9 марта.

По графику рисунка 3.17 мы видим, что в момент, когда весна началась в Брянске (21 февраля), в Рязань тоже наблюдался переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C . Но, проанализировав последующие дни, мы делаем вывод, что в Рязань этот переход не был устойчивым, уже через 3 дня

среднесуточная температура опустилась ниже нуля по Цельсию, тогда как в Брянске она оставалась положительной.

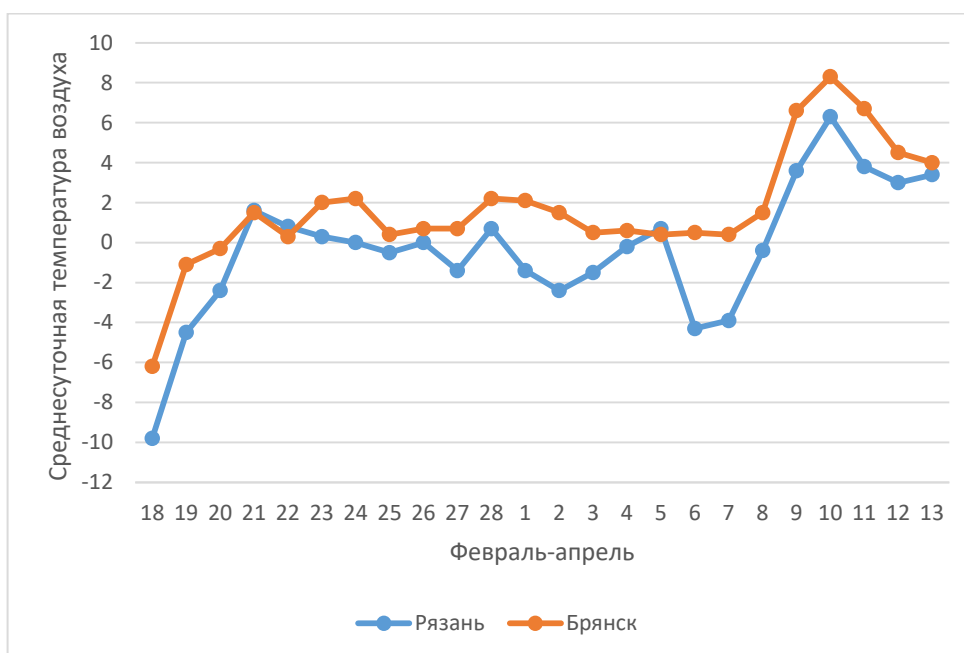


Рисунок 3.17 – График среднесуточной температуры воздуха с 18 февраля по 8 апреля 2015 года на станциях Брянск и Рязань

На рисунке 3.18 представлена синоптическая ситуация в день начала весеннего сезона на станции Брянск. Брянск находится в высокоградиентном поле между двумя барическими объектами – циклоном и антициклоном. Центр мощного циклона расположен над Норвежским морем, между о. Шпицберген и северо-западной частью Скандинавского полуострова. Центр антициклона находится над территорией Южного федерального округа и Казахстаном. Положительные температуры в Брянске (и на станциях первой группы) обусловлены передней частью многоцентральной депрессии, Рязань находится под влияния западной периферии антициклона с центром над Поволжьем. В момент перехода наблюдаются потоки теплого воздуха с юга Украины, высотная фронтальная зона проходит через наш регион исследования, то есть на высоте 5 км циркулирует тропический воздух.

