



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Анализ климатических характеристик государственного природного
заказника регионального значения «Карстовые озёра» в
Новгородской области»

Исполнитель Смирнова Анна Игоревна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.г.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)
Ефимова Юлия Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

И. о. заведующего кафедрой

(подпись)

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

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 02 » июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Содержание

Введение	4
1. Факторы, формирующие климат Новгородской области	5
1.1 Определение климата	5
1.2 Процесс климатообразования	6
1.3 Географические факторы климата	7
1.4 Классификация климата	8
1.5 Глобальные и региональные изменения современного климата	11
1.6 Методы прогноза климатических изменений	13
1.7 Особенности климата Новгородской области	14
2. Особенности циркуляции умеренных широт	18
2.1 Циркуляция атмосферы	18
2.2 Циркуляция атмосферы над лесной территорией	20
2.3 Возникновение и эволюция циклонов	21
2.4 Погода в циклоне	23
2.5 Погода в антициклоне	24
2.6 Влияние серии циклонов в обмене воздуха между широтами	25
2.7 Влияние изменений климата на территории России	26
2.8 Предполагаемые изменения климата по сценариям МГЭИК на территории России	28
3. Анализ изменения климатических характеристик заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области за период с 1960 по 2020 гг	32
3.1 Определение задач и цели научно-исследовательской работы	32
3.2 Анализ среднегодовых, среднесезонных значений температуры воздуха заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области	34
3.3 Анализ зимнего климатического сезона в районе заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области	38
3.4 Анализ летнего климатического сезона в районе заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области	47
3.5 Анализ повторяемости оттепелей	48

3.6 Анализ синоптических ситуаций, формирующих длительные оттепели в районе заказника «Карстовые озёра».....	52
--	----

Заключение	61
------------------	----

Список литературы.....	63
------------------------	----

ВВЕДЕНИЕ

В начале XXI века начали происходить заметные изменения климата. Данные изменения коснулись и нашей страны, а процессы, вызванные погодно-климатическими условиями, отражаются и на небольших территориях со своим микроклиматом. Наблюдается связь между потеплением, изменением продолжительности зимнего климатического сезона и количеством оттепелей, а также и их продолжительностью. Оттепели, появляющиеся в конце зимнего сезона и имеющие длительную продолжительность, совмещённую с резким понижением температуры воздуха, могут принести наибольший ущерб для молодых саженцев лесопосадок.

В данной работе будут рассмотрены и проанализированы даты устойчивых переходов среднесуточной температуры воздуха через нулевой предел, средняя продолжительность зимнего сезона, количество оттепелей и их средняя температура для заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области для периода с 1961 по 2020 гг. Для особо опасных случаев оттепелей, будут рассмотрены и проанализированы синоптические ситуации, приводящие к их возникновению в заказнике.

Выпускная квалификационная работа включает в себя введение, 3 главы и заключение. Первая глава посвящена факторам, создающие и влияющие на климат, теории климата, а также особенности климата Новгородской области. Во второй главе рассматривается общая циркуляция атмосферы и циркуляция атмосферы умеренных широт. Третья глава посвящена анализу и изучению особенностей зимнего климатического сезона для заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области. Даты устойчивых переходов температуры через нулевую границу были рассчитаны по программе В.А. Хаустова. Особое внимание акцентировано для длительных оттепелей на территории заказника, к которым был рассмотрен, в данной работе, архив барических карт.

1. Факторы, формирующие климат Новгородской области

1.1 Определение климата

Климат является основополагающим понятием для описания атмосферы с научной точки зрения. Множество факторов играет важную роль в его формировании, к таким факторам относятся солнечная радиация, циркуляция атмосферы, различия в рельефе земной поверхности, а также отношение площади суши и океанов, которые оказывают сильное влияние на подстилающую поверхность. Если погода определяется как физическое состояние атмосферы в заданной точке земного шара в заданный момент времени, то климат есть обобщение изменений погоды и представляется набором условий погоды в заданной области пространства в заданный интервал времени [1]. Климат принято характеризовать рядом показателей, имеющих пространственно-временную изменчивость. Оценка климатических данных начинается с анализа соответствующих величин не менее, чем за тридцать лет. Одно из понятий климата было предложено Л.С. Бергом: “Под климатом следует понимать среднее состояние разных метеорологических явлений, поскольку это среднее состояние сказывается на жизни растений, животных и человека, а также на типе почвенного покрова”. Масштаб метеорологической изменчивости является самым коротким, по отношению к остальным- от долей секунды до минуты. От нескольких минут до нескольких часов может наблюдаться мезометеорологическая изменчивость. Синоптические колебания могут наблюдаться в периоде от нескольких часов до трех недель. Изменчивость климата может происходить в период от трех недель до нескольких десятилетий. Климатическое изменение принято характеризовать разностью между определенными климатическими переменными для двух заданных временных интервалов.

Состояние климатической системы, включающее в себя взаимодействие

атмосферы и океана, вместе с биосферой, определяет глобальный климат. Взаимодействия в этой системе не ограничены временными рамками, поскольку могут оказывать влияние друг на друга в течение коротких и длительных сроков. Так, влияние континентального дрейфа на климатические факторы может растягиваться до нескольких десятков и сотен миллионов лет в то время, как взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью может достигать всего нескольких месяцев.

1.2 Процесс климатообразования

Существуют внешние и внутренние процессы, которые оказывают непосредственное влияние на климатообразование и его изменчивость. Приток солнечной радиации, вулканическая и орошённая деятельность в литосферном слое, изменение количества приходящий из космического пространства газов, изменение солёности вод и орфографические изменения суши являются внешними процессами, влияющими на изменчивость климата. Внутренние процессы связаны с взаимодействием океанических бассейнов с территорией суши и льда, изменением количества атмосферного аэрозоля, количеством облачности, а также с рельефом материковой части. Данным процессы могут быть сопоставимы, если рассматривать длительные временные периоды, поскольку климат формируется не только за счёт атмосферных процессов, но и за счёт глобальной системы климата. Существуют положительные и отрицательные связи, способные усилить или ослабить влияние тех или иных климатических процессов. Влияние альбедо снежного покрова на температуру воздуха является примером положительной связи, поскольку увеличение планетарного альбедо приводит понижению температуры. Уменьшение влажности почвы по причине увеличения поглощения солнечной радиации и испарения с почвы, вызванное уменьшением альбедо и является примером

отрицательной обратной связи. Режим метеорологических величин в многолетней перспективе вызван непосредственно закономерностью в циркуляции атмосферы, влагообороте и теплообороте. Данные климатообразующие процессы тесно связаны друг с другом и отражают своё влияние на климатическую изменчивость. Так, говоря о выпадении осадков, имеется в виду влагооборот, который зависит от расположения источника влаги для данной территории, испарения и конденсирования, происходящих на её территории. Однако теплооборот играет непосредственную роль в этих процессах, ведь от процессов тепла заливистый испарение с поверхности земли. Тепловые процессы являются действующим фактором для определения состояния насыщения водяного пара, процессов облакообразования, а следовательно, и для выпадения осадков. В свою очередь, перенос воздушных масс способствует переносу влаги в атмосфере. Конвективные потоки: важные в общей циркуляции атмосферы, влияют на процесс конденсации, что сказывается на определении режима осадков.

1.3 Географические факторы климата

Климат Земли обуславливается различными географичками условиями, влияющими как на общую циркуляцию атмосферы, так и на влагосодержание с теплооборотом. Существуют суточные и годовые ходы, отписывающие многолетние изменения климата. Широтная изменчивость оказывает существенное влияние на различность климата на разных территориях, от неё же зависит зональность распределения климатических характеристик. От географической широты происходит распределение радиационных потоков, проступающих на верхнюю границу атмосферы. Наиболее заметные изменения наблюдаются в высоких атмосферные слоях, где зональность более выражена, чем у поверхности Земли.

Влияние наличия и площади водных акваторий на сушу, орфографический фактор, растительной поверхности и даже снежный покров формируют климат. Зональное распределение температуры, ветра и давления в Южном полушарии выражена меньше, чем в Северном из-за большей площади океанов. Высота горных хребтов, высота склонов также оказывают влияние на климатообразование. В горной местности появляется горно-долинная циркуляция, где происходит задержание воздушных потоков, процесс облакообразования и осадкообразования с наветренной стороны склона. Изменения в составе атмосферы приводят к парниковому эффекту, увеличивающим температуру воздуха. Меняется и толщина озонового слоя, также влияющая на температуру.

1.4 Классификации климата.

Л.С. Берг предложил классифицировать климат, основываясь на ландшафтно-географических звонках суши. Он разделил климаты на два класса: климаты низин-климаты океанов и суши и климаты возвышенностей-климаты горных систем и отдельных гор.

Климаты низин определяют 11 типов:

- 1) Климат тундры Северного полушария и Южного полушария. В первом случае наблюдается большая амплитуда температуры, во втором-маленькая. Влажность в данной области превышает 63%, температура воздуха в тёплое время года составляет от 0 до 12°C.
- 2) Сибирский климат подразделяется на западный и восточный. Западному типу присуща снежная зима с большим количеством облачности. Зима для восточного типа характеризуется своей ясной погодой, низкой влажностью и сильно

низкими температурами воздуха. В самое тёплое время года температура колеблется от 10 до 20°C, а влажность порядка 60%.

3) Климат лесов умеренной зоны, где средняя температура воздуха летнего сезона не превышает 22°C, наблюдается особенно обильное количество осадков в летнее время. Разнообразие лесных ресурсов чаще выражается в дубовых деревьях, буках и еловых растениях.

4) Муссонный климат умеренных широт, которому характерно частое изменение потоков ветра по сезонам, большое количество осадков в летний период и зимние низкие температуры воздуха с низкой влажностью.

5) Климат степей подразделяется на климат с холодными зимами, где в летний период температура не превышает 24°C, влажность не более 50%, а количество среднегодовых осадков находится в пределах от 180 до 440 мм и на климат с тёплыми зимами.

6) Средиземноморский климат, характеризующийся засушливым летом, а температура превышает 26°C, зимний период тёплый с повышенной влажностью, средняя температура может достигать 0°C. Подразделяется на три подтипа: с прохладным летом, климат этезий и климат субтропических степей.

7) Климат субтропических лесов отличается тёплой зимой, где среднезимняя температура достигает 2°C, летний период влажный, с количеством осадков более 1000 мм в год.

8) Климат внутримассовых пустынь не отличается особой влажностью, количество осадков не превышает 300 мм в год. Температура сухого летнего периода составляет порядка 30°C. Средняя температура в зимний период достигает 0°C.

9) Климат субтропических пустынь отмечается низкими количеством осадков, высокой средней температурой в летний и зимний периоды. Температура зимой

может достигать 10°C. Амплитуда среднесуточной температуры остаётся максимально высокой.

10) Климат саванн характеризуется высокой среднезимней температурой, которая достигает 20°C, количество среднегодовых осадков не превышает 2550 мм в год, сухие зимний и весенний периоды. Наблюдается особенно частое возникновение муссонов и тропических циклонов.

11) Климат важных тропических лесов отличается повышенной влажностью, которая достигает 1500 мм осадков в год, во все сезоны наблюдается высокая влажность. А среднезимняя температура превышает 16°C. Отмечается небольшая годовая температура воздуха.

К климату высоких плато относятся возвышенности, высота которых превышает одну тысячу метров. Выделяются 6 его подтипов:

- 1) Тип полярных ледяных плато отличается низкой среднегодовой температурой воздуха, не превышающей 0°C, данный климат считается климатом вечной мерзлоты.
- 2) Тип высоких степей умеренного климата и полупустынь.
- 3) Пустыни умеренных широт.
- 4) Тибетский тип.
- 5) Тип степей субтропических.
- 6) Тип высоких саванн.

Таким образом, классификация климатических систем, составленная Л.С. Бергом, отмечается хорошей сопоставимостью с зонами ландшафтов. Существует распространенная классификация климата, которую создал немецко-российский климатолог Владимир Петрович Кёппен. Согласно его классификации, существующие на Земле климаты разделены на шесть классов. Классовое разделение основано по режиму температуры и степени увлажнения.

Так, эти классы имеют названия латинских букв А, С, D, E, F, В. Первые пять классов распределены по температурному режиму в порядке убывания-от более жаркого, до класса с наименьшей температурой. Последний, шестой класс В-по степени увлажнения. Тропический климат относится к классу А, поскольку среднемесячные температуры наиболее высоки-более 17°С в течение всего года. Классу С принадлежит субтропический климат со среднемесячной температурой более 9°С в течение 8–12 месяцев. К классу D относится умеренный климат, которому характерна среднемесячная температура более 9°С. Субарктический климат относится к классу F, для которого среднемесячная температура каждого месяца не превышает 9°С. Если испарение превышает осадки, то это класс В, к которому относятся сухие климаты. Сравнивая среднегодовое количество осадков в миллиметрах с пределом сухости (ПС), можно отнести ту или иную территорию к классу В, используя формулу:

$$ПС=20 (t - 10_0 + 0,3 ПЛО) \quad (1.1)$$

где t – средняя годовая температура (°С), ПЛО – процент летних осадков от общего годового количества осадков. К летним осадкам в Северном полушарии относится сумма осадков с апреля по сентябрь, в Южном – с октября по март [1]. Климатическая система, опоясывающая весь земной шар, содержит в себе пять физических компонентов, которые включают в себя: атмосферу Земли, сушу, океаны, криосферу и биомассы.

1.5 Глобальные и региональные изменения современного климата.

Влияние деятельности человека стало усиливать своё влияние в настоящее время, что затрагивает проблему изменения климата в глобальном и региональном масштабах. Отмечается изменчивость климата принято изучать по

оценке динамики параметров физических, химических и биологических состояний компонентов земно климатической системы, которую входит атмосфера, а также суша, океан, криосфера и биоты. Сложившая интерактивная многокомпонентная климатическая система является весьма сложной для достоверного предсказания климата для данного периода, поскольку возникают трудности при оценке и прогнозировании внутренних и внешних воздействий.

Роль естественных экосистем безусловно важна, поскольку та поддерживает стабильное состояние концентраций биогенных газов в атмосфере, способствует очищению водных объектов Земли, а также снижает эрозию почв. Авторы актуализируют проблему глобального потепления, заключающуюся в ошибке механизмов регуляции атмосферного химического состава, что приводит к разрушению естественных экосистем. Соответственно, происходит нарушение жизнедеятельности на всех уровнях.

Экстремальные ситуации, возникающие на фоне контрастов погоды и климата, имеют наибольшее значение для жизнедеятельности человека на Земле.

Важным последствием глобального потепления является изменение времени образования и разрушения ледяного покрова на водных объектах, что является верным признаком смены сезона года. Для России сроки замерзания рек сместились, ледяная корка стала появляться позже, диапазон изменений колеблется в пределах от 10 до 17 суток. Сроки вскрытия ледового покрова также сместились и стали более ранними. Изменения имеют постоянный характер и зависят от регионального климата.

Анализируя последние сто лет, для России показатель интенсивности потепления составляет в среднем $0,9^{\circ}\text{C} / 100$ лет, что оказывает существенное влияние на деятельность живых организмов. Потепление, в своей наибольшей степени, сказывается на зимнем периоде, и также на весеннем. Годовые и сезонные суммы осадков потерпели не меньшее изменение - для всей территории страны характерна тенденция к их уменьшению. Данная тенденция к

уменьшению сумм осадков особенно очевидна для территории Забайкалья и Прибайкалья. Максимальная температура для страны была зафиксирована в 1995 году.

Модели климата, анализирующие циркуляцию атмосферы и океана, делают прогноз увеличения средней температуры воздуха по всей планете на период с 1990 по 2100 гг., что значительно выше средней величины потепления, которая наблюдалась в предыдущем столетии. Так, прогнозируемое увеличение температуры может оказаться самым высоким за последние тысячелетия.

1.6 Методы прогноза климатических изменений.

