

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА»

на правах рукописи

Константинов Артем Васильевич

**АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

06.03.02 Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

**Диссертация на соискание ученой степени
доктора биологических наук**

**Научный консультант,
д-р биол. наук, проф. С.М. Матвеев**

Воронеж –2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ПРОБЛЕМА АДАПТАЦИИ ЛЕСОВ И ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ИНТЕНСИВНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	11
1.1. Обзор и анализ наблюдающихся и прогнозируемых климатических изменений в мире и на территории Российской Федерации	11
1.2. Обзор и анализ результатов воздействия изменений климата и антропогенных факторов на состояние лесных экосистем Российской Федерации.....	20
1.3. Уязвимость и потери (ущерб) лесной отрасли в результате воздействия изменений климата и антропогенных факторов на лесные экосистемы.....	36
2. МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	46
2.1. Материалы и методы исследований.....	46
2.1.1. Методика оценки адаптационного потенциала лесных экосистем.....	56
2.2. Характеристика объектов исследования	64
2.2.1. Характеристика объекта исследования № 1	66
2.2.2. Характеристика объекта исследования № 2.....	72
3. КОМПЛЕКС АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ	76
3.1. Динамика среднегодовых температур в субъектах РФ в период 1966-2018 годов	76
3.2. Динамика среднегодового количества атмосферных осадков в субъектах РФ в период 1966-2018 годов.....	92
3.3. Динамика относительной влажности воздуха в субъектах РФ в период 1966-2018 годов	107
3.4. Динамика частоты повторяемости опасных гидрометеорологических явлений в субъектах РФ в период 1991-2018 годов	114
3.5. Динамика высоты снежного покрова в субъектах РФ в период 1966-2018 годов	124
3.6. Динамика частоты повторяемости крупных лесных пожаров в субъектах РФ в период 1999-2018 годов.....	138
4. ДИНАМИКА УРОВНЕЙ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА КОМПЛЕКСОВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК (КРИТЕРИЕВ))	146
4.1. Изменение лесистости в период 1991-2018 годов	146
4.2. Изменение площади погибших лесных насаждений под воздействием фитоболезней и энтомоповреждений в период 1991-2018 годов.....	152
4.3. Изменение площади погибших лесных насаждений в результате лесных пожаров в период 1991-2018 годов	156
4.4. Динамика продуктивности древесных пород в период с 1991-2018 годов.....	161
4.5. Площадь спелых и перестойных древесных насаждений изучаемых субъектов РФ в период с 1991-2018 годов	165
4.6. Смещение географических ареалов распространения древесных пород	169
5. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОРСКОГО КЛАСТЕРНОГО И МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СУБЪЕКТОВ И ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	172

5.1. Состояние лесных экосистем объектов исследования – Новгородская и Воронежская области	172
5.2. Исследование и оценка адаптационного потенциала лесных экосистем регионов РФ.....	203
5.3. Анализ адаптационного потенциала лесных экосистем объектов исследования – Новгородская и Воронежская области	222
5.4. Корреляционно-регрессионный анализ в системе «климат – состояние лесных экосистем»	237
6. СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К СИСТЕМЕ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ ЗОН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	244
6.1. Модель адаптационного потенциала лесных экосистем Российской Федерации в условиях изменения климата	244
6.2. Основные сценарии и прогнозы состояния адаптационного потенциала лесных экосистем Российской Федерации в условиях изменения климата	255
6.2.1. Сценарий №1. Ведение лесного хозяйства с элементами реактивной адаптации к климатическим изменениям (для стабильных комплексов лесных экосистем).....	268
6.2.2. Сценарий №2. Разработка и реализация стратегии адаптации лесного хозяйства к изменениям климата (для нестабильных комплексов лесных экосистем)	271
6.2.3 Сценарий №3. Ведение лесного хозяйства в условиях жесткого воздействия климатических изменений (для деградирующих комплексов лесных экосистем)	275
7. АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТИ ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА. КОМПЛЕКСЫ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕР УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНЫМИ РЕСУРСАМИ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ И УСИЛЕНИЯ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА	279
7.1. Эколого-экономические ущербы лесного хозяйства, вызванные климатическими изменениями и антропогенными факторами	279
7.2 Комплексы управленческих решений и лесохозяйственных мер устойчивого управления лесными ресурсами (по обобщённым сценариям наблюдаемых и прогнозируемых изменений) для поддержания и усиления адаптационного потенциала лесных экосистем Российской Федерации.....	297
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	310
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	318
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	358
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	407
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	447

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Согласно глобальным климатическим моделям, в конце XXI века температура поверхности Земли увеличится на 0,3 ... 4,8°C в сравнении с периодом 1986-2005 гг., самый большой рост ожидается на территории Северной Евразии (IPCC, 2013). Лесное хозяйство характеризуется крайней степенью уязвимости к прямому воздействию климатических и метеорологических факторов. Изменяющиеся климатические условия являются основой рассогласования межвидовых взаимодействий в экосистемах, изменений в продуктивности лесных сообществ, смещения границ лесорастительных зон, сдвигов в сроках наступления фенологических событий. Ущерб от лесных пожаров, вредных организмов и других неблагоприятных факторов значительно превышает величину общих расходов на охрану, защиту и воспроизводство лесов. Кроме того, на степень уязвимости лесного сектора к климатическим изменениям оказывает влияние множество экономических, социальных, политических, технологических факторов. Анализ подобного комплекса неклиматических факторов позволяет оценить источники возникновения рисков нестабильности лесного хозяйства, способствовать укреплению потенциала для осуществления мер по смягчению и адаптации, в связи с чем тема исследования является крайне актуальной.

Степень разработанности темы исследований

Длительные изменения климатических условий, наиболее ярко проявившиеся в текущем столетии, были и остаются ключевым фактором, оказывающим прямое и косвенное влияние на состояние всех компонентов лесных экосистем, приводя в ряде случаев к их деградации и гибели древостоев на значительных площадях (Коломыц, 2003, 2005, 2008 и др.; Gamache, Payette, 2005; Харук и др., 2005, 2007; Кашкаров, Поморцев, 2007; Soja et al., 2007; Bonan, 2008; Котляков, 2012; Сергиенко, Константинов, 2016; Семёнов и др., 2019 и др.).

Проблемы динамики состояния лесных экосистем Российской Федерации в условиях климатических изменений текущего столетия в различных аспектах

нашли отражение в работах Ю.П. Демакова (2000, 2008); Н.М. Чебаковой (2003, 2006); С.М. Матвеева (2003, 2005, 2017); А.В. Истомина (2005, 2009); А.Г. Миронова (2007); Р.М. Хантемирова (2008); С.Г. Шиятова (2009); Д.Г. Замолодчикова (2011, 2013, 2016 и др.); Э.С. Ивановой (2011); И.Н. Болотова и др. (2012); Э.А. Курбанова (2016); В.В. Рубцова, И.А. Уткиной (2017); С.В. Макара (2017, 2020) и многих других исследователей.

Цель и задачи исследований. Целью исследования является разработка теоретических положений адаптационной стратегии лесного хозяйства РФ к произошедшим и прогнозируемым изменениям климата, обоснование системы устойчивого управления лесными ресурсами в условиях климатической нестабильности.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

– провести ретроспективный анализ динамики ключевых факторов, и критериев определяющих состояние лесов в модельных регионах (на основе экспериментальных данных и рядов длительных наблюдений по регионам РФ) за период 1961-2018 гг.;

– раскрыть причинно-следственные связи между климатическими изменениями, возрастающей антропогенной нагрузкой и состоянием лесных экосистем к настоящему времени;

– сформировать методический подход и провести оценку адаптационного потенциала лесных экосистем модельных регионов РФ в условиях климатической нестабильности и антропогенного пресса;

– выявить наиболее и наименее устойчивые комплексы лесных экосистем регионов РФ на основе оценки их адаптационного потенциала;

– проследить многолетнюю сукцессионную динамику лесных экосистем как механизма реализации адаптационного потенциала в условиях климатических изменений и антропогенной нагрузки на экспериментальных объектах в Воронежской и Новгородской областях;

– разработать ретроспективную модель динамики состояния лесных экосистем регионов РФ на основе анализа их адаптационного потенциала;

– на основе сценарного подхода, разработать дифференцированные комплексы управленческих решений и мер хозяйственного воздействия адаптационной направленности для соответствующих лесных экосистем РФ.

Научная новизна и теоретическая значимость:

– представлены особенности временной и пространственной динамики комплексов лесных экосистем регионов РФ, различающихся зональными лесорастительными условиями, трендами в динамике климатических изменений и интенсивности антропогенной нагрузки;

– впервые раскрыты причинно-следственные связи между климатическими изменениями и динамикой состояния лесных экосистем за два 30-летних периода, по территориям 24 модельных регионов 9 федеральных округов РФ, выявлены приоритетные абиотические факторы, определяющие их уязвимость и критерии уязвимости;

– разработан авторский методический подход к комплексной оценке адаптационного потенциала лесных экосистем на основе индексов – индекса динамики абиотических факторов, определяющего условия потенциальной адаптивности лесных экосистем и индекса уязвимости – как показателя способности лесной экосистемы сохранять гомеостаз в условиях длительных накапливающихся изменений абиотических факторов и антропогенных нагрузок;

– впервые выполнена дифференцированная балльная индексная оценка адаптационного потенциала лесных экосистем через их уязвимость к комплексному влиянию абиотических факторов и антропогенных нагрузок;

– представлены результаты анализа многолетней сукцессионной динамики таксационных характеристик древостоев на экспериментальных объектах в Воронежской и Новгородской областях, в условиях климатических изменений и антропогенной нагрузки, как механизма реализации адаптационного потенциала лесных экосистем;

– разработана матричная модель позиционирования адаптационного потенциала отдельно взятой региональной лесной экосистемы;

– на основе метода кластеризации выявлены группы лесных экосистем регионов РФ наиболее уязвимые к климатическим изменениям;

– разработаны сценарии, включающие дифференцированные комплексы управленческих решений и лесохозяйственных мер реагирования в отношении адаптации лесных экосистем, реализуемые на уровне государственного и частного сектора и направленные на сглаживание деструктивных процессов и минимизацию экономических ущербов в лесном хозяйстве регионов РФ.

Методология и методы исследования. Исследования выполнены с использованием общепринятых методик с дополнениями и изменениями, описанными в авторской методике оценки адаптационного потенциала лесных экосистем. Для оценки динамики показателей рассчитывались их средние значения (М) по тридцатилетиям, десятилетиям и двум последним пятилетиям. Для обработки первичных материалов использованы пакеты программного обеспечения (Statistica, Excel), позволившие провести корреляционный, регрессионный, дисперсионный, кластерный анализы общепринятыми методами математической статистики: методом статистического наблюдения, сводки и группировки данных, выборочным методом, рядами динамики.

Для оценки адаптационного потенциала региональных лесных систем разработана авторская методика.

Положения, выносимые на защиту.

1. Результаты оценки динамики выделенных абиотических факторов и критериев уязвимости комплексов лесных экосистем по 24-м регионам (субъектам), 7-и Федеральным округам за два периода: период климатической нормы (по ВМО) 1961-1990 гг. и 1991-2018 гг., а также по 10-летиям.

2. Реакция комплексов лесных экосистем РФ на изменение абиотических факторов значительно различается по регионам и Федеральным округам РФ. В ряде субъектов РФ происходят разнонаправленные изменения, что вызывает необходимость дифференцированного подхода к комплексу управленческих решений и лесохозяйственных мер при выборе стратегии лесопользования.

3. Критические, с позиции интенсивности климатических изменений и адаптивных возможностей, региональные системы лесного хозяйства, дислоцированы в Центральной лесостепи, Якутии, Архангельской области, а также в Восточной Сибири.

4. Выделенные в результате реализации авторского подхода к оценке динамики абиотических факторов, определяющих уязвимость лесных экосистем РФ, 9 групп региональных кластеров, различаются уровнем адаптационного потенциала и требуют различных управленческих решений и лесохозяйственных мер.

5. По ключевым, интеграционным признакам, отражающим уровень адаптационного потенциала, региональные комплексы лесных экосистем объединяются в три характерных группы: а) стабильные, б) нестабильные, в) деградирующие, что позволило сформировать три прогнозных сценария развития состояния лесных экосистем.

6. Комплексы управленческих решений и лесохозяйственных мер для поддержания и усиления адаптационного потенциала лесных экосистем по укрупнённым территориальным объектам, включающим различные субъекты РФ, дифференцированные по трём сценариям.

Практическая значимость работы. Реализованные в диссертации сценарные подходы к формированию комплексов управленческих решений и мер хозяйственного воздействия и установленные, по результатам оценки адаптационного потенциала, группы региональных лесных экосистем, соответствующие определённым сценариям, позволят минимизировать риски, оптимизировать трудозатраты, ресурсы, финансовые потоки системы лесного хозяйства РФ.

Степень достоверности и апробация результатов исследования.

Обоснованность выводов и практических рекомендаций подтверждается применением системного подхода и современных методических приемов исследований. Диссертационное исследование выполнено с использованием обширного фактического материала, репрезентативного на пространственных

шкалах от отдельного древостоя до региона (субъекта РФ) Федерального округа. Первичные данные получены как в результате проведенных работ на экспериментальных объектах, так и из открытых и ведомственных информационных источников и баз данных. При обработке и анализе данных применены либо стандартные, либо авторские, но уже апробированные методики, подходы и программное обеспечение. Основные теоретические положения и практические результаты исследований представлялись и обсуждались на международных (Воронеж 2006, Санкт-Петербург 2007, 2013, Великий Новгород 2013, Тамбов 2016), всероссийских (Санкт-Петербург 2006, Хабаровск 2014, Москва 2020) конференциях, форумах, семинарах.

Научно-исследовательские работы в части оценки адаптационного потенциала, а также разработки сценарного подхода в отношении лесных экосистем Российской Федерации в условиях изменения климата выполнены в рамках государственного задания «Проведение прикладных научных исследований» ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (ФБУ «СПБНИИЛХ») (2014-2019 гг.). Основные результаты научных исследований ежегодно заслушивались на заседаниях Ученого совета ФБУ «СПБНИИЛХ», г. Санкт-Петербург.

Личный вклад автора. Постановка цели и задач исследования, планирование и выполнение полевых экспериментов и теоретических исследований, создание опытных объектов, сбор, анализ, интерпретация экспериментальных данных (при участии сотрудников, аспирантов и студентов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (ВГЛТУ) под руководством автора), а также их математическая обработка выполнены автором лично. Соискателю принадлежит обобщение полученных результатов и их публикация в научных изданиях, написание текста диссертации, формулировка выводов и практических рекомендаций. Работа представляет итог 14-летних исследований автора.

Публикации материалов исследований. По теме диссертации опубликована 51 печатная работа, в том числе: 6 – в изданиях, индексируемых в

международных базах научного цитирования Web of Science и Scopus, 19 – в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, 2 коллективные монографии, зарегистрированы 2 программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, библиографического списка, включающего 355 наименований, в том числе 65 на иностранном языке. Работа изложена на 357 страницах, текст проиллюстрирован 77 рисунками, 56 таблицами и включает 3 приложения на 101 страницах.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам ВГЛТУ, СПбНИИЛХ, за помощь в организации и методической поддержке полевых исследований, предоставление архивных данных по ряду пробных площадей. Федеральному агентству лесного хозяйства за содействие в выполнении диссертационной работы и за предоставленные информационные материалы.

1. ПРОБЛЕМА АДАПТАЦИИ ЛЕСОВ И ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ИНТЕНСИВНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

1.1. Обзор и анализ наблюдающихся и прогнозируемых климатических изменений в мире и на территории Российской Федерации

Вопросы, связанные с изменением климатических условий на нашей планете, интенсивно изучаются научными организациями мира. Климатические условия в настоящее время меняются многообразно и имеют различные проявления. Эти проявления могут быть связаны с изменением температурных значений в различных регионах, учащенного появления ураганов, ледяных дождей, наводнений и т.д.

Эксперты, ведущие исследования и составляющие Доклады Межправительственной группы по изменению климата, высказывают мнение о том, что современное изменение климата влияет на элементы окружающей среды, а именно, на состояние атмосферы, водные объекты, мерзлоту и другие, а также на образ жизни и здоровье человека. В основных выводах Пятого оценочного доклада МГЭИК содержатся следующие основные заключения об изменениях климатической системы: о значительном повышении количества парниковых газов, потеплении важнейших сред жизни (в первую очередь океана и тропосферы), уменьшении или увеличении количества выпадающих осадков и др. явлений.

Информация о причинах и следствиях глобального изменения климата приведена в целом ряде научных работ (Климат России в XXI веке., 2008; Котляков, 2012; Замолодчиков, 2013; Шац, 2017; Кудусов, 2019; Снакин, 2019).

Результаты изменений климата оказывают влияние на состояние экологических систем на всех уровнях организации живой природы. Такие изменения происходят вследствие преобразования действия абиотических факторов. Потепление климата влияет на биотические процессы нижнего слоя

атмосферы (Груза, 2006; Златокрылин, 2007; Кокорин, 2014; Сергиенко, 2016; Hawkins, 2003).

На территории РФ, как и в целом по Земному шару, продолжается потепление, темпы которого намного превышают глобальное среднее. Среднегодовой рост температур воздуха в России с середины XX века по настоящее время по данным ФГБУ «ИГКЭ» 0,47°C/10 лет. При этом выявлено влияние антропогенных факторов на данный параметр. Кроме того, исследователями отмечен факт уменьшения площади ледников, повышение уровня моря (МГЭИК, 2013 г.: Резюме для политиков., 2013).

В 2008 г. Росгидрометом был опубликован фундаментальный Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории России. Этот доклад может послужить научной основой реальных программ и проектов в контексте принятой концепции социально-экономического развития России до 2020 года (О стратегических оценках последствий изменений., 2010; Второй оценочный доклад Росгидромета., 2014).

В 2009 г. Правительством Российской Федерации была одобрена Климатическая доктрина, которая задает вектор развития нормативно-правовых, экономических и иных инструментов, призванных обеспечить защищенность государства, экономики и общества от неблагоприятных последствий изменения климата и создать предпосылки для эффективного использования потенциала благоприятных последствий изменения климата. Непосредственными следствиями принятия Климатической доктрины РФ должны стать разработка и принятие детально разработанных стратегий для стабилизации существующей ситуации и улучшения текущего положения (Климатическая доктрина Российской Федерации., 2009).

За последние десятилетия активно проводятся исследования структуры наблюдаемых изменений климата в Российской Федерации.

Анализ оценочных докладов Росгидромета позволил констатировать факт роста среднегодовой температуры. Так, в период с 1976 по 2018 гг. увеличение температуры в Российской Федерации по данным сети Росгидромета составило

0,47°/10 лет. Это значение имеет более высокое значение по сравнению с другими регионами Земли (0,28-0,29°/10 лет) (Доклад об особенностях..., 2018).

По существующим прогнозам, ведущих исследователей в данной области уже в середине XXI века следует ожидать повышение зимних минимальных температур на 4-6° С. Вместе с тем, суточные температуры поднимутся не более чем на 3° С.

Увеличение количества осадков на территории Российской Федерации ожидается зимой, а в летний период в зависимости от региона и его природных условий количество осадком может либо увеличиваться, либо уменьшаться.

По прогнозам количество осадков и их интенсивность будет расти в Восточной Сибири, а их интенсивность увеличится практически на всей территории, особенно в южных районах (Оценочный доклад..., 2008).

Многими исследователями проводится анализ климатических изменений на территории Российской Федерации в последние десятилетия (Израэль, 2002; Груза, 2003; Климат России в XXI веке. Часть 1., 2008; Климат России в XXI веке. Часть 3., 2008; Израэль, Груза, Ранькова, 2009; Золотокрылин, 2013).

Наблюдаемое современное глобальное потепление, начавшееся в середине 70-х гг. XX в., наблюдается на территории России и выражено существенно сильнее, чем в глобальном масштабе (линейный тренд почти на 80% превосходит тренд для Северного полушария) (Груза, Ранькова, 2012).

Уменьшение скорости потепления после середины 90-х гг. XX в. связано с выраженной междесятилетней изменчивостью температуры региона (в основном в зимний сезон), а также чувствительностью оценок метода наименьших квадратов к отдельным выделяющимся значениям (исключительно теплый 1995 г.) и к значениям на концах интервала оценивания. В летний и осенний сезоны замедления потепления не наблюдается (Веневский, 1993; О колебаниях глобального..., 2004; Переведенцев, 2008).

В связи с повсеместными колебаниями климатических условий на территории России, а также всего Земного шара, необходима переориентация государственной политики на решение существующих и будущих проблем,

связанных с этим вопросом на основе использования научного подхода и современных разработок. Эти проблемы особенно актуальны на территории РФ, т.к. она занимает огромную территорию в разных климатических поясах, и эти климатические колебания могут иметь различные последствия. Государственная политика должна быть направлена на решение экологических проблем, а также на решение тесно связанных с ними экономических и социальных проблем, которые возникнут как результат климатических изменений (Климатическая доктрина Российской Федерации..., 2009).

В.В. Виноградовым изучались региональные особенности изменения климатических условий жизни населения на территории России в условиях современного потепления с использованием биоклиматических индексов холодного стресса, что позволило выделить территории (Якутия и побережье Северного Ледовитого океана) наиболее интенсивного воздействия изменений климата (Виноградов, 2009, 2011).

Группой авторов выполнены оценки изменения климата Северной Евразии и в первую очередь на территории России, при глобальном потеплении на 2°C, на базе модельных расчетов климата XXI века с помощью ансамбля из 16 моделей общей циркуляции атмосферы и океана. Результаты их расчетов показывают, что потепление климата на территории России характеризуется большим разнообразием региональных особенностей (Мелешко, 2007).

В исследованиях особенностей региональных проявлений сигнала глобального потепления в отдельных регионах России Г.В. Груза с соавторами получены оценки ожидаемых изменений приповерхностной температуры на территории (Груза, Ранькова, Платова, 2010).

Учеными МГУ им. М.В. Ломоносова выполнен анализ влияния потепления климата на Севере России на природную среду и геотехническую безопасность объектов в криолитозоне и установлено, что увеличение теплообеспеченности будет наиболее заметно в высоких широтах и произойдет за счет повышения значений температуры холодного периода; в целом уменьшится увлажнение

территории, резко дифференцируется реакция гидрологического режима на глобальные изменения климата (Последствия возможного потепления..., 2011).

В работах (Хлебникова, Салль, 2018; Хлебникова и др., 2019) детально рассматривается вопрос о современных и будущих изменениях характеристик редких экстремумов на территории России по отношению к средней суточной температуре воздуха различного периода осреднения.

В работе Е.Н. Велисова обсуждаются связанные с глобальным потеплением изменения основных климатических величин – температуры воздуха и атмосферных осадков за период инструментальных наблюдений в планетарном масштабе и на уровне регионов (Россия, Казахстан); рассматриваются изменения ряда компонентов природной среды, обусловленные потеплением климата (Велисов, 2008).

К середине XXI века рост сезонных максимумов осадков ожидается практически на всей территории. Небольшое уменьшение возможно лишь на Прикаспийской низменности и в Приморье. В целом для территории России относительное изменение сезонных максимумов суточных сумм осадков растет с юга на север. Наибольшее относительное увеличение, в среднем составляющее около 30%, ожидается на территории Сибирского ФО. Область этого увеличения простирается на юг вплоть до Байкала. В южных районах, наряду с горными кластерами Кавказа и Алтая, значительное относительное увеличение максимума интенсивности осадков ожидается в верховьях Амура (20% и более) (Развитие технологий вероятностного прогнозирования..., 2016).

В статье В.В. Убугунова и А.И. Куликова приведены доказательства того, что в Забайкалье потепление климата происходит более высокими темпами, чем в России и мире. Авторами получены параметры радиационного индекса сухости Будыко для региональных высотно-широтных ареалов основного ядра и внешнего кольца опустынивания (Убугунов, Куликов, 2013).

Группой исследователей приводится анализ интенсивных изменений климатических характеристик на фоне глобального потепления, которые проявляются в аномальном увеличении зимних температур и изменении

количества атмосферных осадков в Астраханской области. На фоне увеличения температур воздуха, снижение количества осадков указывает на тенденцию к аридизации климата в регионе (Особенности климатических изменений..., 2017).

Г.А. Радцевич с соавторами проведены исследования с целью изучения тенденций изменения климата за длительный период в различных агроклиматических условиях европейской части Российской Федерации. Основу исследований составлял ретроспективный и статистический анализ основных метеорологических характеристик – температуры воздуха и суммы атмосферных осадков. Авторами собраны и проанализированы метеорологические данные по 13 метеостанциям европейской части РФ. Вместе с тем в целом наблюдается тенденция изменения климатических условий в направлении уменьшения естественного увлажнения (Радцевич, 2017).

Бардиным (2015) установлены тенденции изменения температуры и осадков Северной Евразии по данным регулярного мониторинга климата России и государств СНГ.

В.В. Дроздовым и А.В. Косенко осуществлено рассмотрение и анализ многолетней изменчивости средней годовой и средней за зиму температуры воздуха в 13 крупных административных и промышленных центрах Северо-Западного и Центрального федеральных округов – Мурманске, Архангельске, Петрозаводске, Санкт-Петербурге, Пскове, Новгороде, Калининграде, Москве, Смоленске, Тамбове, Костроме, Курске и Воронеже, и установлены тенденции к похолоданию в зимний период, включая оценку интенсивности влияния изменений температурных условий на отрасли промышленности и хозяйства Северо-Западного и Центрального федеральных округов применительно к возможному похолоданию (Дроздов, Косенко, 2017).

Анализ совокупности авторских взглядов на климатические изменения в России и ее региональных системах и последствия этих изменений позволил констатировать, что большая часть территории России находится в области максимального потепления. Такие климатические изменения могут сдвинуть границы проживания биологических систем в северном направлении, что приведет

к снижению энергетических затрат, связанных с обеспечением жизнедеятельности. Отметим, что согласно официальным документам федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды особенно значительное увеличение температуры отмечено на Чукотке, южных территориях Западной Сибири и регионах РФ, находящихся на северо-западе.

При этом увеличивается уровень неопределенности климатического влияния на ряд отраслей экономики страны, таких как выращивание сельскохозяйственных культур и лесное хозяйство, рыболовство и животноводство.

Изменение климата оказывает непосредственное влияние и на распределение осадков. По понятным причинам в РФ преобладают твердые осадки, чрезвычайно неравномерно распределенные в нашей стране. Колебания составляют от 150 мм на крайнем севере до 3200 мм на юге.

В статье Б.М. Кизяева и С.Д. Исаева рассмотрены основные проблемы использования водных ресурсов в России на фоне процессов глобального потепления климата. По мнению авторов, особенно сложная ситуация складывается на юге Европейской части страны и в Западной Сибири, где уже сегодня наблюдается дефицит водных ресурсов. Определены возможные направления повышения водообеспеченности регионов и пути их реализации с учётом современных достижений науки (Кизяев, Исаев, 2016).

В настоящее время существуют прогнозы, которые предполагают негативные изменения как в регионах, в которых и так существует избыточное увлажнение (речной сток будет увеличиваться в Сибири и северных областях), так и в регионах с недостаточным увлажнением (южные реки – Дон, Днепр) (Мелешко, 2006).

Согласно исследованиям, российских ученых изменение климата оказывает непосредственное влияние на количество и частоту опасных гидрометеорологических явлений. В соответствии с полученными данными доказано, что ОГЯ (опасные гидрометеорологические явления) демонстрируют отчетливую тенденцию, направленную в сторону увеличения их количества и частоты на территории Российской Федерации (Коршунова, Разуваев, 2007;

Лоскутов, Марков, 2012; Бардин, Платова, 2013; Золина, Булыгина, 2016; Путырский, Кукушкина, 2019).

На территориях большей части регионов и субъектов РФ снег лежит большую часть года, и изменение этого факта внесет значительные преобразования в функционирование лесных экосистем.

Высота снежного покрова является одним из важных климатических параметров, т.к. формируется в результате атмосферных процессов. В тоже время, снежный покров оказывает влияние на формирование климата конкретных географических ландшафтов и географических зон. Изучением формирования снежного покрова и его влияния на формирование климата посвящены работы многих авторов, особенно в последние десятилетия, когда начали происходить серьезные климатические изменения. Группой авторов (Кренке, Черенкова, Чернавская, 2012) из Института Географии РАН проведены серьезные исследования устойчивости залегания снежного покрова по данным 223 метеорологических станций на территории Российской Федерации в условиях изменения климата.

Исследования по влиянию снежного покрова на климат проводил А.И. Воейков, который использовал методику сравнения температуры воздуха на станциях со снегом и без него (Воейков, 1889).

Г.Д. Рихтер (1948), исследуя зависимость толщины снежного покрова от ландшафта, сформулировал понятие о снеговедении как особом направлении географической науки. Исследованию снежного покрова и его влияния на окружающую среду посвящены фундаментальные работы В.М. Котлякова (1968, 2012; Атлас снежно-ледовых ресурсов..., 1997). Особенности залегания снежного покрова на территории бывшего СССР рассмотрены И.Д. Копаневым (1978). Опубликован ряд работ, посвящённых многолетним и межгодовым изменениям толщины и продолжительности залегания снежного покрова в России (Мещерская, Белянкина, 1995; Снегозапасы и продолжительность залегания снежного..., 2000; Razuvaev, Bulygina, 2006).

В последние десятилетия площадь снежного покрова в Северном полушарии значительно сократилась по сравнению с серединой XX в. (Доклад Первой рабочей группы..., 2009).

В настоящее время основным и наиболее перспективным инструментом предсказания будущих изменений климата являются Глобальные объединенные Модели Общей Циркуляции Атмосферы и Океана (МОЦАО) (Lorenz, 1995; Coiman, 2003; Soden, Held, 2006).

Исследователями выполнено большое количество ансамблевых расчетов с МОЦАО по воспроизведению изменений климата за период инструментальных наблюдений. Сравнение модельных расчетов с данными наблюдений за температурой приземного воздуха дает убедительные аргументы в пользу антропогенной природы наблюдаемого потепления. При этом влияние антропогенного воздействия на температуру воздуха обнаруживается не только в глобальных изменениях, но и в масштабе континентов (Оценочный доклад..., 2008).

На фоне глобального потепления, наблюдаемого в последние десятилетия, происходят изменения всех элементов климатической системы страны. При этом наблюдаемые изменения климата—среднегодовые температуры, осадки, снежный покров, как и вызываемые ими последствия неоднородны.

Всеохватность последствий климатических изменений и многообразие их проявлений для экономики России обосновывает необходимость создания и реализации приспособительных стратегий с учетом региональных особенностей и отраслевой специфики. При этом разработку адаптационных стратегий для регионов и отраслей экономики необходимо проводить с применением научных методов и существующих прогнозных данных о возможных климатических изменениях и их последствий.

1.2. Обзор и анализ результатов воздействия изменений климата и антропогенных факторов на состояние лесных экосистем Российской Федерации

Несмотря на осознание потенциальных последствий изменения климата в целом, исследования воздействий климатических изменений на леса и лесные экосистемы носят разрозненный характер, и сконцентрированы в плоскости оценки состояния лесных экосистем.

Безусловно, изменение климата влияет на состояние лесных экосистем, и как отмечают исследователи данной проблематики, во многом обеспечивает изменение гидрологии, водного, ветрового и температурного режима, уровня лесистости (Нестеров, 1933; Высоцкий, 1960).

В настоящее время модели климата разрабатываются, принимая во внимание основные составляющие климатических систем Земного шара, но закономерности изменений биосферы до конца не выявлены. Большинство прогнозов климатических изменений носят прогностический характер с большей или меньшей степенью вероятности.

Н.М. Чебаковой (2003) в своей работе приводит анализ инверсий лесных экосистем в прошлом при изменении климата и дает оценку воздействий климатических изменений на лесной покров в настоящем и в будущем.

В наше время результаты климатических изменений отчетливо можно увидеть при анализе ареалов распространения древесных пород в самой северной части, на границе таежной и тундровой зон, а также при анализе видового состава высотного распределения лесных насаждений Европы. Учитывая повышение температуры воздуха, происходит смещение границ тайги в северном направлении, а в горах – подъем более низких ярусов растительности на более высокие (Харук, 2005; Кашкаров, 2007; Кислов, 2008; Шварцман, 2008; Кокорин, 2013; Константинов, 2014; Arctic Research Consortium..., 2005; Baltori, 2008; Harsch, 2009), на Урале и в Сибири (Дэви, 2007; Кашкаров, 2007; Миронов, 2007; Моисеев, 2010; Григорьев, 2013). Полученные результаты неопровержимо показывают

взаимосвязь изменений в структуре лесных экосистем от изменений климата в пределах лесотундрового экотона.

В настоящее время (около 45 лет) в горных тундрах Урала появилось значительное число новых видов деревьев и кустарников, которые ранее не могли здесь произрастать в виду более низких температур, чем выдерживала их экологическая валентность. Результатом этого стало увеличение лесистости региона при продвижении тайги на север. С.Г. Шиятов (2009) в своих работах приводит сведения об увеличении продуктивности древостоев вследствие увеличения густоты и сомкнутости. В.Г. Сергиенко (2015) указывает на то, что сомкнутые древостои и редколесья увеличили зону своего распространения на 35-40 метров за последние 100 лет (Сергиенко, 2015).

Экспансии леса способствовали климатические изменения, следствием которых стало потепление зим и увеличение снежного покрова (Дэви, 2007; Григорьев, 2013). Региональному лесорастительному районированию посвятили свои работы также В.Н. Сукачев (Дендрология с основами., 1934), Г.В. Крылов (1960), Б.П. Колесников (1963) и другие лесоводы.

И.Н. Болотовым, М.В. Сурсо и Б.Ю. Филипповым (2012) проведена оценка изменения еловых древостоев в лесных островах Медвежий (Ошдимыльк) и в урочище Пым-Ва-Шор востока Большеземельской тундры (бассейн р. Адзвы) на основе метода повторных ландшафтных фотографий (фотоснимки 1909 и 2010 гг.). Результатами исследований послужили данные, которые согласуются с данными других исследователей: за последние 100 лет произошло увеличение площади лесных островов, увеличение продуктивности древостоев вследствие увеличения густоты и сомкнутости, а также формирования редколесий на пустых прежде территориях.

Р.М. Хантемировым (2008) изучены особенности формирования новых территорий произрастания лиственницы на полуострове Ямал. Автором отмечено появление разных поколений на границе леса (полярной). Рассмотрен значительный временной период (1980-1980 гг.), в течение которого происходило формирование двух лиственничных поколений: 1900-1935 гг. и 1950-1970 гг.

Проведено сравнение результатов исследований с метеоданными (осадки и температура). В долинах северных рек появление и возможность произрастания определяются температурными показателями второго летнего месяца (июль) в ювенильном периоде (средняя высота от 10 до 20 см).

На севере Швеции наблюдается продвижение *Pinus sylvestris* L. на север, выше границы своего обычного ареала произрастания. В горном массиве Хибины также наблюдается перемещение кустарников по склону вверх на расстояние около 50 м. Отчасти экспансии леса благоприятствовало повышение температуры и количества осадков в зимнее время (Капралов, 2006; Дэви, 2007; Шиятов, 2007, 2009; Моисеев, 2010; Григорьев, 2013).

Исследование динамики верхней границы 12 популяций *Pinus mugo* subsp. *Uncinata* (Ram.) Dom., произрастающих на верхней границе леса в Пиренеях, в переходной зоне между лесом и альпийскими лугами, в ответ на изменение климата показало следующее. Повсеместно отмечены четко выраженные, как в прошлом (середина XIX века), так и в настоящем (вторая половина XX века), тенденции синхронного прироста количества деревьев за счет естественного возобновления (Капралов, 2006).

Южная граница леса тоже претерпевает изменения. Известна проблема деградации и усыхания дубрав лесостепной и степной зон европейской части России. Климатическими факторами этой деградации стали экстремально низкие зимние температуры, а также засухи. В Байкальском регионе, наоборот, наблюдается наступление сосновых лесов на степные экосистемы, что объясняется увеличением количества осадков (Замолодчиков, 2011).

Анализ совокупности авторских взглядов на процессы трансформации лесных экосистем под влиянием климатических экстерналий позволил сформировать наиболее общие тенденции, сложившиеся в последние несколько десятков лет.

На значительных территориях Северной Америки, северной части Сибири и средней части Восточной Сибири находятся таежные леса, которые относятся к криогенным экосистемам. Постепенно меняющийся климат приводит к таянию

вечной мерзлоты. Этот процесс оказывает двоякое влияние на лесорастительные условия. С одной стороны, происходит активное образование болотных экосистем, в связи с чем повышается концентрация метана, являющегося одним из газов, способствующих возникновению парникового эффекта. С другой стороны, таяние мерзлоты способствует образованию лучших условий для произрастания лесной растительности.

Такие изменения абиотических и частично биотических факторов вызывают необходимость адаптаций растительного покрова и животных организмов к меняющемуся климату и, в первую очередь, к повышению температур (Карелин, 2008). Одними из факторов, усиливающими на больших площадях термокарстовые явления и процесс солифлюкации, являются уменьшение территорий вечной мерзлоты и возникновение большего количества пожаров. В совокупности действие этих факторов ведет к непредсказуемым изменениям лесорастительных условий и, следовательно, к изменениям возможности произрастания лесов.

По мнению исследователей, подтвержденному многочисленными данными, на территории хвойных лесов умеренного пояса основополагающим фактором, контролирующим экосистемные процессы, являются лесные пожары разного генеза (Чебакова, 2006). Увеличение количества лесных пожаров, которое можно наблюдать в последние 50 лет (или около того) на территории бореальных лесов обоих полушарий, ведет к многочисленным негативным последствиям. Эти последствия имеют самый широкий диапазон действия от изменения породного состава до изменения суммарного альбедо конкретного региона или всей территории, занятой бореальными лесами (Сергиенко, 2015).

В лесостепной зоне существенно увеличатся площади лесостепей, а в степной зоне прогнозируется климатическое опустынивание. Анализ ритмов изменения климата Шнитникова и Миланковича показал, что наблюдаемые изменения температур в сторону увеличения крайне негативно скажутся для лесов, произрастающих в аридных зонах, где количество осадков станет еще меньше, и, соответственно, суше. Для гумидной зоны такое изменение температур станет благоприятным, сделав этот район еще более теплым и влажным, что в свою

очередь приведет к восстановлению площади лесов сопоставимой с площадью лесов в голоцене.

Исследователи данной проблематики в большей части едины в том, что при дальнейшем потеплении в XXI веке границы растительных зон будут сдвигаться к северу.

Глобальное потепление приведет к увеличению числа неблагоприятных биотических и абиотических нарушений. Небывалые пожары уже привели к регрессии огромных лесных территорий севера Сибири и Дальнего Востока. К 2030 году прогнозируется удвоение числа и рост интенсивности лесных пожаров. Согласно климатическим моделям, современные тенденции, в частности, увеличение засушливости и рост числа экстремальных погодных явлений, в течение XXI века сохранятся во многих регионах. Значительная фрагментарность лесных экосистем лесостепной зоны и южных регионов РФ будет способствовать большей уязвимости этих регионов в условиях климатических изменений.

Изменяющиеся влияния абиотических факторов второй половины XX в. вызывают трансформацию накопления запасов спелых и перестойных насаждений основных лесобразующих пород (таблица 1.2.1.). В настоящее время на территории хвойных лесов умеренного пояса зафиксирована интенсификация отпада деревьев.

По данным ФАО ООН (FRA 2015), в лесах Российской Федерации сосредоточено более 15% мирового запаса лесной древесины. По этому показателю наша страна занимает 2-е второе место после Бразилии (данное значение может уточниться после завершения полного цикла инвентаризации лесов в 2021 году).

Таблица 1.2.1. – Динамика запаса спелых и перестойных насаждений основных лесообразующих пород в эксплуатационных лесах в разрезе федеральных округов РФ

Федеральный округ	Значение за год в млн. куб. м												
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Всего по Рослесхозу	23285,6	28793,3	28697,6	28598,1	28549,8	28630,5	28744,9	28761,5	28988,2	28861,3	28862,2	28 902,2	28 743,6
Центральный	600,6	562,2	594,7	599,1	595,3	584,0	582,9	617,1	694,0	698,8	719,8	723,6	728,6
Северо-Западный	3 943,3	4 403,7	4 400,3	4 363,1	4 323,7	4 351,4	4 355,9	4 336,5	4 436,5	4 487,0	4 479,1	4 504,2	4 449,9
Приволжский	1 324,3	1 540,3	1 515,7	1 497,7	1 483,6	1 466,4	1 459,3	1 438,2	1 447,0	1 450,2	1 443,5	1 451,0	1 447,7
Уральский	2 709,0	3 389,6	3 454,1	3 476,1	3 473,8	3 565,5	3 572,0	3 569,3	3 572,4	3 567,2	3 570,6	3 694,4	3 697,6
Сибирский	9 253,6	12 132,4	12 128,6	12 198,9	12 223,4	12 218,6	12 216,3	12 233,6	12 214,3	12 037,6	12 022,5	10 748,5	10 638,1
Дальневосточный	5 372,5	6 764,6	6 603,9	6 462,9	6 450,0	6 444,6	6 558,6	6 566,8	6 624,0	6 620,6	6 626,5	7 780,5	7 781,7

Леса РФ представлены таежной лесорастительной зоной и зоной хвойно-широколиственных лесов, площадь которых составляет около 90% лесов страны. По данным государственного реестра на 01.01.2018, общий запас древесины на землях лесного фонда составляет 79,7 млрд м³, в том числе, лесных насаждений с преобладанием хвойных пород – 58,2 млрд м³, твердолиственных – 2,1 млрд м³, мягколиственных – 17,8 млрд м³. Запасы древесины по территории страны распределены неравномерно, низкую продуктивность имеет 2/3 площади лесов России.