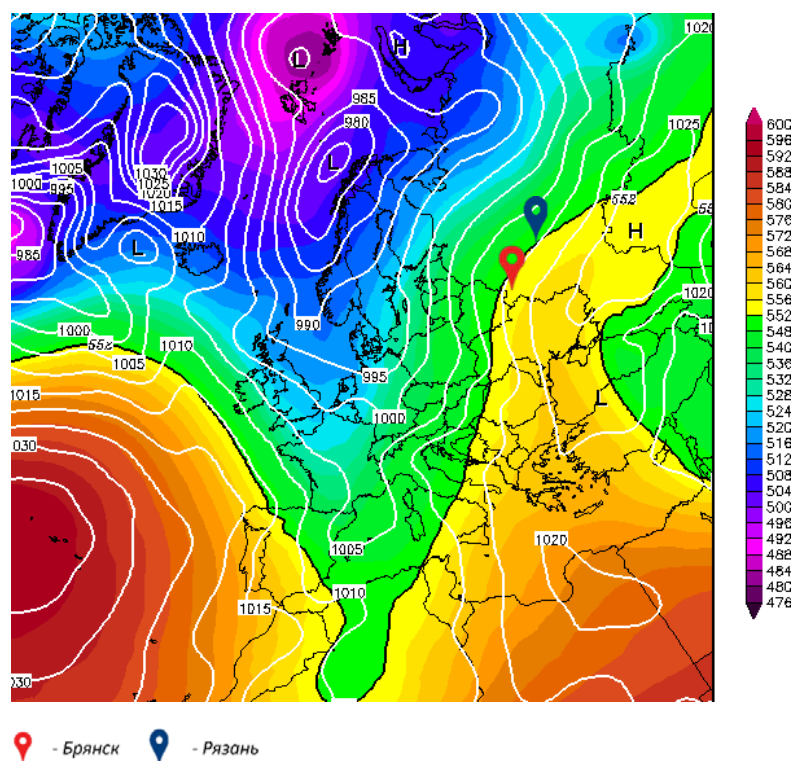


Рисунок 3.18 – Синоптическая ситуация, характерная для раннего начала весны в Брянске. Приземная карта и AT_{500} за 21.02.2015

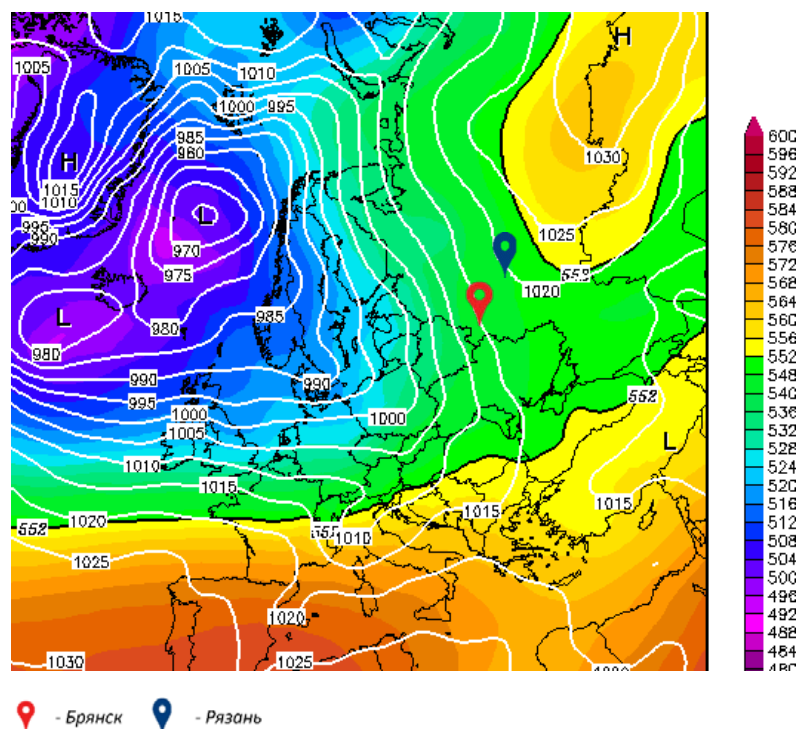


Рисунок 3.19 – Синоптическая ситуация, характерная для раннего начала весны в Брянске. Приземная карта и AT_{500} за 02.03.2015

Через некоторое время первая группа станций находится в зоне влияния передней части многоцентровой депрессии с меридионально вытянутыми изобарами, и воздушные потоки так же поступают с юга Украины. Наличие отрицательных среднесуточных температур воздуха на станции Рязань за период с 24 до 8 марта связаны с тем, что антициклон, который находился над территорией Южного федерального округа и Казахстана, сместился на восток, вглубь континента (рис. 3.19). Конфигурация изобар стала такой, что на территорию станций второй группы поступает холодный воздух из очага холода, соответствующего центру этого антициклона. Рязань в этот промежуток времени находилась под влиянием его западной периферии, и в ночное и утреннее время в районе станции наблюдались отрицательные температуры, тогда как Брянск находился рядом с границей нулевой изотермы в положительном поле температур (рис. 3.20).