Основываясь на методе палеоклиматических аналогов, в 1980-х годах создали прогноз, который описывал изменчивость температуры воздуха и осадков в начале XXI века. Данный прогноз был создан М.И. Будыко, за его основу он взял гипотезу о будущем потеплении, которое могло стать аналогом предыдущих похожих периодов в истории. Около пяти тысяч лет назад был период климатического оптимума голоцена и около 125 тысяч лет назад период Микулинского межледниковья. Данные периоды имели отличительную черту – причины начала потепления не были одинаковыми, однако ученые берут за основу данные периоды, чтобы спрогнозировать климат будущего, носимый вероятностный характер.

В 2003 году была предложена новая методика прогнозирования для наблюдений за изменчивостью климата исследователями Анисимовым и Белолуцкой. Модель основана на корреляционном расчёте временных рядов глобальной температуры воздуха и региональной, которые были приведены к общему осреднению по месяцам, годам и сезонам.

Ю.П. Переведенцев подчеркнул: «В этом методе глобальная температура воздуха используется в качестве предиктора простой регрессионной модели,

связывающей ее с изменениями региональной температуры воздуха там, где эмпирические данные за период наблюдений указывают на наличие статистически значимой корреляции между изменениями регионального и глобального климата”.

Существуют проблемы при создании прогнозов погоды в климатических масштабах времени. Для прогнозирования состояния атмосферы необходимо учитывать классификацию временных масштабов изменений климата.

1.7 Особенности климата Новгородской области.

Основную часть поверхности территории Новгородской области преобладает низменность с небольшими и абсолютными высотами. Отличительными чертами рельефа территории является большое разнообразие, которое таит в себе следы деятельности ледников. Отдельные возвышенности нарушают общий равнинный характер территории с густой гидрографической сетью, болотистой местностью и массовыми озерами этой территории. Главная река Новгородской области - Волхов, протекает вдоль сильно заболоченной Приильменской низины. Валдайская возвышенность, разделённая на отдельные холмы и гряды, располагается вблизи восточной границы высокой Валдайской возвышенности. Валдайская возвышенность служит водоразделом, который разделяет бассейны Балтийского и Каспийского морей.

Превалирование моренного и озёрного ландшафта на основной части территории-следствие ледниковой деятельности. В Новгородской области расположено одно из наиболее крупных озер европейской территории Российской Федерации-озеро Ильмень, которое занимает глубокую впадину, которая непосредственно является остатком бывшего ледникового водоёма. Циркуляция воздушных масс является главным климатообразующим фактором над всей европейской территорией страны, Новгородской области в том числе.

Воздушные потоки атлантического происхождения приходят благодаря западным ветрам и юго-восточному переносу, которые преобладают все сезоны года. Пасмурная и ветреная погода, относительно-тёплая зима и прохладное лето, являются следствием вхождения атлантических воздушных масс, имеющих связь с циклонической деятельностью. Территории Русской равнины присуща повышенная циклоническая деятельность в результате скрещивания путей южных и западных циклонов. Данной территории присуще как атлантические, так и континентальные воздушные массы. Последние, в свою очередь, имеют характерную повторяемость, что выражается в их увеличении при движении с запада на восток, а отличие от атактических, которые уменьшаются в этом же направлении. В холодное время года для территории характерно меридиональное распределение всех температурных характеристик. Наиболее низкие температуры наблюдаются в самом начале года-январе месяце. Зима продолжительная, так, период со среднесуточной температурой, которая была ниже -5°C , наблюдается около 100 дней в году.

Юго-западные ветра, благодаря которым происходит процесс выноса воздуха из Атлантики в зимний период в циклонах, преобладают над данной территорией. Неторопливая трансформация воздушных масс, преимущественно теплых, осуществляется за счёт образования холодного приземного слоя, который в свою очередь является препятствием для вертикального обмена, о чём свидетельствует возникновение плотного слоя облачности нижнего яруса. Отсутствие суточного хода температуры воздуха является следствием данной медленной трансформации тёплых воздушных масс. Порядка 4°C составляет изменчивость температуры между днями, а также в течение суток, которая осуществляется благодаря смене воздушных масс. В редких случаях, температура между сутками превышает $\pm 15^{\circ}\text{C}$. Такие случаи были зафиксированы с повторяемостью один раз в десять лет. В результате вхождения воздушных масс Атлантики, на территории могут возникать потепления и даже оттепели. Интенсивные оттепели могут привести к частичному или полному

исчезновению снежного покрова по причине выпадения дождя. Важно учитывать тот факт, что средняя суточная температура в январе и феврале, которые считаются наиболее холодными, может превышать 0°C. Так, в январе могут быть от двух до семи дней с оттепелью, а в феврале от одного до двух дней. В такие периоды максимальная температура может варьироваться от 0°C до 4-7°C. Похолодания, вызванные вторжением воздушных масс с Арктики в тыловую часть циклона, могут ежегодно достигать отметок от -20°C и до -25°C.

Переход среднесуточной температуры воздуха через 5°C происходит во второй декаде апреля. Этот период принято рассматривать как наступление весны из-за начала вегетации растений. Весенний период характеризуется усилением влияния континента и ослаблением атлантического вхождения: возникает неустойчивое направление ветра, а также его восточная составляющая. В этот период наиболее отчётливо выражен суточный ход температуры, уменьшаются циклоническая деятельность, которая обычно приносит выпадение осадков. Вынос тёплого воздуха с южных широт при устойчивых антициклонах в период тёплых вёсен могут приводить к повышению среднесуточной температуры. В мае температура воздуха может варьироваться в пределах от 15°C до 19°C, однако могут быть аномально жаркие дни, в такие периоды температура может достигать более 30°C. Активная вегетация растений начинается в первой декаде мая, когда на всей территории среднесуточная температура становится выше 10°C. Ветры западные и северо-западные возвращаются с приходом лета, что соответствует приходу тыловыми частями западных циклонов, а также восточными частями высоко давления, имеющим атлантическое направление. Активная деятельность циклонов приводит к значительной облачности и выпадению обильных осадков, что особенно характерно для начального периода лета. Июнь является первым месяцем, когда среднесуточная температура становится выше 15°C. После этого перехода температура остаётся на отметке выше 15°C на протяжении порядка 60 дней.

Так, месяцем с самыми высокими среднесуточными температурами является июль - около 17°C. Дневная температура июля колеблется в пределах 28 - 30°C. Для июля характерно повышение температуры воздуха в пределах 30 - 33°C, но таких дней в месяце, обычно, не более пяти. Наиболее высокая температура отмечается в период 13-16 часов, а наименьшая - перед восходом солнца. В летний период суточный ход становится наиболее ярко выраженным в сравнении с зимним суточным ходом температуры. К аномальным явлениям можно отнести заморозки, которые могут наблюдаться до середины июня, но важно учитывать, что такие явления наблюдаются не чаще, чем один раз в десять лет.

Местные факторы также могут обуславливать формирования климата над Новгородской территорией наравне с циркуляционными и радиационными. Крупные и мелкие водоёмы, наличие болот и холмистый рельеф-факторы, способные влиять на температуру воздуха, изменение суточного и годового хода. Рассматривая весенний период, заметно активное изменение температуры на побережьях различных водоёмов. Так, температура вблизи крупных озёр весной ниже, чем на территории, где озёра не располагаются. Осенью наблюдается обратная ситуация - температура повышена вблизи водоёмов. Такие изменения суточного хода наблюдаются локально, вблизи водоёмов, не распространяя своё влияние дальше 10 км от берегов. Валдайская возвышенность также оказывает влияние на температуру. Так, на протяжении года с высотой понижается среднесуточная температура воздуха. Важно отметить влияние формы рельефа на изменение среднесуточной температуры. Верхние части склонов и возвышенностей имеют более высокую температуру, чем прилегающие равнины, нижние части склонов неширокие долины. Амплитуда температуры уменьшается с высотой. Для долин и низин характерна высокая амплитуда температуры, в отличие от возвышенностей, амплитуда температуры которых меньше.

2. Особенности циркуляции умеренных широт.

2.1 Циркуляция атмосферы.

Под влиянием Солнца происходит перемещение воздуха над сушей и океанами, данную систему принято называть атмосферной циркуляцией. С.П. Хромов подчёркивал: «Неравномерное распределение тепла в атмосфере приводит к неравномерному распределению атмосферного давления, от распределения давления зависит движение воздуха, т.е. воздушные течения». Земная поверхность имеет неравномерное нагревание по всей площади, что приводит к появлению поясов, имеющих разное давление атмосферы. Движение воздуха имеет направление с поясов, где давление наибольшее, к поясам с наименьшим давлением. В зависимости от сезона года, пояса могут несколько смещаться в силу различий температурного нагревания материковых частей. В летний период суша нагревается быстрее и сильнее, чем океаны. Давление понижается из-за разрежённого пространства, создаваемого устремлённым вверх тёплым воздухом. В летний период наблюдается смещение поясов давления на север, поскольку больше тепла получает Северное полушарие, чем южное.

Отмечается, что давление в экваториальных широтах, вне зависимости от смены времён года, остаётся пониженным всегда. Воздушные потоки имеют отклонение к востоку из-за непрекращающегося вращения Земли. Охладившись в верхних слоях тропосферы, воздух начинает опускаться над тропическими широтами, создавая при этом поле повышенного давления. Для полярных широт характерна низкая температура воздуха, которая также не зависит от смены времён года. В умеренные широты двигается воздух со стороны поясов с высоким давлением, его температура повышается, а сам он поднимается. Таким образом, образуются пояса низкого и высокого давления, благодаря которым

перемещается воздух, что является одним из главных факторов циркуляции в атмосфере.

Существуют три основных категории атмосферной циркуляции: макромасштаб, мезомасштаб, микромасштаб. Понятие макроциркуляции включает в себя тропические циклоны, крупные потоки планетарного масштаба, например, пассаты, дующие круглый год между тропиками. Мезомасштабная циркуляция связана с торнадо, местными ветрами, а также с грозами, которые могут длиться от нескольких минут, до нескольких часов. Микромасштабные процессы длятся от нескольких секунд до нескольких минут, к ним относится атмосферная турбулентность и порывы ветра.

Ветра делятся на постоянные и сезонные. К постоянным ветрам относятся пассаты, сезонные ветра, которые дуют с востока, западные ветра умеренных широт, а к сезонным - муссоны. Экваториальное противотечение обуславливается пассатными течениями, упирающиеся в материки.

Осадкообразование на Земле происходит неравномерно из-за общей циркуляции атмосферы, а также неровности температурного режима, в связи с разными широтами. Распределение осадков зависит так и же от расположения территории к Мировому океану, тёплым течениям и её рельефа. Максимальное количество осадков наблюдается в экваториальном поясе, где, в среднем, выпадает до 6000 мм в год.

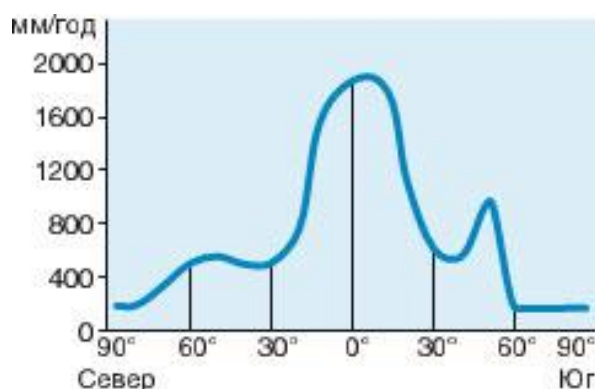


Рис. 2.1 – Распределение величины осадков в атмосфере в зависимости от широты местности.

Основное количество осадков обуславливается повышенной влажностью региона и конвективными потоками воздуха, вызывающие мощно-кучевую облачность. Наименьшее количество осадков приходится на тропический пояс, где за год может выпасть 250 мм. Для области пониженного давления умеренных широт, количество осадков может увеличиваться и достигать 2000 мм в год. Полярные широты имеют отличительную черту в малом количестве осадков, порядка 250 мм в год, причиной чего является низкая температура воздуха и малое испарение, вследствие наименьшей солнечной радиации.

2.2 Циркуляция атмосферы над лесной территорией

Проникающая сквозь толщу леса, солнечная радиация рассеянная с малой интенсивностью. Температура воздуха над кронами деревьев значительно выше, чем над открытой местностью. Летом температура воздуха над кронами внутри лесного массива, значительно выше, чем над лесом в дневное время, в то время как ночью температура воздуха сильно падает, что приводит к охлаждению кроны в связи с изменением высоты максимума температуры по вертикали. Породы деревьев и их густота влияют на тепловой режим и радиационный в лесном массиве. Так, температура воздуха днём ниже, чем на открытой местности, ночью выше. Относительная и абсолютная влажность также несколько выше, чем в менее густых районах, что более ярко выражено в тёплое время года. В основном, ветровой массив огибает поверху лесную зону, поэтому скорость ветра над поверхностью земли меньше, чем скорость ветра над лесом. В центральной части леса над кронами скорость ветра может достигать 0 м/с. Испарения с лесной территории происходит менее интенсивно, чем с луговой, поэтому и влагосодержание в почве на лесной территории выше. Лес играет небольшую роль в формировании циркуляции атмосферы. Лесной массив может вызывать конвективные потоки, благодаря которым возникает кучевая

облачность, увеличивается турбулентность и конденсация. Снежный покров в лесной чаще держится дольше, чем в поле. Он более равномерный, а его плотность меньше по причине слабого ветра в центральной части. Глубина промерзания почвы также меньше из-за высокого снежного слоя над землей.

2.3 Возникновение и эволюция циклонов

Основная часть циклонов в умеренных широтах формируется либо на полярном фронте, либо на арктическом фронте. Тропический воздух отделён полярным фронтом от воздуха в умеренных широтах, так арктический воздух отделяет от воздуха умеренных широт - арктический фронт.

Существуют несколько стадий развития циклона. Начальной стадией развития циклона является стадия волны. На поверхности фронтов возникают длинные волны более 1000 км. Такие волны распространяются вдоль фронта в направлении с запада на восток. Так, появляется деформация поверхности фронта, которая начинает представлять собой волну у земной поверхности. В такой момент циклон представляет собой волнообразное возмущение, находящееся на квазистационарном фронте. После появления волны, начинается движение тёплого воздуха в сторону высоких широт, где находится холодная воздушная масса в передней части волны. К низким широтам направляются холодный воздух в тыловой части. Наблюдается уменьшение давления до 100 гПа. Длина таких волн может достигать более 1000 км на теплых фронтах. Вокруг центра появляется ветровая циркуляция. Следующей стадией развития циклона является стадия молодого циклона. Тёплый воздух продвигается дальше к северу. Фронт, на котором находится молодой циклон, начинает приобретать характерные признаки тёплого. Центр циклона является точкой соприкосновения тёплого и холодного фронтов. Передняя часть молодого циклона имеет облачную систему и осадки, характерные для тёплого фронта. Тыловой части характерны осадки и облачность, как для холодного фронта.

Возникает тёплый сектор циклона за счёт прихода тёплого воздуха, размещающегося между тёплым и холодным фронтом. В тёплом фронте наиболее высокая температура воздуха у земли и наиболее высокая тропопауза. За холодным фронтом высота тропопауза самая низкая, для этой части характерны и наиболее низкие значения температуры воздуха у земли. Образование ложбины пониженного воздуха происходит за счёт вторжения холодной воздушной массы в тыловую часть циклона в свободной атмосфере, где также происходит формирование гребня высокого давления в передней части циклона. Таким образом, данные воздушные волнообразные течения получают большую амплитуду. Затем происходит образование фронта окклюзии, который появляется в следствие смыкания тёплого фронта и, догоняющего его, холодного. Окклюдирование циклона начинается с прекращением существования тёплого сектора циклона у поверхности земли, оставаясь на периферии циклона. В момент, когда начинается стадия окклюдирования, циклон имеет стадию максимального развития. Эта стадия характеризуется появлением замкнутых изобар, понижением давления в центре до 940 гПа и увеличением его скорости. Облачные системы обоих фронтов становятся одним целым, из-за чего возникает облачная спираль фронта окклюзии, по причине замкнутой циркуляции циклона,двигающейся выше вверх. Несколько суток данная стадия остаётся без изменений. Тёплый сектор окончательно пропадает, циклон начинает двигаться медленнее.