Российские леса характеризуются невысокой концентрацией запаса древесины на единице площади: средний запас древесины по стране составляет 103 м³/га, в эксплуатационных лесах – 120 м³/га, в перестойных и спелых насаждениях – 135 м³/га, в лесах, возможных для заготовки древесины – 165 м³/га.

Величину фактических запасов определяют не только лесорастительные условия, но и хозяйственная деятельность.

В Мурманской области, по данным СПБНИИЛХ, средние запасы спелых лесов снизились к 2010 году до 68 м³/га в сосняках и 64 м³/га в ельниках (Леса и их многоцелевое использование..., 2015). По России в целом мягколиственные оказались на 20%, а в Европейско-Уральской части на 25% продуктивнее хвойных (Инновации и технологии в лесном хозяйстве, 2013).

Более того, в последние десятилетия отмечается тенденция к увеличению площади мягколиственных пород в ходе сукцессий (смены пород), вызываемых, преимущественно, антропогенными факторами и, в первую очередь, лесными пожарами. За длительный период (1961-2011 гг.) была проанализирована динамика продуктивности лесов Российской Федерации по средним запасам древостоев из данных ГУЛФ в четырех группах возраста, включая молодняки, и проведена оценка особенностей изменения продуктивности лесов с помощью методов математического моделирования (Константинов, 2013).

Для построения кривых большого роста было использовано линейное уравнение, впервые предложенное А.Э. Дугласом, рекомендованное для аппроксимации трендов в работе А.С. Алексеева (1997).

Для выровненных данных определялось значение приращения функции продуктивности по времени. В данном случае приращение численно равнялось коэффициенту k . Если $k > 0$, то продуктивность со временем увеличивается, $k < 0$ – уменьшается, и если $k = 0$ – не изменяется.

В ходе предварительного анализа данных, проведенного эмпирическим методом, была выявлена неоднородность вариационного ряда данных. Динамика продуктивности древостоев имела четко выраженную точку бифуркации в 1988 г., поэтому для более детального анализа временной ряд был разделен на два отрезка: I период – с 1961 по 1988 г., II период – с 1988 по 2011 г.

В таблице 1.2.2. приведены данные динамики средних запасов хвойных насаждений в трех зонально-региональных полигонах Европейско-Уральской части России (Константинов, 2013).

Обсуждение результатов и анализ динамики продуктивности хвойных, мягколиственных и твердолиственных древостоев за 50-летний период показали следующее:

- в хвойных, мягколиственных и твердолиственных древостоях различных возрастных групп во всех географических районах Российской Федерации, кроме Дальнего Востока, в период с 1961 по 2011 г. наблюдается увеличение продуктивности;

- наиболее заметно продуктивность хвойных древостоев повышается в более южных лесорастительных зонах, а лиственных – примерно одинаково вне зависимости от зонального фактора;

- в период с 1988 по 2011 г. темпы увеличения продуктивности хвойных, мягколиственных и твердолиственных древостоев значительно снизились (Константинов, 2013).

Таблица 1.2.2. – Динамика средних запасов хвойных насаждений с 1961 по 2011 гг. в зависимости от природно-географического дифференциала и возрастной группы древостоев

Зонально-региональный полигон	Группа возраста	Средние запасы хвойных насаждений по годам учёта, м ³ /га							
		1961	1966	1978	1983	1988	1998	2005	2011
Северная тайга	Молодняки	22,7	22,1	16,6	16,7	22,3	20,9	25,1	27,0
	Средневозрастные	97,9	99,4	102,0	101,8	101,9	95,4	94,1	85,9
	Приспевающие	107,4	103,2	117,3	118,0	124,3	118,5	120,2	129,4
	Спелые и перестойные	106,1	104,5	108,7	108,4	108,9	107,9	116,2	112,5
Средняя тайга	Молодняки	34,5	30,4	32,1	37,5	35,9	41,3	51,8	51,0
	Средневозрастные	143,1	146,1	162,6	168,7	166,8	170,2	171,9	179,1
	Приспевающие	176,3	174,7	190,3	199,0	201,0	214,0	219,8	221,2
	Спелые и перестойные	180,6	177,3	182,9	186,7	185,8	198,0	202,6	211,4
Южная тайга и более южные зоны	Молодняки	46,9	53,9	60,4	66,5	71,5	80,8	77,7	78,0
	Средневозрастные	181,4	185,5	204,8	207,1	214,1	223,5	228,3	224,1
	Приспевающие	216,1	219,7	232,2	231,6	241,4	245,7	251,6	247,5
	Спелые и перестойные	240,2	233,3	227,8	236,6	246,3	259,9	244,6	257,5

Глобальное потепление уже существенно воздействует на наземные экологические системы: это проявляется в более раннем наступлении весны и продвижении на север ареалов растений и животных (Изменение Климата, 2007: Обобщающий доклад, 2007). В северных широтах вегетативный сезон увеличился на 2 недели (Изменение Климата, 2007: Последствия, адаптация и уязвимость, 2007). Повышение планетарной температуры более чем на 1,5-2,5°C связано с угрозой массовой трансформации лесных площадей в нелесные и, наоборот, эта угроза еще больше усугубляется при потеплении свыше 3°C (IPCC 2007: Fourth assessment report, Climate Change. Working group II report: Impact, adaptation and vulnerability, chapter 4, 2007). Леса Российской Федерации наиболее подвержены угрозам со стороны изменения климата, с одной стороны, из-за восприимчивости к потеплению, с другой – из-за гораздо большего потепления в арктической зоне по сравнению с увеличением средней планетарной температуры. Как и в случае других экосистем, ответ бореальных лесов на воздействие внешних факторов будет нелинейным.

Ответ большинства экосистем на внешние воздействия поначалу носит умеренный характер, но затем при превышении воздействием определенного порога зависимость перестает быть линейной (IPCC 2007: Fourth assessment report, Climate Change. Working group II report: Impact, adaptation and vulnerability, chapter 4, 2007).

Может показаться, что умеренное потепление позитивно воздействует на рост деревьев, в особенности в условиях короткого сезона вегетации и там, где температура является ограничивающим фактором для их развития. Кроме того, повышение концентрации CO₂ в атмосфере активизирует рост растений, поскольку углекислый газ и вода необходимы для фотосинтеза – процесса, с помощью которого растения «усваивают» солнечную энергию (Олссон, 2011).

Тем не менее, фактическая реакция бореальных лесов на глобальное потепление не является однозначной. Более теплая погода на протяжении последних десятилетий отразилась на росте деревьев либо позитивно, либо негативно, в зависимости от региона, типа условий местопроизрастания и породы.

Во многих частях бореальной зоны наблюдается массовое угнетающее воздействие теплой погоды на леса. В некоторых случаях это связано с засухами, вызванными повышением температуры. Изучение годовых колец из разных районов бореальной зоны показывает широко распространенное отрицательное воздействие повышения температуры на рост деревьев на протяжении XX века: это явление отмечено для всех исследованных хвойных пород почти во всех изученных географических районах (Олссон, 2011).

Модели воздействия изменения климата при глобальном потеплении на 2° C прогнозируют существенное угнетение роста сосны Банка, тополя осинолистного и ели черной в управляемых лесах Манитобы (Канада). Позитивное влияние более продолжительного вегетативного сезона сводится к минимуму повышением температуры в летние месяцы, что приводит к засухе (Олссон, 2011).

Климатические изменения могут кардинальным образом изменить интенсивность фотосинтеза лесной растительности, лимитируя или увеличивая действия таких факторов фотосинтеза, как продолжительность, характер освещённости, содержание углекислого газа в атмосфере, температура, влагообеспеченность. В исследованиях Н.И. Якушкиной (1980) отмечено, что процесс фотосинтеза лесной растительностью может осуществляться при содержании CO₂ в атмосфере не менее 0,005%. Высокие концентрации CO₂ особенно неблагоприятно сказываются при высокой освещенности. Повышение температуры выше 30° C вызывает снижение фотосинтеза, при этом длительное обезвоживание растений может привести к тому, что интенсивность фотосинтеза не восстанавливается после улучшения снабжения водой.

Неоднородность изменений климата предопределяет сложную и неоднозначную реакцию на эти изменения наземной растительности. В работах Н.Е. Носковой (2004), С.Г. Шиятова (2007), Л.Л. Голубятникова (2009) приводятся сведения о существенных изменениях в структуре и видовом составе растительного покрова связанных с повышением температуры и изменения количества осадков.

Л.Л. Голубятников (2007) подчеркивает наличие тесной связи между среднегодовыми температурами и фенологическими фазами развития древесных растений, отмечая, что климатические изменения могут существенно отразиться на сроках сезонного развития растительности.

Под воздействием повышения глобальной приземной температуры, изменения количества осадков, увеличения продолжительности безморозного периода и других климатических характеристик может произойти сокращение и фрагментация ареалов многих видов растений с возникновением новых условий существования для отдельных растительных сообществ и экосистем (Кобак, 2002).

Наиболее чувствительны к изменению климата экосистемы, расположенные в высокогорных и высокоширотных районах мира, чье существование в наибольшей степени зависит от изменений климатической обстановки. Этот широко известный факт подтверждают результаты изучения процессов лесовозобновления на верхней и нижней границах леса в различных регионах мира: в Канаде (Kearney, 1982; Kullman, 1997), в различных регионах США (Lavoie, 1992; Sweingruber, 1996; Lloyd, 1997; Myneni, 1997; Spiecker, 1999; Root, 2003), в Северной Европе (Taylor, 1999), в России (Weisberg, 1995; Woodward, 1995).

Полученные данные свидетельствуют о высокой степени зависимости изменений в структуре растительных сообществ в пределах лесотундрового экотона от изменений климатических характеристик.

В ряде работ (Lloyd, 1997; Myneni, 1997) показано, что эти процессы в наибольшей степени зависят от изменений климата в летний период, в частности от средних летних температур и количества осадков.

Другие исследователи указывают на тесную зависимость роста и выживания деревьев от погодных условий в холодный период года и, в частности, температуры воздуха (Kearney, 1982; Taylor, 1999; Root, 2003).

В последние годы проведено большое число исследований реакций лесных экосистем и их компонентов на изменения климата в различных районах произрастания бореальных и умеренных лесов (Европа, Азия, Северная Америка) (Soja, 2007).

Потепление климата в XX веке оказало достаточно существенное влияние на состав и структуру лесных экосистем и их пространственно-временную динамику (Истомин, 2009).

Особенно сильно это выражено в районах с экстремальными климатическими и почвенно-грунтовыми условиями: у полярной, верхней, нижней и южной границ лесов, в заболоченных и засушливых местообитаниях. В условиях наблюдающегося потепления климата наблюдается процесс смещения границ зон и поясов растительности. Погодные и климатические аномалии могут также вызывать много опасных для лесных экосистем явлений: ветровалы, лесные пожары, массовые вспышки размножения насекомых-вредителей, термокарст (процесс неравномерного проседания почв и подстилающих горных пород вследствие вытаявания подземного льда) и т. д. (Международная конференция..., 2007).

Для более глубокого понимания механизмов воздействия глобального потепления на бореальные леса необходимо учитывать влияние климатических изменений на ряд важных для лесов факторов.

В работах отечественных и зарубежных авторов подчеркнуто, что воздействие климатических факторов, особенно продолжительных периодов теплой погоды, в бореальных лесах нередко приводит к возникновению условий, следствием которых являются лесные пожары и вспышки численности насекомых-вредителей. При этом понимание механизма воздействия этих факторов и их взаимного влияния очень важно для прогнозирования воздействия климатических изменений и их последствий для экосистем бореальных лесов (Олссон, 2011).

По прогнозам, продолжительность пожароопасного периода в лесах бореальной зоны России к концу нынешнего столетия может возрасти до 12-30% в том случае, если потепление составит 2,4°C.

Наибольшее увеличение продолжительности ожидается в южной части бореальной зоны, как в европейской части, так и в Сибири, без существенного увеличения в других районах (Grigoriev, 2009).

Таким образом, изменение режима горимости лесов может повлиять на бореальные леса не меньше, чем само потепление.

Воздействие вспышек численности насекомых на бореальные леса также значительно, на что указывается в работах С.Е. Кучерова (1988), Д.Л. Мусолина (2013), В.В. Клевцова (2020), В.И. Щурова (2020). Модельные эксперименты, выполненные В.Г. Суховольским и др. (2016), показали, что при достаточно умеренном потеплении (не более 4°C в летний период) риск воздействия насекомых на лес существенно не возрастает. Однако более сильное потепление на территории Средней Сибири в сочетании с уменьшением количества осадков в летний период может вызвать существенное увеличение частоты вспышек массового размножения основного вредителя сосновых лесов – сосновой пяденицы.

В условиях более теплого климата ожидается учащение и усиление вспышек численности насекомых. Более того, изменение климата может сказаться на увеличении численности насекомых, питающихся древесной растительностью, и через нарушение связи хозяин – паразит. Исследования показывают ослабление связи хозяин – паразит при потеплении климата, вызванное тем, что при изменении сроков прохождения насекомым – хозяином жизненного цикла, паразитам сложнее находить его особи. Учитывая важную роль паразитов в регулировании численности насекомых, питающихся древесной растительностью, и в малонарушенных, и в управляемых экосистемах при изменении климата следует ожидать более частых и более интенсивных вспышек их численности вследствие нарушения связи паразит – хозяин (Climatic unpredictability and parasitism., 2005).

Согласно прогнозам, потепление климата в зоне бореальных лесов вызовет учащение аномальных метеорологических явлений, включая самые разнообразные из них (IPCC: Fourth Assessment Report, 2007). Несомненно, количество ураганов также повысится, что с большой вероятностью приведет к увеличению повреждений деревьев в бореальных лесах вследствие ветровала и бурелома (Олссон, 2011).

Кроме указанных факторов нельзя не учитывать влияние экстремальных климатических изменений состояние лесных экосистем, которое можно учесть с помощью показателя, характеризующего изменения метеорологических и климатических условий на уровне регионов РФ.

К числу таких показателей относят количество опасных и неблагоприятных явлений. Опасные явления погоды играют важную роль в изучении географических условий местности с позиций неблагоприятного воздействия их на хозяйственную деятельность и здоровье населения (Петин, 2017; Шихов, 2013). В среднем количество опасных природных явлений, нанёсших экономический и социальный ущерб, от года к году имеют тенденцию роста (Шамин, Санина, 2018). Кроме того, являясь продуктом климатической системы и одним из проявлений ее состояния, в динамике и интенсивности опасных явлений находит проявление изменение климата, которое наблюдается в настоящее время (Грищенко, 2009). Разбалансированность климатической системы проявляется в росте числа и силы всех опасных гидрометеорологических явлений (ОГЯ): наводнений и засух, волн жары и резких заморозков, шквальных ветров, сильных снегопадов и т. п. За последние 15 лет рост числа опасных явлений, нанесших социальный и экономический ущерб, в теплый период года (апрель-октябрь) составил 9 явлений в год. Эта тенденция сохранится и в дальнейшем до 2015 года (Государственный доклад «О состоянии..», 2012).

В последние годы другим немаловажным фактором, влияющим на состояние лесных экосистем, является антропогенное воздействие или «антропогенная нагрузка».

Антропогенное воздействие на природные экосистемы вызывает количественные и качественные изменения в них, приводящие к смене коренной геосистемы серией производных. Отличительная особенность подобных модификаций – неустойчивость и большая изменчивость во времени (Соколов, 2017).

Об изменениях видовой насыщенности и состояния травяно-кустарничкового яруса леса отмечается в трудах П.Н. Меланхолина (2006),

О.Э. Коломаевой, Н.П. Буньковой (2017), О.В. Халиковой, Р.Р. Исяньюловой (2019).

Ухудшение качества природной среды в результате загрязнения техногенными поллютантами создает серьезную опасность для сохранения экологического равновесия в природе. Н.Н. Матинян (1996) установлена причинно-следственная связь между загрязнением почв и состоянием растительного покрова, что позволяет оценить состояния лесного биогеоценоза.

В ряде исследований показано, что рекреация также оказывает существенное влияние на все компоненты фитоценозов (Реуцкая, Гапоненко, 2015; Ивонин, Воскобойникова, 2017).

Таким образом, общей характерной чертой лесных экосистем центральных и южных регионов России является то, что высокополнотные леса находятся на пороге засухоустойчивости, а сами территории склонны к возникновению полусасушливых климатических условий и весьма чувствительны в экологическом плане. Прогнозируемое увеличение частотности случаев засухи и понижение уровня грунтовых вод может представлять угрозу стабильности лесных экосистем в этой зоне.

В этом плане лесные экосистемы севера и северо-востока страны становятся более устойчивыми и ввиду отсутствия препятствующих росту факторов, продуктивность их будет возрастать. В тоже время влияние фактора лесных пожаров может значительно снизить эти положительные эффекты.

Результатом воздействий изменения климата на устойчивость лесных экосистем является рост уязвимости и рисков, при этом понимание причинно-следственных связей между факторами воздействия и результатом является основой для выработки стратегии, которая позволила бы в перспективе избежать негативных последствий климатических изменений как в лесных экосистемах, так и в лесном хозяйстве (Королева, Константинов, 2016).

1.3. Уязвимость и потери (ущерб) лесной отрасли в результате воздействия изменений климата и антропогенных факторов на лесные экосистемы

Изучение влияния процессов изменений климата на устойчивость различных древесных пород является решающим в понимании современных угроз и возможностей как основы для адаптации ведения лесного хозяйства.

Лесные биогеоценозы относятся, как известно, к числу наиболее сложных экологических систем.

Трудности их познания обусловлены не только многокомпонентностью, но и длительностью периода развития, что затрудняет, а порой исключает проведение прямых экспериментов (Демаков, 2000).

В многочисленных докладах и отчетах мирового уровня подчеркивается, что глобальное изменение климата – одна из важнейших проблем современности. При этом, как было показано ранее, изменение климата в сочетании с возрастающей антропогенной нагрузкой оказало существенное влияние на состояние лесных экосистем, включая рост и продуктивность деревьев, структуру лесов и их ареал распространения, и также на распространение инвазивных видов и исчезновение коренных. Факторы климатического характера, взаимодействуя с антропогенными, имеют различные эффекты и выступают как стабилизирующие и дестабилизирующие экстерналии.

В первом случае влияние дестабилизирующих экстерналий приводит к снижению устойчивости лесных экосистем.

Профессор Д.Г. Замолотчиков считает, что устойчивость лесных экосистем показывает возможность лесов выносить нагрузки, и складывается из двух компонент, во-первых, выносить внешние воздействия, а во-вторых, восстанавливаться после серьезных нарушений (Замолотчиков, 2011 б).

По мнению профессора Ю.П. Демакова абстрактного понятия «устойчивость биосистемы» не существует, исследователь считает, что устойчивость биосистемы в ряде случаев является функцией климата (Демаков, 2000). При этом важно знать

параметры состояния системы, по которым будет оцениваться ее устойчивость, и норму их изменчивости и чувствительности.

В своей работе мы придерживаемся понятия устойчивости системы как степени ее состояния, в которой система может сопротивляться воздействию неблагоприятных последствий изменения климата (угроз) и может справиться с ними (Оценка макроэкономических последствий..., 2013). Если большинство антропогенных систем чувствительны к изменениям климата, и лишь некоторые уязвимы, то для большинства естественных систем они могут нанести необратимый ущерб. При этом уязвимость как естественных, так и антропогенных систем в значительной степени варьируется от региона к региону.

Оценка уязвимости лесных экосистем – необходимый инструмент, который определяет эффективность действий по адаптации к изменениям климата.

Существует несколько определений термина «уязвимость». Однако в связи с большим количеством имеющихся его определений и связанных с ними терминов, а также разнообразия методик, направленных на их решение, не было выработано специального концептуального подхода, раскрывающего оценку уязвимости в контексте сотрудничества в области развития.

Наиболее широко используется определение, представленное в Четвертом докладе МГЭИК (IPCC 2007: Fourth assessment report, Climate Change. Working group II report: Impact, adaptation and vulnerability, chapter 4, 2007), где уязвимость системы – это степень, в которой система подвержена неблагоприятным последствиям изменения климата (включая изменчивость и экстремальные климатические явления) и не в состоянии справиться с ними.

Уязвимость является функцией характера, величины и скорости изменения климата, а также колебаний, которым подвергается система, ее чувствительность, и ее способность к адаптации (Contribution of Working Group II, 2007).

Исходя из этого определения, совокупная уязвимость системы формируется под влиянием антропогенной и природной среды, и определяет, в какой степени система подвержена изменению – чувствительности и способности к адаптации (Рисунок 1.3.1.).

Описание каждого из этих компонентов приведено ниже.



Рисунок 1.3.1. Компоненты адаптации

Из всех компонентов, ответственных за способность экосистемы к адаптации, воздействие является единственным, которое непосредственно связано с климатическими параметрами, то есть характером, величиной и скоростью колебаний, и изменением климата.

Типичные факторы воздействия включают в себя температуру, осадки, испаряемость и климатическую составляющую водного баланса, а также экстремальные погодные явления (шквальный ветер, грозы, засухи, ливни, град). Изменение этих параметров может оказывать значительное дополнительное напряжение на экосистему.

Уязвимость – это степень положительной или отрицательной реакции системы на какое-то воздействие изменения климата.

Прежде всего, она определяется природными и/или физическими свойствами системы, способностью противостоять различным неблагоприятным факторам.

Уязвимость лесной экосистемы также зависит от деятельности человека, влияющей на ее физическое состояние, такой как способ ведения лесного

хозяйства, управление водными ресурсами, истощение почвы и от демографического давления.

Поскольку большинство систем были адаптированы к текущему климату (например, строительство плотин и дамб, гидромелиорации), уязвимость уже включает в себя адаптационные компоненты, как сложившиеся исторически, так и недавно возникшие.

Антропогенные факторы, такие как плотность населения, рекреация, лесопользование следует отнести к категории «уязвимость» только если они вносят непосредственный вклад в специфическое воздействие при изменении климата.

Важно подчеркнуть, что последствия изменения климата могут образовывать цепочку прямого воздействия (например, эрозия) и косвенного воздействия (снижение, например, урожайности, потеря дохода), который простирается от биофизической сферы к социальной.

Иногда связь между биофизическими последствиями изменения климата и деятельностью человека, его благосостоянием, является особенно сильной.

Специалисты подчеркивают, что термин «уязвимость» используется многими научными дисциплинами по-разному. С течением времени даже концепция уязвимости, принятая МГЭИК, претерпела изменения. В докладе МГЭИК «Изменение климата 2014: Последствия, адаптация и уязвимость» был введен новый подход и терминология, которая стала ближе к концепции риска стихийных бедствий (Рисунок 1.3.2.).

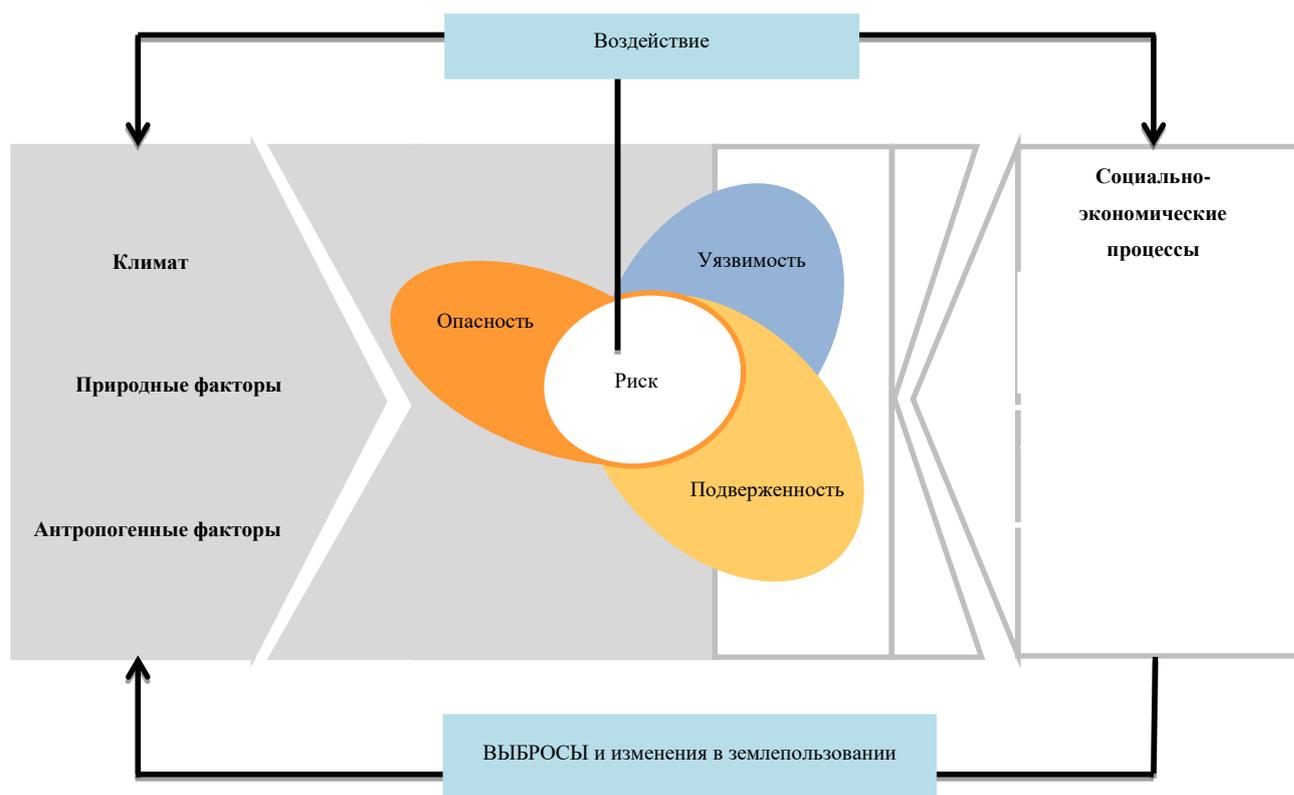


Рисунок 1.3.2. Концептуальная схема уязвимости в редакции МГЭИК

Ответом на воздействия является уязвимость экосистемы и ответная реакция в виде адаптивной способности, т.е. способности системы приспособливаться к изменению климата (включая климатические колебания и экстремальные погодные явления), достигая умеренного потенциала.

По своей сути адаптация является многогранной и применима в отношении различных областей знаний: медицины, психологии, техники, биологии и др.

Адаптация, в переводе с латинского, означает приспособление строения и функций организма, его органов и клеток к условиям внешней среды.

Возможность приспособления биологических систем и организмов к условиям внешнего окружения отмечалась в трудах Гиппократ, Платона, Ж.Б. Ламарка, И.П. Павлова и других известных ученых. При этом адаптация биологических систем связывалась изначально с целесообразностью природы и, впоследствии, с естественным отбором (Дарвин, 1859).

Системы адаптивны, если при изменении в их окружении или внутреннем состоянии, снижающем их эффективность в выполнении своих функций, они

реагируют или откликаются, изменяя своё собственное состояние или состояние окружающей среды так, чтобы их эффективность увеличилась (Акофф, 1974).

Исследователи данной проблематики термин адаптация рассматривают в трех аспектах (Яблоков, 1989; Урманцев, 1998; Толстых, 2011):

- Адаптация как свойство системы приспосабливаться к возможным изменениям функционирования – система адаптации;
- Адаптация как сам процесс приспособления адаптивной системы – собственно, адаптация;
- Адаптация как метод, основанный на обработке поступающей информации и приспособленный для достижения некоторого критерия оптимизации – адаптационные алгоритмы.

При этом профессор Т.В. Порфирьев (2009) отмечает, что цель нововведений адаптационного характера – обеспечение снижения остаточного риска, т. е. ожидаемого ущерба от климатических изменений.

В наиболее общем понимании, принятом в отечественной и зарубежной науке, биологическая адаптация представляет собой процесс приспособления биологических организмов, к внешним условиям обеспечивающий выживаемость в условиях конкретного местообитания, устойчивость к воздействию факторов абиотического и биологического характера, а также успех в конкуренции с другими видами, популяциями, особями.

При этом адаптированный биологический организм приобретает (развивает) определенные морфофизиологические свойства, связанные с условиями его абиотической и биотической среды. Эти свойства обеспечивают ему устойчивость и сохранение. В свою очередь, адаптационные свойства экосистем складываются как из адаптационных свойств и признаков составляющих её элементов (в т.ч. отдельных организмов), так и новых свойств, присущих, в соответствии с эффектом эмерджентности, экосистеме не имеющихся у составляющих её элементов.

Вторая не менее важная часть понятия «адаптационный потенциал» заложена в сущности «потенциала» как совокупности всех имеющихся возможностей у

организма или системы. В биологии потенциал определяется как способность популяции наращивать численность в условиях изменяющегося внешнего окружения. Понятие этого потенциала основано на объективной закономерности изменения продуктивности растений в зависимости от основных климатических факторов (Биоклиматический потенциал., 2006).

Исследователи отмечают, что адаптационный потенциал – один из важнейших элементов, который будет определять будущее не только отдельных лесных экосистем, но и лесов в целом (Семенов, 2019).

Подчеркнем, что наличие у биологических систем достаточного, высокого адаптационного потенциала должно обеспечить их жизнеспособность и конкурентоспособность.

Рассмотренные выше теоретические основы понятия «адаптационный потенциал», изложенные в научной литературе в области экологии и лесоводства, были положены в основу авторской методики оценки адаптационного потенциала лесных экосистем в условиях изменения климата.

Наше исследование базируется на позиции, сформированной международным коллективом ученых, в первую очередь профессора А. Швиденко, С. Готье, П. Бернье, считающих, что адаптационный потенциал состоит в поддержании экосистемных функций, выполняемых бореальными лесами (Boreal forest health, 2015).

При этом в оценке адаптационного потенциала устойчивое состояние лесных экосистем является способностью лесных экосистем адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды и выполнять свою многоцелевую роль предоставления ресурсов и полезностей для общества. Следовательно, что адаптационный потенциал лесов состоит в способности лесных экосистем приспосабливаться к климатическим изменениям и иным неблагоприятным факторам для сохранения экосистемных функций и поддержания способности выполнять многоцелевую роль, в том числе – предоставления ресурсов и полезностей для общества.

Устойчивость лесных экосистем уже давно стала предметом пристального внимания учёных различных стран. Быстрое сокращение и ухудшение состояния лесных экосистем было вызвано социальными, экономическими и экологическими факторами, которые могут различаться на местном уровне, но являются общими для всего мира. В 2010 году образовался новый контекст создания Национальных планов действий по проблеме климата, вносимый Копенгагенским соглашением.

В настоящее время более 40 стран, включая 27 стран ЕС, имеют Национальные планы действий по проблеме изменения климата. Среди них все крупные развитые страны, а также передовые, с точки зрения принятия национальных решений и мер, развивающиеся страны: Бразилия, Мексика, Индия, Китай, ЮАР, Южная Корея и др. Ряд стран СНГ, например, Беларусь, также имеют единые стратегии и планы (Разработка эффективной лесной..., 2010). Национальные лесные политики и программы должны отражать эти изменяющиеся потребности, реагировать на возникающие возможности и быть направлены на противодействие потенциально негативным тенденциям, преследуя в то же время цель обеспечения устойчивости в плане получения широкого круга связанных с лесами выгод (Писаренко, 2006).

Почти во всех национальных стратегических документах можно выделить два аспекта:

– создание межведомственных государственных учреждений (комиссий, комитетов и т. п., находящихся в прямом подчинении глав государств или правительств) в разработке и реализации планов;

– динамичность документов, направленных на пересмотр и повторный учет научных знаний, международных соглашений, технологического развития и обучения.

Можно выделить несколько важных условий или шагов создания эффективного, поддерживаемого на международном уровне и осуществимого Национального плана (Шматков, 2012).

Эти шаги, которые, вероятно, должна пройти каждая страна. По степени их прохождения можно судить о готовности страны подготовить эффективный,

поддержанный на международном уровне и осуществимый на практике Национальный план действий по проблеме изменения климата:

- Лидерство на уровне главы государства.
- Поддержка плана абсолютным большинством национальных заинтересованных лиц и ответственность на самых высоких уровнях правительства. Прямое вовлечение в процесс министерства финансов.
- Достижимость интеграции бизнеса (крупных национальных и транснациональных компаний, работающих в стране) в национальные планы развития, включая и данный план.
- Интеграция мер адаптации и предотвращения в единый Национальный план. Это вызвано, как правило, ограниченностью ресурсов и необходимостью расстановки приоритетов в целом. На более низком уровне рассмотрения (программы, планы для секторов экономики и т. п.) план, как правило, «расщепляется» на адаптационную часть и на снижение выбросов парниковых газов (а также меры в лесном хозяйстве и землепользовании, где это является приоритетом страны).
- Создание прочной основы сбора и анализа данных. Прочная основа в виде данных научного и экономического анализа представляет большое значение для разработки надежных и хорошо поддерживаемых мер на уровне политики развития секторов экономики. Она включает как общеэкономические оценки, так и секторальные оценки.
- Привлечение к деятельности всех заинтересованных сторон, включая местные органы власти, частный сектор и гражданское общество. Участие всех заинтересованных сторон имеет большое значение, однако здесь существуют различия в подходах, с точки зрения степени и последовательности диалога в рамках процесса планирования.

Последствия изменений климата проявляются на глобальном, региональном, субрегиональном и национальном уровнях. Глобальное изменение климата создаёт для Российской Федерации (с учётом размеров её территории, географического положения, исключительного разнообразия климатических условий, структуры

экономики, демографических проблем и геополитических интересов) ситуацию, которая предполагает необходимость заблаговременного формирования всеобъемлющего и взвешенного подхода государства к проблемам климата и смежным вопросам на основе комплексного научного анализа экологических, экономических и социальных факторов.

Для лесных экосистем России необходимо формирование методологического подхода к адаптации, объединяющего концепции устойчивости и адаптации лесных экосистем, технологии лесного хозяйства и управленческие решения, направленные на снижение уязвимости лесов к изменениям климата. Комплексные исследования на единой методологической основе в рамках регионов страны могут обеспечить решение проблемы уязвимости лесов.

В целях адаптации лесов к изменениям климата необходимо комплексное исследование характера и тенденций изменений не только метеорологических параметров, но и их влияния на состояние и продуктивность лесных экосистем.

2. МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Материалы и методы исследований

В основу концепции диссертационной работы положены выявление дестабилизации и стабильности лесных экосистем на зонально-типологической основе (имеется ввиду региональная), связанных с климатическими изменениями и возрастанием антропогенной нагрузки, их оценка, моделирование и разработка комплекса мер по повышению адаптации лесов (Рисунок 2.1.1.).



Рисунок 2.1.1. Схема реализации исследований

Решая первую группу задач, нами был использован системный подход к организации исследований. Лесные экосистемы были рассмотрены как сложные природно-территориальные комплексы – кластеры высокого уровня организации.

Эти природные кластеры подвергаются многогранному воздействию климатических и антропогенных воздействий, что находит отражение в изменении их потенциала.

Лесная экосистема становится уязвимой, что и отражает ее ответ, защитную реакцию в виде повышения или снижения устойчивости.

Данная функция является результатом проявления механизмов обратной связи и компенсационных свойств в экосистеме. При этом реакция экосистемы, её сопротивляемость внешнему воздействию и ее будущее определяется запасом имеющихся возможностей (потенциалом).

Всю совокупность воздействий факторов можно представить следующим образом.

Во-первых, это факторы изменения температур воздуха; выпадающих атмосферных осадков; влажности; особо опасные гидрометеорологические явления (шквал, смерч, ураган, жара, засуха, град, ледяной дождь и т.д.); снежный покров (высота); крупные лесные пожары природного характера.

Последний природный фактор – лесные пожары, вызывает нарушение структуры лесов и изменение лесорастительных условий.

В исследовании данная группа факторов обозначена как абиотические факторы, что на наш взгляд отражает их неживую природу, неподверженность воздействию (неуправляемость), что не позволяет снизить деструктивный эффект от их действия. При этом абиотические изменения необходимо оценивать с позиции рисков и учитывать их влияния в стратегических мерах.

Во-вторых, это факторы уязвимости лесных экосистем, к которым относим лесистость территорий; повреждения фитоболезнями и энтомоу вредителями; продуктивность лесных экосистем; смещение географических ареалов древесных пород и др.

В-третьих, это антропогенные факторы, такие как лесопользование и лесовосстановление; рекреация; строительство; лесные пожары антропогенного характера.

Основные результаты исследований были получены на опытных объектах на основе обследования лесов Северо-Запада и Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) европейской части России (ЕЧР), а именно лесных экосистем Новгородской и Воронежской областей.

Также были исследованы структура, состояние и динамика лесного фонда 24 региональных систем с привлечением баз данных Федерального агентства лесного хозяйства.

Для изучения адаптационного потенциала лесных экосистем Российской Федерации в условиях меняющегося климата послужили материалы, полученные автором в 2009-2018 гг., данные открытого массива данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, данные, предоставленные Федеральным агентством лесного хозяйства России (Рослесхоз).

Для определения адаптационного потенциала лесных экосистем были исследованы 12 критериев, разделенных на две группы.

Первая группа критериев показывает динамику факторов окружающей среды, оказывающих глобальное влияние на состояние лесных экосистем.

Вторая группа критериев характеризует изменение состояния лесных экосистем (уязвимость) Российской Федерации под действием рассматриваемых факторов с течением времени.

Для анализа динамики состояния окружающей среды нами были отобраны следующие критерии:

- 1) Исследование критериев, характеризующих изменение среднегодовых температур в субъектах РФ в период с 1961 по 2018 гг.

- 2) Исследование критериев, характеризующих изменение сумм выпадающих атмосферных осадков в периоды с 1966-1990 гг. и 1991-2018 гг.

- 3) Исследование критериев, характеризующих изменение относительной влажности в период с 1966 по 2018 гг.

4) Исследование критериев, характеризующих частоту повторяемости опасных гидрометеорологических явлений в период с 1991 по 2018 гг.

5) Динамика критериев, характеризующих высоту снежного покрова в период с 1961 по 2018 гг.

6) Исследование критериев, характеризующих частоту повторяемости крупных лесных пожаров в период с 1991 по 2018 гг.

В настоящее время происходящие климатические изменения на планете в сторону потепления подтверждаются многочисленными исследованиями. За последние сто лет поверхностная температура планеты выросла по разным данным на значение близкое к 1°C . Вместе с тем, темпы ее роста неуклонно увеличиваются.

Данные среднемесячных температур за исследуемый период были взяты из открытого массива данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Описание массива данных среднемесячной температуры (Электронный ресурс)).

Выбор метеостанций связан с необходимостью оценки климатических изменений, происходящих в различных лесорастительных зонах, что и обусловило увеличение количества метеостанций в рамках отдельных региональных систем лесного хозяйства.

Объектами наблюдения динамики среднегодовых температур в Северо-Западном федеральном округе стали метеостанции: Архангельской области (метеостанция 22550 Архангельск), Ленинградской области (метеостанция 26063 Санкт-Петербург), Новгородской области (метеостанция 26275 Старая Русса), Республики Карелия (метеостанция 22820 Петрозаводск), Республики Коми (метеостанция 23804 Сыктывкар), а также Ненецкий автономный округ (метеостанция 23205 Нарьян-Мар), по нашему мнению позволяющими создать репрезентативную базу для изучения влияния изменения среднегодовых температур на состояние лесных экосистем.

Объектами аналитической оценки температурных изменений стали региональные системы Брянской (метеостанция 26898 Брянск) и Воронежской (метеостанция 34123 Воронеж) областей.

Уральский федеральный округ представлен двумя субъектами: Тюменская область (метеостанция 28367 Тюмень) и Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (метеостанция 23933 Ханты-Мансийск).

В Сибирском федеральном округе исследование динамики среднегодовых температур проведено в Забайкальском крае (метеостанция 30758 Чита), Иркутской, Омской областях (метеостанция 30710 Иркутск; метеостанция 28698 Омск), в Алтайском, Красноярском краях (метеостанция 29838 Барнаул; метеостанция 20891 Хатанга; метеостанция 23472 Туруханск; метеостанция 29570 Красноярск).