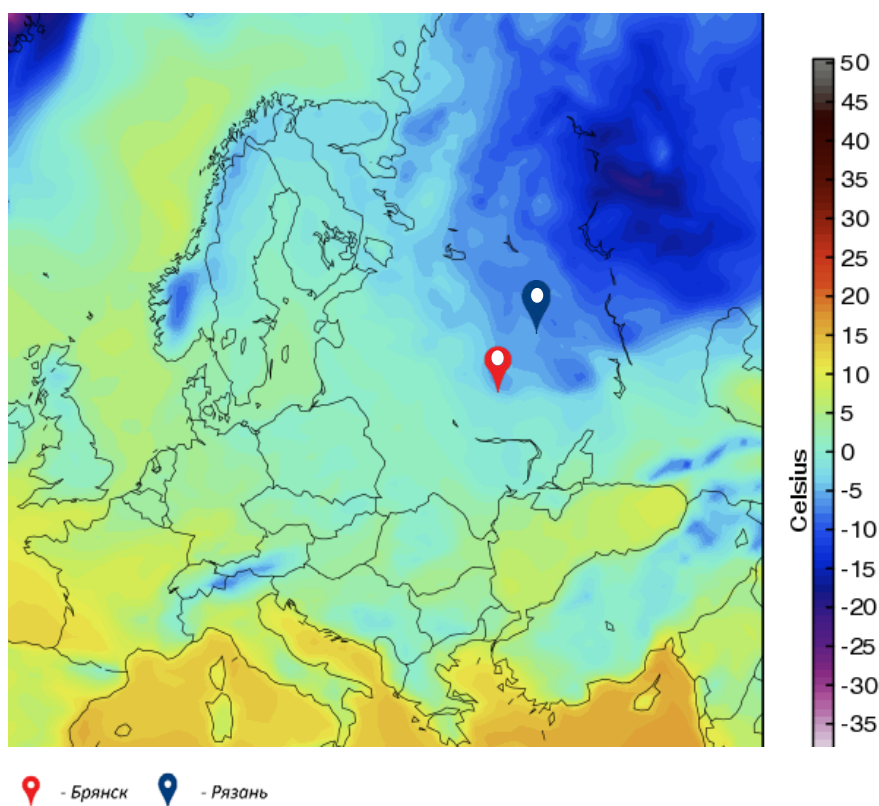


Рисунок 3.20 – Синоптическая ситуация, характерная для раннего начала весны в Брянске. Карта температуры на высоте 2 метров.

Именно такая ситуация и возникает в тех случаях, когда в Рязани не наступает устойчивый переход: вторая группа станций находится под влиянием западной периферии антициклона, а станции первой группы находятся либо в южной части циклона, либо в передней части многоцентровой депрессии.

Можно сделать вывод, что несовпадение в датах раннего начала весны в первой и во второй группе обусловлено очагом холода над Поволжьем. Над данной территорией располагается антициклон. 2 группа находится в западной части области холода. На первую группу оказывает влияние южная часть атлантического циклона. В первой группе наступает устойчивый переход температуры воздуха через нулевой предел, во второй группе наблюдается неустойчивая погода, связанная с периодическим влиянием очага холода над Поволжьем.

Заключение

В результате выполнения научно-исследовательской работы можно сделать следующие выводы:

На всей территории исследования в среднем наблюдается сдвиг начала весеннего сезона на более ранние сроки. Особенно значительные изменения наблюдаются в западной части Средней полосы России.

Сдвиг начала весны в сторону холодного полугодия происходит вследствие появления аномально ранних (февральских) случаев перехода температуры воздуха через нулевой предел.

По схожей динамике начала весеннего сезона были выделены и проанализированы две группы станций. В 1 группе весна начинается раньше.

Началу весны в обеих группах наиболее часто (50%) соответствует высокоградиентное поле давления с меридионально ориентированными изобарами между многоцентровой депрессией над Северной Атлантикой и обширным антициклоном над Поволжьем и севером Казахстана.

Для случаев более раннего начала весны в первой группе (февральские случаи) выделена типовая синоптическая ситуация. Ее особенностью является южная часть циклона с центром над Норвежским морем. В этот момент весна наступает только для 1 группы станций. Над Поволжьем наблюдается очаг холода, связанный с антициклоном, под воздействие которого попадают станции второй группы. В течение длительного времени для них не наблюдается устойчивого перехода температуры воздуха через ноль.