Холодный воздух всё также направляется в низкие широты. Наступает заключительная стадия развития циклона, когда он перестает перемещаться, воздух становится холодным. В стадии заполнения, давление в центре циклона начинает повышаться, а облачная система состоит из нескольких закрученных спиралей, происходит смещение системы облаков на циклоническую периферию. Перед исчезновением, циклон становится полем пониженного давления, количество изобар сокращаются до двух. Происходит деградация облачной системы, которая разбивается на отдельные части, после чего

происходит полное исчезновение циклона. Существования циклона имеет продолжительность до 7 дней. Циклоны, образовавшиеся на полярных фронтах, имеют тропический воздух в тёплом секторе, а те, которые образовались на арктических фронтах, имеют умеренный воздух в тёплом секторе циклона. На полярных фронтах характерно образование не единичных, а целой серии циклонов. После стадии окклюдирования циклона, фронты догоняют друг друга вдоль линии фронта. Объединившись, они создают многоцентровую депрессию, которая малоподвижна. Центральный циклон образован в высоких широтах и может просуществовать несколько дольше, чем другие.

2.4 Погода в циклоне

Циклон имеет особое влияние на погодные условия, имея небольшую скорость, он может передвигаться на большие расстояния, усиливая скорость ветра и изменяя его направление. Прохождение южной части циклона над территорией приносит изменение ветра с южного на юго-и-северо-западный. Прохождение северной части над территорией несёт за собой изменение ветра с юго-восточного на восточный, северный и северо-восточный. Данным параметрами изменения ветра влияют и на изменение температуры воздуха у земли.

Передняя часть циклона характеризуется обложными осадками, выпадающими из облаков конвективного происхождения тёплого фронта. Ливневые осадки образуются в тыловой части циклона, выпадающие из облаков холодного фронта. Возможны морозящий осадки в южной части циклона. Главными признаками возникновения циклона является наличие на западном горизонте облачности и падение атмосферного давления. Чаще всего, предвестниками циклонов служат перистые облака, направленные параллельно друг другу, за которыми наблюдается перисто-слоистая облачность, слоистая и слоисто-

дождевая. Заметен рост давления в тыловой части циклона, а кучевого-дождевая облачность меняется на слоисто-кучевую.

2.5 Погода в антициклоне

Антициклоны имеют непосредственную связь с циклонической деятельностью. Антициклоны образуются вместе с циклонами во фронтальной зоне. Главное отличие в их происхождении заключается в массе воздуха, а именно, та, где её в избыточном количестве, возникает антициклон, циклон же возникает в области с недостатком воздушной массы. В тыловой части циклона зарождается антициклон в стадии низкого холодного антициклона. В этой стадии в тропосфере располагается ложбина, её тыловая часть, под которой спереди развивается циклон. Так, циклон в начальной стадии имеет одинаковую скорость движения и размеры с антициклоном, но в отличие от циклонов, которые движутся к полюсу, антициклоны движутся к низким широтам.

В антициклонах господствует нисходящее движение воздуха, возникающее из-за вытекания воздуха от центра к периферии. Антициклон сопровождается адиабатическим нагреванием и инверсионной температурой, причиной чего является оседание воздушной массы в нём в средней тропосфере и верхней тропосфере. Антициклон называют блокирующим в его максимальной стадии развития из-за распространённой в тропосфере антициклонической циркуляции, препятствующей западному переносу воздушных масс. Блокирующий антициклон останавливает циклоническую серию. Облачность, а антициклоны небольшая, погода сухая из-за осевшего в антициклоне воздуха. В холодный период возможно возникновение туманов и слоистообразной облачности, наблюдающиеся в нижних слоях, в которых воздух над земной поверхностью охлаждается. Хотя на периферии может возникать штормовая

погода, антициклон не несёт в себе мощных облачных систем, поскольку в их центральной части слабый барический градиент и ветровой поток. Высокий антициклон является тёплой тропосферной областью. Однако в ясную зимнюю погоду, во время прохождения антициклона над территорией суши, будет происходить выхолаживание вместе с холодными воздушными массами. Температура ниже слоя тропопаузы становится ниже, при прохождении высокого антициклона, под куполом приподнятой тропопаузы. Время жизни блокирующего циклона достигает 7 дней.

2.6 Влияние серии циклонов в обмене воздуха между широтами

На фронтах возникают серии циклонов, состоящая из трёх и более циклонов, перемещающихся в низкие широты в сторону юго-востока. Фронт, разделяющий циклоны, часто уходит от предыдущей траектории, как и воздушные массы. Умеренный воздух циклонов протекает сильнее в область низких широт. Субтропики принимают область холодного умеренного воздуха, появляющуюся в результате прохождения последнего антициклона. Происходит трансформация умеренного воздуха в тропический, что вызвано адиабатическим нагреванием воздуха в антициклоны и нагреванием у поверхности земли. Антициклон превращается в субтропический. Происходит движение тёплого тропического воздуха в высокие широты, которые являются составной частью тёплых секторов циклонов. Воздух в антициклоны во время окклюдирования приобретает направление от земли в верхнюю тропосферу, а затем в сторону высоких широт. По причине адиабатического поднятия воздуха, происходит его изменение в умеренный воздух.

Отсюда следует, что взаимосвязь циклонов и антициклонов служит для воздухообмена между широтами Земной поверхности.

2.7 Влияние изменений климата на территории России

Согласно исследованиям организации WWF, линейный тренд увеличения среднегодовой температуры воздуха за период с 1976 по 2012 г. составил $0,043^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Наиболее высокий темп, приписывший температуры, наблюдается на европейской территории России ($^{\circ}\text{C}/\text{год}$). Количество дней с аномально высокой температурой увеличивается по всей территории страны. Увеличивается и количество сумм годовых осадков. Так, тренд годовых сумм осадков увеличился и составил 0,8 мм в месяц за 10 лет.

Продолжительность вегетационного периода увеличилась за счёт большего времени нахождения листвы на деревьях. Над северной частью европейской территории, продолжительность вегетационного периода увеличилась в среднем на 18 дней. Авторы уточняют: «Установлена пространственная корреляция наблюдаемых изменений с изменением температуры весны, лет и всего вегетационного периода». Таким образом, приход весны над европейской территории наблюдается раньше, а приход зимы наблюдается позже обычного.

Некоторые виды деревьев на определённых территориях за последнее время имеют тенденцию к увеличению или уменьшению площади лесных массивов. Площадь сечения сосновых деревьев, еловых и лиственницы, по исследуемым данным, с 1950 года начала постепенно уменьшаться. Для Северного Урала характерен прирост лиственничного массива. В Северном Кавказе увеличение массива пихты с 1900 по 1990 гг. Для всех регионов характерным периодом прироста лесных массивов является период с 1940 по 1950 гг. Данный природ по всей территории говорит о его климатической обусловленности. Увеличение вегетационного периода приводит к увеличению глубины весеннего оттаивания в зоне вечной мерзлоты, что влечёт за собой увеличение прироста различных видов деревьев. Деревья, находящиеся на лесных границах наиболее чувствительные к изменению вегетации. Наиболее

опасным стечением обстоятельств является увеличение числа оттепелей ближе к концу зимы и её середине. Длительные оттепели наиболее опасны для растений и молодых лесозаготовок. Вероятное вымерзание и иссушение корней деревьев станет непоправимыми последствиями для них.

Качественные исследования показывают, что наблюдается смещение северной части леса в зону тундр. Массовое прорастание происходит в период, когда наблюдаются благоприятные погодные условия. В период малоблагоприятных погодных условий, происходит формирование фронта, заполняющего зону тундры наступлением древостоев.

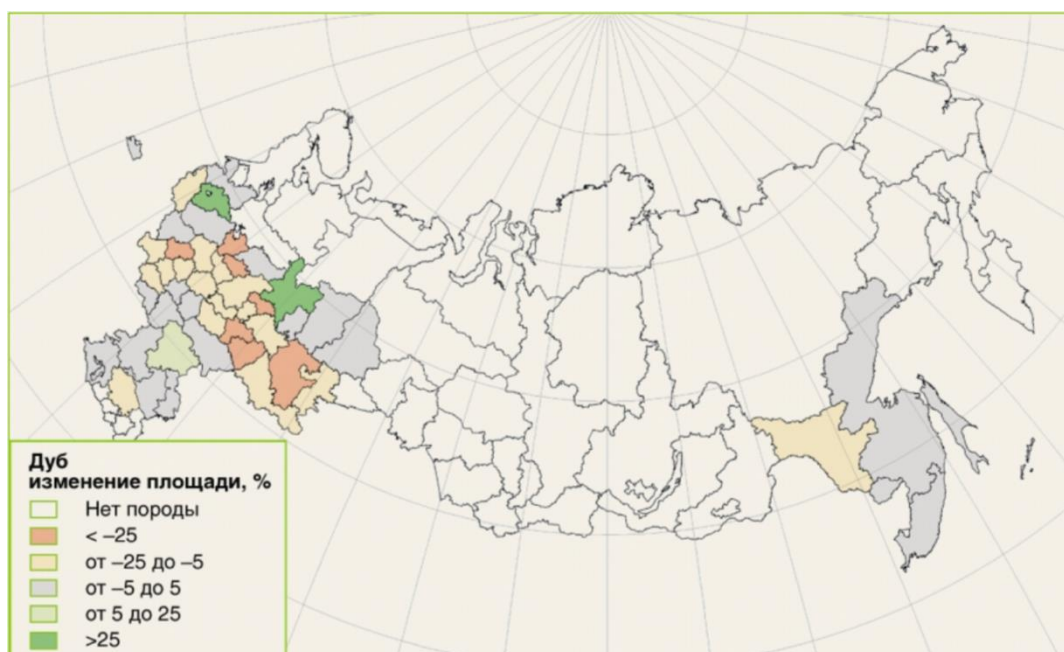


Рисунок 2.2 – Изменение площадей лесов на территории Российской Федерации за 1988-2008 гг.

По причине увеличения среднегодовой температуры воздуха и увеличения годовых сумм осадков, наблюдается преобладание одноствольной формы прироста лиственницы, чем многоствольной. Чем меньше возраст, тем больше наблюдается подрост, что происходит с увеличением количества осадков и повышающейся среднезимней температурой воздуха. Для лиственных лесов

характерен подрост берёзовыми деревьями, сосновые меньше продвигаются в северную сторону. Согласно исследованиям лесного фонда, происходит сокращение дубовых деревьев в зонах степей и лесостепей. Таким образом, зона бореальных лесов, наступающая на тундру и степь, увеличивается. Наблюдается тенденция к аридизации климата, когда испарение превышает количество осадков, что приводит к сокращению дубовых массивов на европейской территории страны.

Одним из отрицательных последствий изменения климата на некоторых территориях может являться усыхание деревьев, что является последствием разрушительных процессов древостоев. Усыхание происходит локально, со множеством факторов. За последние годы увеличивается частота засух. Для России характерно усыхание еловых и сосновых деревьев, находящихся вблизи южной границы. Площадь пострадавших территории составляет $0,4 \cdot 10^4$ га. Зимы с низкой температурой и летние засушливые периоды приводят к усыханию дубрав Среднего Поволжья. Ещё одной причиной усыхания деревьев могут служить грибковые заболевания и появление вредных насекомых, проявляющиеся в связи с погодными условиями. 190 тыс. га еловых растений было уничтожено в конце 20 века в Архангельской области из-за повышенной влажности почвы. Сокращение еловых также произошло и на Дальнем Востоке. Таким образом, определение первопричины усыхания растений могут являться сразу несколько факторов, усугубляющих ежегодное состояние древостоев. Состояние деревьев непосредственно зависит от погодных и климатических условий.

2.8 Предполагаемые изменения климата по сценариям МГЭИК на территории России

Межправительственная группа экспертов по изменению климата, рассмотрела набор эмиссий по 4 сценариям в Пятом оценочном докладе.

Согласно сценарию RCP2.6, должно происходить сокращение выбросов парников газов, вырабатываемых деятельностью человека. Данный сценарий-сценарий низких эмиссий. Промежуточные сценарии RCP4.5 и RCP6.0 разработаны с учетом соединения современные технологий и различных предпринятых действий по сокращению выбросов. Сценарий высоких эмиссий KC38.5 предполагает дальнейшую экономическую зависимость от топливных ресурсов и неиспользование стратегий по сокращению выбросов в атмосферу. Согласно среднему прогнозу моделей общей циркуляции атмосферы, ближайшие сто лет, температура будет увеличена по данным сценария RCP2.6 на 1,0°C; по данным сценария RCP4.5 на 1,8°C; по данным сценария RCP6.0 на 2,3°C; по данным сценария RCP8.5 на 3,7°C. Предугадать какой из сценариев будет определять климатическую ситуацию в будущем, практически невозможно. Учёные сходятся на мысли, что наиболее реальным предполагается сценарий RCP4.5. Согласно этому сценарию, на территории России в конце XXI века возможно увеличение температуры до 3,8°C. Таким образом, эта версия подтверждает, что северные страны более подвержены глобальному изменению климата в два раза быстрее, чем в других странах. Влияние глобального потепления будет больше сказываться на среднезимней температуре воздуха, чем на средней летней. Так, к 2050 году средняя температура воздуха зимы будет увеличена на 3,4°C, а летняя на 2,4°C. Наиболее подверженным изменению температуры воздуха, окажется Северо-Западный округ (4,2°C), Уральский (4,1°C) и Дальневосточный (4,0°C).

По всей территории страны будет наблюдаться увеличение сумм осадков и к концу XXI века это увеличение будет достигать 61 мм. Больше всего осадков выпадет в зимний период, а меньше всего летом. Такие явления могут привести к учащению случаев наводнений весной и дефициту влаги летом. К концу века, наибольшее количество осадков придётся на Дальневосточный регион и увеличение будет составлять порядка 75 мм в год. Для южных регионов это может стать серьезной проблемой, сказывающейся на жизни молодых

лесопосадок.

Увеличенное количество осадков может привести к более долгому периоду без них, что скажется на засушливости некоторых районов. Так, в южных регионах страны, количество дней без осадков удвоится на 3-4 в середине XXI века. Возможное изменение лесных границ к 2100 году, согласно климатическому сценарию RCP8.5 будет касаться, в первую очередь, таёжных лесов Северной Америки и части Евразии. Хвойные леса будут сокращаться по всей территории страны, кроме Дальнего Востока и восточной Сибири, поскольку они расположены на вечной мерзлоте. В северной части Европы будут увеличиваться площади листопадных лесов, таких, как дубовых, еловых и липовых.