Объектами аналитической оценки среднегодовых температур в Дальневосточном федеральном округе стали региональные системы Республики Якутия (метеостанция 24266 Верхоянск; метеостанция 24944 Олекминск), Камчатского края (метеостанция 32583 Петропавловск-Камчатский), Магаданской области (метеостанция 25913 Магадан), Хабаровского края (метеостанция 31735 Хабаровск), Сахалинской и Амурской областей (метеостанция 32150 Южно-Сахалинск; метеостанция 31510 Благовещенск) и Приморского края (метеостанция 31960 Владивосток).

Для определения среднегодовой температуры вычислялась средняя арифметическая величина.

Для анализа основных климатических параметров были приняты рекомендации Всемирной Метеорологической организации и использовались их значения за 30-летний период.

В настоящее время таким базовым периодом или «климатической нормой» является период с 1961 года по 1990 год.

Количество годовых осадков является одним из основных климатических параметров природной зоны или субъекта, которое в большей мере определяется циркуляцией воздушных атмосферных масс и рельефом местности. Данные среднегодового количества осадков за исследуемый период были взяты из открытого массива данных Федеральной службы по гидрометеорологии и

мониторингу окружающей среды (Описание массива данных месячных сумм осадков (Электронный ресурс)).

Для определения среднегодового количества осадков использовалась среднеарифметическая величина.

Для анализа количества выпадающих атмосферных осадков использовались данные открытого доступа Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды по субъектам РФ и бывшего РСФСР, начиная с 1966 г.

Влажность воздуха – это характеристика насыщенности атмосферы водяными парами. Относительной влажностью воздуха называют выраженное в процентах отношение парциального давления водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного пара при той же температуре (Богаткин, 2006).

Данные об относительной влажности за исследуемый период были взяты из открытого массива данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Среднемесячная относительная влажность (Электронный ресурс)).

Для определения среднегодовой относительной влажности в регионе использовалась среднеарифметическая величина.

В открытом доступе находятся данные об относительной влажности по субъектам РФ и бывшего РСФСР, начиная с 1966 г., поэтому базовым периодом мы использовали период с 1966 по 1990 гг.

При исследовании критериев, оказывающих влияние на состояние лесных экосистем, нельзя не учитывать влияние экстремальных климатических изменений на состояние лесных экосистем, которое можно учесть с помощью показателя, характеризующего изменения метеорологических и климатических условий на уровне регионов РФ.

К опасным явлениям погоды – ОЯ – приравнены те явления, которые способны нанести большой материальный ущерб, а также представляют угрозу

здоровью и жизни людей (ФЗ от 19.07.1998 №113 «О гидрометеорологической службе» (Электронный ресурс)).

Неблагоприятные явления погоды – НЯ – это явления, не достигшие критериев ОЯ, но также значительно затрудняющие деятельность отдельных отраслей и наносящие ущерб экономике и населению, но в меньшей степени. На практике при ухудшении погоды часто наблюдаются не одно, а одновременно несколько НЯ – так называемый комплекс НЯ или сокращенно КНЯ, иногда по степени воздействия близкий к ОЯ (Руководящий документ РД 52.27.724 – 2019, 2019).

В ходе проведения исследований был проведен анализ количества ОГЯ (опасных гидрометеорологических явлений) и их виды в рассматриваемых регионах в период с 1991 по 2018 гг. (27 лет). Сведения о количестве и видах неблагоприятных условий погоды и опасных гидрометеорологических явлений, вызвавших социальные и экономические потери на территории России, были получены из специализированных массивов в рамках целевой научно-технической программы Росгидромета по направлению 1.3. «Исследования климата, его изменений и их последствий. Оценка гидрометеорологического режима и климатических ресурсов» (Шамин, 2019). Эти характеристики включают в себя данные о продолжительности явления, дате начала и окончания, интенсивности, нанесенном ущербе. Регион распространения (федеральный округ, область, город, населенный пункт, метеостанция) указывается в зависимости от масштаба явления: температурные аномалии распространяются сразу на область или округ, а локальные аномалии описывают с указанием метеостанции, на которой они были зафиксированы.

Высота снежного покрова является одним из важных климатических параметров, т.к. формируется в результате атмосферных процессов. В тоже время, снежный покров оказывает влияние на формирование климата конкретных географических ландшафтов и географических зон.

Данные о высоте снежного покрова за исследуемый период были взяты из открытого массива данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (БД «СНЕГ») (Булыгина, 2019).

Для определения среднегодовой высоты снежного покрова находилась сумма выпавшего снега за каждый месяц (учитывались дни, в которые выпадали осадки), затем сумма за год, которая делилась на число месяцев со снежными осадками.

В ходе проведения исследований была проанализирована динамика лесных пожаров субъектов Российской Федерации за период 1991-2018 гг. Были использованы данные о динамике лесных пожаров из Сводной статистики Лесных пожаров в Российской Федерации (Сводная статистика лесных пожаров (Электронный ресурс)) и данные Федерального агентства лесного хозяйства России (Рослесхоз).

С этой целью осуществлялась закладка постоянных пробных площадей с последующим проведением на них длительных наблюдений.

Для анализа состояния лесных экосистем в условиях меняющегося климата нами были отобраны следующие критерии:

1) Исследование критериев, характеризующих изменение лесистости субъектов Российской Федерации в период с 1991 по 2018 гг.

2) Исследование критериев, характеризующих изменение площади погибших лесных насаждений под воздействием фитоболезней и энтомовредителей в период с 1991 по 2018 гг.

3) Динамика критериев, характеризующих изменение площади погибших лесных насаждений в результате лесных пожаров в период с 1991 по 2018 гг.

4) Исследование критериев, характеризующих динамику продуктивности лесных экосистем изучаемых субъектов РФ в период с 1991 по 2018 гг.

5) Исследование критериев, характеризующих запас основных лесообразующих пород субъектов РФ в период с 1991 по 2018 гг.

6) Исследование критериев, характеризующих смещение географических ареалов древесных пород.

Данные большинства критериев по Северо-Западному округу и ЦЧР в период с 2009 по 2018 гг. собраны лично автором.

При этом использовался маршрутно-ключевой метод, предусматривающий рекогносцировочное обследование насаждений, которым были охвачены наиболее крупные массивы, и закладку постоянных пробных площадей в наиболее типичных (ключевых) участках леса. Репрезентативность полученных данных периодически уточнялась путем проведения наземного и аэровизуального обследования лесов. Все работы проведены по общепринятым в лесоведении и лесной таксации методикам с некоторыми дополнениями и изменениями, которые описаны в авторской методике оценки адаптационного потенциала лесных экосистем.

Лесистость территории представляет собой степень облесенности территории, определяемая отношением площади покрытых лесной растительностью земель к её общей площади, выражаемая в процентах. Анализ динамики лесистости является одним из главных показателей состояния лесных экосистем на территории Российской Федерации. Уменьшение данного показателя свидетельствует о негативных тенденциях в состоянии лесных экосистем.

Для обработки собранного и почерпнутого из многочисленных литературных источников цифрового эмпирического материала использован компьютер и пакет стандартных программ (Statistica, Excel), позволивших провести корреляционный, регрессионный, дисперсионный, кластерный анализ общепринятыми методами математической статистики (Серебренников, Первозванский, 1965; Дрейпер, Смит, 1973; Кендалл, Стьюарт, 1976; Дюран, Одел, 1977; Бриллинджер, 1980; Аффифи, Эйзен, 1982; Журбенко, 1982; Демиденко, 1989; Факторный, дискриминантный..., 1989). Для обработки данных использовались методы статистического анализа: метод статистического наблюдения, сводка и группировка материалов статистического наблюдения, выборочный метод, ряды динамики.

Для оценки динамики климатических показателей с 1961 по 2018 годы рассчитывались их средние значения (M) по тридцатилетиям, десятилетиям и двум последним пятилетиям. Для каждого среднего значения определялась величина основной ошибки среднего. Так как число наблюдений (N) определяется периодом,

за который рассчитывается среднее значение, и для сравниваемых величин постоянно, то величина ошибки зависит главным образом от степени варьирования среднегодовых значений в принятом временном интервале, которая определяется показателем стандартного отклонения (σ). При сравнении средних значений необходимо установить достоверность полученных различий на основании критерия Стьюдента.

Поскольку каждая из средних величин определяется с ошибкой $M1 \pm m_{M1}$ и $M2 \pm m_{M2}$, то, разумеется, и разность между ними ($M1 - M2$) будет содержать некоторую ошибку. Ошибка разности равна корню квадратному из суммы квадратов ошибок уменьшаемого и вычитаемого:

$$m_{M_1 - M_2} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} \quad (2.1.1.)$$

Показатель достоверности (существенности) различия определяется по формуле:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \quad (2.1.2.)$$

Все статистические показатели (M , m , t) определялись с помощью программы Microsoft Excel.

Для установления достоверности различий между сравниваемыми средними значениями надо полученную величину сравнить со стандартным значением критерия Стьюдента при определенном уровне значимости и числе степеней свободы (f). Число степеней свободы определяется по формуле: $f = N - 1$. Необходимый нам уровень значимости равен 0,05. Он соответствует чаще всего принимаемой вероятности 0,95. При сравнении средних значений по тридцатилетиям, десятилетиям и пятилетиям стандартные значения критерия Стьюдента составят соответственно 2,05; 2,26 и 2,78.

Если полученный критерий t больше стандартного значения критерия Стьюдента, то различие между средними величинами признается существенным (достоверным) с вероятностью 0,95.

2.1.1. Методика оценки адаптационного потенциала лесных экосистем

Разработанная нами Методика содержит порядок проведения оценки адаптационного потенциала лесных экосистем, предусматривающий:

- 1) выбор индикаторов (исходных данных) из информационной базы;
- 2) расчет критериев оценки по определенным алгоритмам расчета;
- 3) расчет темпа роста (снижения) критериев по данным исходного и предыдущего периодов;
- 4) оценку изменения критерия по оценочной шкале;
- 5) позиционирование адаптационного потенциала лесных экосистем (комплексов лесных экосистем) в рамках оценочной матрицы;
- 6) определение содержания и направления изменения адаптационного потенциала лесных экосистем и формирование аналитического заключения по результатам оценки.

Основными инструментами методики являются индексы, критерии и индикаторы, квадратная матрица адаптационного потенциала лесных экосистем и алгоритм комплексной оценки адаптационного потенциала лесных экосистем (комплексов лесных экосистем) по его характеристикам.

Под индексами в методике понимаются расчетные величины, используемые для целей анализа состояния критериев в целом, определяемые с привлечением оценочной шкалы.

Под критерием признается признак, относительная величина, на основании которой производится оценка, определяемая как частное от деления двух индикаторов адаптационного потенциала лесных экосистем.

Под индикатором понимается показатель, абсолютная величина, отражаемая в статистических материалах экологической отчетности, лесного хозяйства, метеорологии и климатологии и др.

Основным количественным приемом при анализе результатов оценки адаптационного потенциала лесных экосистем является сравнение. Проведение сравнения показателей возможно по нескольким направлениям.

В разработанной методике используется прием сопоставления показателей отчетного периода и предыдущего, что позволяет оценить тенденции формирования и развития адаптационного потенциала лесных экосистем (региональных комплексов лесных экосистем).

Методика включает в себя алгоритм комплексной оценки адаптационного потенциала лесных экосистем по его характеристикам на основе определения двух индексов – индекса поддержания устойчивости и конкурентоспособности под влиянием абиотических факторов и индекса уязвимости лесных экосистем под влиянием биотических факторов.

Методика описывает этапы ранжирования лесных экосистем по уровню уязвимости и формирование итоговой оценки адаптационного потенциала: стабильная лесная экосистема, нестабильная лесная экосистема, деградирующая лесная экосистема.

В качестве информационной базы для анализа адаптационного потенциала лесных экосистем настоящая методика использует данные, содержащиеся в следующих официальных источниках:

– официальных отчетах Росгидромета в части многолетних наблюдений за климатическими параметрами (среднегодовые температуры воздуха, атмосферные осадки, число дней с опасными метеорологическими явлениями, относительная влажность и др.);

– официальных отчетах Федерального агентства лесного хозяйства, ГЛР, за ряд лет (продуктивность лесных экосистем, количество пожаров, лесистость территории и др.).

Помимо стандартных статистических показателей в методике находят применение скомбинированные на их основе расчетные данные.

Определение состава показателей оценки и определяющих их критериальных значений является важной проблемой развития методов оценки адаптационного потенциала лесных экосистем.

Состав показателей оценки должен обеспечивать необходимую и достаточную информацию о состоянии адаптационного потенциала лесных

экосистем и отдельных его компонент с целью принятия своевременных и объективных управленческих решений, позволяющих поддержать способность лесных экосистем выполнять многоцелевую роль.

Оценка адаптационного потенциала лесных экосистем в разработанной методике происходит по двум индексам: индексу динамики абиотических факторов (климатических условий) (*Iaф*), определяющему условия потенциальной адаптации лесных экосистем, и индексу уязвимости лесных экосистем (*Iлэ*) к изменяющемуся влиянию абиотических и биотических (в первую очередь антропогенных) факторов, каждый из которых декомпозируется на шесть (6) критериев, отражающих биологический, экологический, лесоводственный и хозяйственный потенциал, способность и готовность лесных экосистем изменяться под влиянием биотических и абиотических факторов.

Предлагаемый системный подход к оценке адаптационного потенциала лесных экосистем позволяет не только с различных сторон оценить влияние комплекса факторов на адаптационный потенциал лесных экосистем, но и выявить наиболее значимые, ключевые причины, решающим образом влияющие на изменение состояния лесных экосистем.

Значение критерия определяется как отношение соответствующих количественных (изменение площадей, объёмов, повторяемости явлений и др.) индикаторов, содержащихся в исходных данных для проведения оценки адаптационного потенциала лесных экосистем.

Оценка адаптационного потенциала лесных экосистем по индексу динамики абиотических факторов определяется по совокупности всех критериев, входящих в группу 1:

1.1 критерии, характеризующие изменение среднегодовых температур воздуха;

1.2 критерии, характеризующие изменение сумм выпадающих атмосферных осадков;

1.3 критерии, характеризующие изменение относительной влажности;

1.4 критерии, характеризующие частоту повторяемости опасных метеорологических явлений (шквал, смерч, ураган, жара, засуха, град, ледяной дождь и т.д.);

1.5 критерии, характеризующие динамику снежного покрова (даты образования и разрушения, продолжительность, высота);

1.6 критерии, характеризующие частоту повторяемости крупных лесных пожаров, связанных с влиянием абиотических факторов.

Этот индекс сопряжен с оценкой доминантных ресурсных компонент, имеющихся у лесных экосистем.

Оценка адаптационного потенциала лесных экосистем по индексу уязвимости лесных экосистем к изменяющемуся влиянию абиотических и биотических (в первую очередь – антропогенных) факторов определяется по совокупности всех критериев, входящих в группу 2:

2.1 критерии, характеризующие изменение лесистости региона;

2.2 критерии, характеризующие изменение площади погибших лесных насаждений под воздействием фитоболезней и энтомофитовредителей;

2.3 критерии, характеризующие изменение площади погибших лесных насаждений в результате крупных лесных пожаров;

2.4 критерии, характеризующие динамику продуктивности лесных экосистем;

2.5 критерии, характеризующие динамику запаса основных лесообразующих пород лесных экосистем;

2.6 критерии, характеризующие смещение географических ареалов древесных пород.

Такое представление структуры адаптационного потенциала лесных экосистем и параметров его оценки обеспечивает глубокий, комплексный анализ состояния и устойчивости региональных лесных экосистем.

Для оценки критериев используем следующий методический подход:

А) сопоставление соответствующего значения критерия первого или второго индекса для отдельно взятого комплекса лесных экосистем региона за исходный

период и за период, предшествующий исходному, определяется темп изменения (роста или падения) критерия для комплекса лесных экосистем отдельно взятого региона (субъекта) Российской Федерации;

Б) положительно оценивается отсутствие изменения (роста или падения) значения критерия по сравнению с уровнем, достигнутым в период, предшествующий исходному периоду.

Если по какому-либо критерию отсутствует возможность оценки, данный критерий не учитывается при определении уровня адаптационного потенциала комплекса лесных экосистем региона.

Важно отметить, что в качестве исходного периода целесообразно принимать 30-летний период климатического осреднения (по рекомендации ВМО). Однако, при увеличенных темпах изменений критериев, 10-летние интервалы (исходные периоды) могут быть даже более информативны.

Динамика критерия устанавливается для каждой региональной лесной экосистемы с градацией:

- стабильная, в пределах допустимой нормы отклонений (один балл);
- позитивная (имеющая плюсовую динамику, за пределами допустимых отклонений – ноль баллов);
- негативная (имеющая минусовую динамику, за пределами допустимых отклонений – ноль баллов).

Это позволяет оценивать адаптационный потенциал лесных экосистем по разработанной нами методике в динамике, сравнивая результаты предыдущих периодов с текущим периодом.

Оценка уровня адаптационного потенциала отдельно взятой региональной лесной экосистемы осуществляется в баллах, по 6-балльной шкале.

При отсутствии динамики критерию присваивается ноль баллов. Отсутствие динамики (положительной или отрицательной) характеризует стабильность лесной экосистемы относительно начала анализируемого периода.

Безусловно, для ряда региональных лесных экосистем при увеличении или снижении отдельных критериев можно говорить о положительных или

отрицательных состояниях в их развитии, что для настоящего исследования также представляет интерес с позиции управленческих решений и прогноза хозяйственной деятельности.

Однако задача методики состоит в оценке адаптационного потенциала более с позиции устойчивости региональных лесных экосистем в сравнении с предшествующим периодом, и менее с позиции перспектив их развития или угнетения.

Профессор Ю.Г. Марков подчеркивает, что устойчивость экосистем изучена пока не столь хорошо, как устойчивость популяций, однако вполне очевидно связать с понятием устойчивости сохранение видового состава по отношению к внешним воздействиям (Марков, 2011).

Поэтому в ходе оценки в первую очередь представляется возможным ответить на вопрос о выживаемости лесной экосистемы (сохранении ее биологических параметров и свойств как экосистемы) под воздействием различных факторов.

Следуя логике нашего исследования, при наличии позитивной или негативной динамики критерию уязвимости региональной лесной экосистемы будет присваиваться один балл.

Для определения уровня адаптационного потенциала отдельно взятой региональной лесной экосистемы следует суммировать стабильные (не имеющие динамики), соответствующие данному индексу критерии.

При наличии от 5 до 6 критериев, не имеющих динамику по отдельному индексу, присваивается уровень, соответственно, от 5 до 6 баллов, как показано в аналитической карте оценки уровня индексов адаптационного потенциала отдельно взятой региональной лесной экосистемы (Таблица 2.1.1.1.).

Для позиционирования отдельно взятого комплекса лесных экосистем региона и определения уровня его адаптационного потенциала используется квадратная матрица, включающая три столбца, содержащих выстроенные по мере их возрастания значения балльной оценки уровня индекса динамики абиотических

факторов и три строки, содержащих по мере их возрастания значения балльной оценки адаптивности лесных экосистем.

Таблица 2.1.1.1. – Аналитическая карта оценки уровня индексов поддержания конкурентоспособности под влиянием абиотических факторов (*Iaф*) и готовности лесных экосистем изменяться под влиянием биотических факторов (*Iлэ*)

Количество критериев, имеющих динамику	Количество баллов по одному индексу	Качественное состояние индекса	Суммарное количество баллов по двум индексам
6	6	Максимальный уровень	6-12
5	5	Высокий уровень	5-10
4	4	Повышенный уровень	4-8
3	3	Средний уровень	3-6
2	2	Пониженный уровень	2-4
1	1	Низкий уровень	1-2
0	0	Минимальный уровень	0

Уровень адаптационного потенциала отдельно взятого комплекса лесных экосистем региона определяется на пересечении строк индекса динамики абиотических факторов (*Iaф*) и индекса уязвимости лесных экосистем (*Iлэ*) квадратной матрицы.

Каждому из суммарных значений баллов по двум индексам адаптационного потенциала отдельно взятого комплекса лесных экосистем региона соответствует одна из зон квадратной матрицы (зеленая, желтая, красная) (Рисунок 2.1.1.1.).

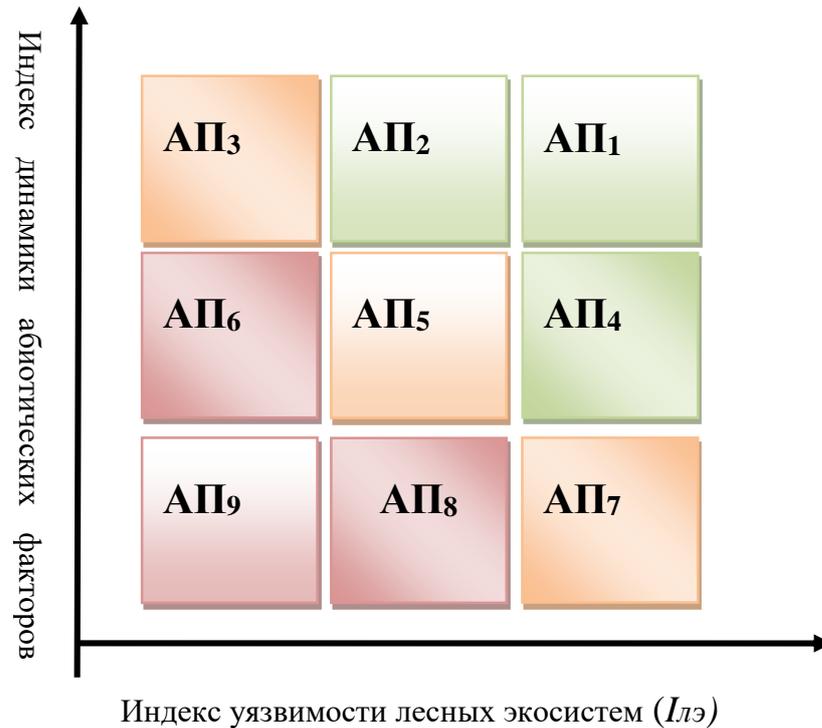


Рисунок 2.1.1.1. Матрица позиционирования адаптационного потенциала отдельно взятого комплекса лесных экосистем региона (зона стабильного комплекса лесных экосистем, зона нестабильного комплекса экосистем, зона деградирующего комплекса лесных экосистем)

Принадлежность отдельно взятого комплекса лесных экосистем региона к той или иной зоне квадратной матрицы устанавливается на основании следующей оценочной шкалы: АП₁ – 0 баллов, АП₂ – 1-2 балла, АП₄ – 3-4 балла, АП₃ – 5 баллов, АП₅ – 6 баллов, АП₇ – 7 баллов, АП₆ – 8 баллов, АП₈ – 9-10 баллов, АП₉ – 11-12 баллов.

Зона стабильных лесных экосистем, 0-4 балла (матрица: АП₁, АП₂, АП₄), соответствует устойчивому состоянию лесных экосистем, при которой не менее чем 8 критериев из 12 сохранили своё значение за исходный (анализируемый) период, и характеризует стабильные лесные экосистемы.

Зона нестабильных лесных экосистем, 5-7 баллов (матрица: АП₃, АП₅, АП₇) соответствует неустойчивому состоянию лесных экосистем, при которой сохранили своё значение за исходный период не менее 5 и не более 7 критериев, характеризует нестабильные лесные экосистемы.

Зона деградирующих лесных экосистем, 8-12 баллов (матрица: АП6, АП8, АП9) соответствует деградирующим, разрушающимся лесным экосистемам, потерявшим способность к адаптации, при которой сохранили значение за аналитический период не более 4 критериев из 12, а также при растущей и негативной динамике характеризует деградирующие лесные экосистемы.

На основании позиционирования комплекса лесных экосистем региона в рамках матрицы его адаптационному потенциалу присваивается статус:

- «стабильный комплекс лесных экосистем», высокий уровень адаптационного потенциала (матрица: АП1, АП2, АП4);
- «нестабильный комплекс лесных экосистем», средний (потенциально опасный) уровень адаптационного потенциала (матрица: АП3, АП5, АП7);
- «деградирующий комплекс лесных экосистем», низкий или отсутствующий уровень адаптационного потенциала (матрица: АП6, АП8, АП9).

На основе оценки адаптационного потенциала отдельно взятой региональной лесной экосистемы выдается заключение о ее устойчивости к климатическим изменениям и иным неблагоприятным факторам.

2.2. Характеристика объектов исследования

В качестве модельных были выбраны лесные экосистемы 24 субъектов Российской Федерации в разрезе федеральных округов (Таблица 2.2.1.).

Подбор модельных регионов обусловлен лесорастительным районированием. Представленные в исследовании РЛС значительно различаются в экологическом и лесоводственно-типологическом отношении, но их объединяют две характерные черты: повышенная уязвимость к изменению климата и возрастающая антропогенная нагрузка. В каждом районе исследованиями охвачены насаждения, соответствующие решаемым задачам и позволяющие благодаря природному разнообразию лесных биогеоценозов сформировать целостное представление об уровне изменчивости и уязвимости модельных объектов в целом.

Таблица 2.2.1. – Модельные регионы

Федеральный округ	Наименование региона
Северо-Западный	Архангельская область (АО)
	Новгородская область (НвО)
	Ленинградская область (ЛО)
	Республика Карелия (РКа)
	Республика Коми (РКо)
	Ненецкий автономный округ (НАО)
Центральный	Брянская область (БО)
	Воронежская область (ВО)
Южный	Ростовская область (РО)
Приволжский	Нижегородская область (НО)
Уральский	Тюменская область (ТО)
	Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО)
Сибирский	Забайкальский край (ЗК)
	Иркутская область (ИО)
	Омская область (ОО)
	Алтайский край (АК)
	Красноярский край (КрК)
Дальневосточный	Республика Саха (Якутия) (РС)
	Камчатский край (КК)
	Магаданская область (МО)
	Хабаровский край (ХК)
	Сахалинская область (СО)
	Приморский край (ПК)
	Амурская область (АО)

2.2.1. Характеристика объекта исследования №1

Новгородская область расположена на северо-западе Русской равнины в пределах Приильменской низменности и северных отрогов Валдайской возвышенности. Территория области 54,5 тыс. км². Климат Новгородской области умеренно-континентальный, близкий к морскому. Осадков выпадает на 200-500 мм больше, чем может испариться. Годовое их количество колеблется в пределах 540-750 мм. Максимум осадков приходится на лето (38%), немного меньше – на осень (27%). Рельеф местности в основном равнинно-холмистый. Новгородская область расположена в зоне дерново-подзолистых почв. Преобладают дерново-подзолистые, лугово-дерновые, болотные почвы и почвы речных пойм. Дерново-подзолистые почвы имеют большую пестроту по степени развития дернового процесса и оподзоливания в зависимости от влияния основных факторов: растительности, материнской породы и рельефа местности. В настоящее время леса занимают 64,4% территории области.

Общая площадь лесов Новгородской области по состоянию на 01 января 2011 года составляет 4118,7 тыс. га, в том числе покрытая лесом – 3512,3 тыс. га, со средним запасом насаждений на 1,0 га порядка 165,4 м³.

Рассматривая территориальное размещение лесов в целом по области, следует отметить, что лесные массивы, представленные сосновыми и еловыми древостоями, расположены на северо-востоке и самом юге области. Леса, расположенные на западе и юге, представлены в основном березняками и осинниками, а в центральной части – сосново-еловыми насаждениями со значительной долей участия мягколиственных пород.

Объект исследования №1 расположен на территории новгородского Мяноборского участкового лесничества, общей площадью 35655 га.

Для целей настоящего исследования в насаждениях Мяноборского участкового лесничества (лесной участок ОАО «Акрон») были проведены повторные учеты на постоянных пробных площадях, заложенных ранее различными научно-исследовательскими организациями (Рисунок 2.2.1.1.).

Площади 1, 2, 3, 4 и 5ЛТА заложены в 1985 году Ленинградской лесотехнической академией им. С.М. Кирова; 1, 2, 3ВНИИЛМ (В) заложены в 1983 году Всесоюзным научно-исследовательским институтом лесоводства и механизации лесного хозяйства; 1, 2, 5ЛГПИ заложены в 1985-1986 годах Ленинградским педагогическим институтом им. А.И. Герцена.

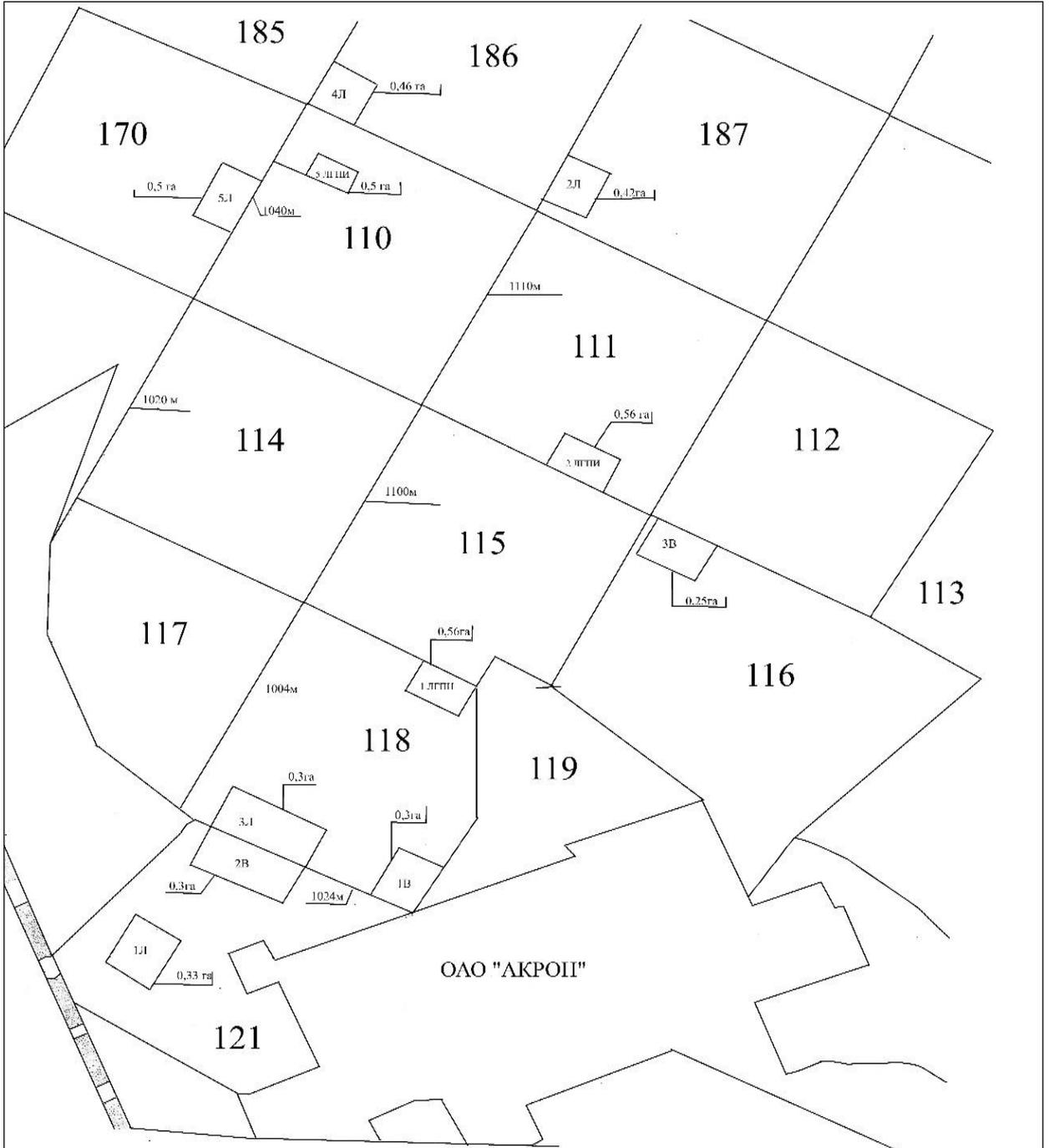


Рисунок 2.2.1.1. Расположение объекта исследования №1

Основными лесобразующими породами являются наряду с елью, сосной, березой и осинкой, дуб и липа, а также в составе лесов встречаются клен, вяз и ясень. Основные таксационные показатели по пробным площадям на 1985 год и на год последнего учета (2018) даны в таблицах 2.2.1.1. и 2.2.1.2. соответственно.

Таблица 2.2.1.1.– Основные таксационные данные по пробным площадям на 1985год

№ПП	Состав древостоя	Возраст, лет	Средние		Полнота	Запас, м ³ /га	Бонитет
			Н, м	D, см			
1ЛТА	8С2Б	60	16,5	18,0	0,7	150	2
2ЛТА	I 9С1Б	80	23,0	19,9	0,6	150	3
	II 8Б2Е						
3ЛТА	9Ос1Б+Е	80	28,5	27,9	0,6	200	1а
4ЛТА	I 7Е2Б1Ос	120	19,0	22,3	0,6	300	4
	II 9Е1Б						
5 ЛТА	7С2Б1Ос	60	18,9	18,7	0,7	180	2
1В	I 6Б4Ос	60	17,5	20,4	0,7	140	2
	II 10Олс						
2В	5Б3Е2Ос+Олс	90	20,5	20,7	0,9	301	3
3В	6Ос3Б1Е+Олс	70	19,7	24,2	1,0	405	2

Примечание: Данные по пробным площадям 1ЛГПИ, 2ЛГПИ и 5ЛГПИ не сохранились.

Таблица 2.2.1.2. – Таксационная характеристика древостоев на постоянных пробных площадях, 2018 г.

№ПП	Площадь, га	Состав древостоя	Возраст, лет	Нср, м	Дср, см	Полнота	Запас, м³/га	По элементам леса				Бонитет	ТУМ
								Порода	Н, м	Д, см	Запас, м³/га		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1ЛТА	0,33	6С4Б+Е	80	18,2	21,2	0,61	190	С	22,1	29,5	107	3	В4
								Б	21,2	21,4	69		
								Е	12,1	10,8	14		
2ЛТА	0,42	6С2Б2Е	100	18,2	21,1	0,58	162	С	21,5	24,7	94	4	В4
								Б	17,3	20,5	25		
								Е	15,4	17,6	43		
3ЛТА	0,30	4Е3Б2Олс1Ос	100	20,3	26,4	0,45	122	Е	17,8	23,1	52	3	С4
								Б	21,9	28,8	31		
								Олс	17,9	17,2	25		
								Ос	25,2	35,3	14		
4ЛТА	0,46	7Е2Б1С	140	21,7	27,3	0,52	164	Е	19,3	20,4	117	4	В4
								Б	22,4	24,4	31		
								С	23,6	36,0	16		
5ЛТА	0,37	4С4Б1Олс1Ос+Е	80	19,9	22,5	0,64	173	С	22,8	24,9	69	3	В4
								Б	17,9	17,7	66		
								Олс	18,2	16,7	11		
								Ос	24,4	36,2	20		
								Е	15,6	14,6	7		
1В	0,30	6Олс3Б1Ос+Е	80	20,1	22,6	0,53	86	Олс	18,6	19,0	58	3	С4
								Б	23,2	25,4	28		
								Ос	24,3	36,2	10		
								Е	15,2	15,1	5		
2В	0,30	6Б2Е2Олс+Ос	110	22,2	25,4	0,33	105	Б	23,1	26,2	63	3	С4
								Е	23,3	27,1	21		
								Олс	19,4	20,8	21		
								Ос	26,5	36,2	8		

Окончание таблицы 2.2.1.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3В	0,25	7Б3Ос+Е+Олс	90	24,5	34,2	0,2	63	Б	22,2	31,1	46	2	ДЗ
								Ос	27,3	37,5	17		
								Е	23,4	27,1	9		
								Олс	15,1	17,4	6		
1ЛГПИ	0,56	4Б3Олс3Ос+Е+Д	75	20,2	24,1	0,34	98	Б	24,2	27,5	39	2	С4
								Олс	16,3	20,3	24		
								Ос	32,4	41,0	28		
								Е	16,3	19,4	6		
2ЛГПИ	0,56	5Б3Е1Ос1Лп+Олс	70	19,9	25,8	0,49	146	Б	25,9	30,5	76	2	С4
								Е	15,7	21,3	34		
								Ос	24,3	36,1	18		
								Лп	17,7	20,0	12		
5 ЛГПИ	0,50	8С2Б+Е+Олс	65	16,7	17,9	0,66	185	С	21,9	26,0	145	3	В4
								Б	14,4	12,3	33		
								Е	11,2	12,4	3		
								Олс	20,3	15,8	4		
								Б	23,2	23,8	31		
								Олс	20,3	15,8	33		
								Ос	26,1	32,9	32		

Примечание: Типы леса: ПП 1, 2, 5 ЛТА и 5 ЛГПИ – сосняк черничный влажный; ПП 1В – ольшаник травяно-таволжный; ПП 2В, 1, 2ЛГПИ – березняк травяно-таволжный; ПП 3В – березняк травяно-дубравный.

В 2005 и 2018 годах постоянные пробные площади были обновлены в натуре в соответствии с требованиями ОСТ 56-69-83 и методиками, приведёнными в литературе (Третьяков, 1957; Ярмишко, 1997). Ниже приводится характеристика типов почв по пробным площадям, а также результаты их агрохимического исследования (Таблица 2.2.1.3.).

Таблица 2.2.1.3. – Характеристика типов лесных почв и их агрохимическая характеристика на пробных площадях (СЗЗ ОАО «Акрон»)

№ПП	Индекс почв	Название почвы	Агрохимическая характеристика почвы
1ЛТА	ПВМ-г	перегнойно-влажномуллевая глеевая	-*
2ЛТА	ТП	торфяно-перегнойная	-
3ЛТА	ВММ1-г	влажномодермуллевая слабоподзолистая глееватая	pH – 4,3; N _{общ} – 0,22%масс.; P ₂ O ₅ общ – 200 мг/кг; K – 93,66 мг/кг.
4ЛТА	ТП	торфяно-перегнойная	-
5ЛТА	ТП	торфяно-перегнойная	-
1В	ВММ1-г	влажномодермуллевая слабоподзолистая глееватая	-
2В	ММ1	модермуллевая слабоподзолистая	pH – 5,2; N _{общ} – 0,26%масс.; P ₂ O ₅ общ – 170 мг/кг; K – 86,05 мг/кг.
3В	М1	муллевая слабоподзолистая	pH – 3,8; N _{общ} – 0,25%масс.; P ₂ O ₅ общ – 120 мг/кг; K – 63,50 мг/кг.
1ЛГПИ	ММ1	модермуллевая слабоподзолистая	pH – 3,9; N _{общ} – 0,36%масс.; P ₂ O ₅ общ – 150 мг/кг; K – 93,66 мг/кг.
2ЛГПИ	ММ1	модермуллевая слабоподзолистая	pH – 5,0; N _{общ} – 0,28%масс.; P ₂ O ₅ общ – 210 мг/кг; K – 149,03 мг/кг.
5ЛГПИ	ТП	торфяно-перегнойная	-

Примечание: *– агрохимические исследования почв на ППП 1, 2, 4, 5 ЛТА; 1В и 5ЛГПИ не проводились.

2.2.2. Характеристика объекта исследования №2

Воронежская область расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины, в бассейне среднего течения р. Дон, на стыке лесостепной и степной зон. Леса области в лесостепной части региона занимают 72,6%, а на степную часть приходится 27,4%. Объект исследования №2 расположен на территории Правобережного лесничества Учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ.

Для целей настоящего исследования в насаждениях Правобережного лесничества (лесопользователь Учебно-опытный лесхоз ФГБОУ ВО «ВГЛТУ») были проведены повторные учеты на постоянных пробных площадях, заложенных ранее сотрудниками Лесного факультета ВГЛТУ и исследованных в разные периоды учеными представителями научно-образовательных организаций (Рисунок 2.2.2.1.).

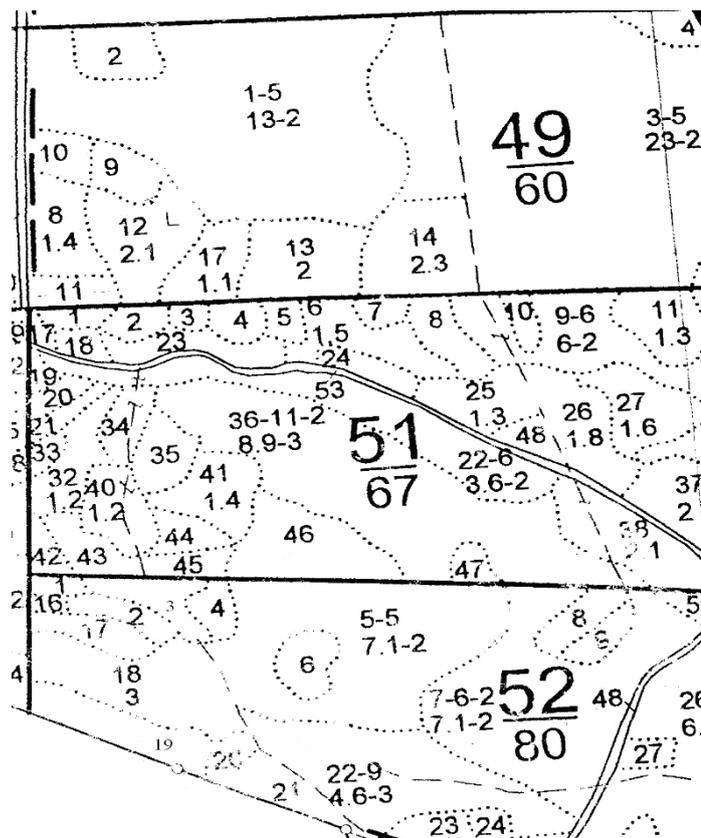


Рисунок 2.2.2.1. Схема расположения пробных площадей в насаждениях Правобережного лесничества Учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ
Условные обозначения: 51 – номер квартала; 67 – площадь квартала, га; 1-5 – номер выдела; 13-2 – площадь выдела, га.