Список литературы

- 1 Лобанов, В.А. Лекции по климатологии. Ч. 2. Динамика климата. Кн. 1./ В.А. Лобанов. – Санкт-Петербург: РГГМУ, 2016. – 332 с.
- 2 Климатология / О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобышев и др. – Ленинград: Гидрометиздат, 1989. – 586 с.
- 3 Калуцкова, Н.Н. Смоленская область / Н.Н. Калуцкова, В.С. Нефёдов и др. – Большая Российская Энциклопедия (в 35 т.). – Москва: Научное издательство «Большая российская энциклопедия», 2015. – с.494-502
- 4 Брянская область. Общая информация [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://nbcrs.org/regions/bryanskaya-oblast/general-information/> (Дата обращения: 21.04.2021)
- 5 Калужская область. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс] / Н. Н. Калуцкова, Ж. В. Локтева, Г. А. Массалитина, О. Л. Прошкин, А. Н. Прокинова, В. В. Селевёрстов, Е. А. Шорбан / Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/5772334> (Дата обращения: 21.04.2021)
- 6 Московская область. Общая информация [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://nbcrs.org/regions/moskovskaya-oblast/general-information/> (Дата обращения: 21.04.2021)
- 7 Рязанская область. Общая информация [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://nbcrs.org/regions/ryazanskaya-oblast/general-information/> (Дата обращения: 21.04.2021)
- 8 Калуцкова Н. Н., Горячко М. Д. и др. Рязанская область // Большая российская энциклопедия. [Электронная ресурс] / Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/3524983> (Дата обращения: 21.04.2021)
- 9 Калуцкова Н. Н., Горячко М. Д. и др. Пензенская область // Большая российская энциклопедия. [Электронная ресурс] / Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/2710193> (Дата обращения: 21.04.2021)

- 10 Чувашская Республика – Чувашия. Общая информация [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://nbcrs.org/regions/chuvashskaya-respublika-chuvashiya/general-information/> (Дата обращения: 21.04.2021)
- 11 Калуцкова Н. Н., С.В. Кузьминых и др. Чувашия // Большая российская энциклопедия. [Электронная ресурс] / Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/5453047> (Дата обращения: 21.04.2021)
- 12 Калуцкова Н. Н., Горячко М. Д. и др. Нижегородская область // Большая российская энциклопедия. [Электронная ресурс] / Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/5773005> (Дата обращения: 21.04.2021)
- 13 Калуцкова Н. Н., Горячко М. Д. и др. Самарская область // Большая российская энциклопедия. [Электронная ресурс] / Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/3530245> (Дата обращения: 21.04.2021)
- 14 Республика Мордовия. Общая информация [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://nbcrs.org/regions/respublika-mordoviya/general-information/> (Дата обращения: 21.04.2021)
- 15 М. Н. Петрушина, М. Д. Горячко и др. Мордовия // Большая российская энциклопедия. [Электронная ресурс] / Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/5746181> (Дата обращения: 21.04.2021)
- 16 Ahrens, C. D. Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere / C. Donald Ahrens. – 2000 г. – 464 с.
- 17 Ефимова Ю.В., Липовицкая И.Н., Мирошкина Е.Н., Воловикова Л.А. Динамика климатических характеристик весеннего сезона в г. Санкт-Петербурге, как неблагоприятный фактор для агрокомплекса района // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков: материалы XX Международной научно-практической конференции / ред. С.С. Чернова, 2017. – стр. 78-84
- 18 Карлин Л.Н., Ефимова Ю.В., Никифоров А.В. Некоторые климатические характеристики Санкт-Петербурга в эпоху глобального потепления // Ученые записки РГГМУ. – СПб., 2005. – № 1. – С. 22-30.

- 19 Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н. Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5°C, их прогноз и оценка // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации №348, 2012. – стр. 162-172
- 20 Разоренова О.А. Климатология высотных фронтальных зон Северного полушария в зимний период // Метеорология и гидрология №1, 2016. – стр. 5-16
- 21 Корсакова С.П. Реакция феноиндикаторов умеренных широт на изменение климата в сухих субтропиках: моделирование и прогноз // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. Том 4(70). №3, 2018. – стр. 109-124
- 22 Минин А. А. Фенология русской равнины: материалы и обобщения / А. А. Минин. – М.: Изд-во АВФ/АБФ, 2000. – 160 с.
- 23 Ширяев М., Семенов В., Ширяева А. Изменения продолжительности устойчивых теплого и холодного сезонов на территории России в начале XXI века / Доклады Академии наук, 2018. т. 481. № 2. - с. 207-210.