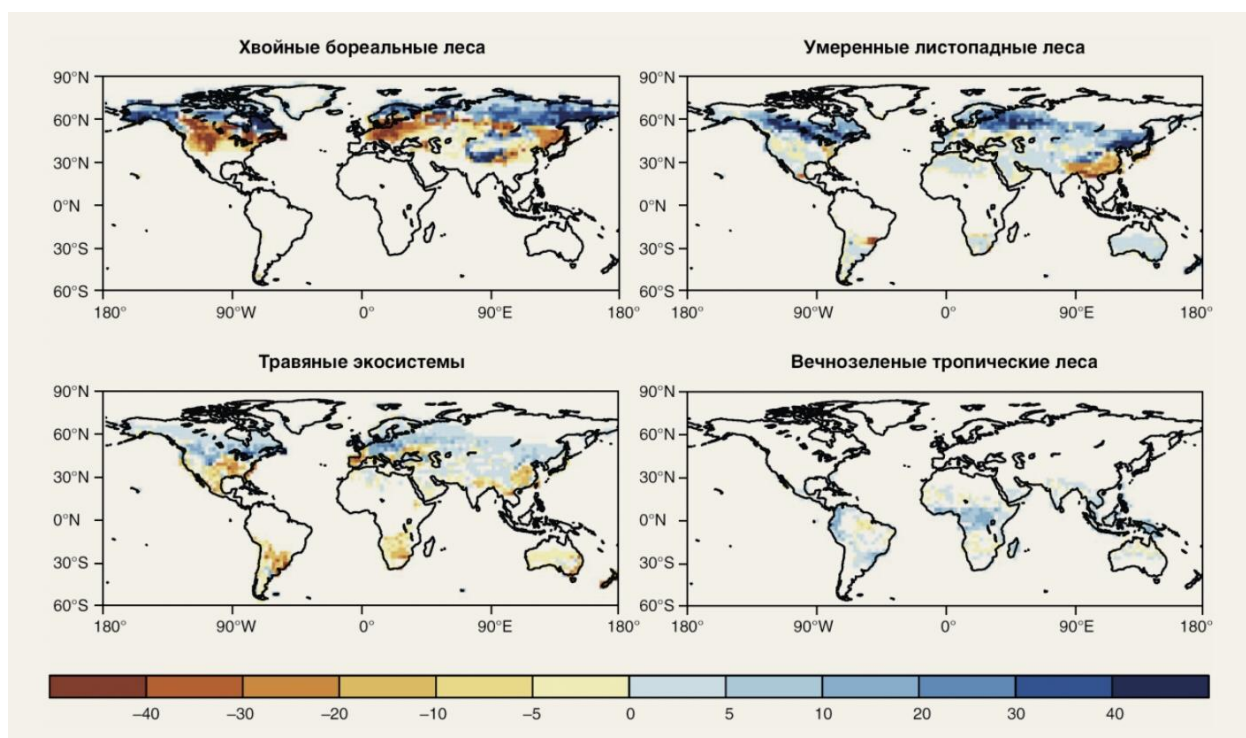


Рисунок 2.3 – Изменение типов растительного покрова (% покрытия территории) к началу 22 века (климатический сценарий RCP8.5).

По всей Европе будут расширяться степные экосистемы, а на территориях рядом с Каспийским и Чёрным морям будет происходить процесс опустынивания, сокращая растительное покрытие.

Таким образом, климатические изменения, возможно-наблюдаемые к 2100 году, будут непосредственно сказываться на лесах страны. На границе с тундрой на севере, будет расширяться лесная площадь. Южная граница подвержена изменениям, связанным с усыханием лесом, этому процессу будут особенно подвержены хвойные лесные массивы. Высокая температура может приводить к увеличению случаев лесных пожаров, а также к увеличению числа насекомых-вредителей. Зимний период станет более тёплым, что может привести к увеличению числа оттепелей. При сценарии RCP8.5 одной из главных проблем будет являться обезлесение до 2/3 территории Европейской части страны.

3. Анализ изменения климатических характеристик заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области за период с 1961 по 2020 гг.

3.1 Определение задач и цели научно-исследовательской работы

Целью данной бакалаврской работы является анализ изменения климатических характеристик заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области за период с 1961 по 2020 гг.

За последние десятилетия изменения климата становятся более ярко выраженными, чем это было в более ранние годы. Изменение климата оказывает значительное влияние на изменение температурного режима, количества осадков смены дат начала и окончания зимнего периода, а также его продолжительность. Датой устойчивого перехода температуры воздуха через ноль принималась граница смены сезонов. Изменение в сторону более низких значений для периода наступления зимы и в сторону более высоких значений, если это её окончание. Для заказника особую опасность в себе таят оттепели, влияющие на молодые саженцы деревьев. Так как современные прогностические модели дают прогностические поля на срок до 0 суток, наблюдая неблагоприятную тенденцию, можно заранее предпринять меры защиты.

Для данной научно-исследовательской работы необходимо проанализировать даты начала, конца зимы и её продолжительность, количество и частоту повторяемости оттепелей единичных и длительных. По представленным для исследования пунктам взяты данные из архива ВНИИГМИ-МЦД с 1961 по 2020 года. Программа Хаустова В. А. отмечает дату устойчивого перехода температуры для зимы - ниже нулевой границы, а началом весеннего периода - дату устойчивого перехода температуры выше нулевой границы.

На основании полученных результатов, воспользовавшись архивом приземных и высотных барических карт (Archiv UKMO and GFS Reanalysis) за

период с 1961 года по 2020, объяснить наступление длительных оттепелей, которые опасны для лесозаготовок.

Для выполнения поставленной цели был выбран заказник «Карстовые озёра» в Новгородской области, представленный на рисунке 3.1.

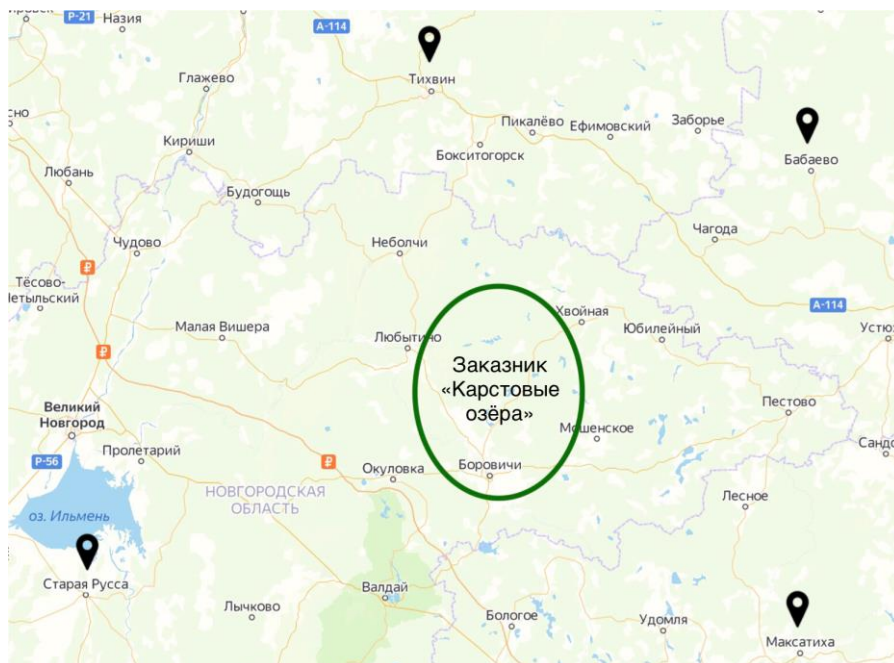


Рисунок 3.1 – Карта исследуемых пунктов для территории заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области.

Для исследования заказника были взяты четыре пункта, окружающие его: Максатиха - южная часть заказника; Тихвин - северо-запад заказника; Бабаево – восточная часть заказника и Старая Русса на юго-западе.

С помощью полученных результатов определяются даты начала и конца климатических сезонов. Для подробного изучения изменений климата будет произведён анализ синоптических процессов с целью определения характерных синоптических ситуаций, их динамике, особенно для периодов с максимальными сдвигами дат начала и конца зимы. В течение выбранного

периода – с 1961 по 2020 гг. будут рассмотрены границы начала и конца зимнего климатического сезона в четырёх выбранных пунктах.

Наибольший урон заказнику могут принести длительные оттепели, которые приводят к уничтожению лесозаготовок.

3.2 Анализ среднегодовых, среднесезонных значений температуры воздуха заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области.

Для анализа тенденции средней температуры воздуха были взяты данные среднесуточной температуры по четырём пунктам: Максатиха, Тихвин, Бабаево и Старая Русса. На основании этих данных были произведены расчёты для получения среднегодовых и среднесезонных значений.

Для начала был рассмотрен каждый из четырёх пунктов отдельно друг от друга. Первым пунктом для анализа стала Максатиха. На рисунке 3.2 представлена среднегодовая температура в пункте Максатиха за период с 1961 по 2020 гг. по средней точке осреднения за период 30 лет.

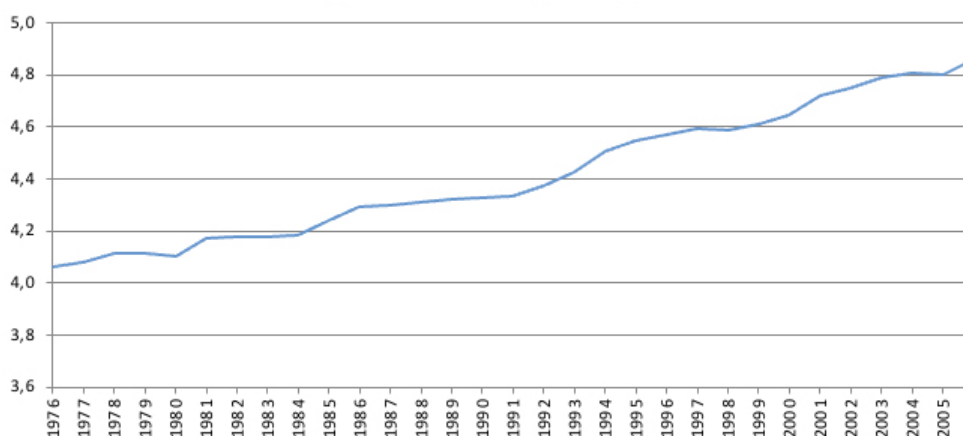


Рисунок 3.2 Среднегодовая температура в пункте Максатиха за период с 1961 по 2020 гг. Скользящее осреднение (окно осреднения 30 лет).

Анализ полученных результатов показывает увеличение среднегодовой температуры за последние тридцать лет. Для определения сезонов, наиболее подверженных климатическим изменениям, были рассмотрены среднесезонные температуры воздуха.

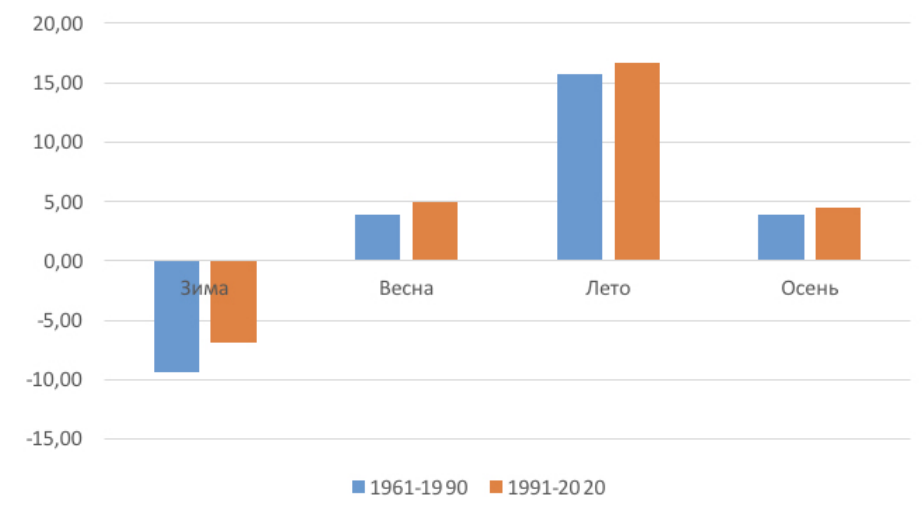


Рисунок 3.3 – Среднесезонная температура в пункте Максатиха за период с 1961 по 2020 гг.

По данным рисунка 3.3 можно сделать вывод об осязаемом изменении в зимний период, когда температура увеличилась с $-9,4^{\circ}\text{C}$ до $-6,9^{\circ}\text{C}$ во вторые тридцать лет. Менее заметные изменения претерпели остальные сезоны: средняя температура весной увеличилась с $3,9^{\circ}\text{C}$ до $4,9^{\circ}\text{C}$, летом с $15,8^{\circ}\text{C}$ до $16,7^{\circ}\text{C}$, осенью с $3,9^{\circ}\text{C}$ до $4,5^{\circ}\text{C}$. Таким образом, наибольшая разница наблюдалась зимой и составила $2,5^{\circ}\text{C}$.

На рисунке 3.4 представлены результаты среднесезонных температур воздуха, взятых за два тридцатилетия: первое – с 1961 по 1990 гг., второе – с 1991 по 2020 гг.

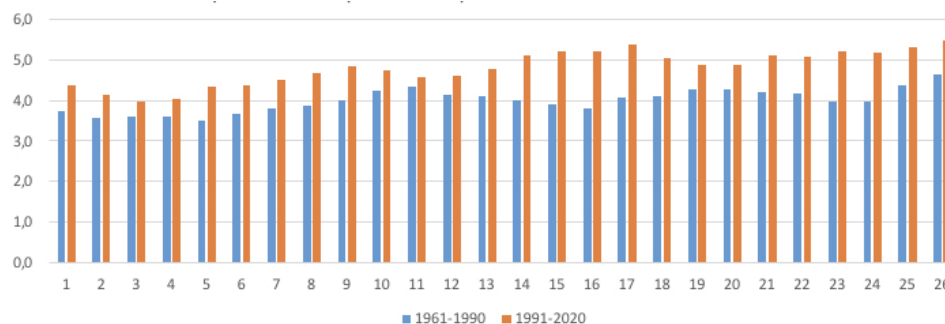


Рисунок 3.4 – Среднегодовая температура в пункте Максатиха, сравнение двух 30-летий. Скользящее осреднение (окно осреднения 30 лет).

Рисунок 3.4 наглядно показывает увеличение среднегодовой температуры в пункте Максатиха в последнее тридцатилетие.

Для пункта Тихвин были рассмотрены те же характеристики. Полученные данные указывают на увеличение среднегодовой температуры за последние тридцать лет. Для определения сезонов, наиболее подверженных климатическим изменениям, были рассмотрены среднесезонные температуры воздуха для пункта Тихвин. По результатам анализа можно сделать вывод об ощутимом изменении в зимний период, когда температура увеличилась с $-9,1^{\circ}\text{C}$ до $-6,7^{\circ}\text{C}$ во вторые тридцать лет. Менее заметные изменения претерпели остальные сезоны: средняя температура весной увеличилась с $3,4^{\circ}\text{C}$ до $4,3^{\circ}\text{C}$, летом с $15,4^{\circ}\text{C}$ до $16,4^{\circ}\text{C}$, осенью с $3,9^{\circ}\text{C}$ до $4,5^{\circ}\text{C}$. Таким образом, наибольшая разница наблюдалась зимой и составила $2,4^{\circ}\text{C}$.

Анализируя полученные результаты в пункте Бабаево, можно заметить увеличение среднегодовой температуры за последние тридцать лет. Для определения сезонов, наиболее подверженных климатическим изменениям, были рассмотрены среднесезонные температуры воздуха.

По результатам анализа исследуемых данных, можно сделать вывод об ощутимом изменении в зимний период, когда температура увеличилась с $-10,4^{\circ}\text{C}$ до $-7,9^{\circ}\text{C}$ во вторые тридцать лет. Менее заметные изменения претерпели

остальные сезоны: средняя температура весной увеличилась с $2,8^{\circ}\text{C}$ до $3,8^{\circ}\text{C}$, летом с $15,2^{\circ}\text{C}$ до $16,2^{\circ}\text{C}$, осенью с $3,1^{\circ}\text{C}$ до $3,9^{\circ}\text{C}$. Таким образом, наибольшая разница наблюдалась зимой и составила $2,5^{\circ}\text{C}$.

Результаты по пункту Старая Русса также показывают увеличение среднегодовой температуры за последние тридцать лет. По результатам анализа среднесезонных данных, можно сделать вывод об ощутимом изменении в зимний период, когда температура увеличилась с $-7,6^{\circ}\text{C}$ до $-5,1^{\circ}\text{C}$ во вторые тридцать лет. Менее заметные изменения претерпели остальные сезоны: средняя температура весной увеличилась с $4,8^{\circ}\text{C}$ до $5,8^{\circ}\text{C}$, летом с $16,3^{\circ}\text{C}$ до $17,3^{\circ}\text{C}$, осенью с $5,2^{\circ}\text{C}$ до $5,8^{\circ}\text{C}$. Таким образом, наибольшая разница наблюдалась зимой и составила $2,5^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, во всех четырёх пунктах наблюдается увеличение температуры воздуха. Наибольшему влиянию подвергается зимний период. Более детальный результат показывается рисунок 3.14 с данным среднемесячных температур в исследуемых пунктах. Наиболее низкая температура зимой наблюдается в Бабаево, Тихвин, Максатиха и Старая Русса показываются примерно одинаковый результат. Летом температура несколько выше в Максатихе, чем в Тихвине и Бабаево.