Характеристики пробных площадей по возрасту, полноте и породному составу представлены в таблицах 2.2.2.1. и 2.2.2.2.

Для каждого субъекта рассчитывались такие характеристики, как площадь лесных экосистем, площадь нарушенных лесов (по состоянию) за последние пять лет, доля хвойных, лиственных и смешанных лесов, а также выполнялись расчеты индексов адаптационного потенциала, согласно разработанной нами методике.

Таблица 2.2.2.1. – Таксационные характеристики пробных площадей (2016 г.)

№ п/п	Состав	Возраст, лет	Дср, см	Нср, м	Полнота	Бонитет	Сумма площадей сечений, м/га	Число деревьев, шт/га	Тип леса	ТЛУ
1	5ДНН3Лп1Яс1КлО	85 55	30,3 18,8	23,5 21,2	1,08	II	37,5	850	Дсн	Д2
2	I ярус – 10ДН, II ярус – 5Лп4КлО1Яс	120 50	43,4 16,2	25,8 16,5	0,61 0,19	II	22,1 5,0	422	Дсн	Д2
3	3ДНН6Лп1КлО+Яс	80 50	26,7 22,1	22,2 22,9	0,93	III	29,7	688	Доссн	С2Д
4	5ДНН2Лп2КлО1Яс	80 50	30,2 20,0	24,4 21,0	0,94	II	32,4	682	Дсн	Д2
5	4ДНН4Лп1Яс1КлО	80 50	27,1 21,6	22,8 22,2	0,89	III	29,0	648	Доссн	С2Д

Таблица 2.2.2.2 – Таксационные характеристики на момент проведения исследований (2016 г.) и по материалам прошлых лесоустройств (1983 и 1994 гг.)

№ ПП	Местоположение	Состав	Возраст, лет	Бонитет	Дср, см	Нср, м	Полнота	Тип леса ТЛУ	Запас на 1 га, м ³	Стадия рекреационной дигрессии	Число деревьев, шт/га	Сумма площадей сечений, м ² /га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Пробная площадь №1	кв. № 49 выдел № 3	5ДНН3Лп1Яс1КлО	85 55	II	30,3 18,8	23,5 21,2	1,08	Дсн Д2	403	I	850	37,5
По таксационным описаниям 1994 года	кв. № 49 выдел № 3	8ДНН1Яс1Лп	80 50	II	28	24	0,7	ДОС С2	250	Выборочная санрубка 1996 г.		
По таксационным описаниям 1983 года	кв. № 49 выдел № 3	8ДНН1Яс1Лп	70 40	II	24	22	0,7	ДОС С2	220	Выборочная санрубка		
Пробная площадь №2	кв. № 52 выдел № 3	I ярус - 10ДН, II ярус - 5Лп4КлО1Яс	120 50	II	43,4 16,2	25,8 16,5	0,61 0,19	Дсн Д2	271 42	II	150 272	22,1 5,0
По таксационным описаниям 1994 года	кв. № 52 выдел № 3	8ДНН2Лп+Ос+КлО	100 50	III	40 22	23 20	0,6	ДОС С2	270	Без хозвоздействия		
По таксационным описаниям 1983 года	кв. № 52 выдел № 3	8ДНН2Лп	95 40	III	32 18	23 17	0,6	ДОС С2	200	Без хозвоздействия		
Пробная площадь №3	кв. № 52 выдел № 19	3ДНН6Лп1КлО+Яс	80 50	III	26,7 22,1	22,2 22,9	0,93	Досн С2Д	311	III	688	29,7

Окончание таблицы 2.2.2.2.

По таксационным описаниям 1994 года	кв. № 52 выдел № 19	6ДНН3Лп1КлО	75 45	III	30 18	21 18	0,7	ДОС С2	180	Выборочная санрубка 1998 г.		
По таксационным описаниям 1983 года	кв. № 52 выдел № 19	I ярус – 10ДНН+Ос II ярус – 7Лп2КлО1ДНН	65 40	II	30 14	21 16	0,5 0,3	ДОС С2	150 70	Без хозвоздействия		
Пробная площадь №4	кв. № 51 выдел № 46	5ДНН2Лп2КлО1Яс	80 50	II	30,2 20,0	24,4 21,0	0,94	Дсн Д2	359	I	682	32,4
По таксационным описаниям 1994 года	кв. № 51 выдел № 46	6ДНН2Яс1КлО1Лп	80 80 80	II	26 26	23 23	0,7	ДОС С2	230	Выборочная санрубка 1998 г.		
По таксационным описаниям 1983 года	кв. № 51 выдел № 46	6ДНН4Лп+Яс	70	II	26 24	23 20	0,7	ДОС С2	220	Без хозвоздействия		
Пробная площадь №5	кв. № 52 выдел № 22	4ДНН4Лп1Яс1КлО	80 50	III	27,1 21,6	22,8 22,2	0,89	Доссн С2Д	320	II	648	29,0
По таксационным описаниям 1994 года	кв. № 52 выдел № 22	4ДНН3Лп2КлО1Яс	80 50	III	28 20	22 18	0,8	ДОС С2	220	Без хозвоздействия		
По таксационным описаниям 1983 года	кв. № 52 выдел № 22	I ярус – 10ДНН+Яс II ярус – 6Лп3КлО1Яс+Ос	70 40	III	26 12	20 15	0,5 0,4	ДОС С2	140 90	Без хозвоздействия		

3. КОМПЛЕКС АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

3.1. Динамика среднегодовых температур в субъектах РФ в период 1966-2018 годов

Для анализа основных климатических параметров Всемирной Метеорологической организацией рекомендовано использовать базовые 30-летние значения. В настоящее время таким базовым периодом или «климатической нормой» является период с 1961 года по 1990 год (Руководящие указания ВМО., (Электронный ресурс)). Термин «норма» означает среднее значение климатических переменных именно за указанный период, а отклонение текущего значения этих величин от «нормы» называется «аномалией».

Таким образом, временной интервал 1961-1990 годы в состоянии лесных экосистем России принят нами за базовую норму, и представляет собой отрезок времени, в течение которого состояние лесных экосистем оценивалось, с позиции влияния климатических изменений, как относительно-устойчивое.

Более того, в открытом доступе находятся данные о климатических показателях по регионам РФ и бывшего РСФСР, начиная с 1966 г., что позволило в качестве базового использовать период с 1966 по 1990 гг.

Для удобства проведения анализа показатели приведены по десятилетиям (1966-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010, 2011-2018), по 30-летним периодам (1966-1990, 1991-2018), а также за последние два пятилетия (2009-2013, 2014-2018). Последние два показателя были включены в анализ в связи с тем, что именно в эти периоды происходит наибольшее ускорение изменения климатических параметров по сравнению с более ранними сроками.

Количественные значения вышеуказанных факторов за исследуемый период были взяты из открытого массива данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации.

В ходе исследований нами проанализированы изменения значений

среднегодовых температур по 24 модельным субъектам Российской Федерации в период с 1966 по 2018 годы в контексте оценки состояния лесных экосистем.

Результаты анализа представлены в таблице 1 приложения 1, которая содержит ряды динамики среднегодовых температур в разрезе десятилетий в период с 1966 по 2018 гг.

Для визуализации и сравнения скорости нарастания температурных изменений в таблице приведены сведения достигнутых среднегодовых значений температуры по данным метеостанций субъектов РФ с 2009 года по 2013 год, а также с 2014 года по 2018 год.

Исследуем более детально климатические экстерналии в региональных системах Северо-Западного федерального округа. В период 1966-1990 гг., обозначенным за базу, в Архангельской области минимальная среднегодовая температура составила $0,4^{\circ}\text{C}$. Как положительный факт в динамике климатических изменений, отметим, что, начиная с 1981 года по 2000 год, среднегодовая температура оставалась относительно постоянной и составляла $1,2^{\circ}\text{C}$.

В последующие временные интервалы имел место ощутимый прирост среднегодовых температур, и максимального значения они достигли в период с 2011 по 2018 годы, составив $2,6^{\circ}\text{C}$.

Характерно, что превышение среднегодовых температур последних лет (период 2011-2018 гг.) над периодом, принятым за базу сравнений (1966-1970 гг.) составило 1°C . При анализе периодических колебаний значений среднегодовых температур в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодовой температуры на $0,9^{\circ}\text{C}$.

Известно, что значимым изменением по среднегодовым температурам воздуха является отклонение более чем на $0,5^{\circ}\text{C}$ от климатической нормы, которая представляет собой среднюю величину метеорологического элемента, статистически полученную из многолетнего ряда наблюдений в данной местности.

В этой связи можно оценить произошедшие в Архангельской региональной системе климатические изменения по критерию среднегодовой температуры, как

значимые, и в два раза превышающие допустимые (нормативные) с позиции устойчивости значения.

В отношении Ленинградской области тенденции изменений среднегодовых температур аналогичны ее северному соседу. В период, принятый за базу, минимальная среднегодовая температура на территории Ленинградской области, привязанной к метеостанции Санкт-Петербурга, составила $4,5^{\circ}\text{C}$. В последующие десятилетия имел место перманентный рост значений среднегодовой температуры с достижением критического уровня в период 2011-2018 гг., ($t \sim 6,8^{\circ}\text{C}$). Отклонение значений нормативного и фактического в этот период составляло более $1,1^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения среднегодовой температуры. При анализе колебаний значений среднегодовых температур в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено положительное отклонение среднегодовой температуры на $0,7^{\circ}\text{C}$ от климатической нормы.

В Новгородской области наблюдается увеличение среднегодовых температур. В период с 1966 по 1970 гг. среднегодовая температура составляла $4,8^{\circ}\text{C}$, а в период с 2011 по 2018 гг. уже 7°C . При сравнении периода 1991-2018 гг. с эталонным периодом 1966-1999 гг. выявлен прирост среднегодовой температуры на $1,2^{\circ}\text{C}$. При анализе периодических колебаний значений среднегодовых температур в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодовой температуры на $0,6^{\circ}\text{C}$.

В Республике Карелия среднегодовая температура отмечена в период с 1966 по 1970 гг. и составила $2,1^{\circ}\text{C}$, а к 2018 году ее значение возросло до $4,2^{\circ}\text{C}$, при этом разница с базовым периодом составила $1,1^{\circ}\text{C}$.

Развивая идею о существенном изменении температурного режима в субъектах РФ, отметим, что в Республике Коми различия между среднегодовыми температурами базового периода и последующего составили $0,1^{\circ}\text{C}$ в сторону положительных значений. Однако, в последние годы, за 10 лет прирост среднегодовой температуры составил $0,4^{\circ}\text{C}$.

Похожая динамика изменений среднегодовой температуры сложилась в Ненецком автономном округе. Минимальная среднегодовая температура составила

- 4,1°C, а максимальное значение зафиксировано в период с 2011 по 2018 год на уровне - 1,3°C. Рост составил 1,3°C по сравнению с базовым периодом.

Рост значений среднегодовых температур на уровне региональных систем Северо-Западного округа соответствует линейному тренду повышения температуры в 1971-2018 годах, и свидетельствует о наличии существенных климатических изменений (Рисунок 3.1.1.).

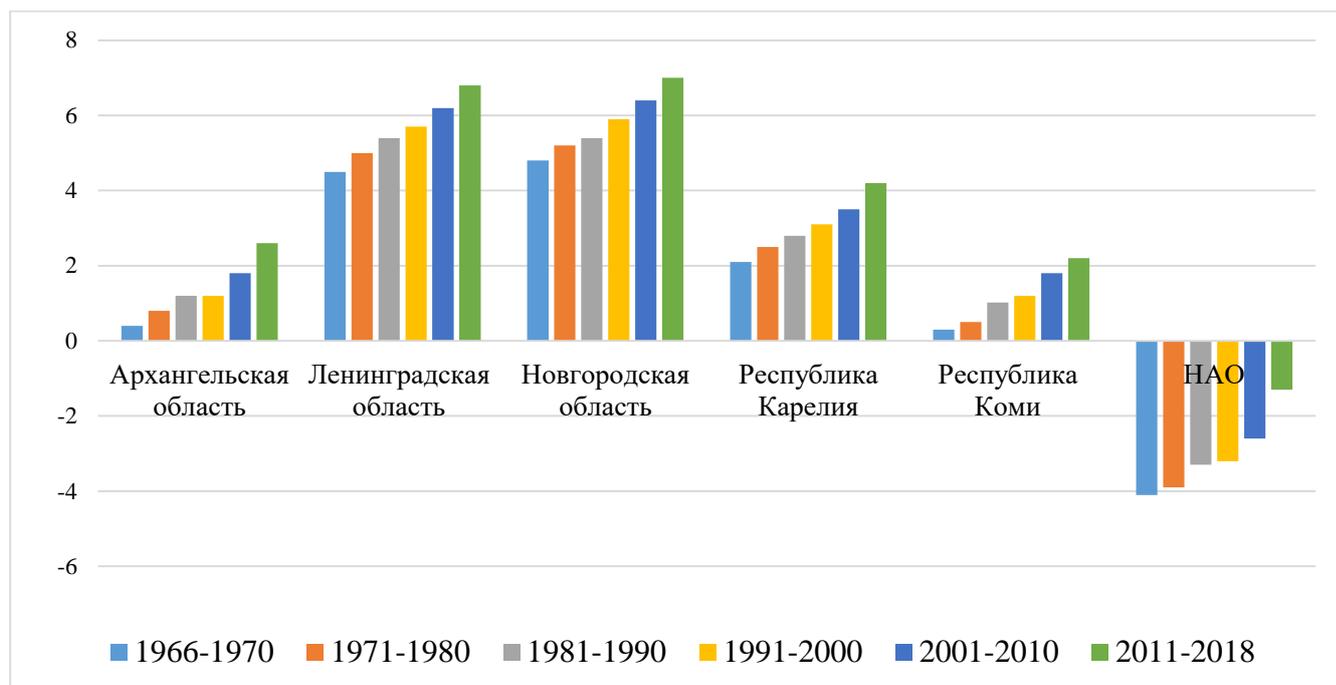


Рисунок 3.1.1. Динамика значений среднегодовых температур субъектов РФ Северо-Западного федерального округа в период с 1966 г. по 2018 г.

Во всех анализируемых субъектах Северо-Западного федерального округа четко прослеживается динамика роста среднегодовых температур.

В оценках изменений температурного режима по федеральному округу существуют максимумы, приходящиеся на период 2009-2018 гг., и минимумы в период с 1966 по 1970 гг. Наиболее заметными являются изменения в температурном режиме северных регионов РФ – Ненецком автономном округе, Архангельской области и Новгородской области (1,3 и 1,2°C соответственно).

Изменения климата по-разному проявляется в региональных системах, так в трудах Д. Замолодчикова указывается, что наиболее быстро (0,052°C/год) повышается температура на европейской территории России (Замолодчиков, 2016).

В исследуемых субъектах ЦФО отмечено увеличение среднегодовых температур в рассматриваемые периоды. В Брянской области минимальная среднегодовая температура отмечена в период 1966-1970 гг. и составляла $4,9^{\circ}\text{C}$.

В период 2011-2018 гг. этот показатель составляет уже $7,1^{\circ}\text{C}$. При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила $1,4^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения среднегодовой температуры. При анализе колебания среднегодовых температур в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодовой температуры на $1,7^{\circ}\text{C}$.

В Воронежской области минимальная среднегодовая температура отмечена в период 1966-1970 гг. и составляла $5,8^{\circ}\text{C}$. В период 2011-2018 гг. этот показатель составляет уже 8°C . При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила $1,2^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения среднегодовой температуры. При анализе колебания среднегодовых температур в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодовой температуры на $0,3^{\circ}\text{C}$.

Для региональных систем ЦФО характерен более плавный по сравнению с регионами СЗФО рост значений среднегодовых температур (Рисунок 3.1.2.). Представленная ниже диаграмма, наглядно отображает динамические изменения в значениях среднегодовых температур в региональных системах ЦФО.

По мере продвижения с севера на юг страны различия в температурных значениях многолетних наблюдений становятся менее существенными, при этом сохраняется общий положительный тренд, однако изменения по годам более сглаженные.

Так, существенное повышение среднегодовой температуры на территории Ростовской области отмечено, начиная с 2001 года. В период с 1966-1970 гг. среднегодовая температура составляла $9,5^{\circ}\text{C}$, в период с 1971-1980 гг. – $9,6^{\circ}\text{C}$, в период с 1981-1990 гг. – $9,7^{\circ}\text{C}$, в период с 1991-2000 гг. – $9,5^{\circ}\text{C}$. Это временной отрезок представляет собой этап устойчивых температурных режимов.

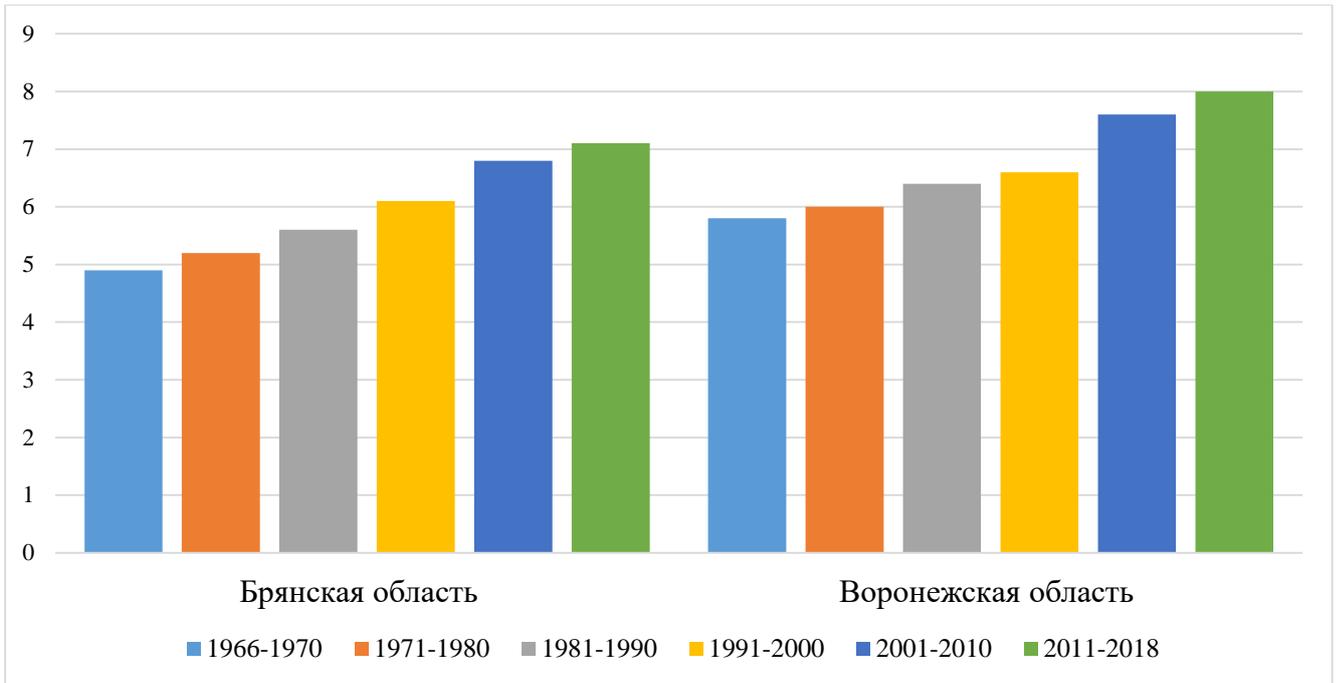


Рисунок 3.1.2. Динамика среднегодовых температур субъектов РФ Центрального федерального округа в период с 1966 г. по 2018 г.

Характерно, что при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила $0,5^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения среднегодовой температуры (Рисунок 3.1.3.).

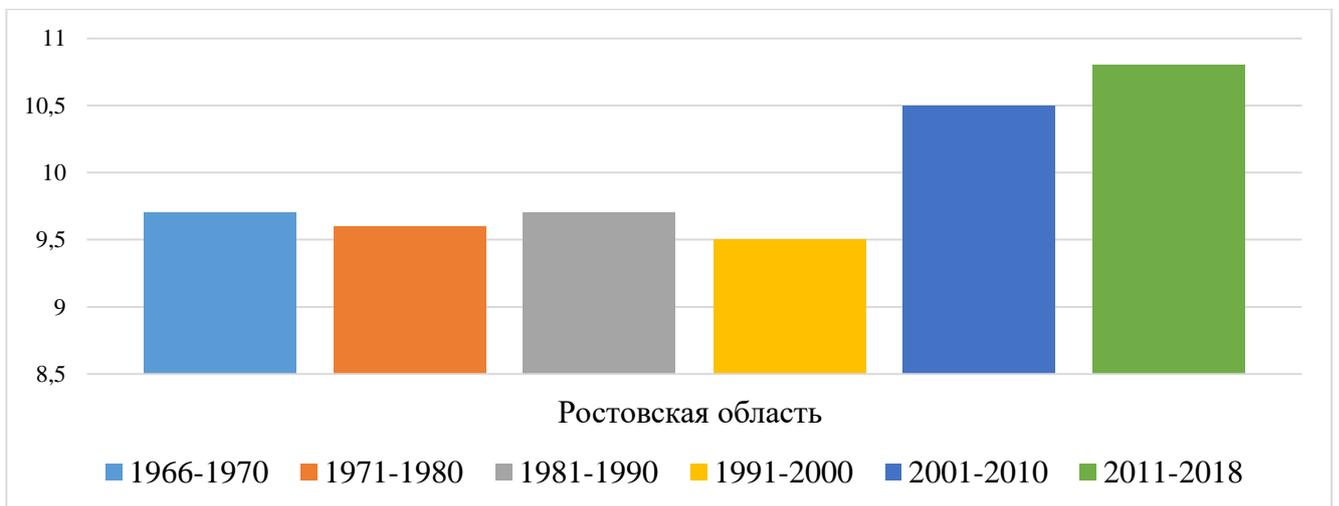


Рисунок 3.1.3. Динамика среднегодовых температур субъектов РФ Южного федерального округа в период с 1966 г. по 2018 г.

Анализируя температурные режимы, сложившиеся на территории юго-восточной части РФ, отметим, что в Приволжском федеральном округе (исследования проводились по данным метеостанции 27459, Нижний Новгород)

имеет место постепенное возрастание среднегодовой температуры в каждом последующем десятилетии. Максимального значения она достигла в период с 2011 по 2018 годы, и составила $5,6^{\circ}\text{C}$.

При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила $0,8^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения среднегодовой температуры (Рисунок 3.1.4).

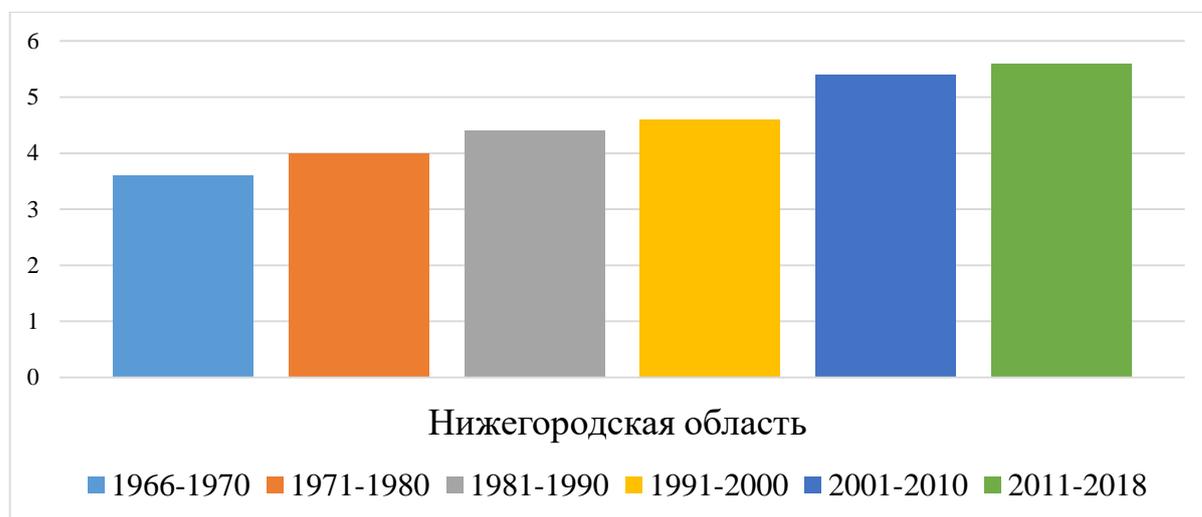


Рисунок 3.1.4. Динамика среднегодовых температур субъектов РФ Приволжского федерального округа в период с 1966 г. по 2018 г.

Уральский федеральный округ имеет умеренные по сравнению с рассмотренными ранее субъектами темпы роста значений среднегодовых температур.

Разница между базовым периодом и периодом 1991-2018 гг. составила 1°C в сторону повышения среднегодовой температуры, как в Ханты-Мансийском автономном округе, так и в Тюменской области.

Ощутимо значительные различия в температурных режимах складываются в региональных системах в последние годы. Так, в Тюменской области в период 2009-2013 гг. и 2014- 2018 гг. рост среднегодовой температуры составил $0,3^{\circ}\text{C}$, а в Ханты-Мансийском автономном округе – $0,8^{\circ}\text{C}$ (Рисунок 3.1.5.).

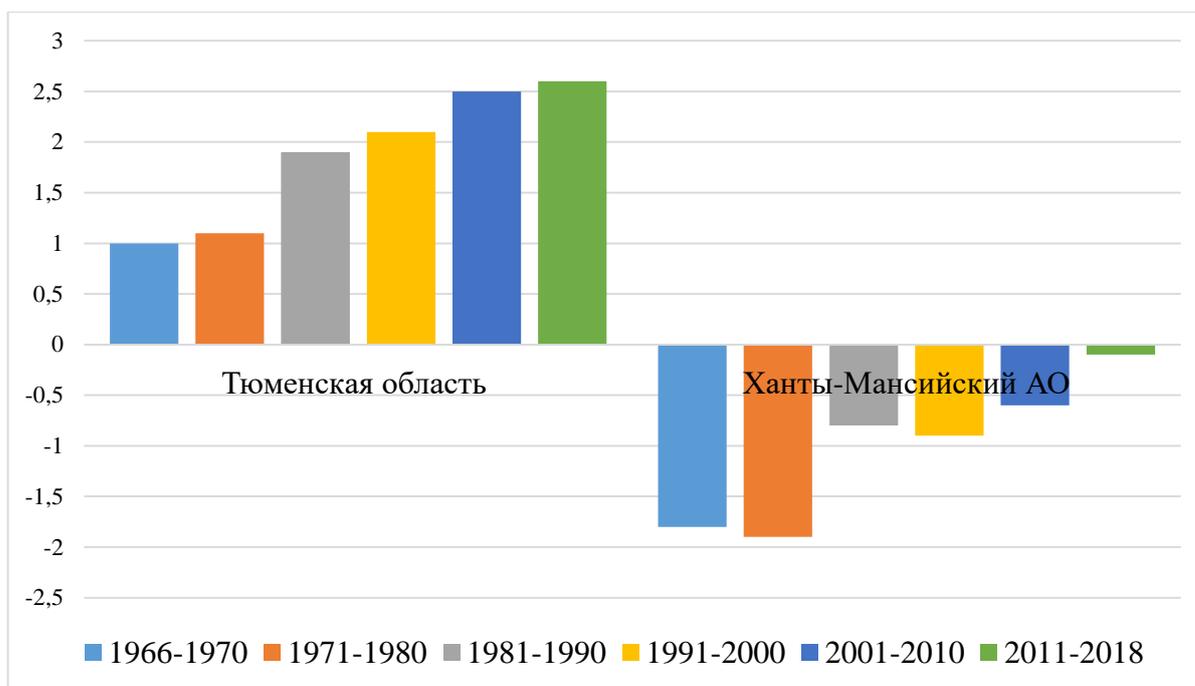


Рисунок 3.1.5. Динамика среднегодовых температур субъектов РФ Уральского федерального округа в период с 1966 г. по 2018 г.

Тенденция роста среднегодовых температур отчетливо прослеживается в региональных системах Сибирского федерального округа.

Здесь необходимо выделить три принципиальных момента, подчеркивающих важность оценки температурных режимов в привязке в региональные системы.

Во-первых, за анализируемый период именно в Сибирском федеральном округе установлены наибольшие температурные разницы, складывающиеся между значениями базового и конечного периода.

Во-вторых, значительная территория Красноярского края, дифференцированная по климату и лесному зонированию, наглядно отличается существенными различиями в показаниях метеостанций, что косвенно свидетельствует о наличии узких пределов изменений температурного режима в рамках территорий.

В-третьих, период с 2009-2018 гг. демонстрирует наиболее высокую скорость происходящих температурных изменений.

Остановимся на этих моментах более подробно. Минимальная среднегодовая температура в Забайкальском крае отмечена в период с 1966 по 1970 годы ($-2,9^{\circ}\text{C}$), а максимальное значение сложилось в период с 2011 по 2018 годы ($-0,7^{\circ}\text{C}$).

Критическое отклонение среднегодовых температур в $1,6^{\circ}\text{C}$ установлено в Забайкальском крае. При анализе колебания среднегодовых температур в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодовой температуры на $1,4^{\circ}\text{C}$. Максимальное увеличение среднегодовой температуры при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. отмечено в Забайкальском крае ($1,6^{\circ}\text{C}$), а минимальное – в Омской области и Алтайском крае ($0,8^{\circ}\text{C}$).

Максимальное увеличение среднегодовой температуры при сравнении периода 2009-2013 гг. и периода 2014-2018 гг. отмечено в Красноярском крае (метеостанция 29570 Красноярск) ($1,5^{\circ}\text{C}$), а минимальное – в Красноярском крае (метеостанция 20891 Хатанга) ($0,1^{\circ}\text{C}$).

В отношении Иркутской, Омской областей, Алтайского и Красноярского краев отметим, что:

- минимальная среднегодовая температура отмечена в период с 1966 по 1970 годы;

- максимального значения среднегодовая температура достигает в период с 2011 по 2018 годы;

- сравнительная разница среднегодовых температур базового и конечного периода исследований варьирует от $0,1^{\circ}\text{C}$ (метеостанция 20891 Хатанга) до $1,2^{\circ}\text{C}$ (Омская, Иркутская области, Алтайский и Красноярский края) (Рисунки 3.1.6., 3.1.7.).

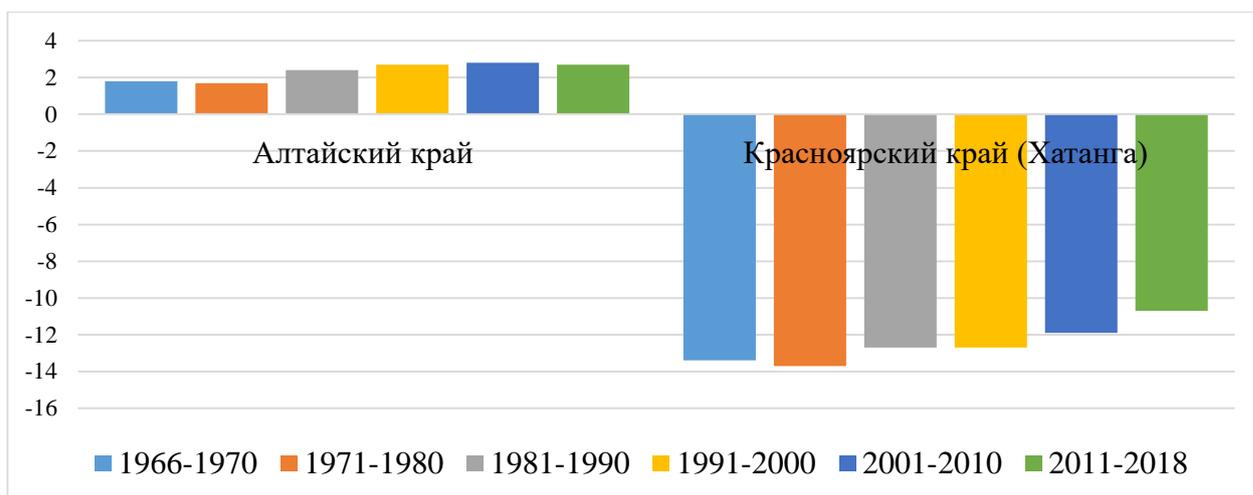


Рисунок 3.1.6. Динамика температур субъектов РФ с положительными среднегодовыми температурами Сибирского федерального округа в период с 1966 г. по 2018 г.

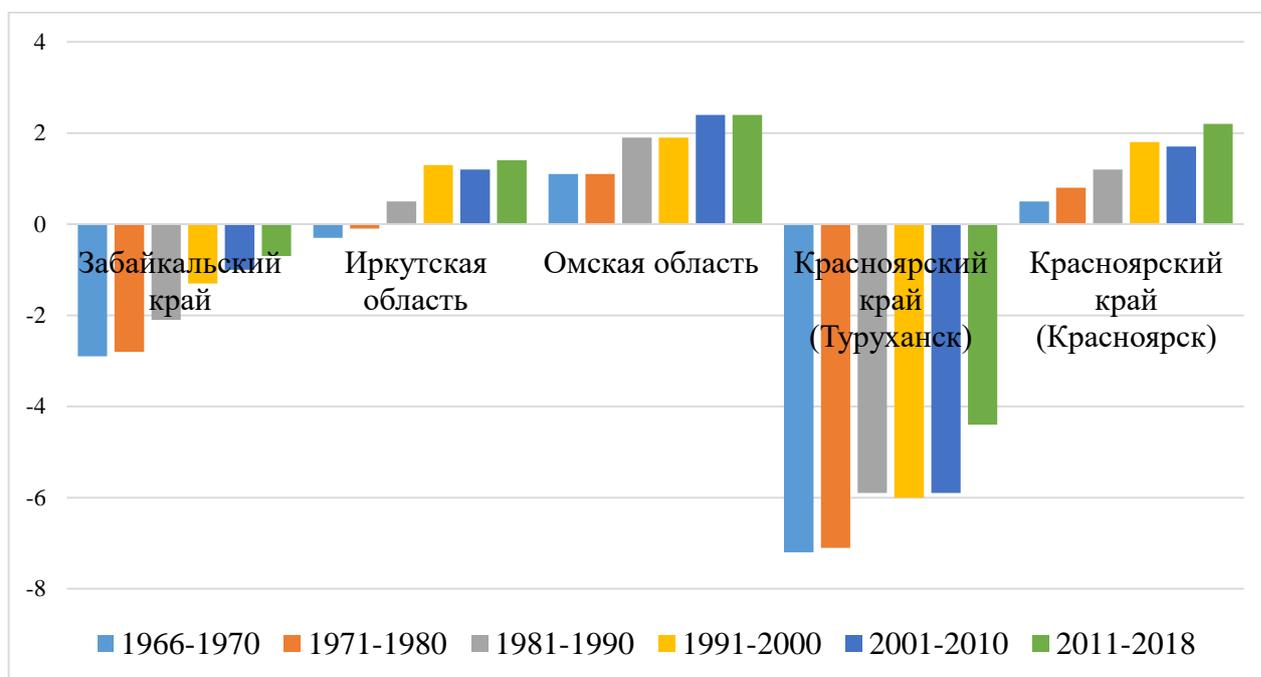


Рисунок 3.1.7. Динамика температур субъектов РФ с отрицательными среднегодовыми температурами Сибирского федерального округа в период с 1966 г. по 2018 г.

Представленные на рисунке 3.1.8 диаграммы позволяют установить восходящий тренд в динамическом изменении среднегодовых температур на уровне двух субъектов – Республики Саха (Якутия) и Магаданской области.

Изменения среднегодовых температур в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов в сторону роста составили 0,7-1,1°C.

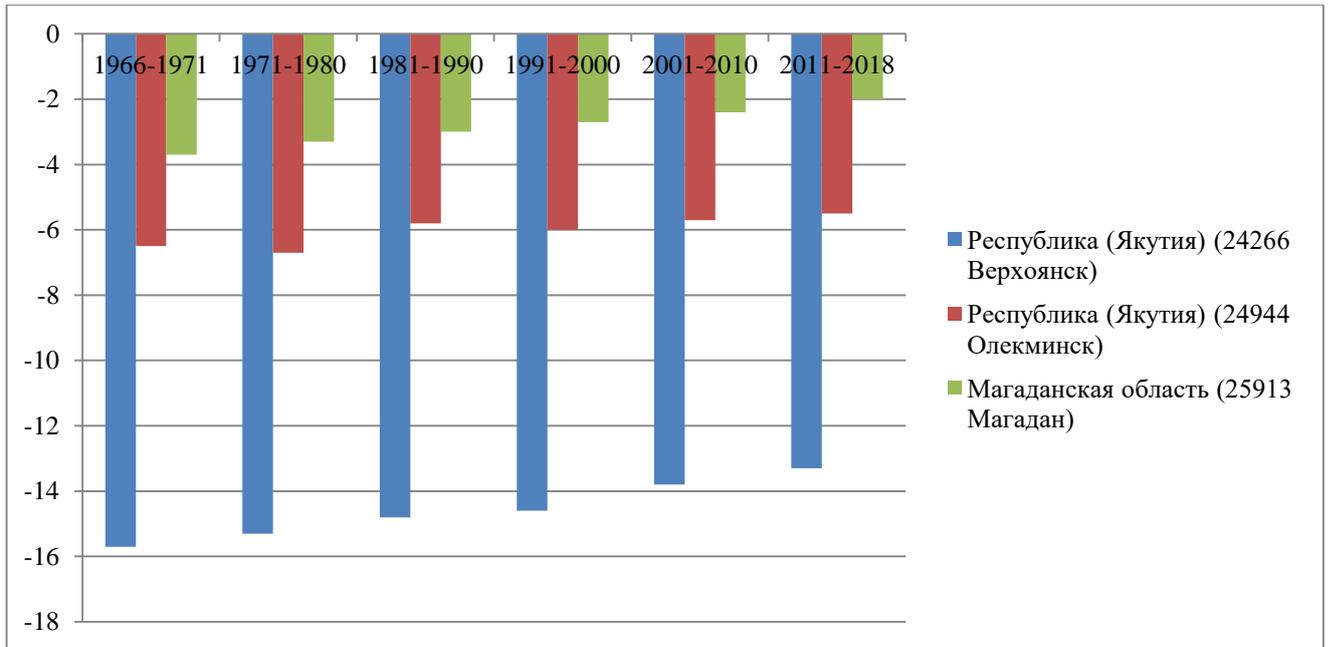


Рисунок 3.1.8. Динамика среднегодовых температур в Республике Саха (Якутия) и Магаданской области в период 1966-2018 гг.

Устойчивый рост значений среднегодовых температур имел место в Магаданской области (1°C), Камчатском крае ($0,6^{\circ}\text{C}$), Хабаровском крае ($0,8^{\circ}\text{C}$), Сахалинской области ($0,8^{\circ}\text{C}$), Приморском крае ($0,9^{\circ}\text{C}$) и Амурской области ($1,2^{\circ}\text{C}$) (Рисунок 3.1.9.).

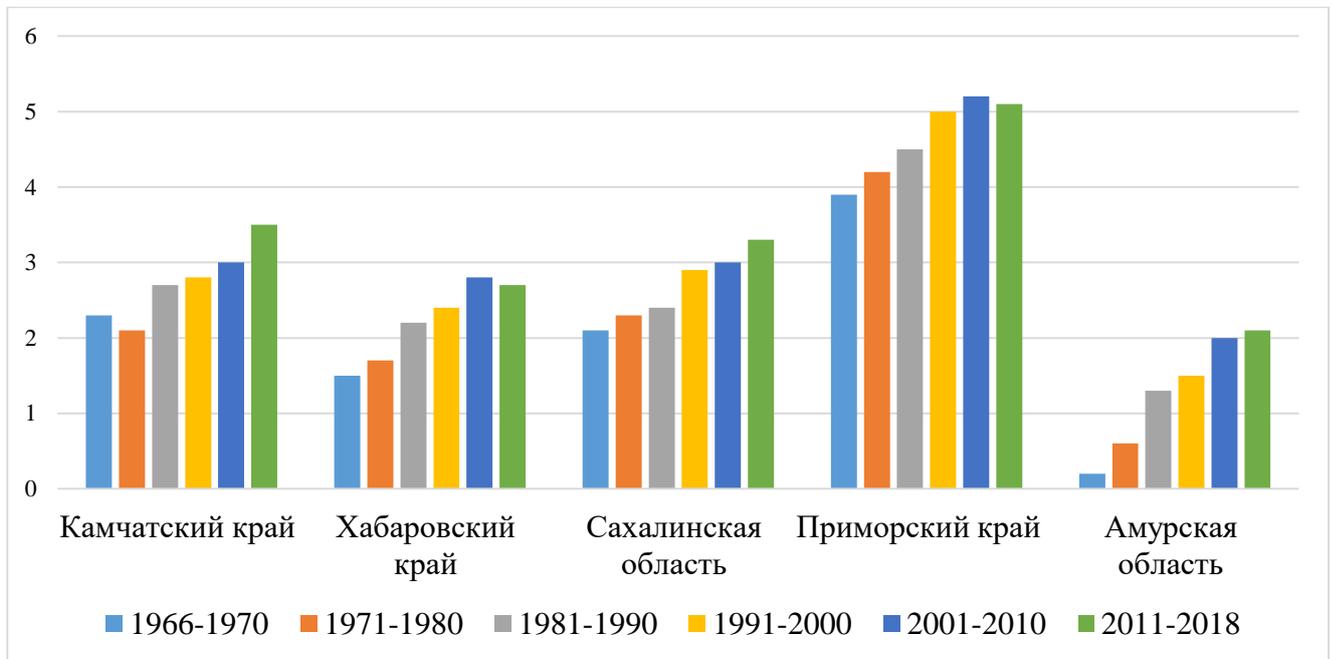


Рисунок 3.1.9. Динамика температур субъектов РФ с положительными среднегодовыми температурами Дальневосточного федерального округа в период с 1966 г. по 2018 г.

Для установления достоверности различий между сравниваемыми средними значениями надо полученную величину сравнить со стандартным значением критерия Стьюдента при определенном уровне значимости и числе степеней свободы (f). При сравнении средних значений по десятилетиям и пятилеткам стандартное значение критерия Стьюдента соответственно составят 2,26 и 2,78. Если полученный критерий t больше стандартного значения критерия Стьюдента, то различие между средними величинами признается существенным (достоверным) с вероятностью 0,95 (Таблица 2, Приложение 1).

Изучение динамики среднегодовых температур в исследуемых регионах позволило получить следующие результаты.

Во всех исследуемых регионах, за исключением Ростовской области, Алтайского края, Республики Саха (Якутия) (24944 Олекминск), наблюдается увеличение среднегодовых температур в период 1991-2018 гг. по сравнению с периодом 1966-1990 гг. Показатель достоверности различий для этих периодов имеет высокие значения во всех случаях. При сравнении среднегодовых температур периода 2009-2018 гг. с периодом 1966-1990 гг. достоверность различий достаточно велика для Архангельской, Ленинградской, Новгородской областей, Республик Коми и Карелия, Брянской, Воронежской, Ростовской, Нижегородской, Тюменской областей, Забайкальского и Алтайского краев, Иркутской, Омской областей, Красноярского и Камчатского краев, Магаданской, Сахалинской, Амурской областей, Хабаровского и Приморского краев. При сравнении двух пятилетних периодов (Таблица 2, Приложение 1) различие между среднегодовыми температурами достоверно для Забайкальского края.

Проведенные исследования динамики среднегодовых температур 24 субъектов Российской Федерации (данные 27 метеостанций) позволяют выявить следующие особенности:

1) Северо-Западный федеральный округ. Изучение динамики среднегодовых температур показывает, что максимальное увеличение среднегодовой температуры при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. отмечено в Ненецком автономном округе ($1,3^{\circ}\text{C}$), а минимальное – в Архангельской области (1°C).

Максимальное увеличение среднегодовой температуры при сравнении периода 2009-2013 гг. и периода 2014-2018 гг. отмечено в Архангельской области и Ненецком автономном округе ($0,9^{\circ}\text{C}$), а минимальное – в Республике Коми ($-0,4^{\circ}\text{C}$).

Анализ динамики среднегодовых температур субъектов РФ Северо-Западного округа позволяет сделать вывод об их изменении в сторону повышения. Наиболее холодным периодом во всех регионах является период с 1966 по 1970 гг. Затем среднегодовая температура начинает повышаться, причем с течением времени скорость этого повышения увеличивается. Если при переходе от периода с 1966-1970 гг. в период с 1971-1980 гг. скорость прироста составляла от $0,4-0,5^{\circ}\text{C}$ в зависимости от региона, в последние 10 лет (2009-2018 гг.) увеличение среднегодовой температуры происходит на $0,7-0,9^{\circ}\text{C}$ (исключением является Республика Коми, где за последние 10 лет прирост среднегодовой температуры составил $0,4^{\circ}\text{C}$).

2) Центральный федеральный округ. В двух субъектах изучаемого федерального округа (Брянская и Воронежская области) наблюдается практически одинаковое численное возрастание среднегодовых температур. В Брянской области увеличение среднегодовой температуры при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. составляет $1,4^{\circ}\text{C}$, а в Воронежской области – $1,2^{\circ}\text{C}$. Увеличение среднегодовой температуры при сравнении периода 2009-2013 гг. и периода 2014-2018 гг. составляет $0,3^{\circ}\text{C}$ в обоих регионах.

При сравнении динамики среднегодовых температур субъектов Северо-Западного федерального и Центрального округов можно отметить, что повышение происходит, но разными способами. Для регионов ЦФО повышение среднегодовых температур происходит постепенно, в течение всего рассматриваемого периода, тогда как в большинстве субъектов СЗФО достаточно резкое повышение среднегодовых температур наблюдается в последние десятилетия.

3) Южный федеральный округ. В Ростовской области при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила $0,5^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения среднегодовой температуры. При анализе колебания среднегодовых температур в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение

среднегодовой температуры на $0,2^{\circ}\text{C}$. В настоящее время нельзя говорить о значительных резких повышениях среднегодовых температур на территории Ростовской области, т.к. при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила $0,5^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения среднегодовой температуры, а при анализе колебания среднегодовых температур в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодовой температуры на $0,2^{\circ}\text{C}$.

4) Приволжский федеральный округ. В Нижегородской области при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила $0,8^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения среднегодовой температуры. При анализе колебания среднегодовых температур в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодовой температуры на $0,2^{\circ}\text{C}$. Повышение среднегодовой температуры в Нижегородской области также, как в субъектах Южного и Центрального федеральных округов, происходило постепенно без резких скачков, и в настоящий период по сравнению с базовым периодом больше на $0,8^{\circ}\text{C}$.

5) Уральский федеральный округ. В Тюменской области и Ханты-Мансийском автономном округе разница среднегодовой температуры периода 1991-2018 гг. с базовым периодом составила 1°C , но увеличение среднегодовой температуры в последние десятилетия в Ханты-Мансийском автономном округе идут более быстрыми темпами, чем в Тюменской области ($0,8$ и $0,3^{\circ}\text{C}$ соответственно). Самое быстрое увеличение среднегодовой температуры в Тюменской области отмечено при сравнении периодов 1971-1980 гг. и периода 1981-1990 гг. ($0,8^{\circ}\text{C}$).

6) Сибирский федеральный округ. Во всех 7 точках исследования (5 субъектов, 8 метеостанций) отчетливо выражена динамика к повышению среднегодовых температур. Максимальное увеличение среднегодовой температуры при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. отмечено в Забайкальском крае ($1,6^{\circ}\text{C}$), а минимальное – в Омской области и Алтайском крае ($0,8^{\circ}\text{C}$). Максимальное увеличение среднегодовой температуры при сравнении периода 2009-2013 гг. и периода 2014-2018 гг. отмечено в Красноярском крае

(метеостанция 29570 Красноярск) ($1,5^{\circ}\text{C}$), а минимальное – в Красноярском крае (метеостанция 20891 Хатанга) ($0,1^{\circ}\text{C}$).

В Омской области, как и в других субъектах РФ, наблюдается повышение среднегодовых температур, но оно имеет ряд особенностей. Минимальные температуры отмечены, как и в других регионах, в ранние сроки исследований, но они характерны сразу для двух периодов (1966-1970 гг., 1971-1980 гг. – $1,1^{\circ}\text{C}$). В периоды 1981-1990 гг. и с 1991 г. по 2000 г. среднегодовые температуры возрастают на $0,8^{\circ}\text{C}$ и составляют $1,9^{\circ}\text{C}$. В период с 2001 г. по 2018 г. среднегодовые температуры имеют значение $2,4^{\circ}\text{C}$ (прирост составляет $0,5^{\circ}\text{C}$). При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила $0,8^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения среднегодовой температуры. При анализе колебания среднегодовых температур в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодовой температуры на $0,7^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, повышение среднегодовых температур в Омской области проходило в двадцатилетние периоды, тогда как в большинстве других субъектах среднегодовая температура менялась (в сторону повышения) каждые 10 лет.

7) Дальневосточный федеральный округ. Изучение динамики среднегодовых температур изучаемых субъектов Дальневосточного федерального округа позволяет сказать, что максимальное увеличение среднегодовой температуры при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. отмечено в Республике Саха (Якутия) (метеостанция 24266 Верхоянск) ($1,4^{\circ}\text{C}$), а минимальное – в Камчатском крае ($0,6^{\circ}\text{C}$). Максимальное увеличение среднегодовой температуры при сравнении периода 2009-2013 гг. и периода 2014-2018 гг. отмечено в Республике Саха (Якутия) (метеостанция 24944 Олекминск) ($1,1^{\circ}\text{C}$), а минимальное – в Сахалинской области ($-0,1^{\circ}\text{C}$).

Результаты исследования данной проблематики согласуются с данными других авторов и подчеркивают, во-первых, высокую скорость происходящих температурных изменений (Факторный анализ., 2004; Владимиров, 2014), во-вторых, наибольший уровень опасности, генерируемый для территорий России (Галюжин, 2010; Оценка уязвимости., 2016), в-третьих, недетерминированность

последствий климатических изменений, становящихся, в свою очередь, катализатором разнообразных изменений во многих отраслях хозяйственной деятельности (Глобальные изменения климата..., 2018; Немцев, 2018).

Таким образом, на территории Российской Федерации прослеживается устойчивый тренд к повышению среднегодовых температур. В зависимости от природной зоны, в которой расположен исследуемый субъект, повышение среднегодовых температур имеет свою скорость и свои особенности.

Для наглядности произошедших изменений нами выполнено картирование региональных систем с учетом происходящих изменений в их температурном режиме (Рисунок 3.1.10.).

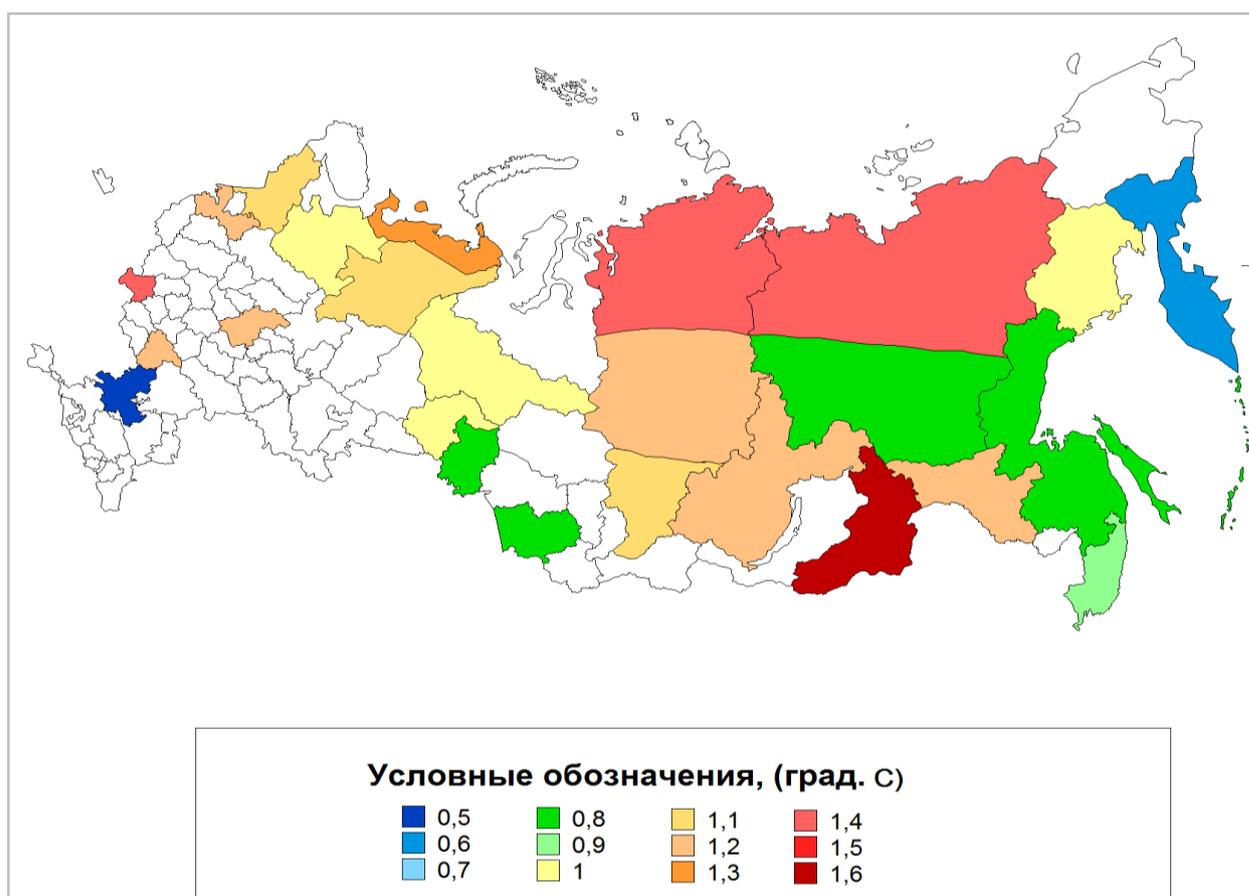


Рисунок 3.1.10. Изменение среднегодовых температур в регионах РФ в период 1991-2018 гг. по отношению к периоду 1961-1990 гг.¹

Всего за 30-летний период природные процессы в региональных лесных экосистемах претерпевают катастрофические преобразования своего состояния.

¹ Разработка автора.

Наиболее уязвимыми к изменениям среднегодовых температур (ярко выраженные отклонения от климатической нормы) становятся регионы севера РФ – Якутия, Архангельская область, а также часть юго-восточной Сибири.

Следствием этих процессов является нарушение границ региональных лесных экосистем, их нестабильность, что может привести к катастрофическим последствиям для них и окружающих территорий.

3.2. Динамика среднегодового количества атмосферных осадков в субъектах РФ в период 1966-2018 годов

Анализ усредненного годового количества осадков по территориям двадцати трех субъектов РФ выполнен нами за период с 1966 по 2018 годы. Результаты анализа представлены в таблице 3 приложения 1.

Данные анализировались по десятилетиям, в течение базового периода (1966-1990), в период с 1991 года по 2018 год, а также с 2009 года по 2013 год и с 2014 года по 2019 год.

На территории Северо-Западного федерального округа в Архангельской области за исследуемый период среднегодовое количество осадков по десятилетиям колебалось от 516,2 мм в год (минимальное среднегодовое количество за период 1966-1970 гг.) до 622,1 мм в год (за период 2011-2018 гг.). Среднегодовое количество осадков в период с 1970 по 2018 гг. имеет тенденцию к увеличению. Сравнение показателей базового периода с периодом 1991-2018 гг. показывает повышение среднегодового количества осадков на 76,5 мм в год. В периоды 2009-2013 и 2014-2018 гг. выявлено увеличение среднегодового количества осадков на 70,5 мм в год.

Территория Ленинградской области характеризуется относительно выровненной динамикой среднегодового количества осадков. Максимальные значения среднегодовых осадков зафиксированы в период 2011-2018 гг. (786,6 мм в год), а минимальные – в период 1980-1991 гг. (708,3 мм в год). Анализ показателей базового периода и периода 1991-2018 гг. выявил разницу в значениях

в 22,2 мм в год в сторону повышения среднегодового количества осадков. Динамика колебаний среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов указывает на уменьшение среднегодового количества осадков на 88,2 мм в год.

Территория Новгородской области характеризуется относительно выровненной динамикой среднегодового количества осадков. Максимальные значения среднегодовых осадков зафиксированы в период 1966-1970 гг. (764,5 мм в год), а минимальные – в период 1991-2000 гг. (671,4 мм в год). Анализ показателей базового периода и периода 1991-2018 гг. выявил разницу в значениях в 20,6 мм в год в сторону уменьшения среднегодового количества осадков. Динамика колебаний среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов указывает на увеличение среднегодового количества осадков на 10 мм в год, т.е. практически остается без изменений.

Максимальное количество среднегодовых осадков в Республике Карелия отмечено в интервале с 1966 по 1970 гг. (642,8 мм в год), а минимальное – в период 1971-1980 гг. (527,2 мм в год). Отклонение значений нормативного и фактического в этот период составляло 36,2 мм в год в сторону повышения среднегодового количества осадков. При анализе колебания среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено положительное отклонение среднегодового количества осадков на 47,7 мм в год от климатической нормы.

Максимальное количество среднегодовых осадков в Республике Коми отмечено в период 2011-2018 гг. (685,9 мм в год), а минимальное – в период 1971-1980 гг. (493,3 мм в год). В регионе наблюдается наиболее высокий прирост среднегодового количества осадков по сравнению с другими субъектами Северо-Западного федерального округа. При сравнении параметров базового периода и 1991-2018 гг. разница составила 91,3 мм в год в сторону повышения среднегодового количества осадков. Динамика колебания среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов демонстрирует увеличение среднегодового количества осадков на 81,3 мм в год.

Анализ параметров количество среднегодовых осадков в Ненецком автономном округе показывает, что максимальное значение отмечено в период с 2001-2010 гг. (554,3 мм в год), а минимальное – в период 1966-1970 гг. (395,8 мм в год). Сравнение нормативных значений с периодом 1991-2018 гг. выявило разницу в 92,1 мм в год в сторону повышения среднегодового количества осадков. Однако в последнее десятилетие темпы роста существенно снизились. Динамика показателя в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов демонстрирует увеличение среднегодового количества осадков на 7,8 мм в год, что является минимальным значением среди изучаемых регионов Северо-Западного федерального округа.

За весь период исследований наибольшее количество среднегодовых осадков зафиксировано в Ленинградской области, а наименьшее – в Ненецком автономном округе. Динамика количества среднегодовых осадков в разных субъектах округа имеет разнонаправленный характер.

На рисунке 3.2.1. графически представлена динамика среднегодового количества осадков субъектов Северо-Западного федерального округа в исследуемый период.

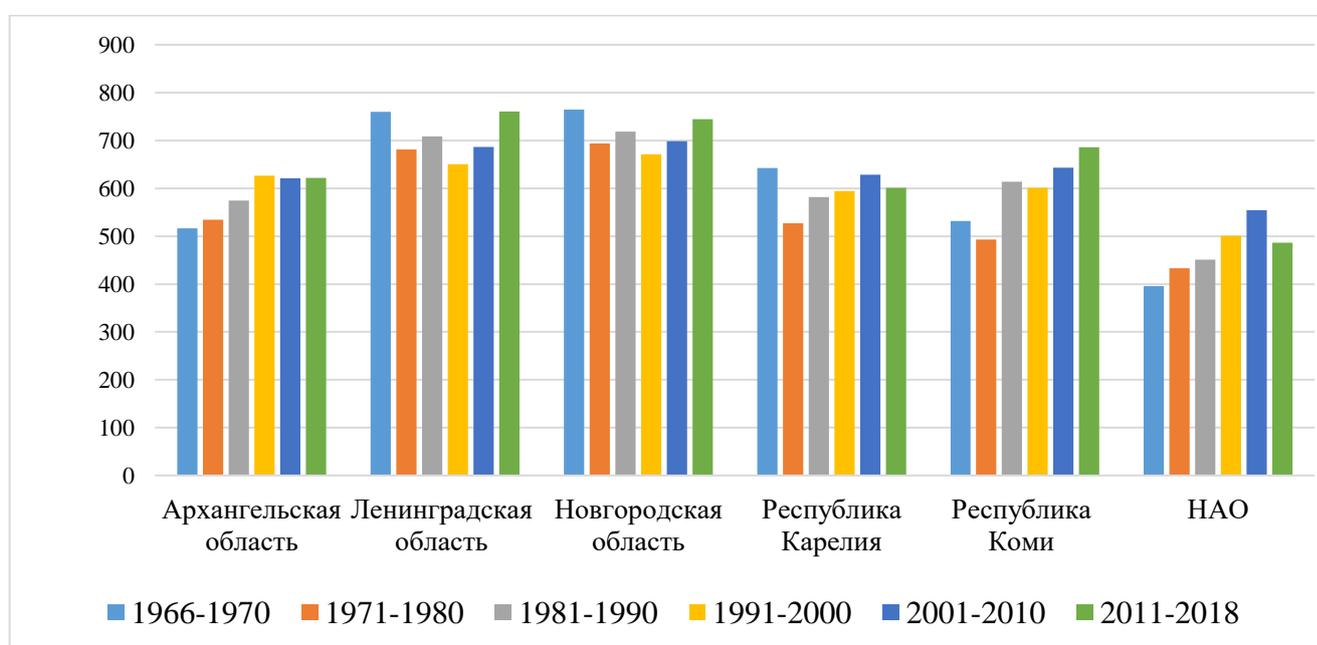


Рисунок 3.2.1. Динамика среднегодового количества осадков субъектов Северо-Западного федерального округа в период с 1966 по 2018 гг.

Характеризуя динамику изменения среднегодового количества осадков в

Брянской области, отметим, что максимальное их количество зафиксировано в период 2001-2010 гг. (694,8 мм в год), а минимальное – в период 2011-2018 гг. (608,3 мм в год). Сравнение базового периода с периодом 1991-2018 гг. выявило положительную разницу значений в 20,1 мм в год. При анализе колебания среднегодового количества осадков в периоды с 2009 года по 2013 год и с 2014 года по 2018 год установлено уменьшение среднегодового количества осадков на 163 мм в год.

В Воронежской области максимальное количество среднегодовых осадков отмечено в период 1981-1990 гг. (618,9 мм в год), а минимальное – в период 1991-2000 гг. (545,9 мм в год). При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 13,3 мм в год в сторону понижения среднегодового количества осадков. Анализируя колебания среднегодового количества осадков в периоды с 2009 по 2013 год и с 2014 по 2018 год отметим, что увеличение среднегодового количества осадков произошло на уровне 19,5 мм в год.

На рисунке 3.2.2. представлена динамика среднегодового количество осадков субъектов Центрального федерального округа в исследуемый период.

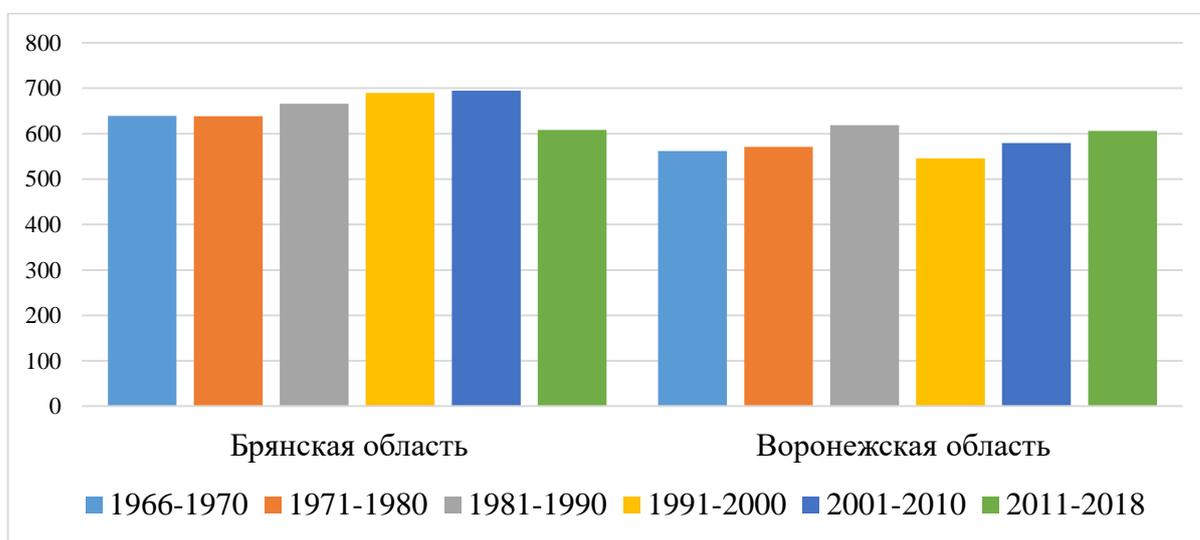


Рисунок 3.2.2. Динамика среднегодового количества осадков субъектов Центрального федерального округа в период 1966-2018 гг.

Анализируя в целом динамику среднегодового количества осадков на территории Центрального федерального округа за пятидесятидвухлетний период, можно отметить, что величина показателя в Брянской области повышается, в то

время как в Воронежской области отмечается спад, что свидетельствует об общей выровненности картины формирования региональных климатических систем.

В Южном федеральном округе исследования динамики среднегодовых температур проводились в Ростовской области (метеостанция 34730 Ростов-на-Дону). Максимальное количество среднегодовых осадков сложилось здесь в период 1991-2000 гг. (631,3 мм в год), а минимальное – в период 1966-1970 гг. (413,3 мм в год). При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 106,3 мм в год в сторону повышения среднегодового количества осадков. При анализе периодических колебаний значений среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодового количества осадков на 9,1 мм в год.

На рисунке 3.2.3. представлена динамика количества среднегодовых осадков в Ростовской области в исследуемый период.

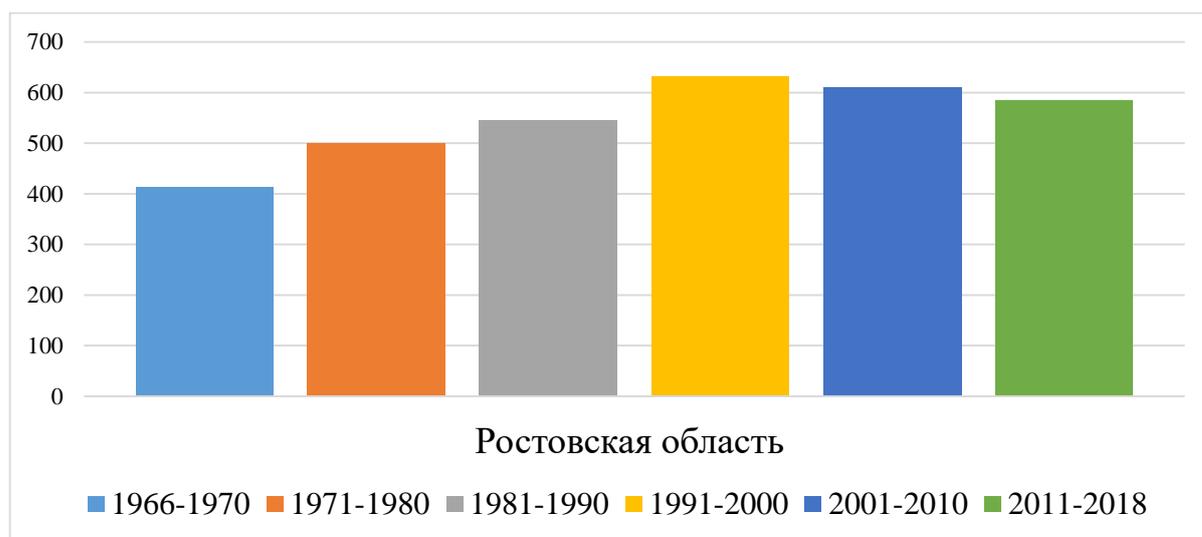


Рисунок 3.2.3. Динамика среднегодового количества осадков субъектов РФ Южного федерального округа в период 1966-2018 гг.

В Приволжском федеральном округе исследования динамики количества среднегодовых осадков проводились в Нижегородской области (метеостанция 27459 Нижний Новгород). Максимальное количество среднегодовых осадков в Нижегородской области зафиксировано в период 2011-2018 гг. (686,2 мм в год), а минимальное – в период 1966-1970 гг. (563,3 мм в год). При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 35,8 мм в год в сторону

увеличения среднегодового количества осадков. При анализе колебания среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодового количества осадков на 9,1 мм в год.

На рисунке 3.2.4. представлена динамика количества среднегодовых осадков в Нижегородской области в исследуемый период.

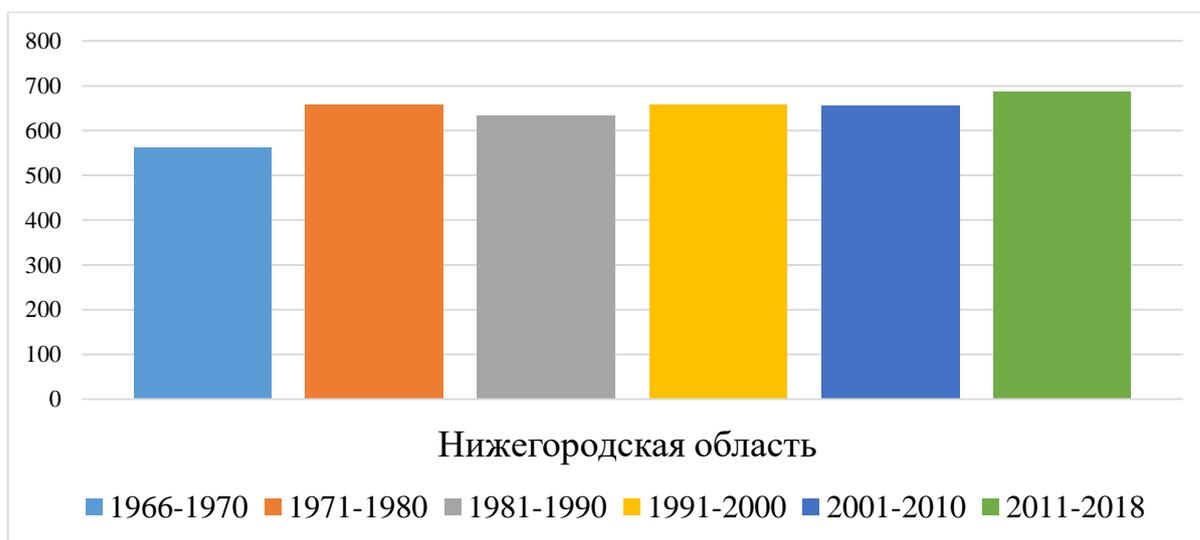


Рисунок 3.2.4. Динамика среднегодового количества осадков субъектов РФ Приволжского федерального округа в период 1966-2018 гг.

Объектами наблюдения динамики среднегодового количества осадков в Уральском федеральном округе стали метеостанции: Тюменская область (метеостанция 28367 Тюмень), Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (метеостанция 23933 Ханты-Мансийск).

В Тюменской области максимальное количество среднегодовых осадков отмечено в период 2001-2010 гг. (489,9 мм в год), а минимальное (453,1 мм в год) – в последующее десятилетие. Оценивая динамику показателя, можно отметить положительное отклонение от значений базового периода на 2,4 мм в год. При анализе колебания среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодового количества осадков на 50,7 мм в год.

В Ханты-Мансийском автономном округе – Югре максимальное количество среднегодовых осадков отмечено в период 1971-1980 гг. (595,3 мм в год), а минимальное – в период 1981-1990 гг. (520,6 мм в год). При сравнении базового

периода с периодом 1991-2018 гг. снижение среднегодового количества осадков составило 13,1 мм в год. При анализе колебания среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодового количества осадков на 83,2 мм в год.

На рисунке 3.2.5. представлена динамика количества среднегодовых осадков Уральского федерального округа в исследуемый период.

Приведенная диаграмма ярко иллюстрирует характерную для региональных систем Уральского федерального округа общую выровненность динамических изменений среднегодового количества осадков.

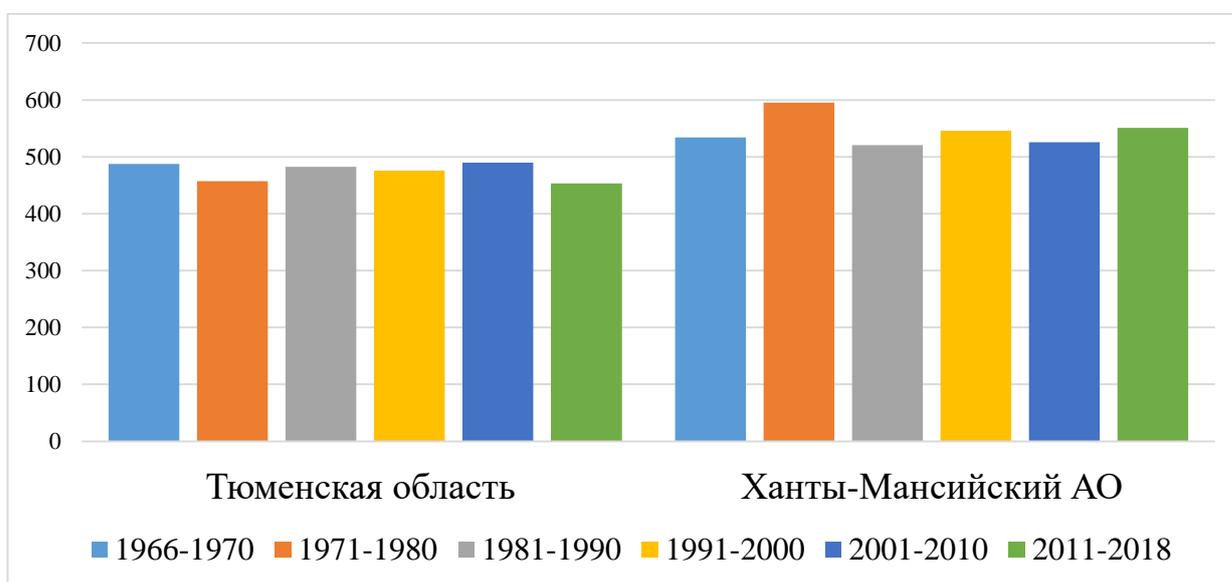


Рисунок 3.2.5. Динамика среднегодового количества осадков субъектов РФ Уральского федерального округа в период 1966-2018 гг.

Максимальное количество среднегодовых осадков в Забайкальском крае отмечено в промежутке времени 1981-1990 гг. (390,9 мм в год), а минимальное – в предыдущее десятилетие (307,3 мм в год). Среднегодовое количество осадков при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. уменьшается на 39 мм в год. Анализ колебаний среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявил уменьшение значения исследуемого показателя на 59,2 мм в год. В целом, начиная с 1991 г., в крае зафиксирован устойчивый тренд на уменьшение среднегодового количества осадков.

На территории Иркутской области анализ максимальных и минимальных значений количества среднегодовых осадков показывает, что первый показатель зафиксирован в период 2001-2010 гг. (477,3 мм в год), а второй – в период 2011-2018 гг. (428,6 мм в год). Сравнение показателей базового периода и периода 1991-2018 гг. показывает разницу в сторону увеличения среднегодового количества осадков в 5,8 мм в год. В результате анализа колебаний изучаемого показателя в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов установлено увеличение среднегодового количества осадков на 16,7 мм в год. Таким образом, показатель среднегодового количества осадков в Иркутской области за весь период исследований может быть охарактеризован как квазистабильный.

В Омской области сравнение периодов 1966-1970 и 1991-2018 гг. показало положительное отклонение на 18,5 мм в год от нормативных значений. При анализе динамики среднегодового количества осадков за последние два пятилетия выявлено увеличение показателя на 16,7 мм в год. Таким образом, среднегодовое количество осадков в Омской области за исследованный период остается также квазистабильным с незначительной тенденцией к увеличению.

Для территории Алтайского края максимальное количество среднегодовых осадков (460,7 мм в год) зафиксировано во временном промежутке 1966-1970 гг., в то время как минимальное приходится на период 1971-1980 гг. Динамика показателя в дальнейшем приобрела тенденцию к увеличению. Разница между значением базового периода и периода 1991-2018 гг. составила 25,7 мм в год. Та же зависимость сохраняется при сравнении значений исследуемого показателя в периоды 2009-2013 гг. и 2014-2018 гг. Увеличение среднегодового количества осадков в указанные сроки зафиксировано на уровне 72,1 мм в год. Таким образом, динамика среднегодового количества осадков в Алтайском крае имеет тренд на увеличение показателя. Особенно ярко эта зависимость проявляется в последние 5 лет (2014-2018 гг.).

Существенной особенностью Красноярского края является обширность его территории и выраженная неоднородность природно-климатических условий

региона. В связи с этим динамика среднегодового количества осадков приводится по данным трёх точек наблюдения.

По данным метеостанции 20891 Хатанга максимальное количество среднегодовых осадков (296,8 мм в год) отмечено в период 1966-1970 гг., а минимальное (242,7 мм в год) – в период 1971-1980 гг. В результате сравнения базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 18 мм в год в сторону увеличения среднегодового количества осадков. Динамика среднегодового количества осадков имеет тенденцию к увеличению показателя. В периоды с 2009 по 2013 год и с 2014 по 2018 год выявлено увеличение среднегодового количества осадков на 43,4 мм в год.

По данным метеостанции 23472 Туруханск максимальное количество среднегодовых осадков отмечено в период с 2011-2018 гг. (603,1 мм в год), а минимальное – в период 1966-1970 гг. (491,4 мм в год). Разница между значениями исследуемого показателя базового периода и периода 1991-2018 гг. составила 69,1 мм в год в сторону увеличения среднегодового количества осадков. Анализ колебаний среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявил увеличение среднегодового количества осадков на 92,6 мм в год.

По данным метеостанции 29570 Красноярск максимальное значение количества среднегодовых осадков отмечено в период 1981-1990 гг. (469 мм в год), минимальное – в период 1971-1980 гг. (451,8 мм в год). При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 26,7 мм в год в сторону увеличения среднегодового количества осадков. На рисунках 3.2.6. и 3.2.7. представлена динамика среднегодового количество осадков субъектов Сибирского федерального округа в исследуемый период.

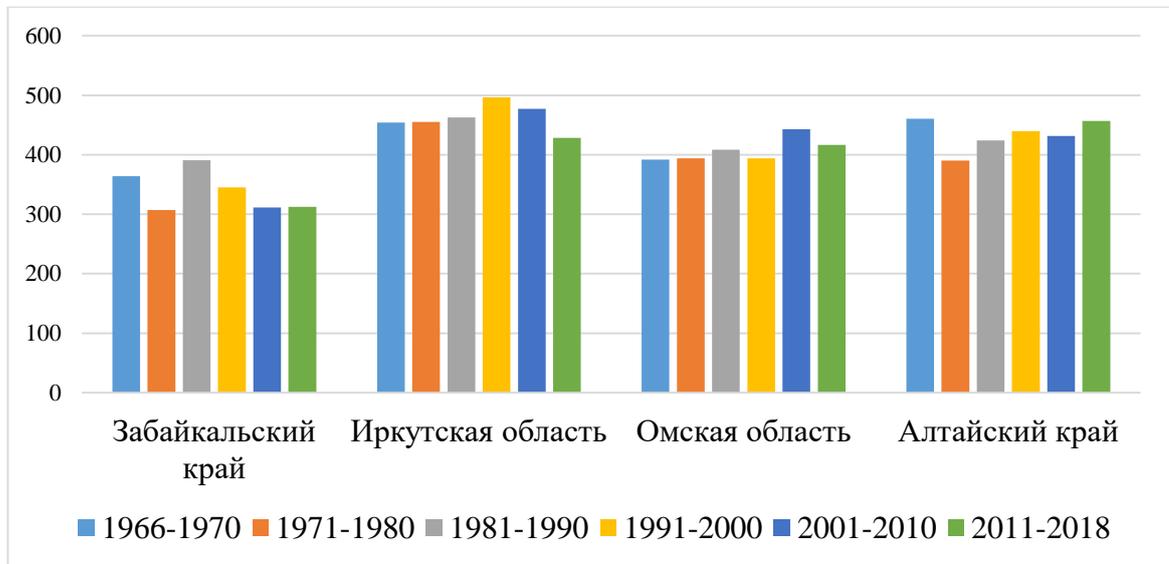


Рисунок 3.2.6. Динамика среднегодового количества осадков субъектов Сибирского федерального округа (Забайкальский край, Иркутская область, Омская область, Алтайский край) в период 1966-2018 гг.