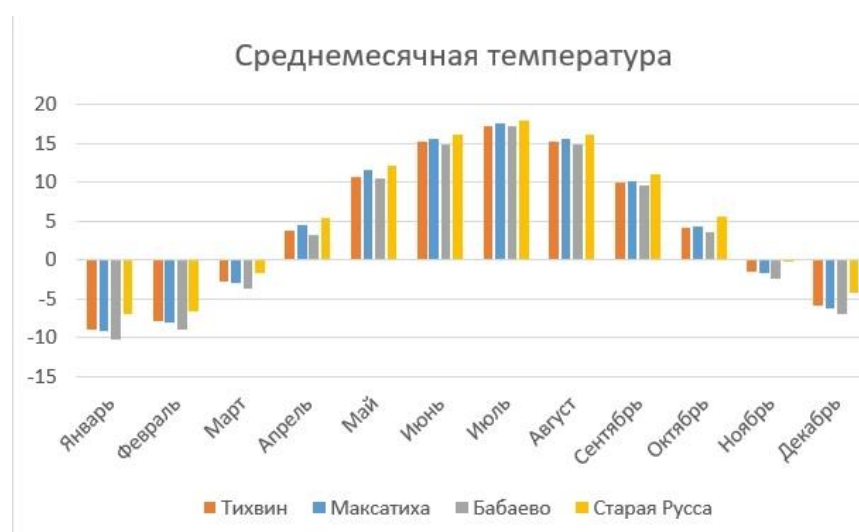


Рисунок 3.5 – Среднемесячная температура в пунктах: Тихвин, Бабаево,

Максатиха и Старая Русса за период с 1961 по 2020 гг.

На рисунке 3.5 приведён сравнительный анализ среднегодовой температуры в четырёх представленных пунктах: Тихвин, Бабаево, Максатиха и Старая Русса. По данному рисунку видно тенденцию на увеличение температуры во всех пунктах с середины 80-х годов.

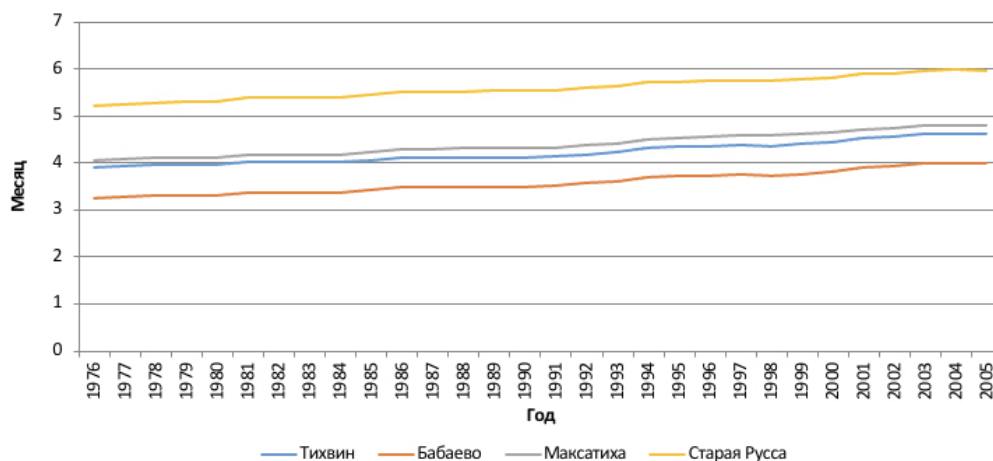


Рисунок 3.6 Среднегодовая температура в пунктах: Тихвин, Бабаево, Максатиха и Старая Русса за период с 1961 по 2020 гг. Скользящее осреднение (окно осреднения 30 лет).

Рисунок 3.6 является результирующим всех вышеупомянутых результатов. Таким образом, наблюдается тенденция к увеличению среднегодовой температуры во всех исследуемых пунктах.

3.3 Анализ зимнего климатического сезона в районе заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области.

На основании станций: Максатиха, Тихвин, Бабаево и Старая Русса, за выбранный период с 1961 года по 2020 года были рассчитаны даты устойчивого перехода через нулевой предел, который можно считать началом и концом зимнего сезона.

Таблица 3.1 – Сводная таблица дат начала климатической зимы для пункта Максатиха за период с 1961 по 2020 гг.

Таблица с датами начала зимнего периода					
Год	Ноябрь	Декабрь	Год	Ноябрь	Декабрь
1961	10	-	1991	-	4
1962	29	-	1992	-	18
1963	22	-	1993	5	-
1964	20	-	1994	25	-
1965	7	-	1995	19	-
1966	28	-	1996	-	11
1967	19	-	1997	17	-
1968	6	-	1998	5	-
1969	-	1	1999	-	17
1970	-	13	2000	-	17
1971	6	-	2001	14	-
1972	-	17	2002	22	-
1973	11	-	2003	17	-
1974	22	-	2004	17	-
1975	-	6	2005	30	-
1976	-	11	2006	-	18
1977	19	-	2007	4	-
1978	24	-	2008	-	9
1979	-	7	2009	-	5
1980	25	-	2010	21	-
1981	4	-	2011	-	18
1982	-	1	2012	24	-
1983	10	-	2013	26	-
1984	10	-	2014		22
1985	14	-	2015	-	27
1986	-	3	2016	-	26
1987	6	-	2017	21	-
1988	7	-	2018	11	-
1989	15	-	2019	-	28
1990	7	-	2020	26	-

По данным таблицы 3.1 видно, что даты наступления зимнего периода сместились за последнее тридцатилетие. Так, зимний сезон в период с 1961 по 1990 гг. начинался в ноябре 22 раза, в декабре 8 раз, в период с 1991 по 2020 гг. сезон начинался 17 раз в ноябре и 13 раз в декабре, что говорит об изменении температурного режима в данном пункте.

Таблица 3.2 – Сводная таблица дат конца климатической зимы для пункта Максатиха за период с 1961 по 2020 гг.

Таблица с датами конца зимнего периода					
Год	Март	Апрель	Год	Март	Апрель
1961	-	5	1991	30	-
1962	-	1	1992	20	-
1963	-	9	1993	30	-
1964	-	7	1994	31	-
1965	-	13	1995	-	5
1966	25	-	1996	-	2
1967	27	-	1997	-	14
1968	21	-	1998	-	16
1969	-	9	1999	-	7
1970	-	2	2000	30	-
1971	27	-	2001	-	1
1972	28	-	2002	-	7
1973	24	-	2003	-	4
1974	-	25	2004	14	-
1975	5	-	2005	-	2
1976	26	-	2006	29	-
1977	-	2	2007	3	-
1978		10	2008	23	-
1979	-	22	2009	-	11
1980	-	1	2010	27	-
1981	-	1	2011	-	2
1982	25	-	2012	-	8
1983	14	-	2013	-	10
1984	29	-	2014	-	11
1985	-	14	2015	-	2
1986	-	19	2016	28	-
1987	28	-	2017	-	20
1988	19	-	2018	-	1
1989	-	4	2019	15	-
1990	16	-	2020	-	2

По данным таблицы 3.2 можно сделать вывод, о также небольшом смещении дат окончания зимнего периода за последнее тридцатилетие. Так, зимний сезон в период с 1961 по 1990 гг. заканчивался в марте - 14 раз, в апреле - 16 раз, в период с 1991 по 2020 гг. сезон заканчивался 12 раз в марте и 18 раз в апреле, что указывает на изменение температурного режима в Максатихе.

В таблице 3.1 представлены рассчитанные даты начала и конца зимы в Максатихе. За последние тридцать лет (с 1991 по 2020 гг.) наблюдается смещение дат начала зимнего климатического сезона.

Продолжительность зимнего климатического сезона представлена на рисунке 3.7. За первые тридцать лет продолжительность зимы составила 131,1 дней, за вторые тридцать лет – 124,2 дня. Наблюдается сокращение зимнего периода в среднем на 7 дней. Средняя продолжительность зимы составила 127,5 дней.

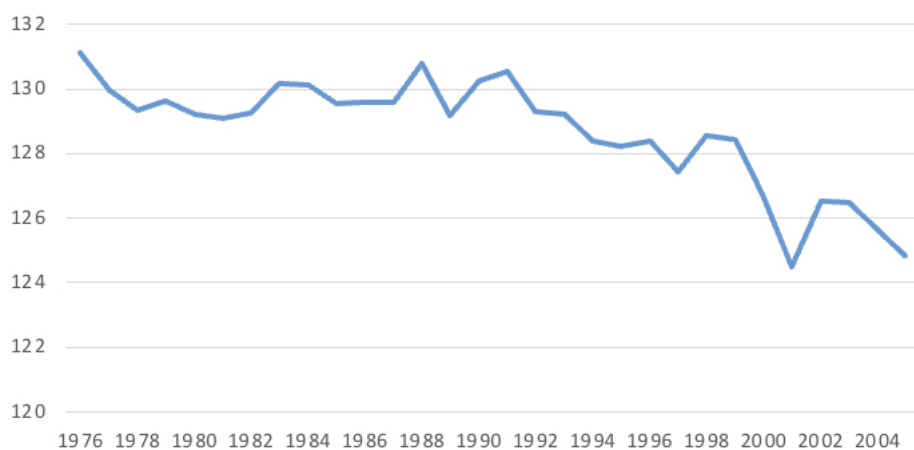


Рисунок 3.7 – Продолжительность зимнего периода в пункте Максатиха за период с 1961 по 2020 гг. Скользящее осреднение (окно осреднения 30 лет).

Таким образом, рисунок 3.7 показывает уменьшение продолжительности зимы в Максатихе за период с 1991 по 2020 гг.

По данным в пункте Бабаево очевидно, что даты наступления зимнего периода сместились за последнее тридцатилетие. Так, зимний сезон в период с 1961 по 1990 гг. начинался в ноябре 26 раз, в декабре 4 раза, в период с 1991 по 2020 гг. сезон начинался 19 раз в ноябре и 11 раз в декабре, что говорит об изменении температурного режима в данном пункте.

Наблюдается небольшое смещение дат окончания зимнего периода за последнее тридцатилетие. Так, зимний сезон в период с 1961 по 1990 гг. заканчивался в марте 13 раз, в апреле 17 раз, в период с 1991 по 2020 гг. сезон заканчивался 13 раз в марте и 17 раз в апреле, что указывает на изменение температурного режима в Бабаево.

Продолжительность зимнего климатического сезона представлена на рисунке 3.8. За первые тридцать лет продолжительность зимы составила 135,5 дней, за вторые тридцать лет – 126,6 дня. Наблюдается сокращение зимнего периода в среднем на 9 дней. Средняя продолжительность зимы составила 131,1 дней.

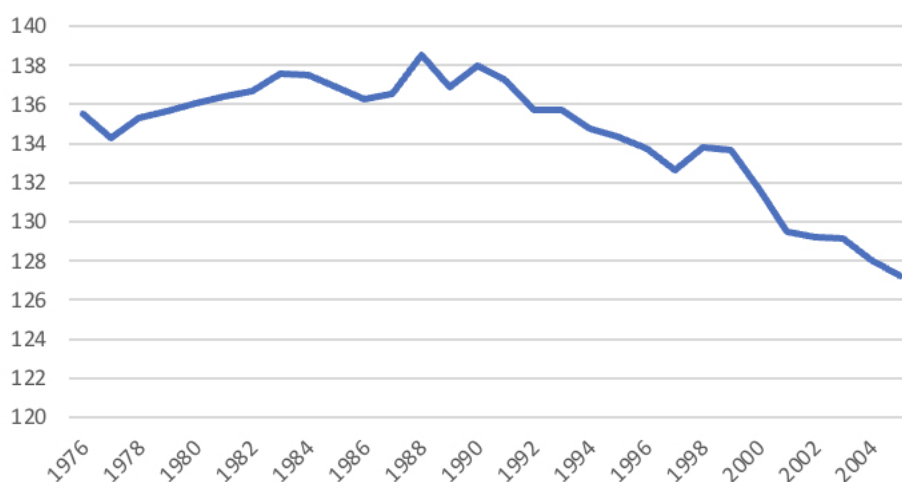


Рисунок 3.8 – Продолжительность зимнего периода в пункте Бабаево за период с 1961 по 2020 гг. Скользящее осреднение (окно осреднения 30 лет).

Таким образом, рисунок 3.8 показывает уменьшение продолжительности зимы в Бабаево за период с 1991 по 2020 гг.

Для пункта Тихвин соответствует смещение наступления зимнего периода за последнее тридцатилетие. Так, зимний сезон в период с 1961 по 1990 гг. начинался в ноябре 23 раза, в декабре - 7 раз, в период с 1991 по 2020 гг. сезон

начинался 17 раз в ноябре и 13 раз в декабре, что говорит об изменении температурного режима в данном пункте. Также наблюдается небольшое смещение дат окончания зимнего периода за последнее тридцатилетие. Так, зимний сезон в период с 1961 по 1990 гг. заканчивался в марте 16 раз, в апреле - 14 раз, в период с 1991 по 2020 гг. сезон заканчивался 14 раз в марте и 16 раз в апреле, что указывает на изменение температурного режима в Тихвине.

Продолжительность зимнего климатического сезона представлена на рисунке 3.9. За первые тридцать лет продолжительность зимы составила 130,9 дней, за вторые тридцать лет – 123,5 дня. Наблюдается сокращение зимнего периода в среднем на 7 дней. Средняя продолжительность зимы составила 127,3 дней.

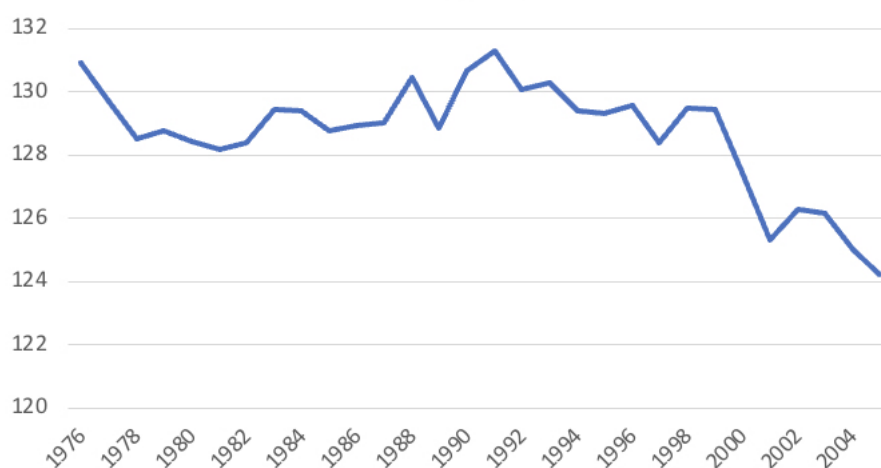


Рисунок 3.9 – Продолжительность зимнего периода в пункте Тихвин за период с 1961 по 2020 гг. Скользящее осреднение (окно осреднения 30 лет).

Таким образом, рисунок 3.9 показывает уменьшение продолжительности зимы в Тихвине за период с 1991 по 2020 гг.

За последнее тридцатилетие в Старой Руссе смещение начала и конца зимы практически претерпели изменения. Так, зимний сезон в период с 1961 по 1990 гг. начинался в ноябре 25 раза, в декабре - 5 раз, в период с 1991 по 2020

гг. сезон начинался 19 раз в ноябре и 11 раз в декабре, что говорит об изменении температурного режима в данном пункте. Также наблюдается небольшое смещение дат окончания зимнего периода за последнее тридцатилетие. Так, зимний сезон в период с 1961 по 1990 гг. заканчивался в марте 25 раз, в апреле - 5 раз, в период с 1991 по 2020 гг. сезон заканчивался 24 раза в марте и 6 раз в апреле, что указывает на изменение температурного режима в Тихвине.

Продолжительность зимнего климатического сезона представлена на рисунке 3.10. За первые тридцать лет продолжительность зимы составила 121 день, за вторые тридцать лет – 119 дней. Наблюдается сокращение зимнего периода в среднем на 2 дня. Средняя продолжительность зимы составила 120 дней.

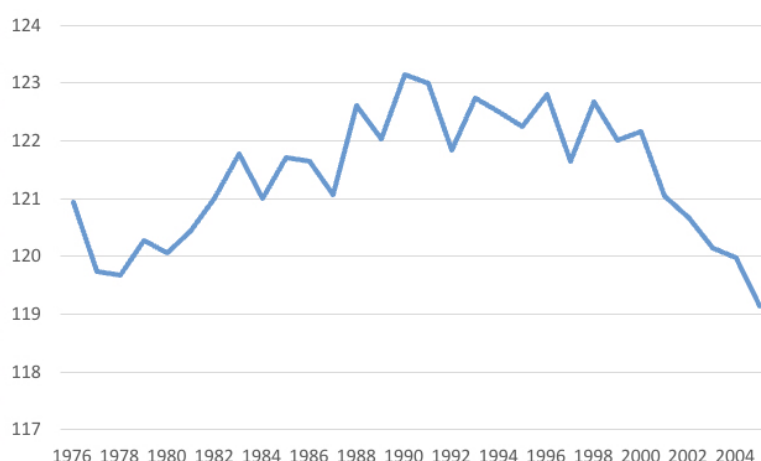


Рисунок 3.10 – Продолжительность зимнего периода в пункте Старая Русса за период с 1961 по 2020 гг. Скользящее осреднение (окно осреднения 30 лет).

Таким образом, рисунок 3.10 показывает не значимое уменьшение продолжительности зимы в Старой Руссе за период с 1991 по 2020 гг. Для более подробного анализа рассмотрим среднюю продолжительность зимы для четырёх пунктов на одном рисунке 3.11.

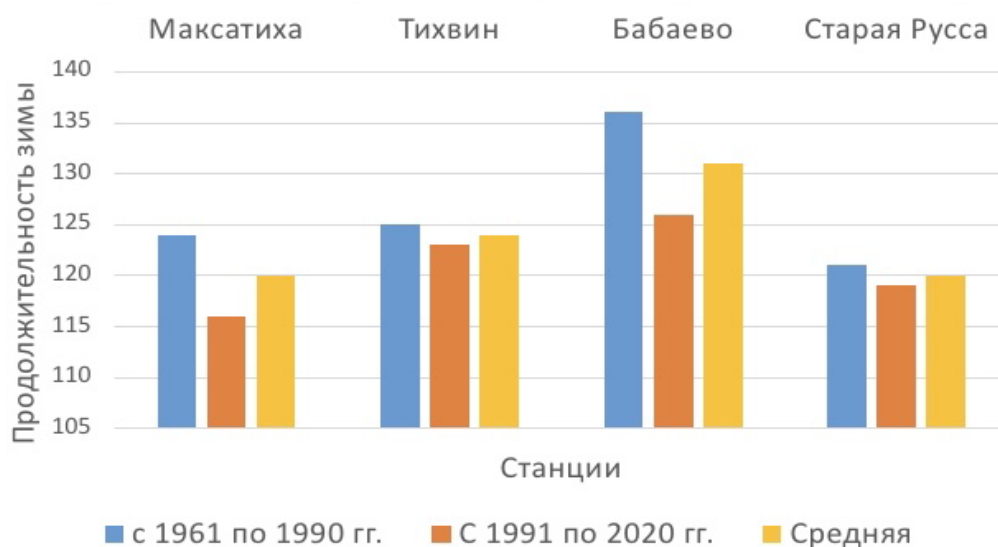


Рисунок 3.11 – Продолжительность зимы в пунктах: Максатиха, Тихвин, Бабаево и Старая Русса за период с 1961 по 2020 гг.

Уменьшение продолжительности зимнего периода наблюдается во всех четырёх исследуемых пунктах во время второго тридцатилетия, согласно рисунку 3.11. Средняя продолжительность зимнего периода больше в Бабаево. Наибольшие изменения в количестве продолжительности зимнего сезона показывают пункты Максатиха и Бабаево. Для Тихвина разница незначительная, в сравнении с другими пунктами.

Таблица 3.3 – Сводная таблица продолжительности климатической зимы для четырёх пунктов: Максатиха, Тихвин, Бабаево и Старая Русса за период с 1961 по 2020 гг.

Пункт	Продолжительность зимы		
	с 1961 по 1990 гг.	С 1991 по 2020 гг.	Средняя
Максатиха	124	116	120
Тихвин	125	123	124
Бабаево	136	126	131
Старая Русса	121	119	120

По данным таблицы 3.3 наибольшее уменьшение наблюдается в Бабаево, где зима сократилась на 10 дней. В Максатихе продолжительность зимы во время второго тридцатилетия сократилась на 8 дней. Тихвин показывает наименьшую изменчивость - 2 дня, также как и Старая Русса.

Сдвиг начала зимнего сезона для пункта Максатихе составил 9 дней во время второго 30-летия, весна начала наступать позже на один день. Средняя температура зимы увеличилась на $1,8^{\circ}\text{C}$. В период с 1961-1990 гг., начало климатической зимы пришлось на 21 ноября, окончание пришлось на 31 марта, а средняя температура зимнего сезона составила $-7,6 \pm 2,2^{\circ}\text{C}$. В период с 1991-2020 гг., начало климатической зимы пришлось на 30 ноября, а окончание на 1 апреля, средняя температура зимнего сезона составила $-5,8 \pm 2,2^{\circ}\text{C}$.

Сдвиг начала зимнего сезона в пункте Тихвин составил 9 дней во время второго 30-летия, весна начала наступать позже на 7 дней, однако средняя температура зимы уменьшилась на $1,1^{\circ}\text{C}$. В период с 1961-1990 гг., начало климатической зимы пришлось на 21 ноября, окончание пришлось на 1 апреля, средняя температура зимнего сезона составила $-4,7 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$. В период с 1991-2020 гг., начало климатической зимы пришлось на 30 ноября, а окончание на 8 апреля, средняя температура зимнего сезона составила $-5,8 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$.

Сдвиг начала зимнего сезона в пункте Бабаево оставил 7 дней во время второго 30-летия, весна начала наступать раньше на 3 дня. Средняя температура зимы увеличилась на $1,8^{\circ}\text{C}$. В период с 1961-1990 гг., начало климатической зимы пришлось на 18 ноября, окончание пришлось на 3 апреля, средняя температура зимнего сезона составила $-8,6 \pm 2,2^{\circ}\text{C}$. В период с 1991-2020 гг., начало климатической зимы пришлось на 25 ноября, а окончание на 31 марта, средняя температура зимнего сезона составила $-6,8 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$.

Сдвиг начала зимнего сезона в пункте Старая Русса оставил 2 дня во время второго 30-летия, весна начала наступать позже на 2 дня. Средняя температура зимы увеличилась на $2,5^{\circ}\text{C}$. В период с 1961-1990 гг., начало климатической зимы пришлось на 22 ноября, окончание пришлось на 22 марта

апреля, средняя температура зимнего сезона составила $-7,3 \pm 3,1^{\circ}\text{C}$. В период с 1991-2020 гг., начало климатической зимы пришлось на 24 ноября, а окончание на 23 марта, средняя температура зимнего сезона составила $-4,8 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$

Согласно результатам, можно отметить, что за весь период на исследуемой территории самая ранняя дата наступления весны была 1 марта в Старой Руссе, в ней же и самая поздняя-13 апреля.

Во всех пунктах наблюдается более поздний приход зимы в период с 1991 по 2020 гг. Наибольший сдвиг в датах прихода зимы наблюдается в Максатихе и Тихвине, для Бабаево сдвиг составляет 7 дней, для Старой Руссы - 2 дня. Весна начала наступать раньше на 3 дня в Бабаево в то время, как в Тихвине она начала наступать позже на 7 дней. В Максатихе и Старой Руссе весна начинается позже на один день. Температурные изменения в Максатихе и Бабаево показывают одинаковые результаты – осреднённая за второе 30-летие, температура воздуха увеличилась на $1,8^{\circ}\text{C}$ соответственно, в отличие от Тихвина, температура которого уменьшилась на $1,1^{\circ}\text{C}$, в Старой Руссе средняя температура зимы увеличилась на $2,5^{\circ}\text{C}$. Данная динамика может быть обусловлена изменением числа случаев наступления оттепелей в пунктах.

3.4 Анализ летнего климатического сезона в районе заказника «Карстовые озёра» в Новгородской области.

Наибольшее изменение температурного режима приходится на зимний период, но изменениям был подвержен и тёплый сезон, согласно пункту 3.2. Чтобы получить более точные результаты, будут рассмотрены остальные климатические сезоны: весна, лето и осень в четырёх исследуемых пунктах – Максатиха, Тихвин, Бабаево и Старая Русса за период с 1961 по 2020 гг.

Анализ среднесезонной температуры за два десятилетия в пункте Максатиха показал, что за первые 30 лет температура весной составляла $3,8^{\circ}\text{C}$, летом $15,8^{\circ}\text{C}$ и осенью $3,9^{\circ}\text{C}$. За вторые 30 лет температура весной составила

4,9°C, летом 17,7°C и осенью 4,5°C. Разница температур за два тридцатилетия весной составила 1,0°C, летом 0,9°C и осенью 0,6°C. Таким образом, можно заметить увеличение температуры в каждом из сезонов.

Анализ среднесезонной температуры за два десятилетия в пункте Тихвин за первые 30 лет показал, что температура весной составляла 3,4°C, летом 15,4°C и осенью 3,9°C. За вторые 30 лет температура весной составила 4,3°C, летом 16,4°C и осенью 4,5°C. Разница температур за два тридцатилетия весной составила 0,9°C, летом 1,0°C и осенью 0,6°C. Таким образом, можно заметить увеличение температуры в каждом из сезонов.

Анализ среднесезонной температуры за два десятилетия в пункте Бабаево показал, что за первые 30 лет температура весной составляла 2,8°C, летом 15,2°C и осенью 3,1°C. За вторые 30 лет температура весной составила 3,8°C, летом 16,2°C и осенью 4,5°C. Разница температур за два тридцатилетия весной составила 1,0°C, летом 1,0°C и осенью 0,7°C.

Анализ среднесезонной температуры за два десятилетия в пункте Старая Русса показал, что за первые 30 лет температура весной составляла 4,8°C, летом 16,3°C и осенью 5,2°C. За вторые 30 лет температура весной составила 5,8°C, летом 17,3°C и осенью 5,8°C. Разница температур за два тридцатилетия весной составила 2,5°C, летом 1,0°C и осенью 0,6°C.

Таким образом, можно заметить увеличение температуры в каждом из сезонов всех пунктов, в среднем, на 0,8°C.

3.5 Анализ повторяемости оттепелей

На данном этапе работы была проанализирована повторяемость оттепелей и их динамика. Ранее было отмечено, что оттепели могут нести непоправимые последствия для молодых саженцев, которые особенно подвержены температурным изменениям.

Известно, что, начиная с 80-х годов прошлого столетия, наиболее ярко наблюдаются глобальные изменения климата. Индикатором таких колебаний, в некоторых случаях глобального потепления, является зимний сезон [1]. Влияние климатических изменений должны влечь за собой изменение повторяемости оттепелей и их продолжительности.

В данной работе рассмотрены единичные и длительные оттепели по четырём пунктам, окружающих заказник «Карстовые озёра» в Новгородской области. Поскольку для заказника наиболее опасными считаются оттепели в середине и конце зимы, в данной работе будут рассмотрены именно они.

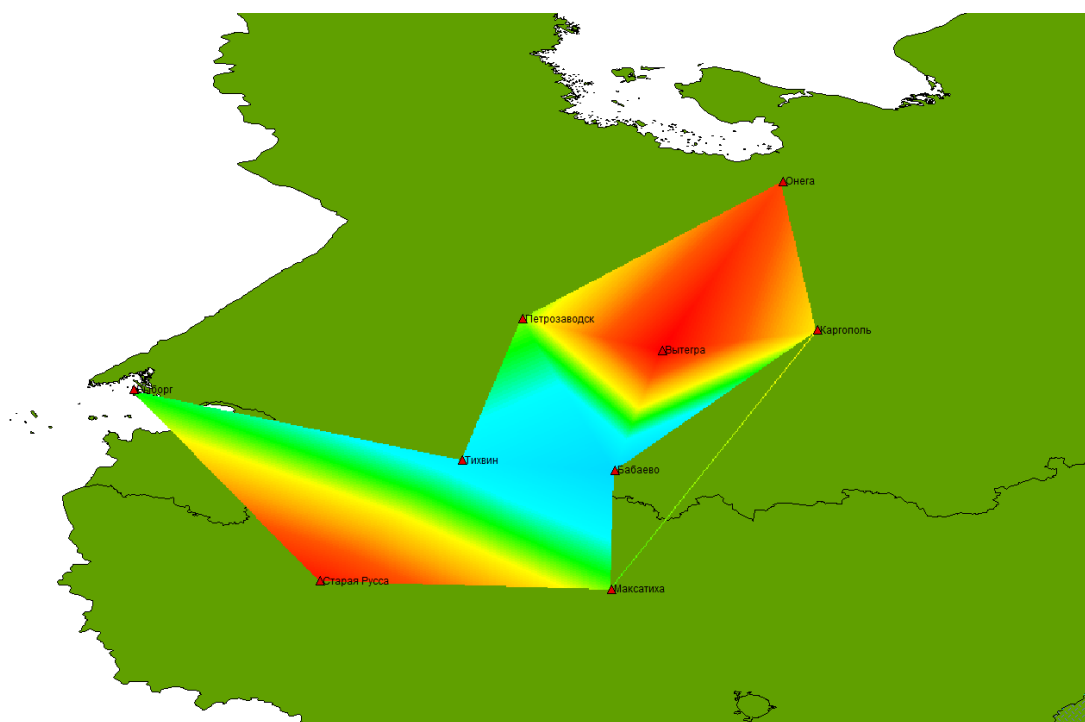


Рис. 3.12 Пространственное количество длительных оттепелей за весь исследуемый период с 1961 по 2020 гг.

По данным рисунка 3.12 можно сделать вывод, что наименьшее количество длительных оттепелей наблюдается на севере заповедника, а

максимальное на юге. Таким образом, наибольшее количество длительных оттепелей приходит с юга на заповедник.

Таблица 3.4 – Повторяемость оттепелей по месяцам (длительные и единичные) по четырём пунктам: Максатиха, Тихвин, Бабаево и Старая Русса за период с 1961 по 2020 гг.

Пункт	Количество оттепелей					
	С 1961 по 1990 гг.					
	январь		февраль		март	
	единичные	длительные	единичные	длительные	единичные	длительные
Максатиха	20	19	8	17	18	35
Тихвин	31	20	14	18	15	28
Бабаево	18	16	9	12	20	30
Старая Русса	27	25	12	19	14	7
Пункт	С 1991 по 2020 гг.					
	январь		февраль		март	
	единичные	длительные	единичные	длительные	единичные	длительные
	единичные	длительные	единичные	длительные	единичные	длительные
Максатиха	31	31	29	28	10	46
Тихвин	24	34	25	29	18	25
Бабаево	21	27	31	20	21	33
Старая Русса	23	44	10	34	10	7
Пункт	всего					
	январь		февраль		март	
	единичные	длительные	единичные	длительные	единичные	длительные
	единичные	длительные	единичные	длительные	единичные	длительные
Максатиха	51	50	37	45	28	81
Тихвин	55	54	39	47	33	53
Бабаево	39	43	40	32	41	63
Старая Русса	50	69	22	53	24	14

За весь период с 1961 по 2020 гг. количество оттепелей в Максатихе составило 292 случая, из них 116 — это единичные и 176 длительные. В Тихвине за весь период зафиксирован 281 случай оттепелей, 127 из них — это единичные случаи и 154 - длительных. Для Бабаево количество случаев за весь исследуемый период составляет 258, 120 из которых-единичные случаи и 138-длительные оттепели. В Старой Руссе количество оттепелей за весь исследуемый период составляет 232, 96 из которых-единичные случаи и 136-длительные оттепели.