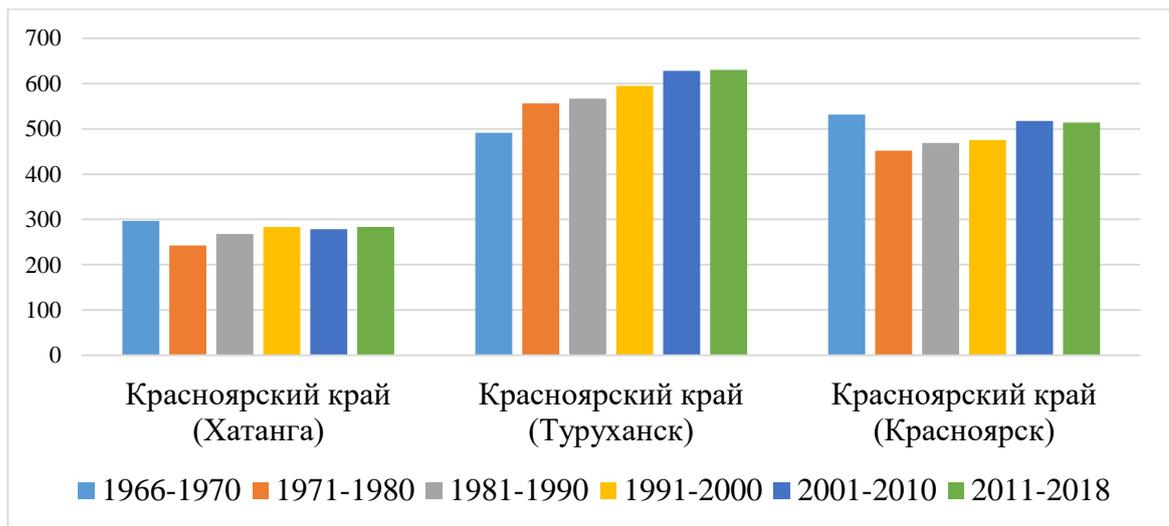


Рисунок 3.2.7. Динамика среднегодового количества осадков субъектов Сибирского федерального округа (Красноярский край) в период 1966-2018 гг.

Выявленные тенденции изменения значений показателя количества среднегодовых осадков в регионах, представленных на рисунке 3.2.7., имеют разную силу и направленность в зависимости от географического положения и природных условий регионов. Вместе с тем, картина максимумов и минимумов исследуемого показателя имеет достаточно выровненный характер.

В Республике Саха (Якутия) для исследования среднегодового количества осадков были использованы данные двух точек наблюдения в связи со

значительной протяженностью территории субъекта и различием природно-климатических условий.

По данным метеостанции 24266 Верхоянск максимальное количество среднегодовых осадков зафиксировано в период 1966-1970 гг. (200,4 мм в год), а минимальное – в период 1981-1990 гг. (165,3 мм в год). Анализ показателей базового периода и периода 1991-2018 гг. выявил разницу в значениях в 13,6 мм в год в сторону увеличения среднегодового количества осадков. Динамика колебаний среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов указывает на увеличение среднегодового количества осадков на 38,8 мм в год.

Максимальное количество среднегодовых осадков по данным метеостанции 24944 Олекминск отмечено в интервале 2011-2018 гг. (353,5 мм в год), а минимальное – в период 1981-1990 гг. (165,3 мм в год). Среднегодовое количество осадков при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. увеличивается на 21,9 мм в год. Анализ колебаний среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявил уменьшение среднегодового количества осадков на 73,3 мм в год.

В Камчатском крае максимальное количество среднегодовых осадков отмечено в период 1971-1980 гг. (1427,3 мм в год), а минимальное – в период 2011-2018 гг. (1225,5 мм в год). Сравнение показателей базового периода и периода 1991-2018 гг. показывает разницу в сторону уменьшения среднегодового количества осадков. При анализе периодических колебаний значений среднегодовых осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение среднегодового количества осадков на 85,4 мм в год. Таким образом, отмечено значительное снижение исследуемого показателя по сравнению с базовым периодом.

Значения показателя среднегодового количества осадков в Магаданской области достигают максимума (649,4 мм в год) в период 2011-2018 гг., а минимальное значение (509,9 мм в год) отмечается в период 1991-2000 гг. Динамика изучаемого показателя при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. направлена в сторону увеличения значений с величиной разницы в

40,4 мм в год. Анализ колебаний среднегодового количества осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявил уменьшение среднегодового количества осадков на 12,1 мм в год.

Для территории Хабаровского края максимальное количество среднегодовых осадков отмечено в период 2011-2018 гг. (765,9 мм в год), минимальное – в период 2001-2010 гг. (631,2 мм в год). Колебания в значениях изучаемого показателя в базовом периоде и периоде 1991-2018 гг. являются незначительными. Разница составила лишь 1,9 мм в год в сторону увеличения. Анализ динамики среднегодового количества осадков за два последних пятилетия показывает уменьшение значения показателя на 9,8 мм в год.

Максимальное значение количества среднегодовых осадков в пределах Сахалинской области приходится на период 1966-1970 гг. (942 мм в год), минимальное – на период 1981-1990 гг. (827,8 мм в год). Разница при сравнении значений показателя на протяжении базового периода с периодом 1991-2018 гг. составила 35,1 мм в год в сторону увеличения. Анализ колебаний изучаемого показателя в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявил уменьшение среднегодового количества осадков на 206,5 мм в год.

В Приморском крае максимальное количество среднегодовых осадков отмечено в период 2011-2018 гг. (891,5 мм в год), минимальное – в базовый период (768 мм в год). Динамика показателя имеет тенденцию к увеличению. Разница между значением базового периода и периода 1991-2018 гг. составила 46,3 мм. Та же зависимость сохраняется при сравнении значений исследуемого показателя в периоды 2009-2013 гг. и 2014-2018 гг. Увеличение среднегодового количества осадков в указанные сроки зафиксировано на уровне 27,5 мм в год.

Максимальное количество среднегодовых осадков на территории Амурской области отмечено в период 1966-1970 гг. (592,2 мм в год), минимальное – в период 2001-2010 гг. (532,28 мм в год). Сравнение базовых значений показателя и периода 1991-2018 гг. выявило разницу в 15,8 мм в год в сторону уменьшения среднегодового количества осадков. Анализ колебания среднегодового количества

осадков в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявил уменьшение значений исследуемого показателя на 142,4 мм в год.

Значительное уменьшение среднегодового количества осадков за последние 10 лет отмеченное нами в большинстве регионов Дальневосточного федерального округа, что связано с аномально жаркой и засушливой погодой в теплый период года, которое привело к возникновению большого количества лесных пожаров. В настоящее время сложно сказать является ли такое уменьшение среднегодового количества осадков трендом или это естественные климатические колебания.

На рисунках 3.2.8. и 3.2.9. представлена динамика среднегодового количества осадков субъектов Дальневосточного федерального округа в исследуемый период.

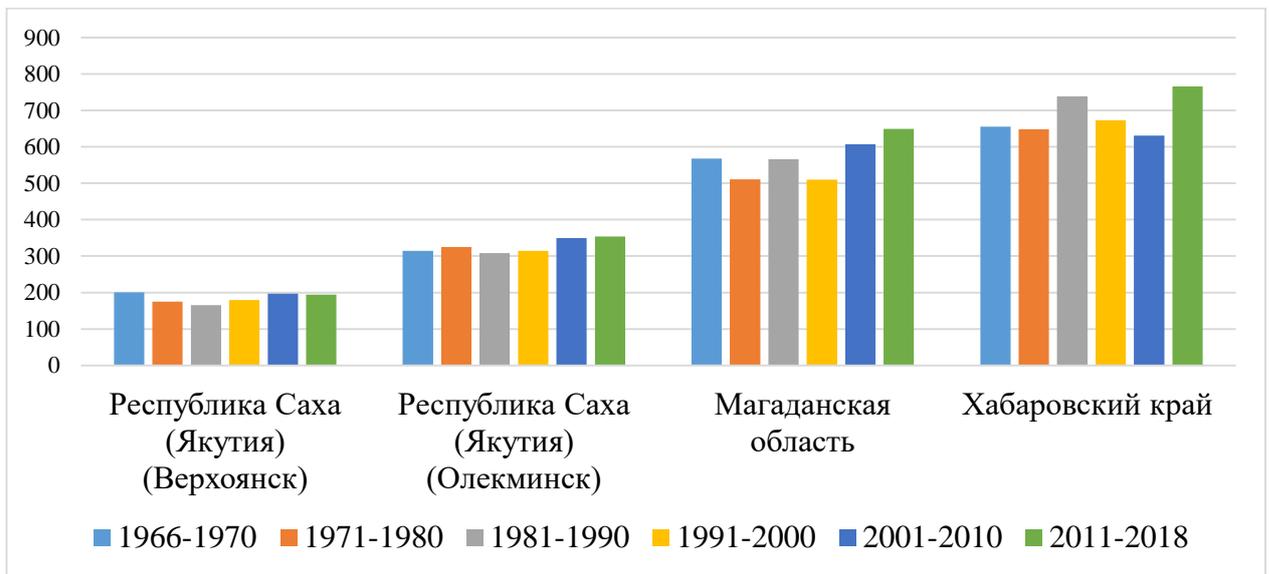


Рисунок 3.2.8. Динамика среднегодового количества осадков субъектов Дальневосточного федерального округа (Республика Саха (Якутия), Магаданская область, Хабаровский край) в период с 1966 г. по 2018 г.

Изучение динамики среднегодового количества осадков субъектов Дальневосточного федерального округа позволяет установить, что наибольшее значение показателя за весь исследуемый период отмечено в Приморском крае (1259,9 мм в год), а наименьшее – в Республике Саха (Якутия) (по данным метеостанции 24266 Верхоянск) (185,3 мм в год).

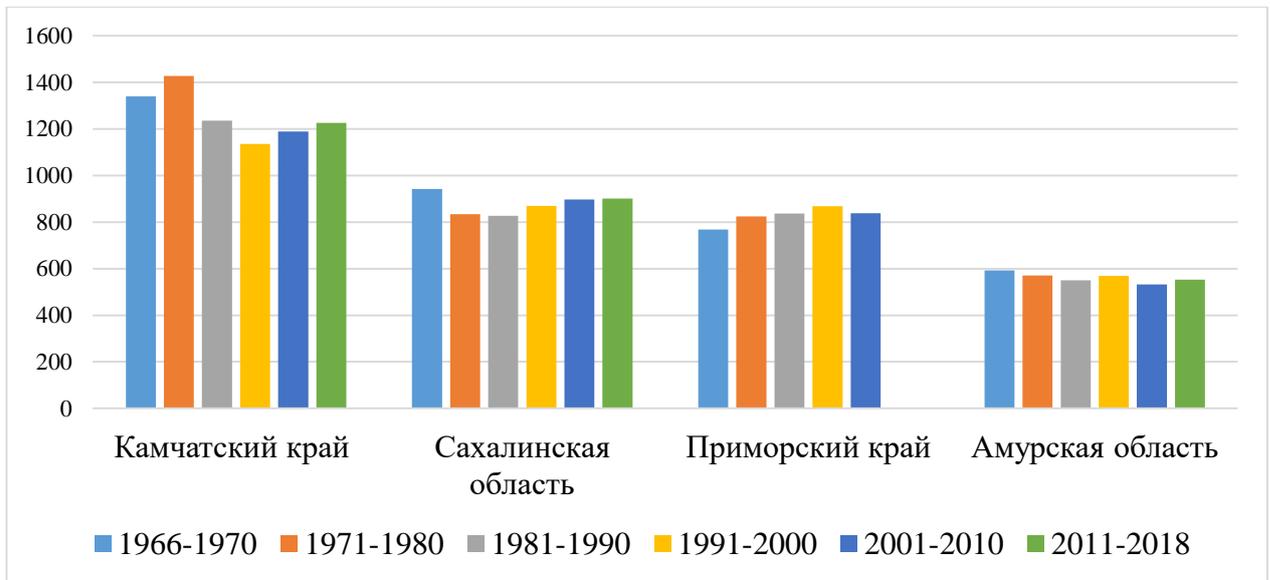


Рисунок 3.2.9. Динамика среднегодового количества осадков субъектов Дальневосточного федерального округа (Камчатский край, Сахалинская область, Приморский край, Амурская область) в период с 1966 г. по 2018 г.

В целом, в субъектах Дальневосточного федерального округа (за исключением Магаданской области и Хабаровского края) можно отметить тенденцию к уменьшению среднегодового количества осадков.

В таблице 4 (Приложение 1) показатель достоверности различий средних значений определен при сравнении соответствующих средних значений со средним значением за период 2009-2018 гг.

Изучение динамики среднегодового количества осадков в исследуемых регионах позволило получить следующие результаты.

При сравнении периодов 1991-2018 и 1966-2018 гг. увеличение среднегодового количества осадков достоверно для Архангельской области, Республики Коми, Ненецкого автономного округа, Ростовской области, Красноярского края. В Архангельской области, Новгородской области, Хабаровском крае среднегодовое количество осадков выявлено при сравнении периода 2011-2018 гг. с периодом 1966-1990 гг. В Брянской области отмечено значительное уменьшение среднегодового количества осадков при сравнении периодов 2009-2013 гг. и 2014-2018 гг.

Для наглядности произошедших изменений нами выполнено картирование региональных систем с учетом происходящих изменений в режиме выпадения осадков (Рисунок 3.2.10). Таким образом, отмеченная нами динамика среднегодового количества осадков носит разнонаправленный характер, при этом отличия от значения базового периода часто невелики. Однако, выявлено 7 регионов, в которых изменения превысили 50 мм/год! Это 2 субъекта юго-запада России (Брянская и Ростовская области), на территории которых наблюдается снижение сумм осадков (т.е. происходит рост засушливости) и 5 регионов северо-востока России (Саха-Якутия, Камчатка, Магаданская область, Хабаровский и Приморский края), в территориальных климатических системах которых наблюдается увеличение сумм осадков (т.е. фиксируется тенденция к переувлажнению).

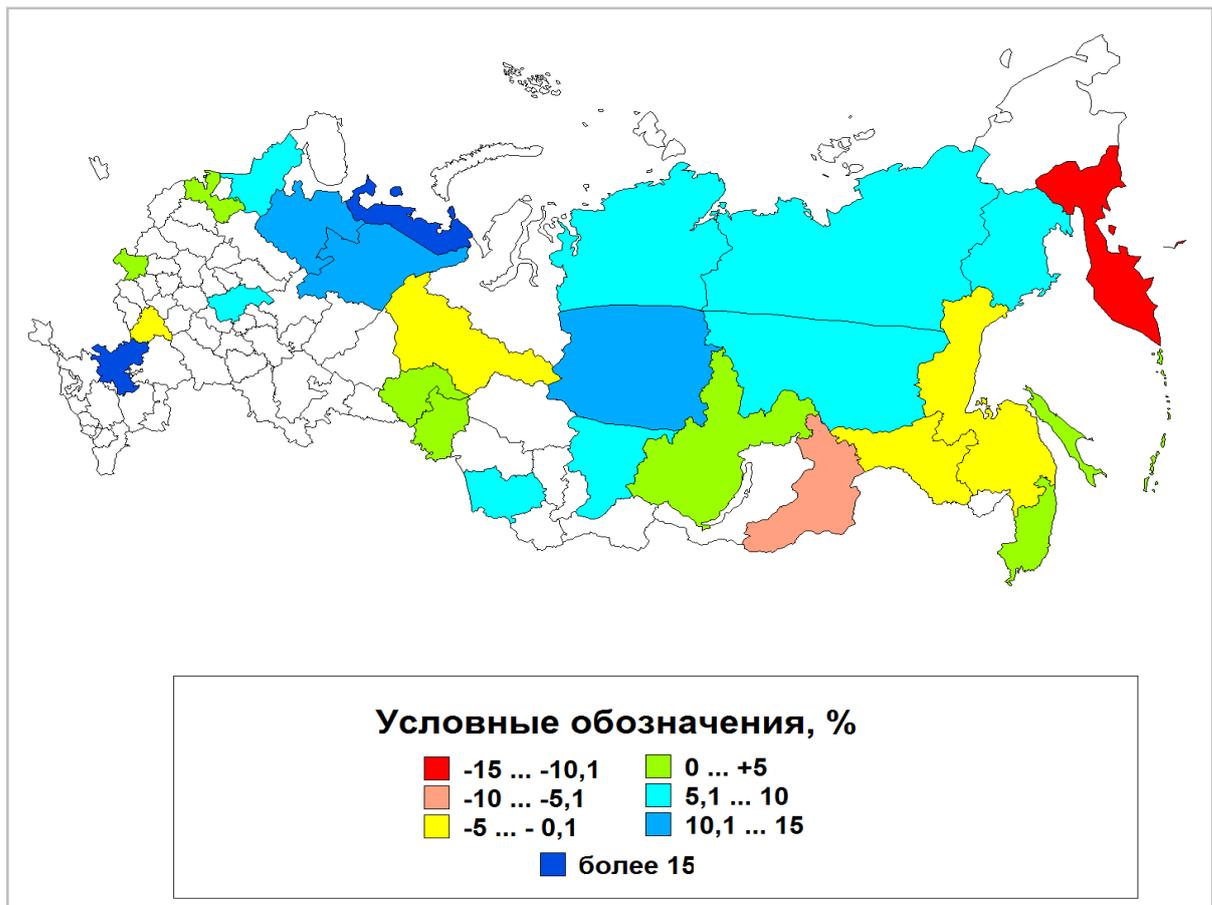


Рисунок 3.2.10.Изменение количества осадков в регионах РФ в период 1991-2018 гг. по отношению к периоду 1966-1990 гг.²

² Разработка автора.

Подобная картина является отражением роста контрастности климатических (лесорастительных) условий между юго-западной и северо-восточной частями территории Российской Федерации.

3.3. Динамика относительной влажности воздуха в субъектах РФ в период 1966-2018 годов

Результаты анализа динамики относительной влажности в 23 субъектах Российской Федерации в период с 1966 по 2018 год представлены в таблице 5 (Приложение 1).

Для определения среднегодовой относительной влажности в регионе бралась сумма показателей относительной влажности каждого из месяцев, которая затем делилась на количество месяцев в году.

В региональных системах динамика относительной влажности воздуха проявляется по-разному.

Так на территории Северо-Западного федерального округа существуют максимумы, отмеченные в следующих регионах:

- 1) Ненецкий автономный округ: период 1981-1990 гг. – 82,3%; период 1991-2000 гг. – 81,8%, период 1966-1970 гг. – 80,7%;
- 2) Архангельская область: период 2001-2010 гг. – 80,6%; период 2010-2018 гг. – 80,5%.

Минимальные значения среднегодовой относительной влажности были отмечены в следующих субъектах:

- 1) Ленинградская область: период 2010-2018 гг. – 76,2%, период 1981-1990 гг. – 77,3%, период 1970-1980 гг. – 77,4%;
- 2) Республика Коми: период 1981-1990 гг. – 77,3%.

Сравнение базового периода с периодом 1991-2018 гг. показывает, что максимальная положительная разница в значениях показателя относительной влажности зарегистрирована в Республике Карелия (1,1%), а максимальная отрицательная – в Ненецком автономном округе (1,3%). При анализе колебания

относительной влажности в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено максимальное увеличение относительной влажности на 4% в Республике Коми. Самое большое понижение относительной влажности отмечено для Республики Карелия (1,1%).

Всеобщей тенденцией, ярко проявившейся на территории Центрального федерального округа, является определяющее значение географического расположения региона. Эта зависимость объясняет тот факт, что относительная влажность в Брянской области в среднем на 3,6% выше, чем в Воронежской области.

Максимальная относительная влажность в Брянской области отмечена для периода 1971-1980 гг. (78,4%) и периода 1981-1990 гг. (78,2%), а минимальная – в период 1991-2000 гг. (75,9%). В Воронежской области колебания значений относительной влажности являлись менее существенными и принимали значения в разные периоды от 72,1 до 74,8%. При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. в Брянской области показатели относительной влажности уменьшились на 2,2%, а в Воронежской области – на 1,7%. При анализе колебания относительной влажности в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов в Брянской области произошло снижение на 4,7%, а в Воронежской области лишь на 0,4%.

Таким образом, в рассматриваемых регионах Центрального федерального округа динамика показателей относительной влажности является относительно выровненной и не демонстрирует резких скачков.

На территории Южного федерального округа в Ростовской области максимальные значения относительной влажности были достигнуты в период 1991-2000 гг. (74,8%). За последние два десятилетия значение показателя снизилось до 69,7%. По сравнению с базовым периодом относительная влажность в этом субъекте уменьшилась на 1,8%. При сравнении периода 2009-2013 гг. с периодом 2014-2018 гг. значение относительной влажности уменьшилось на 2,9%.

В Нижегородской области Приволжского федерального округа значения относительной влажности демонстрируют отчетливую стабильность на протяжении всего периода наблюдений. Значения этого показателя колеблются от

74 до 76,1%. Причем величина 76,1% является постоянной на протяжении трех периодов: 1971-1980 гг., 1981-1990 гг., 1991-2000 гг.

Та же тенденция характерна и для Уральского федерального округа. Здесь значения относительной влажности за весь период исследований меняются очень незначительно. Так, в Тюменской области значения колеблются в интервале от 72,3 до 73,3%, а в Ханты-Мансийском автономном округе – от 76,1 до 77,3%.

В Сибирском федеральном округе максимальные значения среднегодовой относительной влажности отмечены для северной части Красноярского края (метеостанция 20891 Хатанга): 75,8%; 77,4%; 77,1%; 79,2%; 77,4%; 79,9%. Минимальные значения этого показателя зарегистрированы в Забайкальском крае: 65,4%; 64,9%; 65,9%; 64,1%; 63,4%; 61,1%. При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. повышение среднегодовой относительной влажности отмечено для Красноярского края: метеостанция 20891 Хатанга – 1,9% и метеостанция 29570 Красноярск – 3%. Для всех остальных точек наблюдения наблюдается небольшое понижение относительной влажности от 0,5 до 2,4%.

Необходимо отметить, что при сравнении периода 2009-2013 гг. с периодом 2014-2018 гг. региональные системы можно объединить в две группы, характеризующиеся разной направленностью климатических изменений. Так, уменьшение относительной влажности воздуха отмечено: в Забайкальском крае – на 4,5%; в Иркутской области – на 2,3%; в Омской области – на 0,6%. В то же время имеются и регионы, в которых зафиксировано увеличение показателя: в Алтайском крае – на 3%, в Красноярском крае (метеостанция 20891 Хатанга) – на 2%, в Красноярском крае (метеостанция 23472 Туруханск) – на 1,9%. В районе метеостанции 29570 Красноярск относительная влажность воздуха осталась на прежнем уровне.

В Дальневосточном федеральном округе максимальные значения среднегодовой относительной влажности отмечены в Сахалинской области: 80%; 78,8%; 82,1%; 81,2%; 81,3%; 79,3%. Минимальные значения этого показателя зарегистрированы в Амурской области: 71,5%; 71%; 68,7%; 67,7%; 64,6%; 63,4%.

При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. незначительное повышение среднегодовой относительной влажности отмечено в Республике Саха (Якутия) (метеостанция 24266 Верхоянск) (1%), Республике Саха (Якутия) (метеостанция 24944 Олекминск) (1,7%), Магаданской области (1,3%), Сахалинской области (0,3%), Приморском крае (0,2%). Незначительное понижение среднегодовой относительной влажности зарегистрировано в Камчатском крае (1,3%), Хабаровском крае (1,1%). В Амурской области снижение среднегодовой относительной влажности по сравнению с базовым периодом составило 4,7%.

При сравнении периода 2009-2013 гг. с периодом 2014-2018 гг. повышение относительной влажности отмечено в следующих регионах: Республика Саха (Якутия) (метеостанция 24266 Верхоянск) (2,2%), Республика Саха (Якутия) (метеостанция 24944 Олекминск) (2%). Следует отметить, что повышение относительной влажности в Республике Саха (Якутия) наблюдалось в двух вариантах сравнения временных периодов.

Во всех остальных рассматриваемых регионах Дальневосточного федерального округа наметилась тенденция к снижению среднегодовой относительной влажности: Камчатский край (5,2%), Магаданская область (3,6%), Хабаровский край (3,4%), Сахалинская область (4,2%), Приморский край (2,5%), Амурская область (4,7%).

Следует отметить, что повышение относительной влажности в двух вариантах сравнения временных периодов наблюдалось в Республике Саха (Якутия), а понижение – в Камчатском крае, Хабаровском крае, Амурской области.

Сравнение базового периода с периодом 1991-2018 гг. показывает, что максимальная положительная разница значения показателей относительной влажности зарегистрирована в Республике Карелии (1,1%), отрицательная – в Ненецком автономном округе (1,3%).

При анализе колебания относительной влажности в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено максимальное увеличение относительной влажности на 4% в Республике Коми. Наиболее ярко тенденция проявляется в Республике Карелия (1,1%).

В Брянской и Воронежской областях Центрального федерального округа значения относительной влажности являлись выровненными и не демонстрировали резких скачков, хотя значения среднегодовой относительной влажности в Брянской области выше (около 4%), чем в Воронежской области.

В пределах Южного федерального округа в Ростовской области наблюдается слабая тенденция к снижению среднегодовой относительной влажности воздуха.

В Нижегородской области Приволжского федерального округа значения относительной влажности демонстрируют отчетливую стабильность на протяжении всего периода наблюдений.

В Уральском федеральном округе (Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра) значения относительной влажности за весь период исследований являются также выровненными.

В Сибирском федеральном округе максимальные значения среднегодовой относительной влажности зарегистрированы для Красноярского края, а минимальные – для Забайкальского.

В Дальневосточном федеральном округе повышение относительной влажности в двух вариантах сравнения временных периодов наблюдалось в Республике Саха (Якутия), а понижение – в Камчатском крае, Хабаровском крае, Амурской области.

В таблице 6 (Приложение 1) показатель достоверности различий средних значений определен при сравнении соответствующих средних значений со средним значением за период 2010-2018 гг.

Анализ динамики средних значений относительной влажности в исследуемых регионах позволил установить, что в Новгородской области, Красноярском крае (20891 Хатанга), Красноярском крае (29570 Красноярск), Республике Саха отмечено увеличение относительной влажности в период 2010-2018 гг. по сравнению с периодом 1966-1990 гг., а в Ненецком автономном округе, Воронежской, Ростовской областях, Забайкальском крае, Иркутской области, Камчатском крае, Амурской области – уменьшение данного критерия.

В Ленинградской области, Ненецком автономном округе, Воронежской области, Ростовской области, Нижегородской области, Забайкальском крае, Амурской области выявлено уменьшение исследуемого критерия в период 2010-2018 гг. при сравнении с периодом 1991-2000 гг., а в Красноярском крае (29570 Красноярск) и Республике Саха увеличение.

Уменьшение средних значений относительной влажности с высокой степенью достоверности получено при сравнении периода 2010-2018 гг. с периодом 2001-2010 гг. в Ленинградской, Новгородской областях, Камчатском крае, Магаданской области, а увеличение – в Красноярском крае (20891 Хатанга).

При сравнении периода 1991-2018 гг. с периодом 1966-1990 гг. получены следующие результаты с высокой достоверностью:

1) Уменьшение критерия выявлено в Ненецком автономном округе, Брянской и Воронежской областях, Забайкальском крае, Иркутской области, Алтайском крае, Амурской области.

2) Увеличение критерия выявлено в Архангельской области, Республике Карелия, Красноярском крае (20891 Хатанга), Красноярском крае (29570 Красноярск), Республике Саха (24944 Олекминск).

В Брянской области, Забайкальском крае, Иркутской области, Камчатском крае, Хабаровском крае, Сахалинской области, Амурской области выявлено уменьшение исследуемого критерия в период 2014-2018 гг. при сравнении с периодом 2010-2013 гг., а в Республике Саха (24266 Верхоянск) увеличение.

Для наглядности произошедших изменений нами выполнено картирование региональных систем с учетом происходящих изменений во влажности воздуха (рисунок 3.3.1.). Анализируя общую динамику критерия относительной влажности воздуха, необходимо отметить, что колебания среднегодовых значений в пределах $\pm 1,5\%$ характерно для 12 из 23 исследуемых регионов, из них в 9-ти относительная влажность понизилась (Ленинградская, Воронежская, Ростовская, Нижегородская, Амурская области, Забайкальский, часть Красноярского (Туруханск), Хабаровский, Камчатский края).

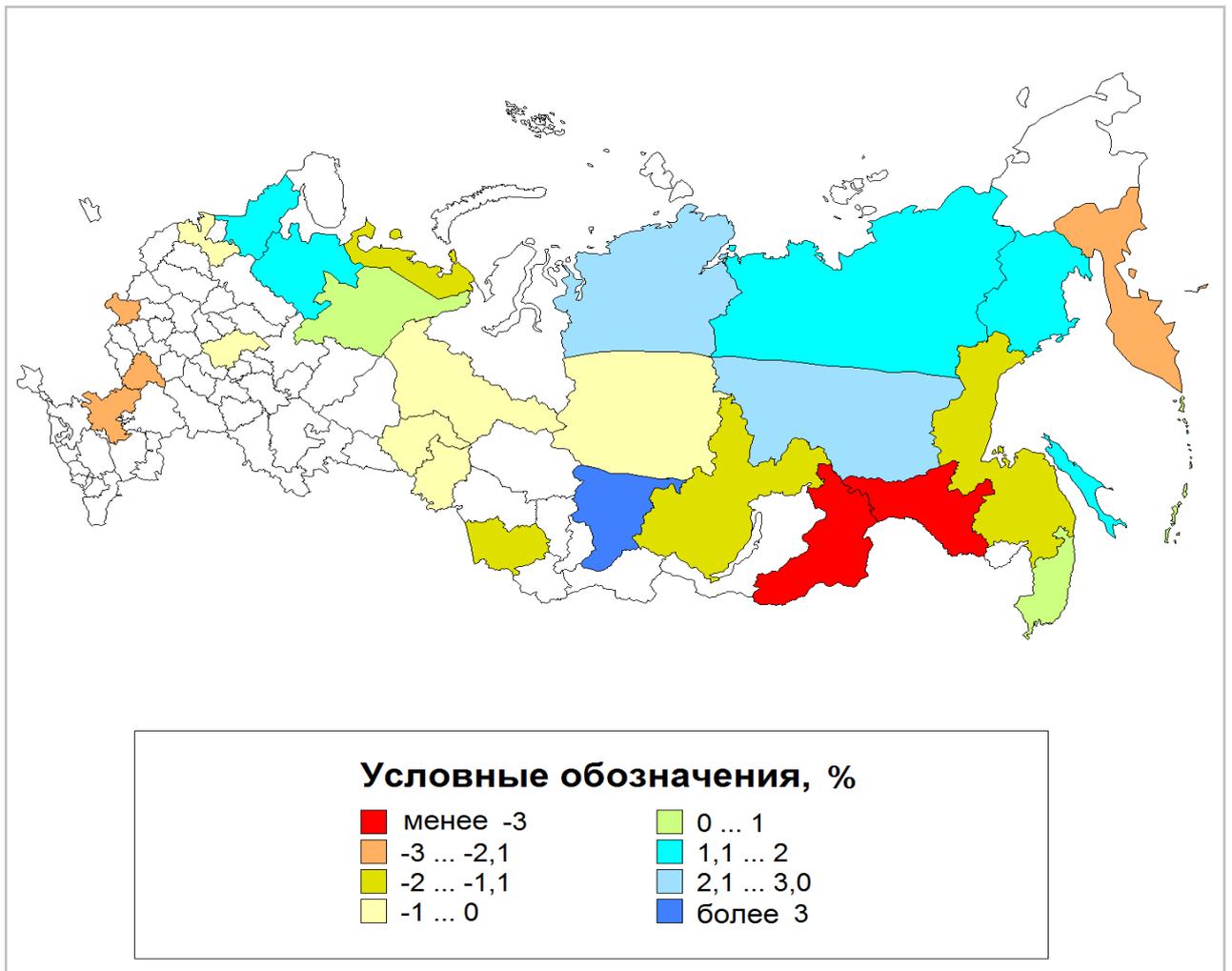


Рисунок 3.3.1. Изменение влажности воздуха в регионах РФ в период 1991-2018 гг. по отношению к периоду 1966-1990 гг.³

Повышение относительной влажности на 1,5 и более процента отмечено только в 3-х регионах: Брянская область, Республика Саха (Якутия) и большая часть Красноярского края. Следовательно, можно констатировать, что в целом понижение относительной влажности происходит на большей части территории Российской Федерации, что является косвенным подтверждением наблюдающегося глобального потепления климата.

³ Разработка автора.

3.4. Динамика частоты повторяемости опасных гидрометеорологических явлений в субъектах РФ в период 1991-2018 годов

В ходе проведения исследований был проведен анализ количества опасных гидрометеорологических явлений и их видов в рассматриваемых регионах в период с 1991 г. по 2018 г. (18 лет) (Таблица 7, Приложение 1).

За весь период наблюдений численность опасных гидрометеорологических явлений (ОГЯ) варьирует в достаточно широких пределах. Максимальное количество ОГЯ отмечено в период 2004-2010 гг. (2004 – 277 шт.; 2005 – 305 шт.; 2006 – 293 шт.; 2007 – 285 шт.; 2009 – 260 шт.; 2010 – 318 шт.) с некоторым уменьшением в 2008 г. (200 шт.). Минимальное количество ОГЯ отмечено в 1992 г. – 115 шт., 1997 г. – 152 шт., 1998 г. – 159 шт., 1999 г. – 155 шт.

В Северо-Западном федеральном округе количество ОГЯ в исследуемых регионах колебалось от 40 шт. за исследуемый период (Ненецкий автономный округ) до 99 шт. (Ленинградская область).

В Архангельской области за исследуемый период наблюдались следующие ОГЯ (всего 72): резкое изменение погоды (РИП), метель, снег, нагонные явления, ветер, сильный мороз, половодье, гололед, паводок, чрезвычайная пожароопасность (ЧПО), резкое понижение температуры, затор, дождь, смешанные осадки, неблагоприятные метеорологические явления (НМЯ), аномально низкие температура. Наиболее часто за указанный период были отмечены ветер (19) и ЧПО (19).

В Ленинградской области за исследуемый период наблюдались следующие ОГЯ (всего 99): РИП, нагонные явления, ветер, сильный ветер, гололед, паводок, ЧПО, дождь, НМЯ, аномально низкая температура, отрыв льда, ливень, сильная жара, продолжительный дождь, смерч. Наиболее часто за указанный период был отмечен ветер (28).

В Новгородской области за исследуемый период наблюдались следующие ОГЯ (всего 56): РИП, ветер, гололед, ЧПО, дождь, НМЯ, аномально низкая

температура, ливень, сильная жара, продолжительный дождь. Наиболее часто за указанный период был отмечен ветер.

В Республике Карелия за исследуемый период наблюдались следующие ОГЯ (всего 58): РИП, метель, снег, ветер, сильный ветер, сильный мороз, половодье, гололед, паводок, ЧПО, резкое понижение температуры, дождь, отрыв льда, смешанные осадки, НМЯ, аномально низкие температуры, град, аномально высокие температуры, сложные отложения. Наиболее часто за указанный период была отмечена ЧПО (10).

В Республике Коми за исследуемый период наблюдались следующие ОГЯ (всего 73): РИП, метель, ветер, сильный мороз, гололед, ЧПО, резкое понижение температуры, дождь, ливень, половодье, аномально низкая температура, низкая межень. Наиболее часто за указанный период были отмечены ветер (20), метель (19) и ЧПО (12).

В Ненецком автономном округе за исследуемый период наблюдались следующие ОГЯ (всего 40): РИП, метель, ветер, сильный туман, половодье, паводок, гололед, ЧПО, резкое понижение температуры, затор, аномально низкая температура, НМЯ. Наиболее часто за указанный период был отмечен ветер (12).

Наиболее часто отмечаемыми ОГЯ в Северо-Западном федеральном регионе являлись чрезвычайная пожароопасность и ветер. В Архангельской области и Республике Коми эти ОГЯ занимают лидирующее положение по количеству. В Ленинградской области и Ненецком автономном округе наиболее часто наблюдался ветер, а в Республике Карелия – ЧПО.

На рисунке 3.4.1. представлена динамика ОГЯ в Северо-Западном федеральном округе в исследуемый период. В Архангельской области максимальное количество ОГЯ приходится на период 2005-2011 гг. В периоды 1991-1997 гг. и 1998-2004 гг. их количество приблизительно одинаково. Минимальное количество ОГЯ отмечено в последние семь лет (2012-2018 гг.).

В Ленинградской области значительным количеством ОГЯ характеризовались следующие периоды: 1991-1997 гг. и 1998-2004 гг. С 2005 г. наблюдается снижение опасных гидрометеорологических явлений.

В Новгородской области наибольшее количество ОГЯ зафиксировано в период 1991-1997 гг., в период 1998-2004 гг. отмечено снижение их количества. В периоды 2005-2011 гг. и 2012-2018 гг. количество ОГЯ является минимальным и одинаковым.

В республике Карелия максимальное количество ОГЯ отмечено в период 1991-1998 гг., затем наблюдается снижение в период 1998-2011 гг. В период 2012-2018 гг. количество ОГЯ возрастает практически до уровня периода 1998-2004 гг.

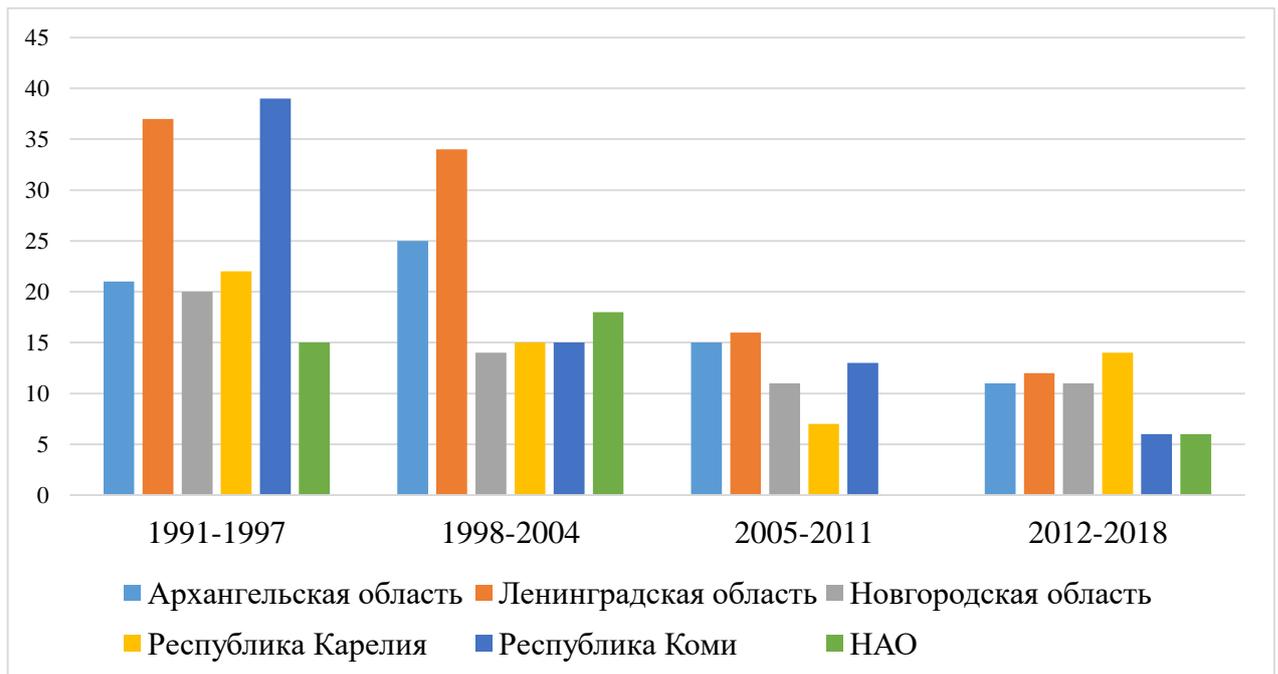


Рисунок 3.4.1. Динамика ОГЯ в Северо-Западном федеральном округе в период 1991-2018 гг.

В Республике Коми динамика наблюдений ОГЯ имеет схожую картину с Ленинградской областью, но снижение количества ОГЯ наблюдается с 1998 г. и продолжается до конца наблюдаемого периода.

На территории Ненецкого автономного округа зарегистрировано наименьшее количество ОГЯ в Северо-Западном федеральном округе. Максимальное количество ОГЯ отмечено в период 1998-2004 гг. В период 2005-2011 гг. зафиксировано всего 2 ОГЯ – в 2014 г. В период с 2012 г. количество ОГЯ начинает возрастать.

Такую картину динамики ОГЯ в субъектах Северо-Западного федерального округа скорее всего можно объяснить естественными периодами климатических колебаний, которые и обеспечивают возникновение ОГЯ. В Ленинградской области количество ОГЯ в период 2012-2018 гг. практически достигает значений периода 2005-2011 гг., в Республике Карелии и Ненецком автономном округе их количество возрастает, а в Новгородской области остается постоянным.

В Центральном федеральном округе за исследуемый период количество ОГЯ в Брянской области составило 98 случаев, а в Воронежской области – 176.

Следует отметить, что в Центральном федеральном округе к наиболее часто распространенным опасным гидрометеорологическим явлениям относятся неблагоприятные метеорологические явления и чрезвычайная пожароопасность. На рисунке 3.4.2. представлена динамика ОГЯ в Центральном федеральном округе в исследуемый период. Максимальное количество ОГЯ в обоих субъектах приходится на период 2005-2011 гг., затем снижается. В Брянской области количество ОГЯ возвращается на уровень периодов 1991-1997 гг., 1998-2004 гг., в Воронежской области также зафиксировано уменьшение, но количество ОГЯ больше, чем в периоды 1991-1997 гг., 1998-2004 гг. Минимальное количество ОГЯ отмечено в Брянской области в периоды 1991-1997 гг. и 2012-2018 гг. (18 и 19 соответственно).

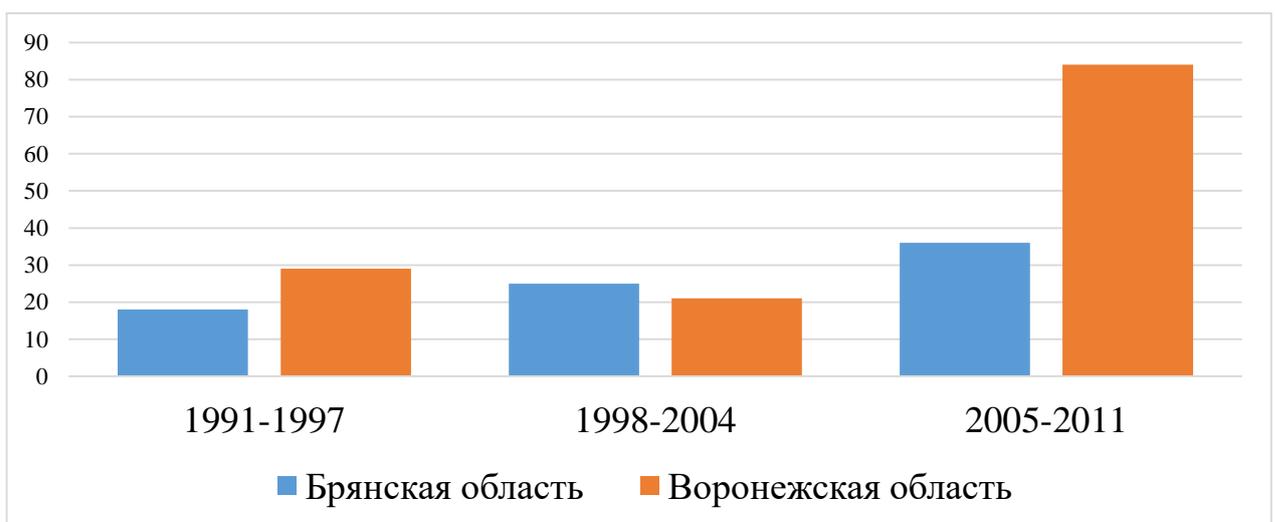


Рисунок. 3.4.2. Динамика ОГЯ в Центральном федеральном округе в период 1991-2018 гг.

В Южном федеральном округе (Ростовская область) количество ОГЯ составило 298 случаев.

В Нижегородской области за исследуемый период наблюдались ветер (51), неблагоприятные метеорологические явления (36).

В Уральском федеральном округе за исследуемый период количество ОГЯ в Тюменской области составило 122 случая, а в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре – 81. В Тюменской области за исследуемый период наблюдались следующие ОГЯ: резкое изменение температуры, метель, снег, ветер, сильный туман, половодье, паводок, чрезвычайная пожароопасность, дождь, смешанные осадки, неблагоприятные метеорологические явления, аномально низкая температура, град, ливень, продолжительный дождь, смерч.

В Тюменской области максимальное количество ОГЯ приходится на период 2005-2011 гг., после чего отмечено снижение наблюдаемых явлений. В Ханты-Мансийском АО – Югре минимальное количество ОГЯ отмечено в 1998-2004 гг., затем их количество начинает возрастать и достигает максимального количества в 2012-2018 гг. Количество ОГЯ в рассматриваемых субъектах Уральского федерального округа достигает практически одинакового количества в период 2012-2018 гг. (28 – Тюменская область и 27 – Ханты-Мансийский АО – Югра) (Рисунок 3.4.3.).

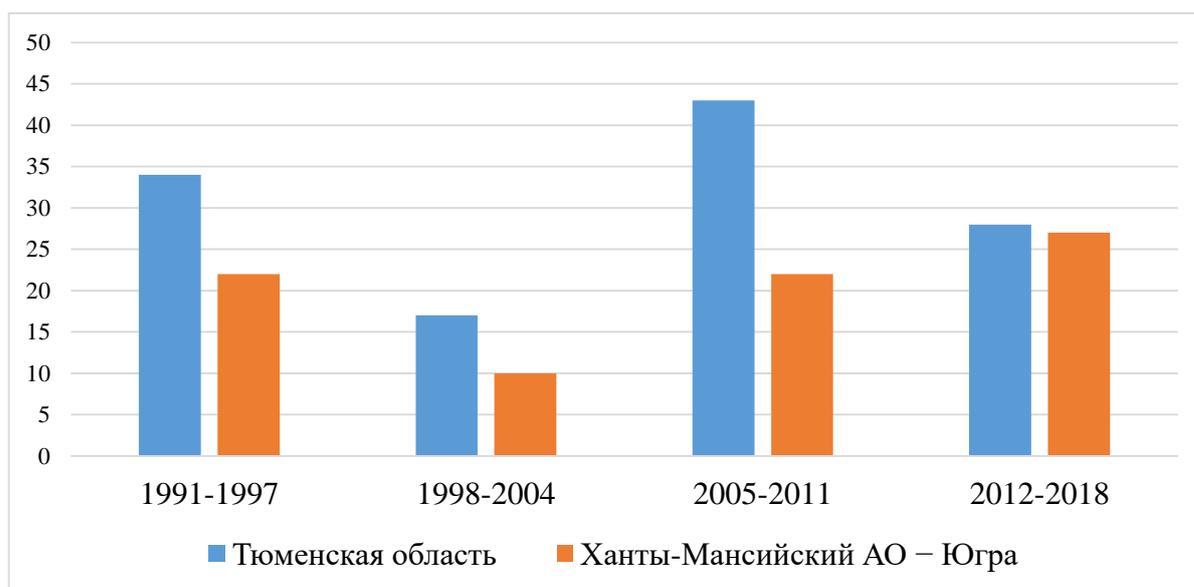


Рисунок 3.4.3. Динамика ОГЯ в Уральском федеральном округе в период 1991-2018 г.

В Сибирском федеральном округе количество ОГЯ за исследуемый период составило 2587 случаев. Максимальное количество ОГЯ отмечено в Красноярском крае (988 случаев), и минимальное – в Иркутской и Омской областях (по 198 случаев).

На рисунке 3.4.4. представлена динамика ОГЯ в Сибирском федеральном округе в исследуемый период.

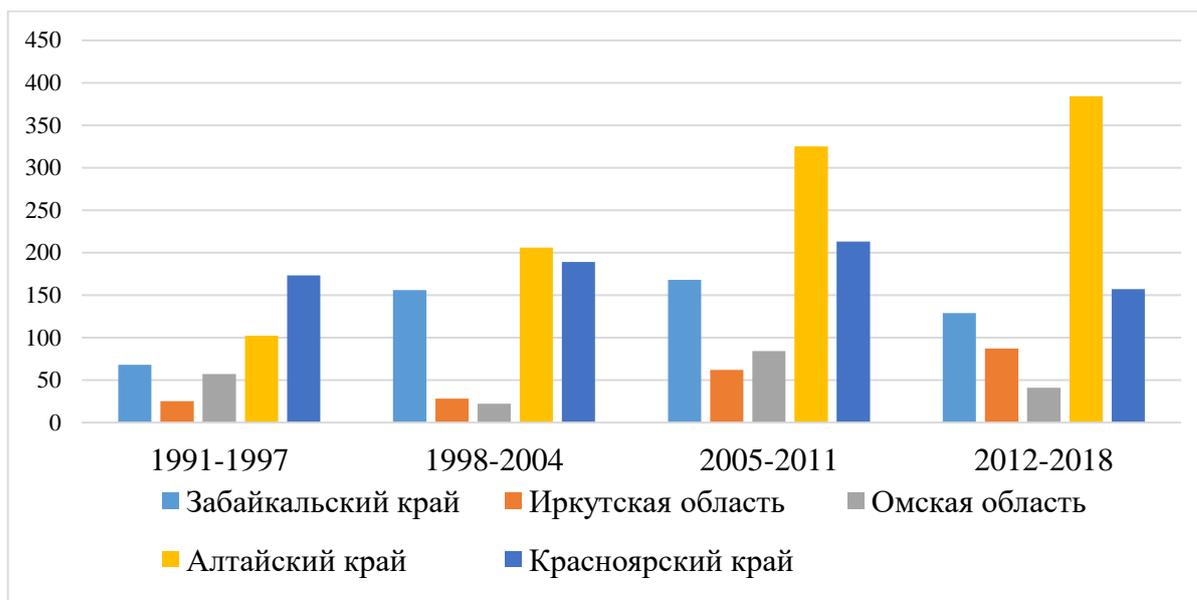


Рисунок. 3.4.4. Динамика ОГЯ в Сибирском федеральном округе в период с 1991 г. по 2018 г.

В Забайкальском крае максимальное количество ОГЯ отмечено в период с 2005 г. по 2011 г., хотя в период с 1998 г. по 2004 г. количество их также значительно. В Иркутской и Омской областях количество наблюдаемых ОГЯ составило по 198 случаев, но динамика их проявления имеет разный характер. В Иркутской области количество ОГЯ достигает максимального значения к периоду 2012-2018 гг., постепенно возрастая. В Омской области максимальное количество ОГЯ наблюдалось в период 2005-2011 гг., а затем значительно снижалось. В Алтайском крае зарегистрировано максимальное количество ОГЯ за исследуемый период рассматриваемых регионов Сибирского федерального округа. В Алтайском крае, как и в Иркутской области, наблюдается увеличение количества ОГЯ к периоду 2012-2018 гг. К указанному периоду количество ОГЯ становится больше

почти в 3 раза. Красноярский край по общему числу ОГЯ занимает второе место среди рассматриваемых регионов Сибирского федерального округа.

В Дальневосточном федеральном округе количество ОГЯ за исследуемый период составило 2170 случаев. Максимальное количество ОГЯ отмечено в Сахалинской области (929 случаев), и минимальное – в Магаданской области (84 случая).

На рисунке 3.4.5. представлена динамика ОГЯ в Дальневосточном федеральном округе в исследуемый период.

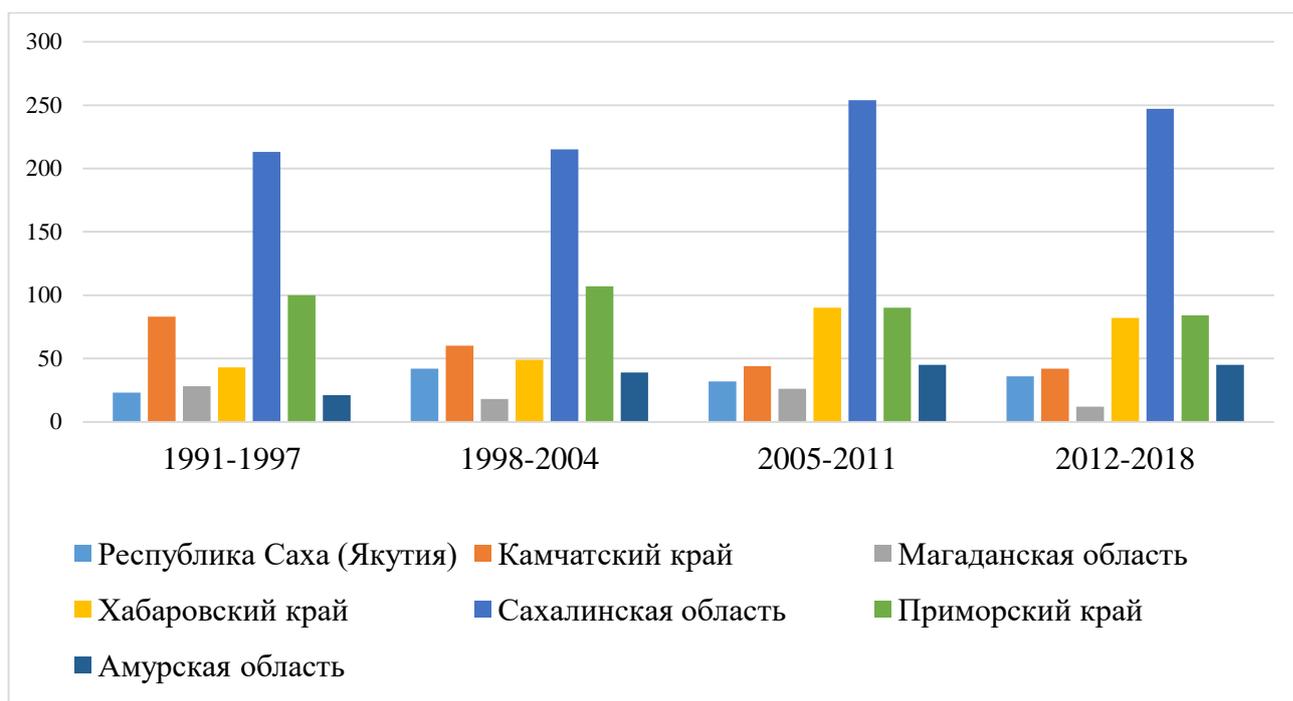


Рисунок. 3.4.5. Динамика ОГЯ в Дальневосточном федеральном округе в период с 1991 г. по 2018 г.

Анализ изменения количества ОГЯ в Дальневосточном федеральном округе позволяет сделать следующие заключения:

- 1) В Хабаровском крае, Сахалинской области и Амурской области количество ОГЯ возрастает за исследуемый период;
- 2) В Камчатском крае, Магаданской области, Приморском крае количество ОГЯ уменьшается к периоду 2012-2018 гг.;
- 3) Доминирующее положение по количеству ОГЯ занимает Сахалинская область;

- 4) Минимальное количество ОГЯ наблюдалось в Магаданской области;
- 5) В 4 из 7 рассматриваемых субъектов Дальневосточного федерального округа наиболее часто наблюдался ветер (Камчатский край, Хабаровский край, Приморский край, Амурская область).
- 6) В Республике Саха (Якутия) и в Магаданской области доминирующим по частоте проявления являлась чрезвычайно пожароопасная обстановка;
- 7) В Сахалинской области доминирующее положение по количеству занимали ветер и снег.
- 8) Разброс по количеству ОГЯ в разных субъектах Дальневосточного федерального округа, вероятно, объясняется различными климатическими условиями.

Изучение динамики количества ОГЯ в изучаемых субъектах позволяет сказать, что за весь период наблюдений численность опасных гидрометеорологических явлений варьирует в достаточно широких пределах.

В Архангельской области максимальное количество ОГЯ приходится на период с 2005 г. по 2011 г. В периоды 1991-1997 гг. и 1998-2004 гг. их количество приблизительно одинаково. Минимальное количество ОГЯ отмечено в последние семь лет (2012-2018 гг.).

В Ленинградской области значительным количеством ОГЯ характеризовались следующие периоды: 1991-1997 гг. и 1998-2004 гг. С 2005 г. наблюдается снижение опасных гидрометеорологических явлений.

В республике Карелия максимальное количество ОГЯ отмечено в период с 1991 г. по 1998 г., затем наблюдается снижение в период с 1998 г. по 2011 г. В период 2012-2018 гг. количество ОГЯ возрастает практически до уровня периода 1998-2004 гг.

В Республике Коми динамика наблюдений ОГЯ имеет схожую картину с Ленинградской областью, но снижение количества ОГЯ наблюдается с 1998 г. и продолжается до конца наблюдаемого периода.

На территории Ненецкого автономного округа зарегистрировано наименьшее количество ОГЯ в Северо-Западном федеральном округе.

Максимальное количество ОГЯ отмечено в период 1998-2004 гг. В период с 2005 г. по 2011 г. зафиксировано всего 2 ОГЯ в 2014 г. В период с 2012 г. количество ОГЯ начинает возрастать.

Общее количество ОГЯ в Воронежской области больше, чем в Брянской области за исследуемый период, но их динамика имеет сходных характер. Максимальное количество ОГЯ в обоих субъектах приходится на период 2005-2011 гг., затем снижается. В Брянской области количество ОГЯ возвращается на уровень периодов 1991-1997 гг., 1998-2004 гг., в Воронежской области также зафиксировано уменьшение, но количество ОГЯ больше, чем в периоды 1991-1997 гг., 1998-2004 гг. Минимальное количество ОГЯ отмечено в Брянской области в периоды 1991-1997 гг. и 2012-2018 гг. (18 и 19 соответственно).

В Ростовской области количество ОГЯ постепенно возрастает за исследуемый период и становится максимальным в 2012-2018 гг.

Изменение количества ОГЯ в Нижегородской области сходно с Брянской областью. В период 2005-2011 гг. наблюдается резкое возрастание ОГЯ, а затем количество ОГЯ (2012-2018 гг.) становится сопоставимым с периодами 1991-1997 гг., 1998-2004 гг.

В Тюменской области максимальное количество ОГЯ приходится на период 2005-2011 гг., после чего отмечено снижение наблюдаемых явлений. В Ханты-Мансийском АО – Югре минимальное количество ОГЯ отмечено в 1998-2004 гг., затем их количество начинает возрастать и достигает максимального количества в 2012-2018 гг. Количество ОГЯ в рассматриваемых субъектах Уральского федерального округа достигает практически одинакового количества в период 2012-2018 гг. (28 – Тюменская область и 27 – Ханты-Мансийский АО – Югра).

В Забайкальском крае максимальное количество ОГЯ отмечено в период с 2005 г. по 2011 г., хотя в период с 1998 г. по 2004 г. количество их также значительно. В Иркутской и Омской областях количество наблюдаемых ОГЯ составило по 198 случаев, но динамика их проявления имеет разный характер. В Иркутской области количество ОГЯ достигает максимального значения к периоду 2012-2018 гг., постепенно возрастая. В Омской области максимальное количество

ОГЯ наблюдалось в период 2005-2011 гг., а затем значительно снижалось. В Алтайском крае зарегистрировано максимальное количество ОГЯ за исследуемый период рассматриваемых регионов Сибирского федерального округа. В Алтайском крае, как и в Иркутской области, наблюдается увеличение количество ОГЯ к периоду 2012-2018 гг. К указанному периоду количество ОГЯ становится больше почти в 3 раза. Красноярский край по общему числу ОГЯ занимает второе место среди рассматриваемых регионов Сибирского федерального округа. Динамика количество ОГЯ сходна с Забайкальским краем и Омской областью, т. е. максимальное количество ОГЯ наблюдалось в период 2005-2011 гг., а затем происходит достаточно значительное снижение.

В Хабаровском крае, Сахалинской области и Амурской области количество ОГЯ возрастает за исследуемый период. В Камчатском крае, Магаданской области, Приморском крае количество ОГЯ уменьшается к периоду 2012-2018 гг. Доминирующее положение по количеству ОГЯ занимает Сахалинская область. Минимальное количество ОГЯ наблюдалось в Магаданской области. В 4 из 7 рассматриваемых субъектов Дальневосточного федерального округа наиболее часто наблюдался ветер (Камчатский край, Хабаровский край, Приморский край, Амурская область). В Республике Саха (Якутия) и в Магаданской области доминирующим по частоте проявления являлась чрезвычайно пожароопасная обстановка (ЧПО). В Сахалинской области доминирующее положение по количеству заняли ветер и снег.

В таблице 8 (Приложение 1) показатель достоверности различий средних значений определен при сравнении соответствующих средних значений со средним значением за период 2009-2018 гг.

Для наглядности произошедших изменений нами выполнено картирование региональных систем с учетом происходящих изменений количества ОГЯ (Рисунок 3.4.6).

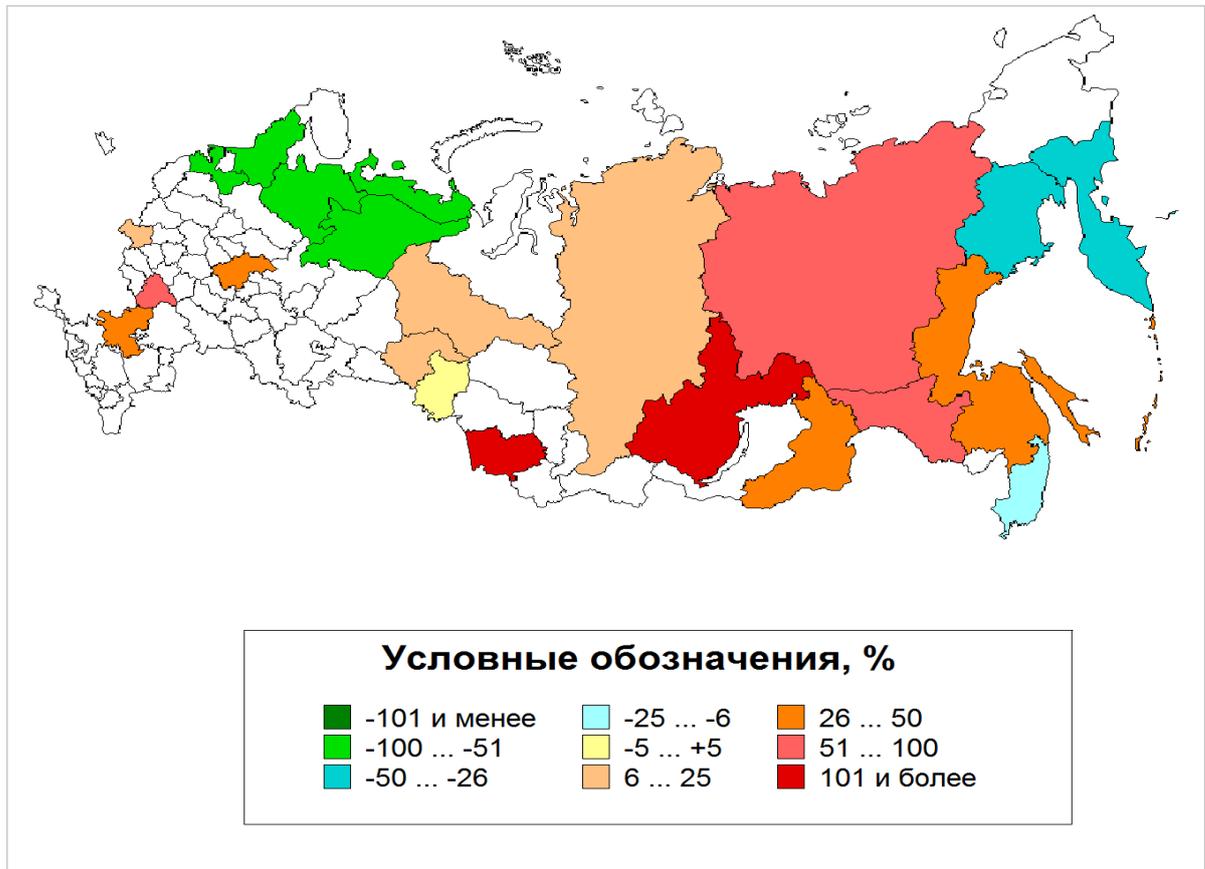


Рисунок 3.4.6. Изменение количества ОГЯ в регионах РФ в период 2010-2018 гг. по отношению к периоду 1991-2010 гг.

Количество опасных метеорологических явлений уменьшилось с высокой степенью достоверности в Ленинградской и Новгородской областях, Республике Коми при сравнении периода 2010-2018 гг. с периодом 1991-2000 гг., и значительно увеличилось в Алтайском крае и Хабаровском крае. В Забайкальском крае отмечено уменьшение ОГЯ в период 2010-2018 гг. по сравнению с 2001-2010 гг. При сравнении рассматриваемых пятилетий достоверное уменьшение количества ОГЯ отмечено в Красноярском крае.

3.5. Динамика высоты снежного покрова в субъектах РФ в период 1966-2018 годов

На фоне глобального потепления, наблюдаемого в последние десятилетия, происходят изменения всех элементов климатической системы. Наблюдаемые

изменения климата и вызываемые ими последствия неоднородны в пространстве и во времени. Это, в частности, касается и основных характеристик снежного покрова: среднедекадной высоты снега, дат начала и конца устойчивого снежного покрова. В ходе проведения исследований нами был проведен анализ среднегодовой высоты снежного покрова 23 субъектов Российской Федерации в период 1966-2018 годы. Результаты анализа представлены в таблице 9 (Приложение 1).

Данные о высоте снежного покрова за исследуемый период были взяты из открытого массива данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Для определения среднегодовой высоты снежного покрова находилась сумма выпавшего снега за каждый месяц (учитывались дни, в которые выпадали осадки), затем сумма за год, которая делилась на число месяцев со снежными осадками.

При анализе данных о высоте снежного покрова в период 1966-2018 гг. в Северо-Западном федеральном округе были выявлены следующие особенности.

В Архангельской области средняя высота снежного покрова максимального значения достигала в период 1966-1970 гг. (36,1 мм). Минимальные значения данного показателя отмечены для двух периодов: 1) 2001-2010 гг. – 27,1 мм; 2) 2011-2018 гг. – 27,6 мм. При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 2,3 мм в сторону понижения среднегодовой высоты снежного покрова. При анализе колебания высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение на 1,2 мм.

В Ленинградской области средняя высота снежного покрова максимального значения достигала в период 1966-1970 гг. (19,6 мм), также, как и в Архангельской области. Хотя высота снежного покрова в Ленинградской области значительно ниже, чем в Архангельской. Минимальное значение высоты снежного покрова отмечено в период 1991-2000 гг. (11,5 мм). При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 3,6ммв сторону понижения среднегодовой высоты снежного покрова. При анализе колебания высоты

снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено значительное уменьшение на 17,9 мм.

В Новгородской области максимальное значение высоты снежного покрова выявлено в период 2011-2018 гг. (24,1 мм), а минимальное – в период 1971-1980 гг. (15,4 мм). В Республике Карелия в период 1981-1990 гг. средняя высота снежного покрова достигала максимального значения – 29,2 мм, а минимального – в период 1971-1980 гг. (16,4 мм). В Республике Коми средняя высота снежного покрова максимального значения достигала в период 1971-1980 гг. (47,5 мм). Следует отметить, что во все исследуемые периоды средняя высота снежного покрова принимала значения более 41 мм, за исключением периода 1966-1970 гг. (29,4 мм). При анализе колебания высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение на 3,9 мм.

В Ненецком автономном округе в период 2001-2010 гг. средняя высота снежного покрова достигала максимального значения – 42,8 мм, а минимального – в период 1966-1970 гг. (28,8 мм). При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 6,6 мм в сторону увеличения среднегодовой высоты снежного покрова. На рисунке 3.5.1. представлена динамика средней высоты снежного покрова субъектов Северо-Западного федерального округа в исследуемый период.

Максимальная высота снежного покрова отмечена для Ненецкого автономного округа и Республики Коми, а минимальные значения – для Ленинградской области. Начиная с 1971 года, высота снежного покрова в Республике Коми достигает высоких значений, незначительно снижаясь к 2018 г. При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. понижения средней высоты снежного покрова отмечены для Архангельской и Ленинградской областей (2,3 и 3,6 мм соответственно).

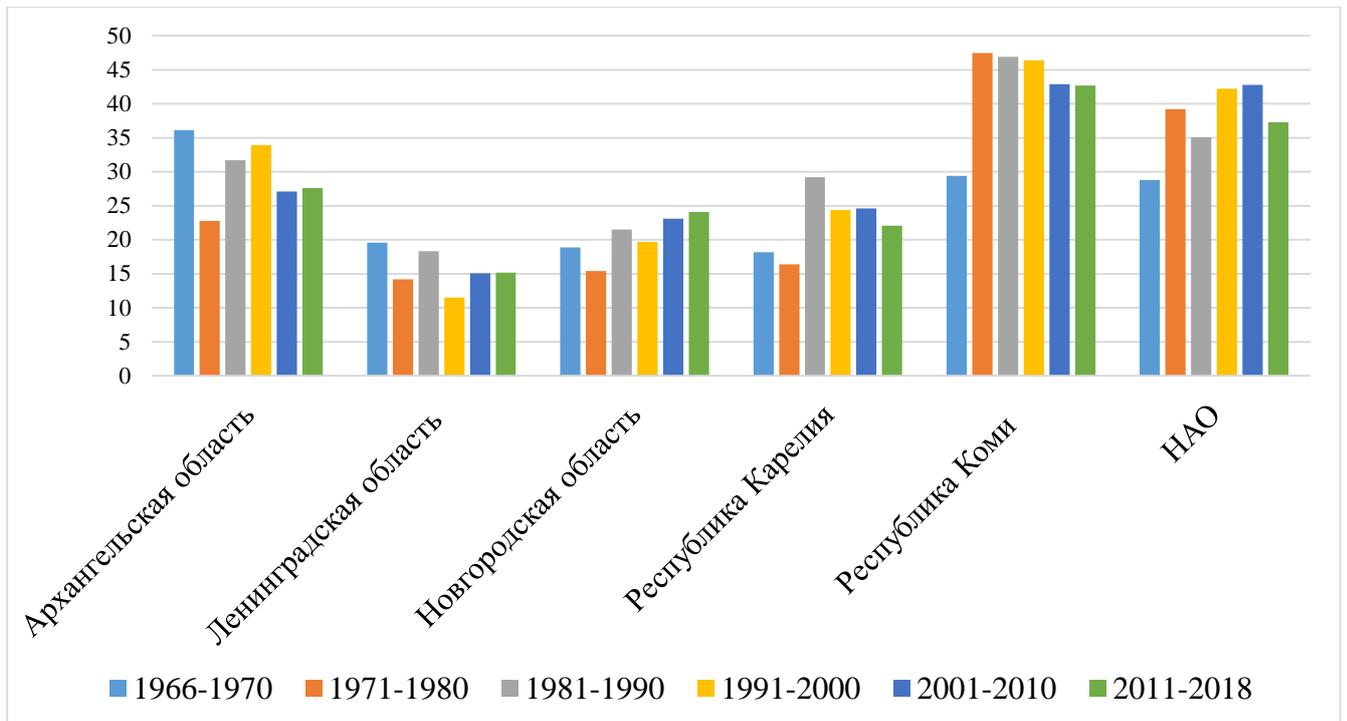


Рисунок 3.5.1. Динамика средней высоты снежного покрова субъектов Северо-Западного федерального округа в период 1966-2018 гг.

Для других регионов отмечено возрастание этого климатического показателя. При анализе колебания высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов в Северо-Западном федеральном округе выявлено значительное уменьшение средней высоты снежного покрова в Ленинградской области и Республике Карелии (17,9 и 14,7 мм соответственно).

В Центральном федеральном округе, в Брянской и Воронежских областях, максимальная средняя высота снежного покрова отмечена в период 2001-2010 гг. (20,7 и 20,6 мм соответственно). В Брянской области минимальная средняя высота снежного покрова наблюдалась в период 1966-1970 гг. (15,7 мм), а в Воронежской области – в период 1971-1980 гг. (14,5 мм).

На рисунке 3.5.2. представлена динамика средней высоты снежного покрова субъектов Центрального федерального округа в исследуемый период.

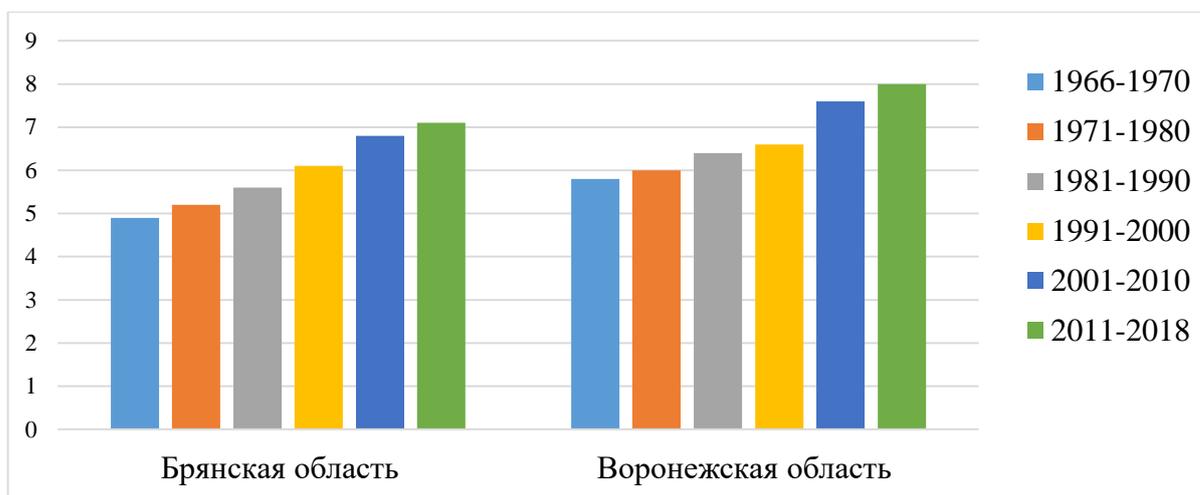


Рисунок 3.5.2. Динамика средней высоты снежного покрова субъектов Центрального федерального округа в период 1966-2018 гг.

В субъектах Центрального федерального округа динамика высоты снежного покрова имеет довольно выровненный характер. В Брянской области средняя высота снежного покрова с 2001 г. несколько повышается, хотя при сравнении средних значений периода 2014-2018 гг. с предыдущей пятилеткой отмечено резкое снижение высоты снежного покрова. В Воронежской области отмечен прирост средних значений высоты снежного покрова, как при сравнении с базовым периодом, так и сравнении двух последних пятилеток.

В Ростовской области, относящейся к Южному федеральному округу, средняя высота снежного покрова достигает незначительных значений, что объясняется его географическим расположением. Максимальная средняя высота снежного покрова отмечена в период 1981-1990 гг. (11,3 мм), а минимальная – в период 1971-1980 гг. (6,9 мм).

При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. в Ростовской области разница составила 0,2 мм в сторону увеличения среднегодовой высоты снежного покрова, т.е. осталась на прежнем уровне. При анализе колебания высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение на 3,3 мм.

В Нижегородской области Приволжского федерального округа максимальная средняя высота снежного покрова наблюдалась в период 2011-

2018 гг. и составляла 33,1 мм, а минимальная – в период 2001-2010 гг. (22,3 мм). При анализе колебания высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено уменьшение на 8,2 мм.

В Уральском федеральном округе в Тюменской области в период 2011-2018 гг. средняя высота снежного покрова достигала максимального значения – 29,5 мм, а минимального – в период 1966-1970 гг. (23 мм).

При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. в Тюменской области разница составила 4,7 мм в сторону увеличения среднегодовой высоты снежного покрова. При анализе колебания высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено незначительное увеличение на 0,3 мм.

В Ханты-Мансийском автономном округе – Югре средняя высота снежного покрова достигала максимального значения в периоды 2001-2010 и 2011-2018 гг. (35,9 и 35,8 мм соответственно), а минимального – в период 1966-1970 гг. (26,9 мм) (Рисунок 3.5.3.).

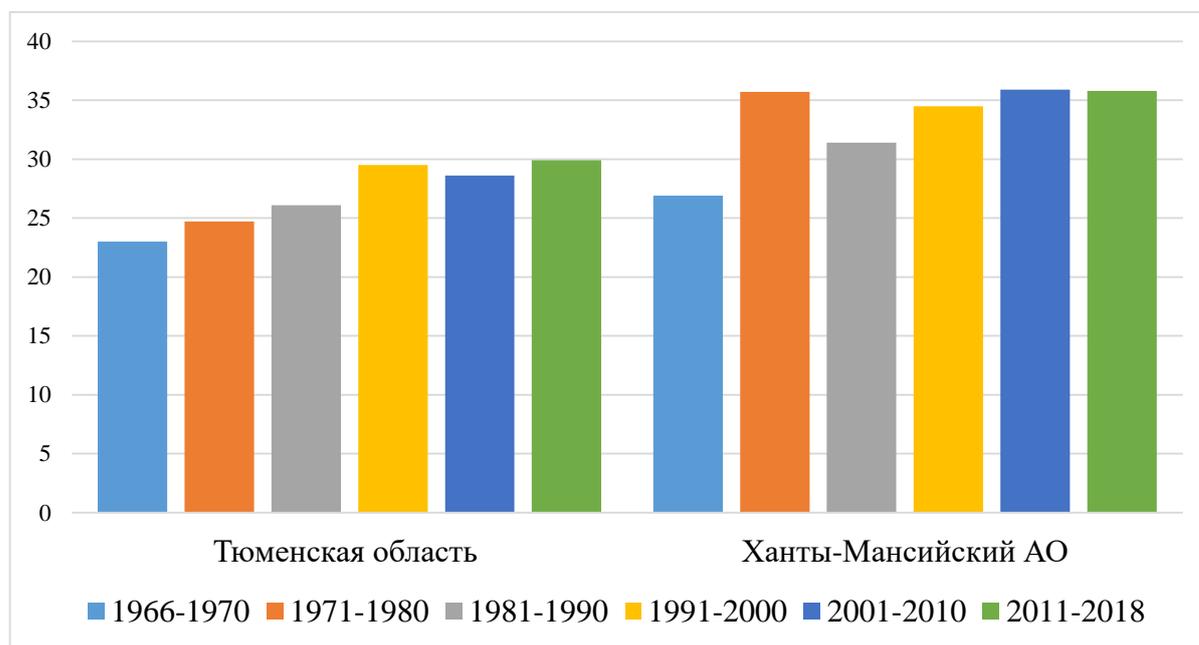


Рисунок 3.5.3. Динамика средней высоты снежного покрова субъектов Уральского федерального округа в период с 1966 г. по 2018 г.

При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 4 мм в сторону увеличения среднегодовой высоты снежного покрова. При анализе колебания высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов

выявлено незначительное увеличение на 0,3 мм. При анализе динамики высоты снежного покрова в регионах Уральского федерального округа выявленные тренды повышения высоты снежного покрова для обоих рассматриваемых регионов. При сравнении с базовым периодом и сравнении последних пятилеток в Тюменской области и Ханты-Мансийском автономном округе выявлено повышение средней высоты снежного покрова.

При анализе данных о высоте снежного покрова в период 1966-2018 гг. в Сибирском федеральном округе были выявлены следующие особенности.

В Забайкальском крае максимальная средняя высота снежного покрова отмечена в период 2001-2010 гг. (8,1 мм), а минимальная – в период 1971-1980 гг. (3,9 мм). В Иркутской области максимальная средняя высота снежного покрова отмечена в период 2011-2018 гг. (22,2 мм), а минимальная – в период 1971-1980 гг. (16,7 мм). В Омской области средняя высота снежного покрова максимального значения достигала в период 2011-2018 гг. и составляла 33,9 мм, а минимальное значение отмечено в период 1966-1970 гг. (14,6 мм). При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 8,3 мм в сторону увеличения среднегодовой высоты снежного покрова. При анализе динамики высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение на 5,9 мм. В Алтайском крае средняя высота снежного покрова максимального значения достигала в период 2001-2010 гг. (32,4 мм). Минимальные значения данного показателя отмечены для периода 1966-1970 гг. (17,2 мм). В Красноярском крае (по данным метеостанции 20891 Хатанга) максимальная высота снежного покрова выявлена 1981-1990 гг. (29,1 мм), а минимальная отмечена в 1966-1970 гг. (16,3 мм). В Красноярском крае (по данным метеостанции 23472 Туруханск) минимальная средняя высота снежного покрова отмечена в период 1966-1970 гг. и составила 50,2 мм. Максимального значения она достигла в период 2001-2010 годов и составила 69,6 мм. При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 14,1 мм в сторону увеличения среднегодовой высоты снежного покрова. При анализе динамики высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение на 18,4 мм.

На рисунках 3.5.4. и 3.5.5. представлена динамика высоты снежного покрова в субъектах Сибирского федерального округа.