За период с 1961 по 1990 гг. в Максатихе было зафиксировано 46 случаев единичных оттепелей и 71 случай длительных. В Тихвине наблюдалось 60

случаев единичных оттепелей и 66 длительных. 47 случаев единичных оттепелей было зафиксировано в Бабаево, а длительных - 58. В Старой Руссе наблюдалось 53 случаев единичных оттепелей и 51 длительных.

За период с 1991 по 2020 гг. в Максатихе было зафиксировано 70 случаев единичных оттепелей и 105 случаев длительных. В Тихвине наблюдалось 67 случаев единичных оттепелей и 88 длительных. 73 случаев единичных оттепелей было зафиксировано в Бабаево, а длительных-80. В Старой Руссе наблюдалось 43 случаев единичных оттепелей и 85 длительных.

Таким образом, наибольшее число оттепелей зафиксировано в Максатихе-292. Меньше всего случаев в Бабаево-258 и Старой Руссе-232. Суммарно во всех пунктах больше случаев длительных оттепелей. Наибольший результат по количеству длительных оттепелей показывает Максатиха, где их 127, а наименьший – Старой Руссе, где 136 случаев длительных оттепелей.

В Максатихе количество единичных оттепелей увеличилось на 24 случая, длительных на 34. В Тихвине количество единичных оттепелей увеличилось на 7 случая, длительных на 22. В Бабаево количество единичных оттепелей увеличилось на 26 случаев, длительных на 22. В Старой Руссе количество единичных оттепелей уменьшилось на 10 случаев, но увеличилось количество длительных оттепелей на 34. Наибольшее число оттепелей наблюдается в январе и марте.

Исходя из проведенного анализа, можно сделать вывод, что количество оттепелей увеличивается во всех четырёх пунктах. Самое значительное изменение повторяемости наиболее опасных длительных оттепелей наблюдается в Старой Руссе на юго-западе территории исследования.

3.6 Анализ синоптических ситуаций, формирующих длительные оттепели в районе заказника «Карстовые озёра».

Во время зимнего периода, деревья находятся в состоянии покоя. Оттепели может спровоцировать несвоевременное пробуждение деревьев. Однако наиболее опасными для них являются длительные оттепели, после которых наступают серьёзные заморозки (до -10°C и ниже). Оттепели являются причиной сокодвижения, наступившие заморозки остановят его, заморозив жидкость в растениях. Оттепели также приводят к появлению прослойки льда, препятствующей воздухообмену, а затем к замедлению развития растений, цветущих в более раннее время. Внезапное повышение температуры сказывается на количестве влаги в почве. Повышенная влажность является первопричиной появления вредной микрофлоры, начинаются процессы гниения и последующего, возможного, выпревания. Уменьшение снежного покрова приводит к вымерзанию растений, чему наиболее подвержены молодые саженцы.

В работе будут рассмотрены длительные оттепели, характерные для отдельных пунктов и для всей территории.

В данной бакалаврской работе были детально исследованы случаи для длительных оттепелей периода с 1991 по 2020 гг. Для анализа были выбраны только опасные для перезимовки растений продолжительные оттепели в январе, феврале и в марте (с окончанием, не менее чем, за 14 дней до начала климатической весны). В сумме была проанализирована синоптическая ситуация для 80 случаев.

Для изучения синоптических процессов, которые формируют наиболее опасные для заказника оттепели из четырёх пунктов выбрана Максатиха, как пункт с наиболее высокой повторяемостью длительных оттепелей, не захватывающих всю территорию.

Необходимо отметить, что в некоторых случаях траектории барических объектов имеют направление на северо-восток и длительная оттепель, связанная с ними, начинается в Максатихе, а затем при перемещении, например южной части циклона на северо-восток, отмечается и в других пунктах.

Рассмотрим характерную синоптическую ситуацию, формирующую длительную оттепель, наиболее опасную для перезимовки

В период с 11 марта по 16 марта 2001 г. в Максатихе наблюдалась длительная оттепель, с температурным режимом, представленным на рисунке 3.13.

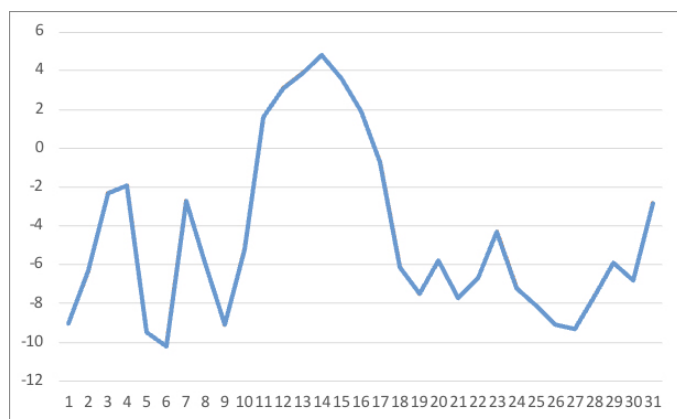


Рис. 3.13 – Температурный ход в период длительной оттепели с 11 по 16 марта 2001 года.

В течение периода с 13 по 15 марта температура оттепели превышала 4°C. После окончания оттепели наблюдалось резкое понижение температуры воздуха (рис. 3.13). Межсуточная изменчивость температуры составила более 10°C. При таких амплитудах наблюдаются ледяные отложения, также опасные и для деревьев. Рассмотрим синоптические процессы, протекающие над регионом исследования в период длительной оттепели.

Начало оттепели представлено на синоптической карте рис от 11 марта 2001 года, когда температура воздуха была выше нуля, среднесуточная температура составила 1,6°C градусов.

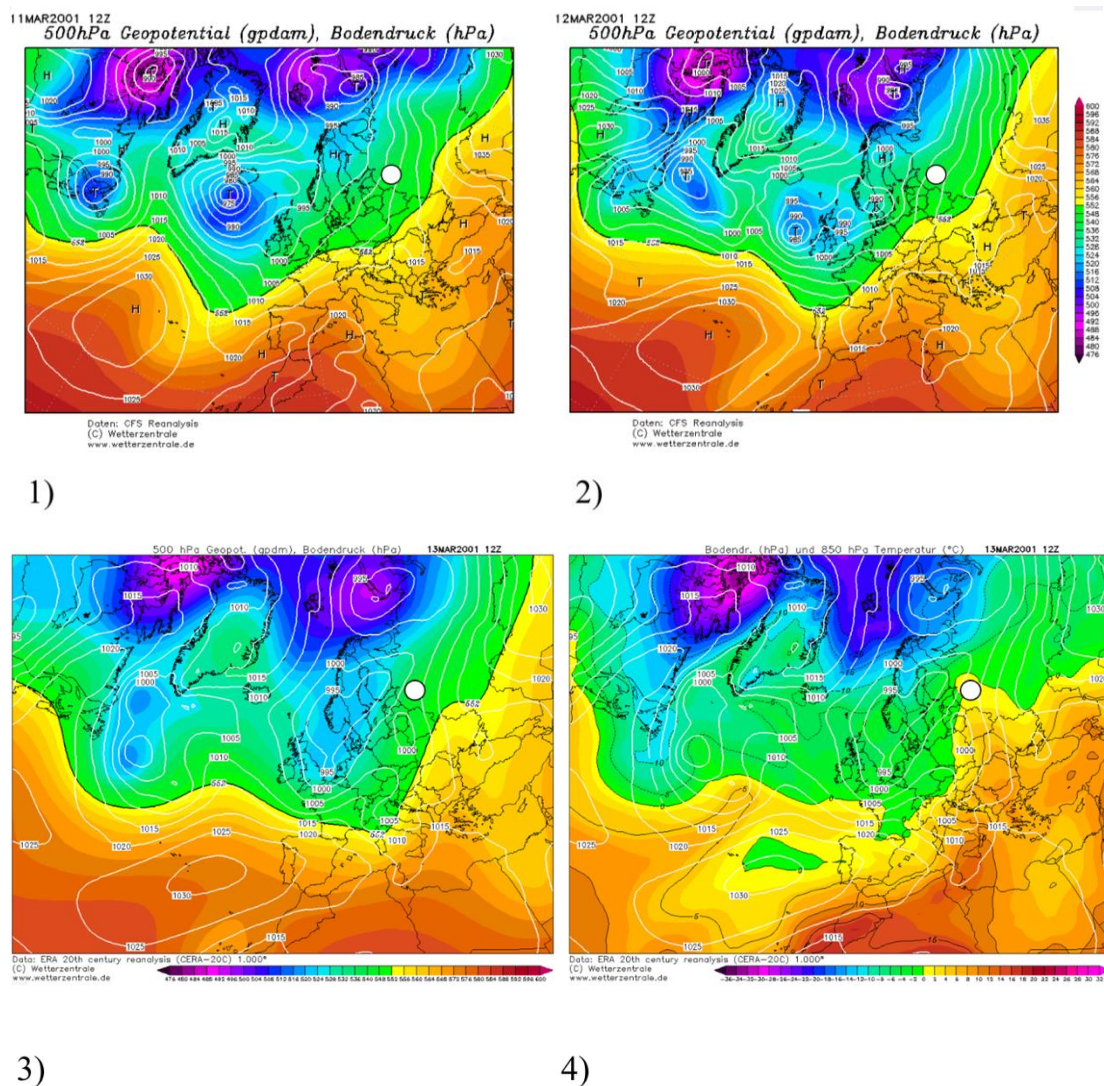


Рис. 3.14 – Синоптическая карта многоцетровой депрессии в высокоградиентном поле:

- 1) 11 марта 2001 г. (AT500); 2) 12 марта 2001 г. (AT500)
- 3) 13 марта 2001 г. (AT500); 4) 13 марта 2001г. (AT850)

Синоптическая ситуация этого дня определялась южной частью обширного циклонического образования, расположенного над западной частью Северного Ледовитого океана и над северной Атлантикой, объединённое общими изобарами, с двумя центрами. Один центр располагается над Новой Землей. Второй северо-западнее Великобритании.

Над территорией исследования фиксируются изобары широтно-ориентированные и высокоградиентное барическое поле. Ветра южных и юго-западных направлений приносят потепление в начале оттепели. Поле температуры в начале оттепели представлено на рисунке 2 (а). В дальнейшем, 12 марта ситуация практически не изменяется, также над регионом исследования находится барическое поле с высокими градиентными и широтными ориентированными изобарами.

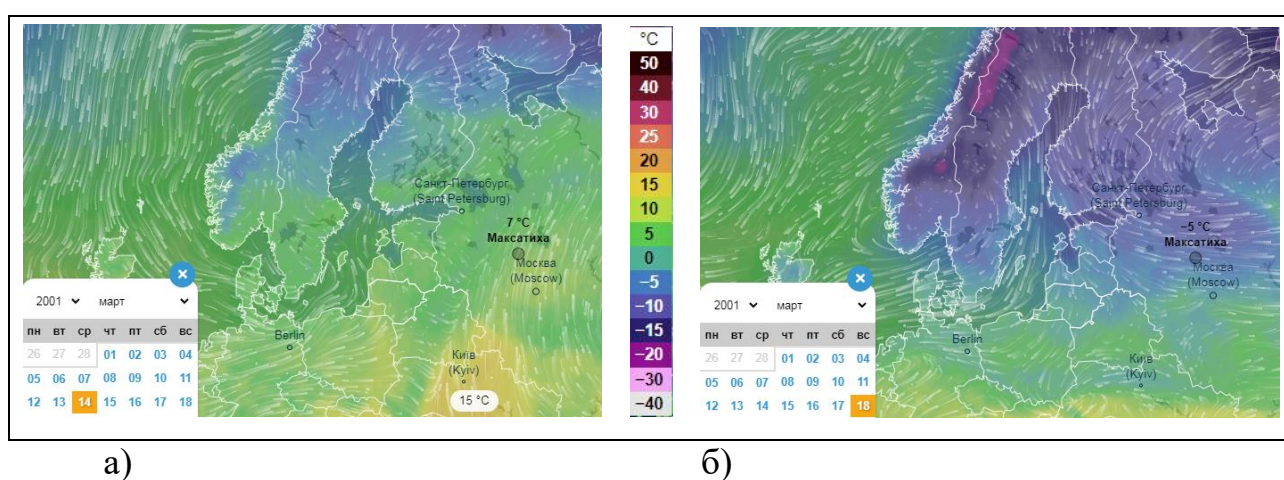


Рис. 3.15 – характерная для длительной оттепели в районе заказника «Карстовые озёра» за 14 марта 2001 г. Модель реанализа ICON (Погодный сервис Ventusky).

12 марта над западной Европой и Великобританией происходит активный циклогенез, в поле старого циклона формируется молодой циклон, который начинает продвигаться по ведущему потоку в направлении заказника. 13 марта заказник находится в южной части циклона. На южную часть заказника воздействует фронт окклюзии по типу тёплого. Данная синоптическая ситуация представлена на рисунке 3.16

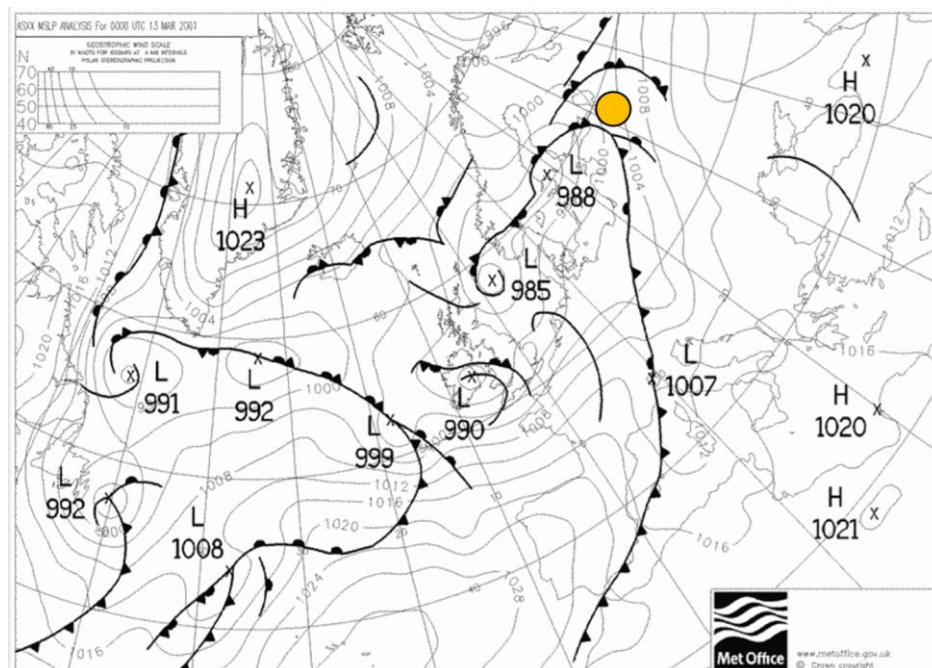


Рис. 3.16 – Синоптическая ситуация, характерная для длительной оттепели 13 марта 2001 г.

Дополнительный вклад в формирование высоких температур и создание после окончания оттепели опасной гидрометеорологической ситуации внесла мощная облачность и осадки во время оттепели. После ее окончания высокая влажность спровоцировала наличие гололедно-изморозевых отложений на молодых посадках в районе заказника.

Наиболее опасной ситуацией является резкое понижение температуры воздуха после длительной оттепели (рис. 3.15 б). На рисунке 3.16 представлена синоптическая ситуация на высоте 1,5 км (карта AT850) резкого понижения температуры воздуха, которая соответствует полю температуры и ветра на рисунке 3.15 б). Над Северо-Западной частью России располагается центр циклона. В его тыловой части формируется очаг холода. Заказник находится в южной части очага.

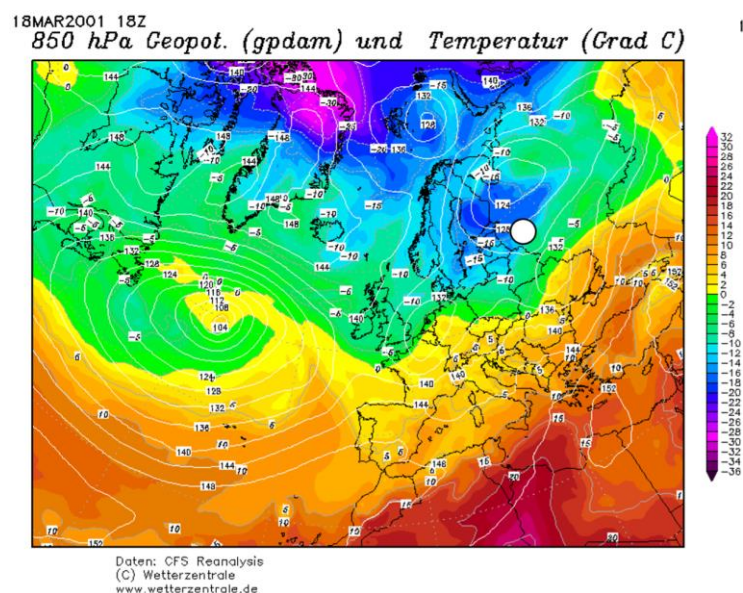


Рис. 3.17 – Синоптическая ситуация, характерная для длительной оттепели 18 марта 2001 г. (AT850).

На карте визуализации поля температуры и ветровых потоков чешской модели реанализа Ventusky отмечается движение в сторону закзника холодных воздушных масс с районов Ботнического залива.

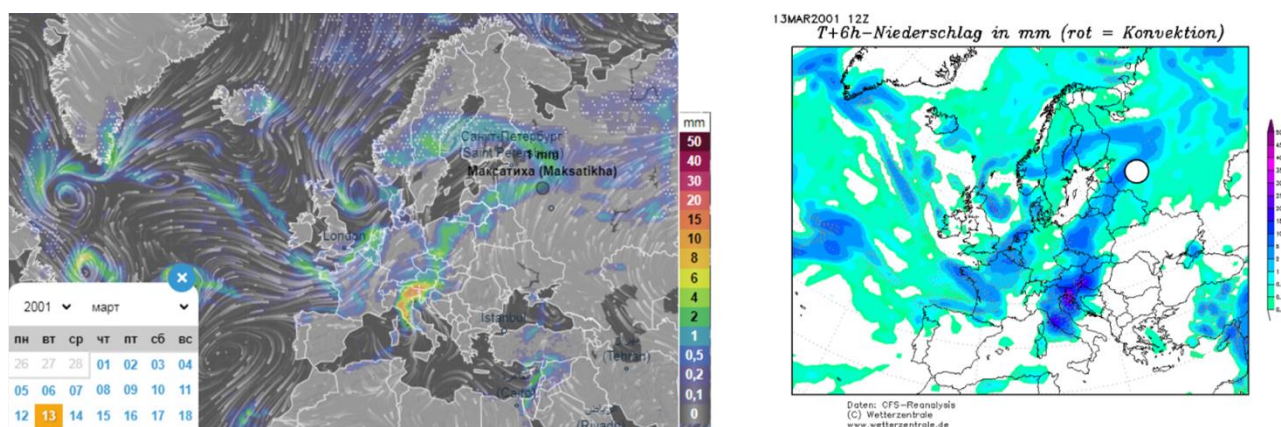


Рис. 3.18 – Модели реанализа за 13 марта 2001 г.

Резкие понижения температуры воздуха после длительной оттепели связаны с тыловыми частями циклонов, часто двухцентровых с одним из

центров над Северо-Западом РФ. В данном случае зима закончилась 7 апреля 2001 года.

Поскольку в Бабаево наименьшее количество оттепелей, но при этом среднесезонные температуры выше, чем в других пунктах, рассмотрим пример длительной оттепели, наблюдавшуюся только в этом пункте с 8 по 11 января 1991 г. На рисунке 3.15 представлена синоптическая ситуация для начала оттепели – 8 января 1991 г и спустя сутки, после её окончания – 13 января 1991 г.

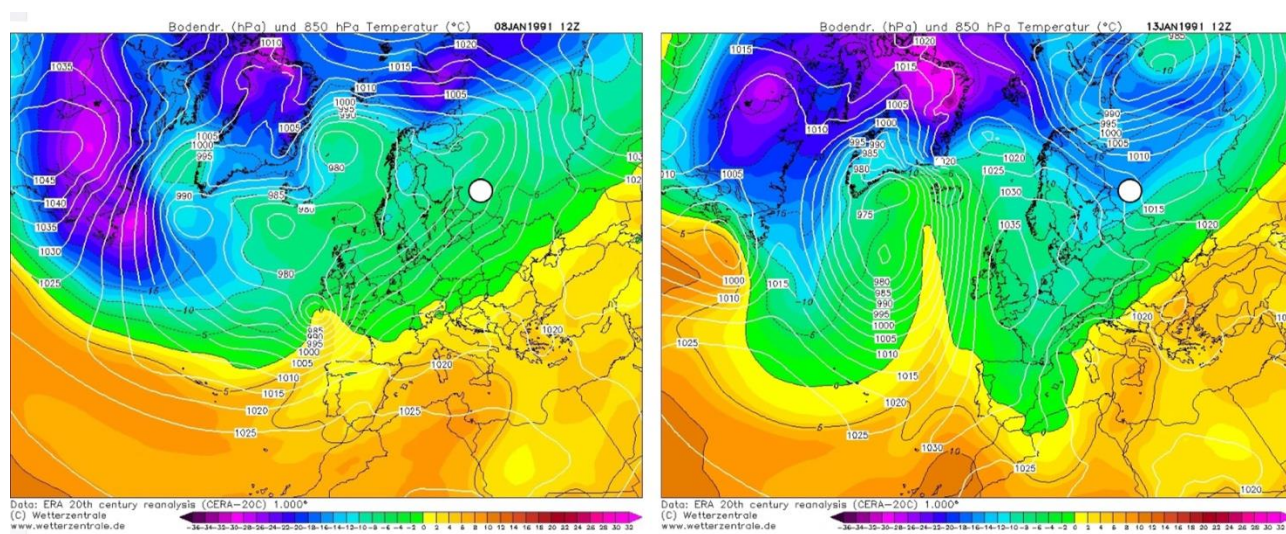


Рис 3.19 – Синоптическая ситуация, характерная для длительной оттепели 11 марта 1991 г. (AT850).

Повышение температуры воздуха во время длительной оттепели связано с южным и юго-западным ветром. Холод же вызван тыловой частью циклона, которая охватывала территорию от Шпицбергена до центра России.

Далее будут рассмотрены длительные оттепели, наблюдавшиеся в двух и более пунктах. Данным примером служит оттепель, наблюдавшаяся в период с 21 по 23 января 1999 г. Максимальная температура зафиксирована в середине трехдневной оттепели и составила 2,5°C. Спустя сутки после окончания

оттепели, было зафиксировано резкое понижение температуры воздуха до -15,7°C.

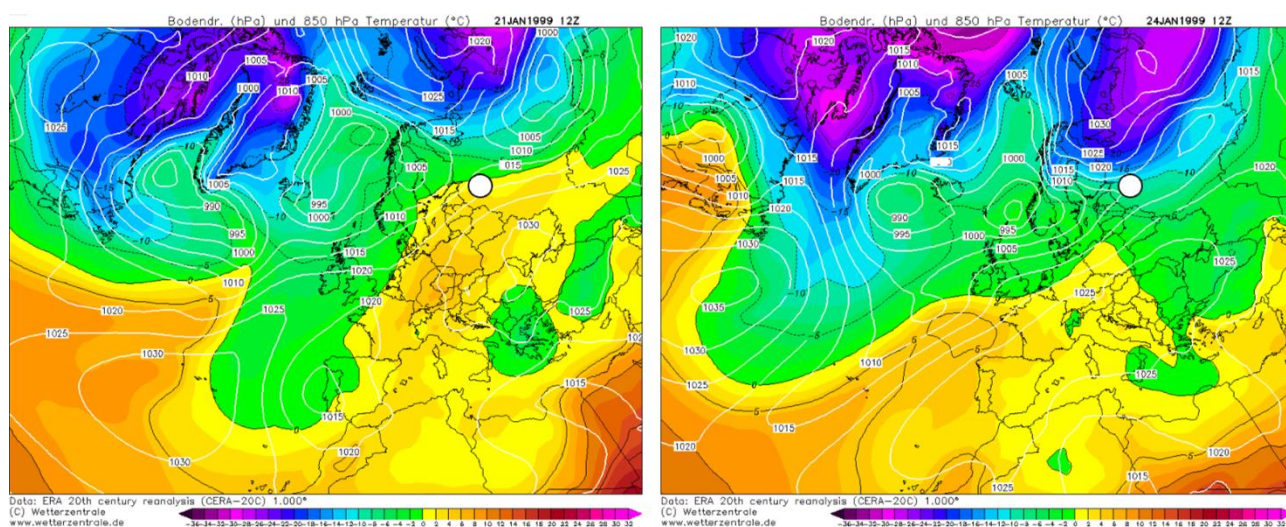


Рис. 3.20 – Синоптическая ситуация, характерная для длительной оттепели в районе заказника «Карстовые озёра» за период с 21 по 23 января 1999 г. (АТ850)

Данная оттепель был вызвана нахождением пунктов в южной части многоцентральной депрессии, имеющей три центра, один из которых находится над арктическим побережьем, а остальные над Атлантикой.

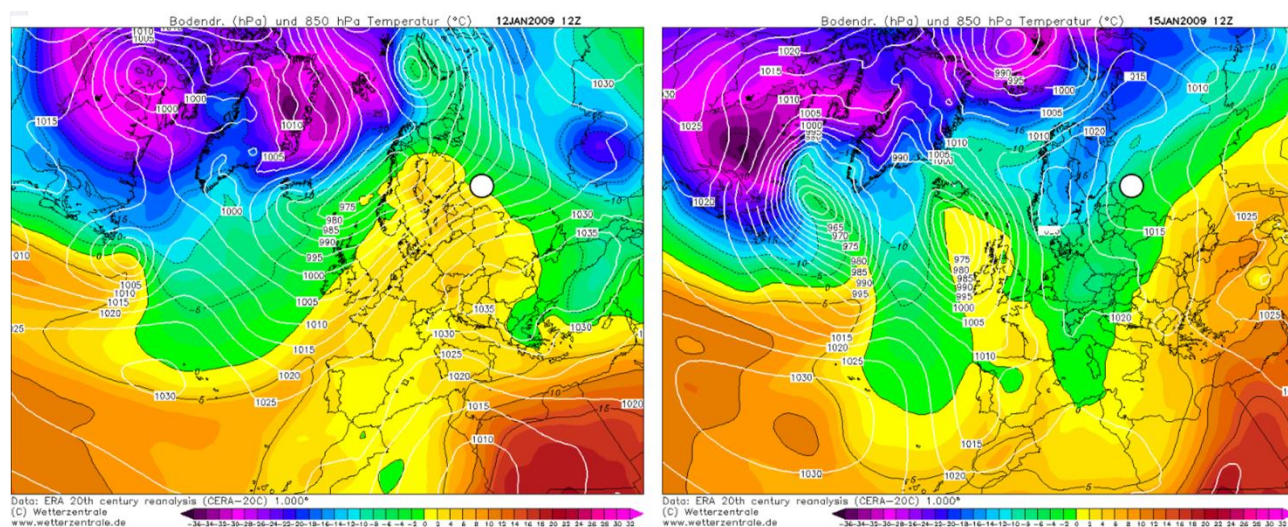


Рис. 3.21 – Синоптическая ситуация, характерная для длительной оттепели в районе заказника «Карстовые озёра» за период с 12 по 15 января 2009 г. (Карты АТ500 и АТ850)

Протяженная южная циклона и вызывает длительную оттепель. На востоке располагается антициклон, который блокирует движение этого барического образования.

Случай длительной оттепели в январе 2009 г. с 12 по 15 число зафиксирован без высоких температур, максимум пришёлся на 12 число, когда температура составила $3,4^{\circ}\text{C}$. Спустя 2 дня оттепели температура начинает понижаться от $2,3^{\circ}\text{C}$ в сутки до значения -8°C . Особенность этой ситуации заключается похожей синоптической ситуации со случаем в Максатихе, когда погода определялась южной частью обширного циклонического образования над частью северного Ледовитого океана и над северной Атлантикой, сменяется меридионально ориентированными изобарами с малыми градиентными.

Не наблюдается значимых потоков воздуха в виду невысокого градиента, воздушная масса формируется холодная. Южная часть циклонического образования сменяется малоградиентным полем меридионально ориентированных изобар и воздух медленно охлаждается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над бакалаврским проектом поставленная цель была достигнута и задачи решены.

На территории, включающей в себя заказник «Карстовые озера», было выявлено сокращение продолжительности зимнего климатического сезона, а также увеличение среднезимней температуры воздуха. сокращение

Количество оттепелей увеличивается во всех четырёх пунктах. Самое значительное увеличение повторяемости наиболее опасных длительных оттепелей (на 34 случая) наблюдается в Старой Руссе на юго-западе территории исследования.

Для определения характерной синоптической ситуации было проанализировано 80 случаев длительного повышения температуры воздуха выше нуля в зимний климатический период.

Характерная синоптическая ситуация для длительной оттепели над территорией исследования определяется южной частью многоцентрового обширного циклонического образования, расположенного над западной частью Северного Ледовитого океана и над северной Атлантикой.

Значительное похолодание после длительной оттепели связано с продвижением холодных воздушных масс с Баренцева моря в тыловых частях обширных циклонов.

Начало XXI века сопровождается усилением циклогенеза в зоне Арктики и Северной Атлантики, на севере Европейского континента наблюдаются высокоградиентные барические поля.

Повышение температуры воздуха зимнего климатического периода, увеличение количества случаев длительных оттепелей в конце зимы являются неблагоприятным фактором для перезимовки молодых насаждений на территории лесничества заказника «Карстовые озера». Выявленные

характерные синоптические ситуации можно использовать для заблаговременного определения неблагоприятного фона на основе среднесрочных прогнозов моделей погоды.

Список литературы

1. Переведенцев Ю. П. Теория общей циркуляции атмосферы: учебное пособие / Ю.П. Переведенцев, И.И. Мохов, А.В. Елисеев и др.; науч. ред. Э.П. Наумов. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 224 с.
2. Сайт Большой российской энциклопедии:
<https://bigenc.ru>
3. В.Н. Серова, А.А. Барышева, В.С. Жекулин. География Новгородской области. - Л. Лениздат 1988 г.
4. Воробьев В.И. Основные понятия синоптической метеорологии. Учебное пособие. - СПб.: Изд. РГГМУ, 2003 - 48 с.
5. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1977.
6. Влияние изменений климата на леса России: зафиксированный воздействия и прогнозные оценки – Д. Замолотчиков, доктор биол. наук, МГУ имени М. В. Ломоносова; Г. Краев, канд. геогр. наук, ЦЭПЛ РАН, 2016 г.
7. Голубятников Л. Л., Денисенко Е. А. Влияние климатических изменений на растительный покров Европейской России // Известия РАН. Серия географическая. 2009. No 2. С. 57–68.
8. Замолотчиков Д. Г. Оценка климатогенных изменений разнообразия древесных пород по данным учетов лесного фонда // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131. No 4. С. 382–392.
9. Анисимов О. А., Жильцова Е. Л., Ренева С. А. Оценка критических уровней воздействия изменения климата на природные экосистемы суши на территории России // Метеорология и гидрология. 2011. No 12. С. 31–41.