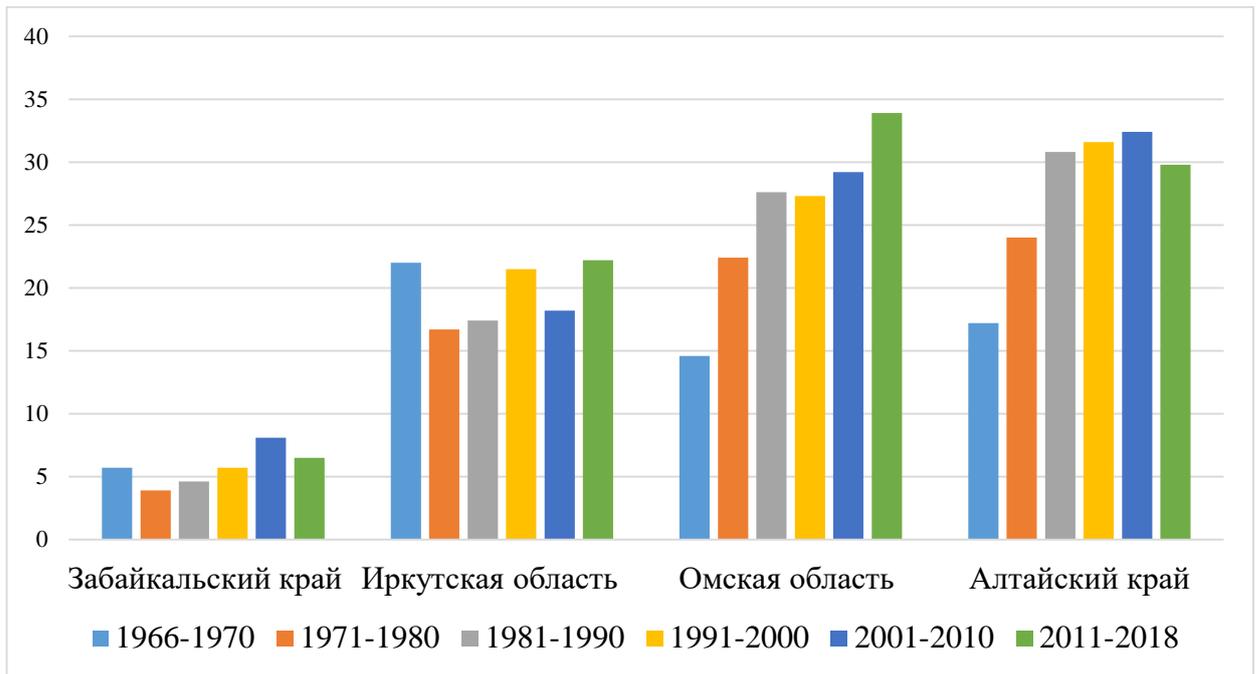


Рисунок 3.5.4. Динамика средней высоты снежного покрова субъектов Сибирского федерального округа в период 1966-2018 гг.

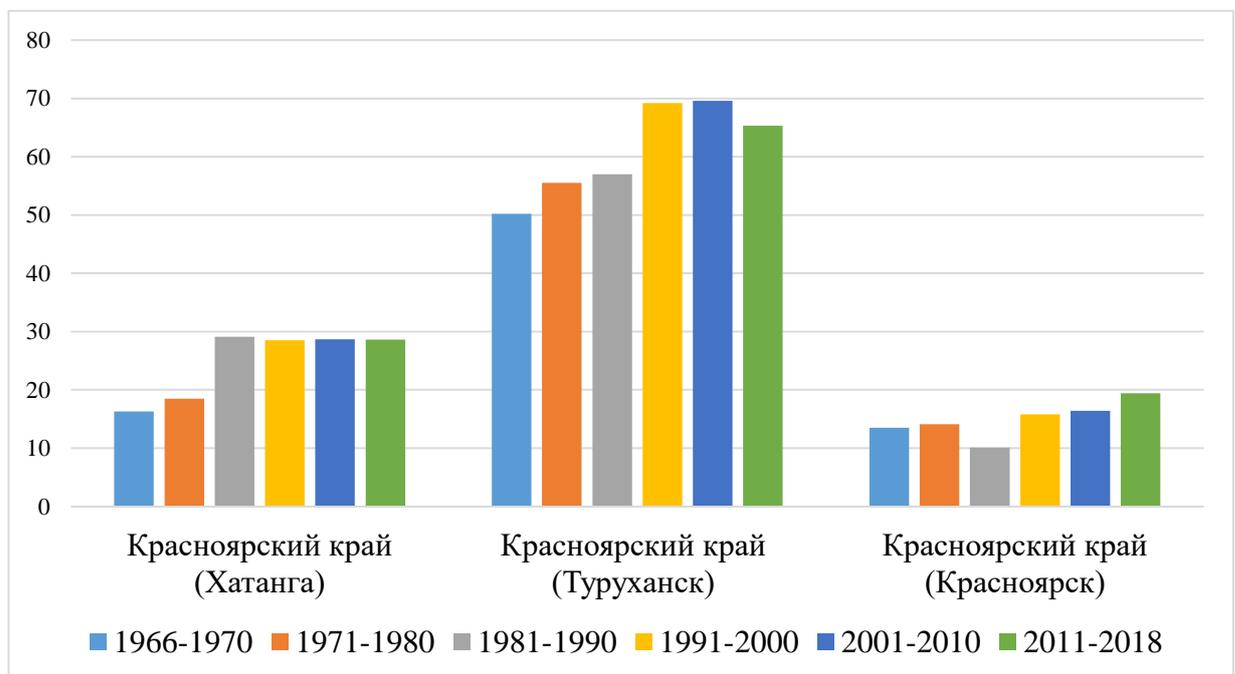


Рисунок 3.5.5. Динамика средней высоты снежного покрова в Красноярском крае в период 1966-2018 гг.

Анализ динамики высоты снежного покрова позволяет сказать, что в Забайкальском крае, Омской области, Алтайском крае прослеживается отчетливый тренд повышения значений рассматриваемого показателя к периоду 2011-2018 гг.

В Красноярском крае во всех трех точках метеонаблюдений была отмечена тенденция к незначительному повышению средней высоты снежного покрова, начиная с 1991 года.

Во всех субъектах Сибирского федерального округа при сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. наблюдалось увеличение высоты снежного покрова (минимальное значение – 1,8 мм в Иркутской области, максимальное значение 14,1 мм в Красноярском крае (метеостанция 23472 Туруханск)). Кроме того, в Красноярском крае (метеостанция 23472 Туруханск) при сравнении последних пятилетних периодов наблюдений отмечено значительное повышение высоты снежного покрова в 18,4 мм.

В Республике Саха (Якутия) (метеостанция 24266 Верхоянск) минимальная средняя высота снежного покрова отмечена в период 2011-2018 годов и составила 19,8 мм. Максимального значения она достигла в период 1991-2000 годов и составила 15,8 мм. При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 1,7 мм в сторону увеличения среднегодовой высоты снежного покрова.

В Камчатском крае средняя высота снежного покрова максимального значения достигала в период 2011-2018 гг. и составляла 87,3 мм, а минимальное значение отмечено в период 1966-1970 гг. (40,2 мм). При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 29,2 мм в сторону увеличения среднегодовой высоты снежного покрова. При анализе динамики высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено увеличение на 13,2 мм.

В Магаданской области минимальная средняя высота снежного покрова отмечена в период 1971-1980 гг. и составила 11,9 мм. Максимального значения она достигла в период 2001-2010 гг. и составила 26 мм. В Хабаровском крае в период 2011-2018 гг. средняя высота снежного покрова достигала максимального значения – 20,8 мм, а минимального – в период 1971-1980 гг. (7,5 мм).

В Сахалинской области в период 2011-2018 гг. средняя высота снежного покрова достигала максимального значения – 47,4 мм, а минимального – в период 1971-1980 гг. (29,8 мм). При сравнении базового периода с периодом 1991-2018 гг. разница составила 7,7 мм в сторону увеличения среднегодовой высоты снежного покрова. При анализе динамики высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов выявлено уменьшение на 8,1 мм.

На рисунках 3.5.6. и 3.5.7. представлена динамика высоты снежного покрова в субъектах Дальневосточного федерального округа. Наиболее больших значений высота снежного покрова достигает в Камчатском крае. Кроме того, в этом субъекте виден отчетливый тренд возрастания высоты снежного покрова за исследуемый период. В Хабаровском крае за весь исследуемый период высота снежного покрова демонстрирует незначительную тенденцию к возрастанию. В Приморском крае и Амурской области высота снежного покрова остается приблизительно на одном уровне.

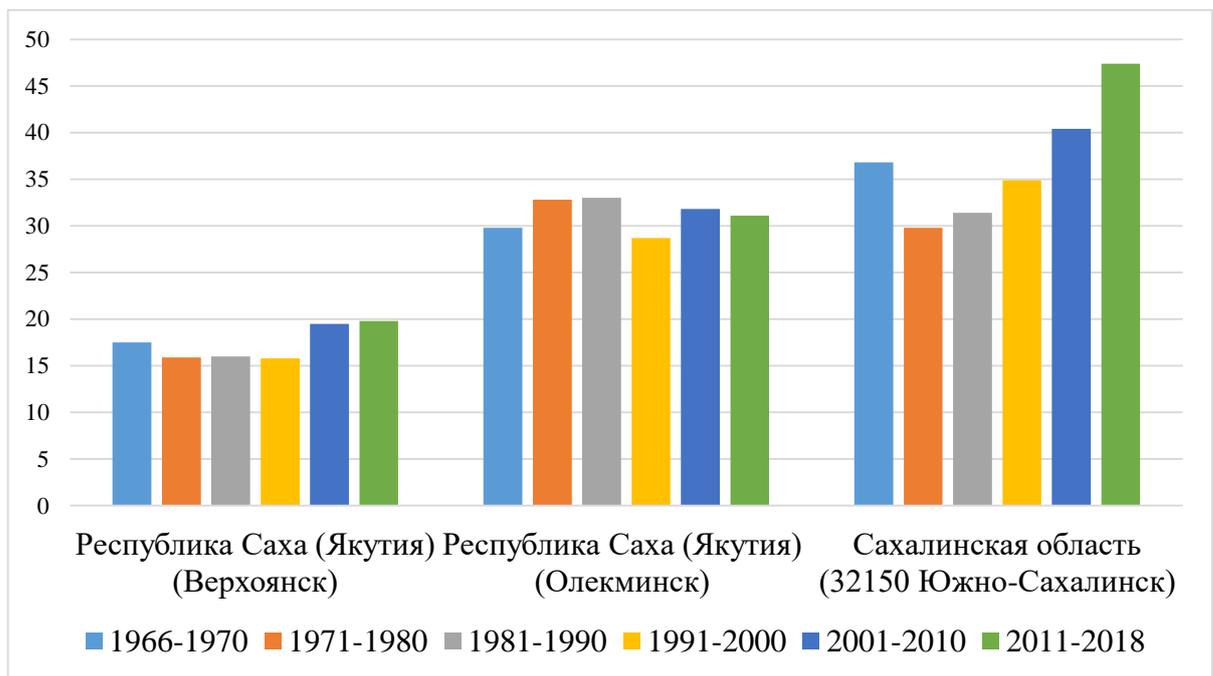


Рисунок 3.5.6. Динамика средней высоты снежного покрова в Республике (Якутия) и Сахалинской области в период 1966-2018 гг.

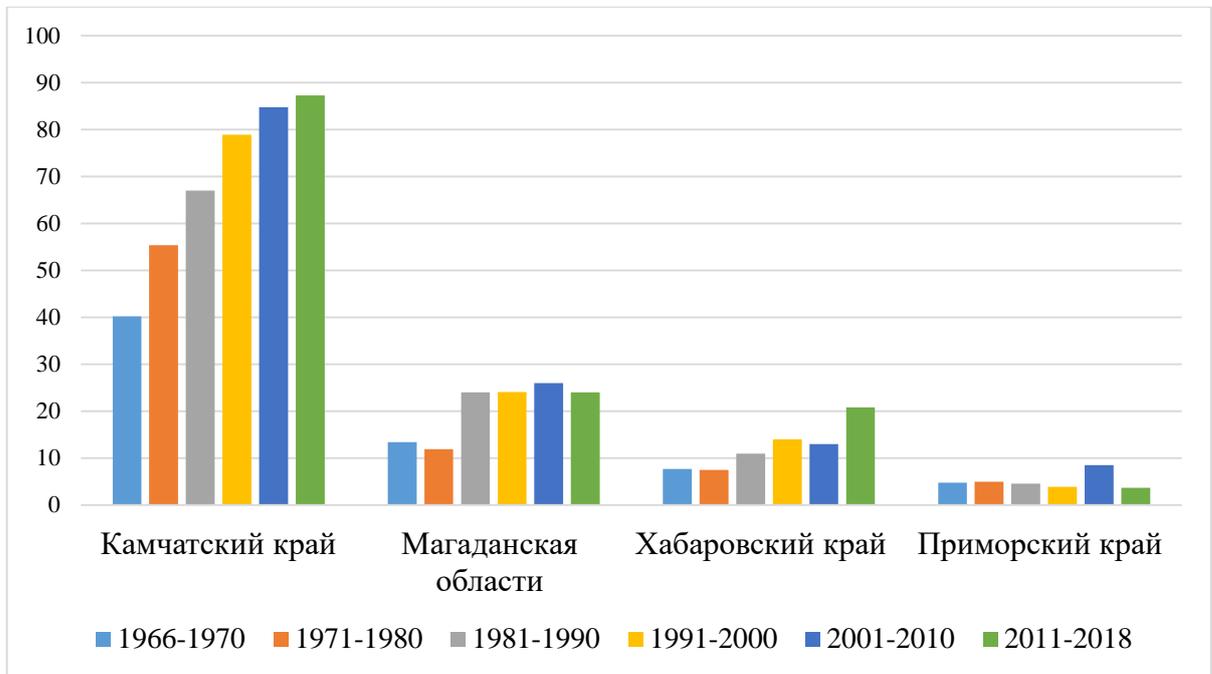


Рисунок 3.5.7. Динамика средней высоты снежного покрова в субъектах Дальневосточного федерального округа в период 1966-2018 гг.

Изучение динамики средней высоты снежного покрова исследуемых регионов позволяет сделать следующие заключения.

В Северо-Западном федеральном округе максимальная высота снежного покрова отмечена для Ненецкого автономного округа и Республики Коми, а минимальные значения – в Ленинградской области. Начиная с 1971 года, высота снежного покрова в Республике Коми достигает высоких значений, незначительно снижаясь к 2018 г. При сравнении базового периода понижения средней высоты снежного покрова отмечены для Архангельской и Ленинградской областей (2,3 и 3,6 мм соответственно). Для других регионов отмечено возрастание этого климатического показателя. При анализе колебания высоты снежного покрова в периоды 2009-2013 и 2014-2018 годов в Северо-Западном федеральном округе выявлено значительное уменьшение средней высоты снежного покрова в Ленинградской области и Республике Карелии (17,9 и 14,7 мм соответственно).

В субъектах Центрального федерального округа динамика высоты снежного покрова имеет довольно выровненный характер. В Брянской области средняя высота снежного покрова с 2001 г. несколько повышается, хотя при сравнении

средних значений периода 2014-2018 гг. с предыдущей пятилеткой отмечено резкое снижение высоты снежного покрова. В Воронежской области отмечен прирост средних значений высоты снежного покрова, как при сравнении с базовым периодом, так и сравнении двух последних пятилеток.

В Ростовской области, относящейся к Южному федеральному округу, средняя высота снежного покрова достигает незначительных значений, что объясняется его географическим расположением. Максимальная средняя высота снежного покрова отмечена в период 1981-1990 гг. (11,3 мм), а минимальная – в период 1971-1980 гг. (6,9 мм).

В Нижегородской области (Приволжский федеральный округ) максимальные значения высоты снежного покрова отмечены в крайние временные отрезки исследуемого временного периода (1966-1970 и 2011-2018 гг.).

При анализе динамики высоты снежного покрова в регионах Уральского федерального округа выявленные тренды повышения высоты снежного покрова для обоих рассматриваемых регионов. При сравнении с базовым периодом и сравнении последних пятилеток в Тюменской области и Ханты-Мансийском автономном округе выявлено повышение средней высоты снежного покрова.

Анализ динамики высоты снежного покрова Сибирского федерального округа позволяет сказать, что в Забайкальском крае, Омской области, Алтайском крае прослеживается отчетливый тренд повышения значений рассматриваемого показателя к периоду 2011-2018 гг. За весь исследуемый период в Иркутской области колебания высоты снежного покрова были незначительны и оставались на одном уровне.

В Красноярском крае во всех трех точках метеонаблюдений была отмечена тенденция к незначительному повышению средней высоты снежного покрова, начиная с 1991 года.

В Республике Саха (Якутия) за весь период наблюдений отмечено незначительное повышение высоты снежного покрова. Можно даже сделать вывод, что высота снежного покрова за весь период наблюдений остается на практически неизменном уровне или на незначительно меняющемся. В Сахалинской области

при сравнении с базовым периодом высота снежного покрова достигает несколько большего значения, но в последнюю пятилетку наблюдений значительно снижается.

Наибольших значений высота снежного покрова достигает в Камчатском крае. Кроме того, в этом субъекте виден отчетливый тренд возрастания высоты снежного покрова за исследуемый период. В Хабаровском крае за весь исследуемый период высота снежного покрова демонстрирует незначительную тенденцию к возрастанию. В Приморском крае и Амурской области высота снежного покрова остается приблизительно на одном уровне.

В таблице 10 (Приложение 1) показатель достоверности различий средних значений определен при сравнении соответствующих средних значений со средним значением за период 2009-2018 гг.

В Ненецком автономном округе, Омской области, Алтайском крае, Красноярском крае, Камчатском крае, Хабаровском крае, Сахалинской и Амурской областях отмечено достаточно значительное увеличение снежного покрова при сравнении периодов 1991-2018 гг. и 1966-1990 гг. при высоких значениях достоверности. Увеличение снежного покрова при сравнении периода 2010-2018 гг. с периодом 1966-1990 гг. выявлено в Тюменской области, Забайкальском крае, Омской области, Алтайском крае, Красноярском крае (20891 Хатанга, 29570 Красноярск), Камчатском крае, Хабаровском крае, Сахалинской области. При анализе периодов 1991-2000 гг. и 2010-2018 гг. в Архангельской области отмечено уменьшение снежного покрова, а в Сахалинской области увеличение. При анализе периодов 2001-2010 гг. и 2010-2018 гг. в Хабаровском крае отмечено уменьшение снежного покрова, а в Нижегородской области увеличение. Уменьшение снежного покрова в период 2009-2013 гг. выявлено в Ленинградской области, Республике Карелия, Забайкальском крае, увеличение – в Новгородской области, Красноярском крае (23472 Туруханск).

Для наглядности произошедших изменений нами выполнено картирование региональных систем с учетом происходящих изменений высоте снежного покрова (Рисунок 3.5.8.).

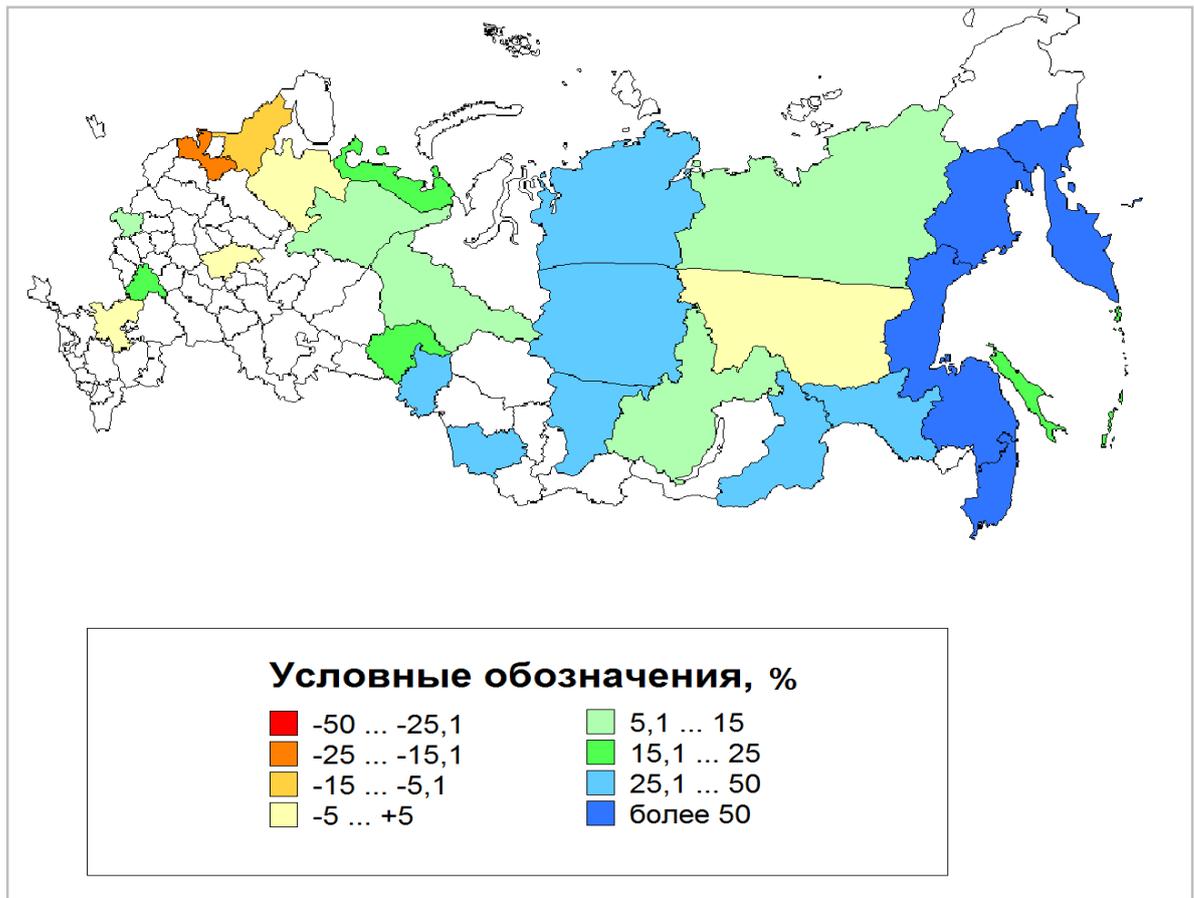


Рисунок 3.5.8. Изменение высоты снежного покрова в регионах РФ в период 1991-2018 гг. по отношению к периоду 1966-1990 гг.⁴

В целом, анализ изменения среднегодовой высоты снежного покрова показывает, что только на Северо-Западе Российской Федерации, в Архангельской и Ленинградской областях, при сравнении базового периода (1966-1990 гг.) с периодом 1991-2018 гг. динамика показателя идет на спад. По оставшимся 24 точкам наблюдения зафиксирована тенденция к увеличению среднегодовых значений.

⁴ Разработка автора.

3.6. Динамика частоты повторяемости крупных лесных пожаров в субъектах РФ в период 1999-2018 годов

В ходе проведения исследований была проанализирована динамика лесных пожаров субъектов Российской Федерации за период 1991-2018 гг. Были использованы данные о динамике лесных пожаров из Сводной статистики Лесных пожаров в Российской Федерации (Сводная статистика лесных пожаров..., (Электронный ресурс)) и данные, предоставленные Федеральным агентством лесного хозяйства России (Рослесхоз).

Из числа исследуемых субъектов РФ (24) был исключен Ненецкий автономный округ (Северо-Западный федеральный округ), т.к. в течение исследуемого периода возгораний на землях, относящихся к Лесному фонду, зафиксированы не были.

В таблице 11 (Приложение 1) представлены обобщающие сведения о динамике количества лесных пожаров в исследуемых субъектах РФ.

В рассматриваемых регионах Северо-Западного федерального округа доминирующей по общему количеству лесных пожаров является Ленинградская область (12991). В Республике Карелии и Республике Коми число лесных пожаров также значительно (11808 и 10566 соответственно). Наименьшее число пожаров отмечено в Архангельской области (8610).

При анализе динамики количества лесных пожаров в Ленинградской области можно отметить, что наибольшее количество пожаров выявлено в 2002 г. и 2016 г. (2710 и 2888 соответственно), а наименьшее – в 2012 г. и 2017 г. (65 и 3 соответственно).

В Новгородской области общее число лесных пожаров за наблюдаемый период составило 8610 шт. В данном регионе максимальное количество лесных пожаров отмечалось в 2002 г. (1020 шт.), а минимальное – в 1991 г. и 1992 г. (17 и 18 соответственно).

В Республике Коми максимальное количество лесных пожаров зафиксировано в 2000 г. (897), а минимальное – в 2009 г. (82). В Республике

Карелия в 2006 г. отмечено 1157 лесных пожаров, а в 1991 г. и 1992 г. только по 15. В Архангельской области самым неблагоприятным годом был 1997 г. (846 лесных пожаров). Наименьшее количество лесных пожаров для данной области отмечено в 2008 г. (32).

На рисунке 3.6.1. представлена динамика количества лесных пожаров в рассматриваемых регионах Северо-Западного федерального округа.

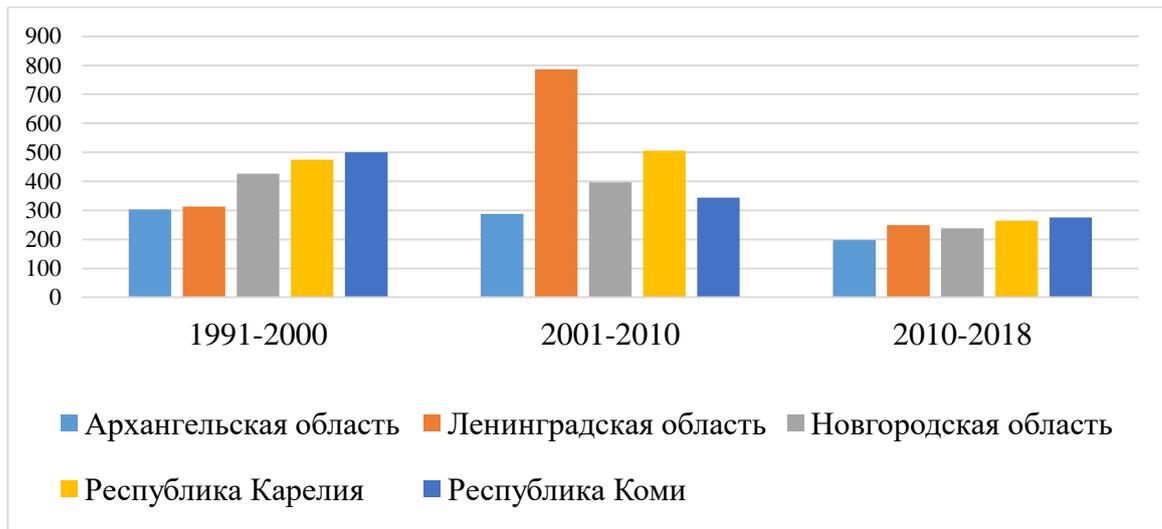


Рисунок 3.6.1. Динамика количества лесных пожаров в рассматриваемых регионах Северо-Западного федерального округа в период 2007-2018 гг.

Как видно из диаграммы, снижение количества лесных пожаров во всех субъектах отмечено для периода 2010-2018 гг.

В Центральном федеральном округе в Воронежской области общее число лесных пожаров за рассматриваемый период составило 13354. В 2010 г. количество лесных пожаров достигло значения 1278, а в 2016 г. выявлено только 7 лесных пожаров. В Брянской области количество пожаров за рассматриваемый период составило 5466. Наиболее пожароопасным являлся 2009 г. (979 пожаров), а наименее – 2016 г. (2 пожара).

На рисунке 3.6.2 представлена динамика количества лесных пожаров в рассматриваемых регионах Центрального федерального округа.

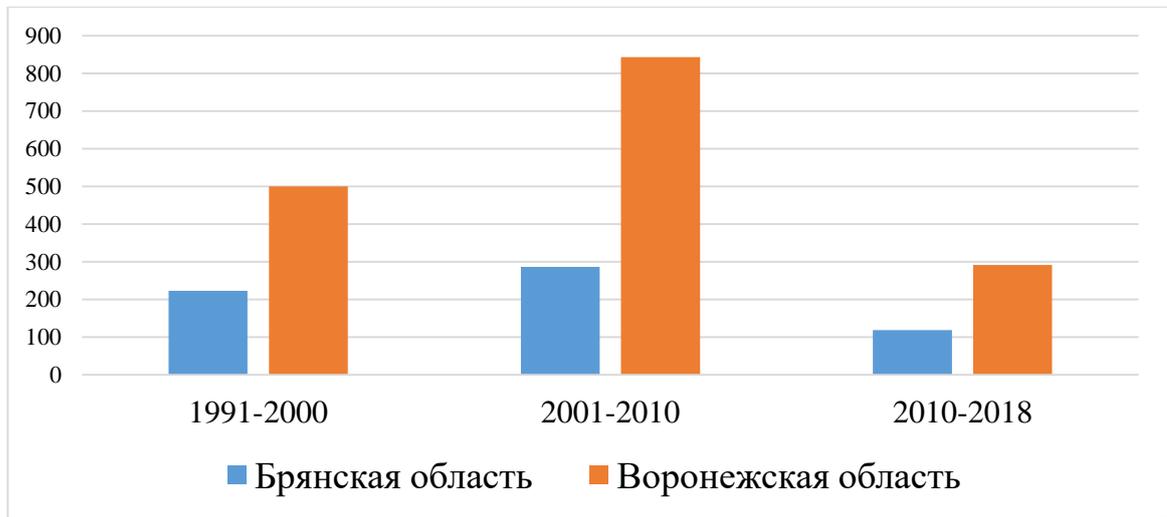


Рисунок 3.6.2. Динамика количества лесных пожаров в рассматриваемых регионах Центрального федерального округа в период 2007-2018 гг.

Из представленной диаграммы отчетливо видно, что значительное снижение количества лесных пожаров в Воронежской области происходит с 2011 г. В Брянской области за период исследований отмечено гораздо меньшее количество пожаров по сравнению с Воронежской областью, но как видно из диаграммы тенденция к снижению их количества также намечается с 2011 г.

В Южном федеральном округе в Ростовской области количество лесных пожаров за исследуемый период относительно невелико и составляет 752 шт.

В Приволжском федеральном округе в Нижегородской области количество лесных пожаров гораздо значительнее по сравнению с Ростовской областью. Это, по-видимому, связано с климатическими зонами, в которых располагаются исследуемые регионы. Общее количество лесных пожаров в Нижегородской области составило 10687 шт. Максимальное число лесных пожаров наблюдалось в 2010 г. (1278), а наименьшее – в 1994 г. (37).

На рисунке 3.6.3 представлена динамика количества лесных пожаров в Ростовской и Нижегородской областях.

Как видно из диаграммы, снижение количества лесных пожаров в Нижегородской области начинается с периода 2001-2010 гг. Максимальное количество пожаров выявлено в 2010 г. В Нижегородской области максимальное

количество пожаров отмечено в период 2001-2010 гг., а минимальное – в период 2010-2018 гг.

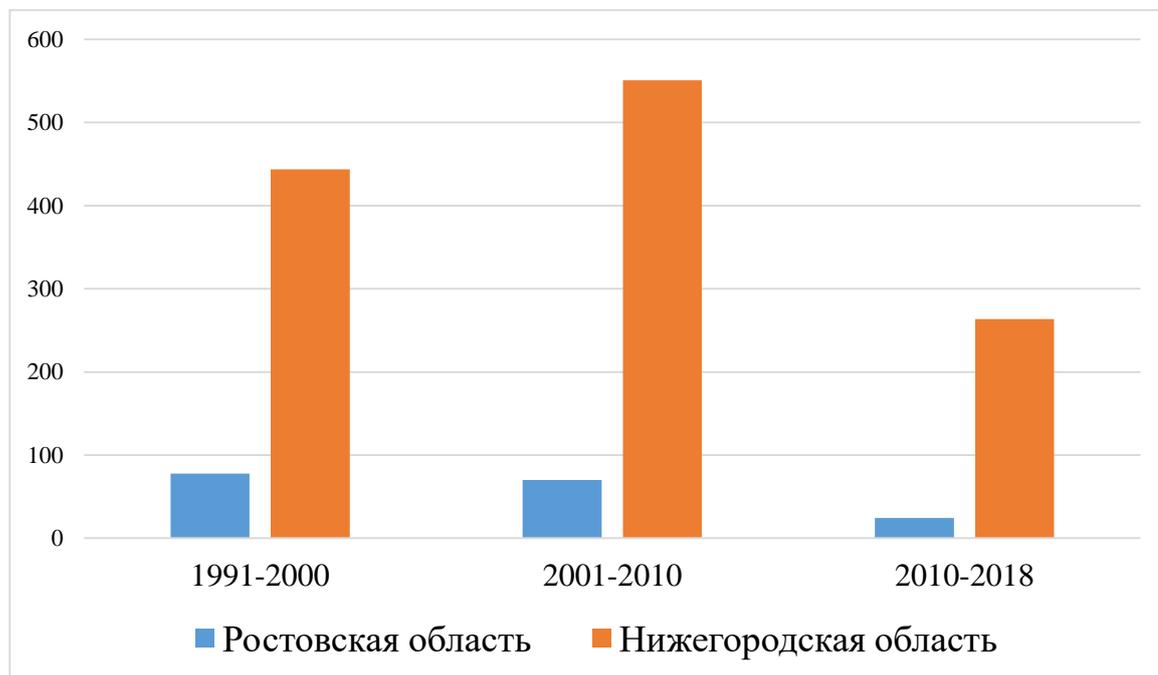


Рисунок 3.6.3. Динамика количества лесных пожаров в рассматриваемых регионах Центрального и Приволжского федеральных округов в период 2007-2018 гг.

В Уральском федеральном округе в Тюменской области и Ханты-Мансийском автономном округе количество лесных пожаров достаточно значительно (15660 и 14024 соответственно). В Тюменской области максимальное количество пожаров отмечено в период 2001-2010 гг. В Ханты-Мансийском АО – Югре наблюдается постепенное увеличение количества лесных пожаров к периоду 2010-2018 гг.

На рисунке 3.6.4 представлена динамика количества лесных пожаров в рассматриваемых регионах Уральского федерального округа.

В Тюменской области максимально пожароопасный период наблюдался с 2004 по 2012 гг. (2004 – 1770 шт., 2006 – 1141 шт., 2008 – 1580 шт., 2010 – 1810 шт.). С 2013 г. количество пожаров в области сокращается, достигая минимума в 2015 г. (84) и несколько увеличиваясь к 2018 г. (128). В Ханты-Мансийском автономном округе наибольшее количество лесных пожаров было отмечено в 2004 и 2012 гг. (1028 и 1604 шт. соответственно), а минимальное – в 2001 г. (169).

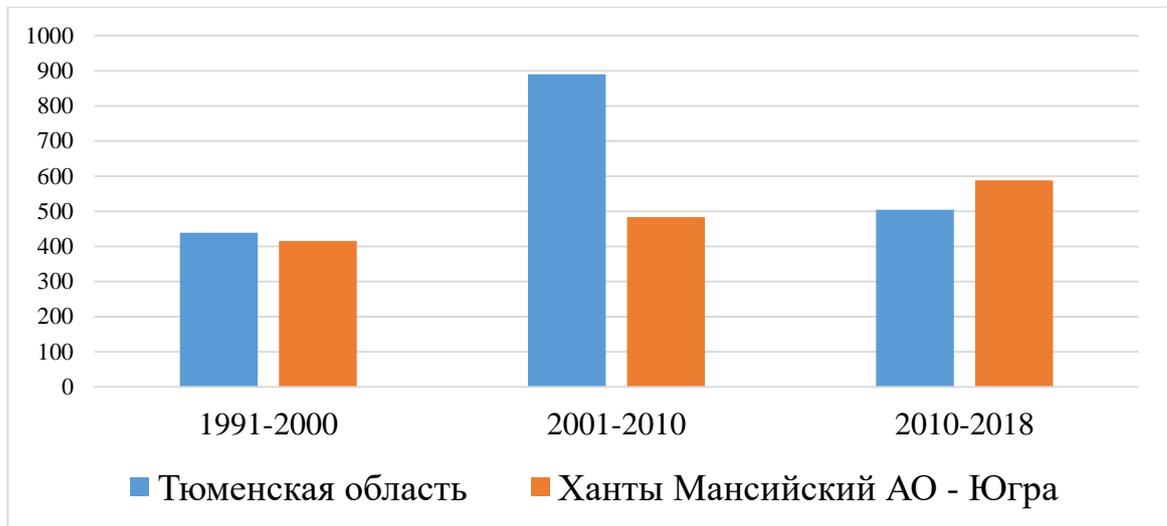


Рисунок 3.6.4. Динамика количества лесных пожаров в рассматриваемых регионах Уральского федерального округа в период 2007-2018 гг.

В Сибирском федеральном округе максимальное количество пожаров за рассматриваемый период наблюдалось в Забайкальском крае и Красноярском крае (29388 и 27486 соответственно), а минимальное – в Омской области (6981).

Максимальное количество лесных пожаров в Забайкальском крае отмечено в 2003 г. (2512), в Иркутской области – в 2003 г. (3248), в Омской области – в 2009 г. (697), в Алтайском крае – 1997 г. (1464), в Красноярском крае – 2012 г. (2403). Минимальное количество лесных пожаров в Забайкальском крае отмечено в 1991 г. (269), в Иркутской области – в 2004 г. (498), в Омской области – в 1993г. (17), в Алтайском крае – 2016 г. (10), в Красноярском крае – 2005 г. (375).

На рисунке 3.6.5. представлена динамика количества лесных пожаров в рассматриваемых регионах Сибирского федерального округа.

В соответствии с представленной диаграммой, в динамике количества лесных пожаров субъектов Сибирского федерального округа сложно выявить общие закономерности динамики количества лесных пожаров. Вероятно, это связано со значительной территорией областей и краев и разнообразными природными условиями и климатическими зонами.

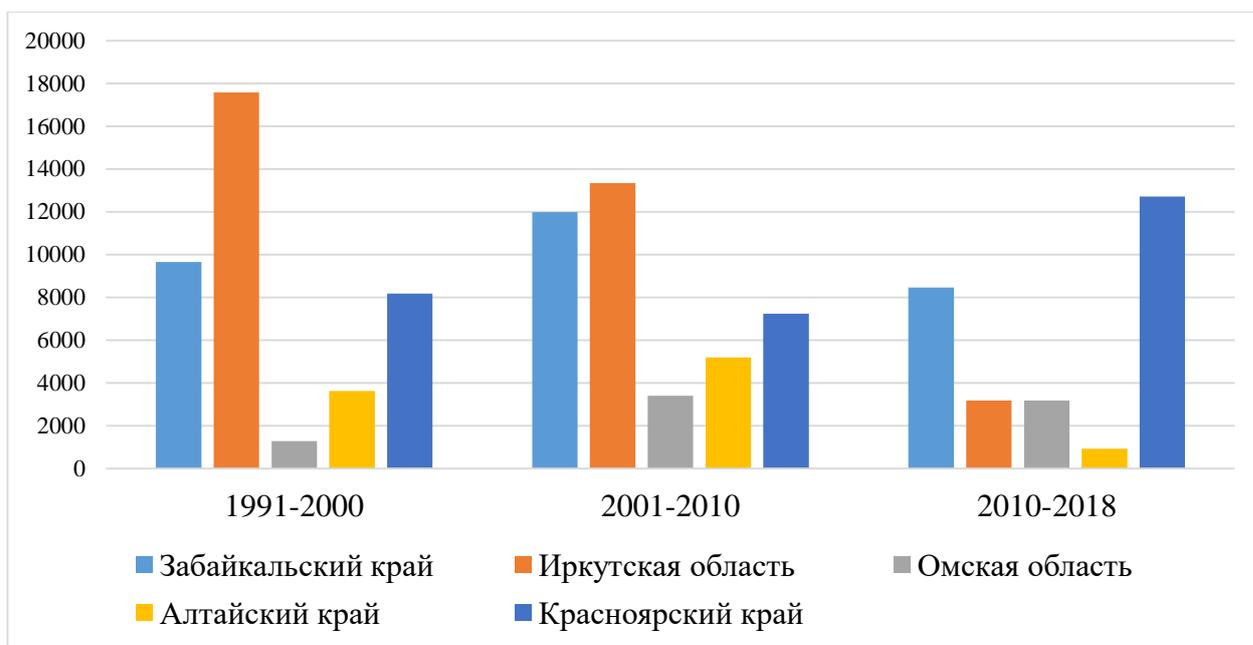


Рисунок 3.6.5. Динамика количества лесных пожаров в рассматриваемых регионах Сибирского федерального округа.

В Дальневосточном федеральном округе максимальное количество пожаров за рассматриваемый период наблюдалось в Хабаровском крае, Республике Саха (Якутия) (13497 и 14351 соответственно), а минимальное – в Камчатском крае (1413).

Максимальное количество лесных пожаров в Республике Саха (Якутия) отмечено в 2009 г. (1048), в Камчатском крае – в 1998 г. (122), в Магаданской области – в 2009 г. (412), в Хабаровском крае – в 1998 г. (1266), в Сахалинской области – в 2003 г. (656), в Приморском крае – в 2014 (727), в Амурской области – в 2003 г. (599).

Минимальное количество лесных пожаров в Республике Саха (Якутия) отмечено в 2007 г. (81), в Камчатском крае – в 2011 г. (13), в Магаданской области – в 2004 г. (21), в Хабаровском крае – в 2015 г. (167), в Сахалинской области – в 1992 г. (7), в Приморском крае – в 1994 (77), в Амурской области – в 2004 г. (146).

На рисунке 3.6.6. представлена динамика количества лесных пожаров в рассматриваемых регионах Сибирского федерального округа.

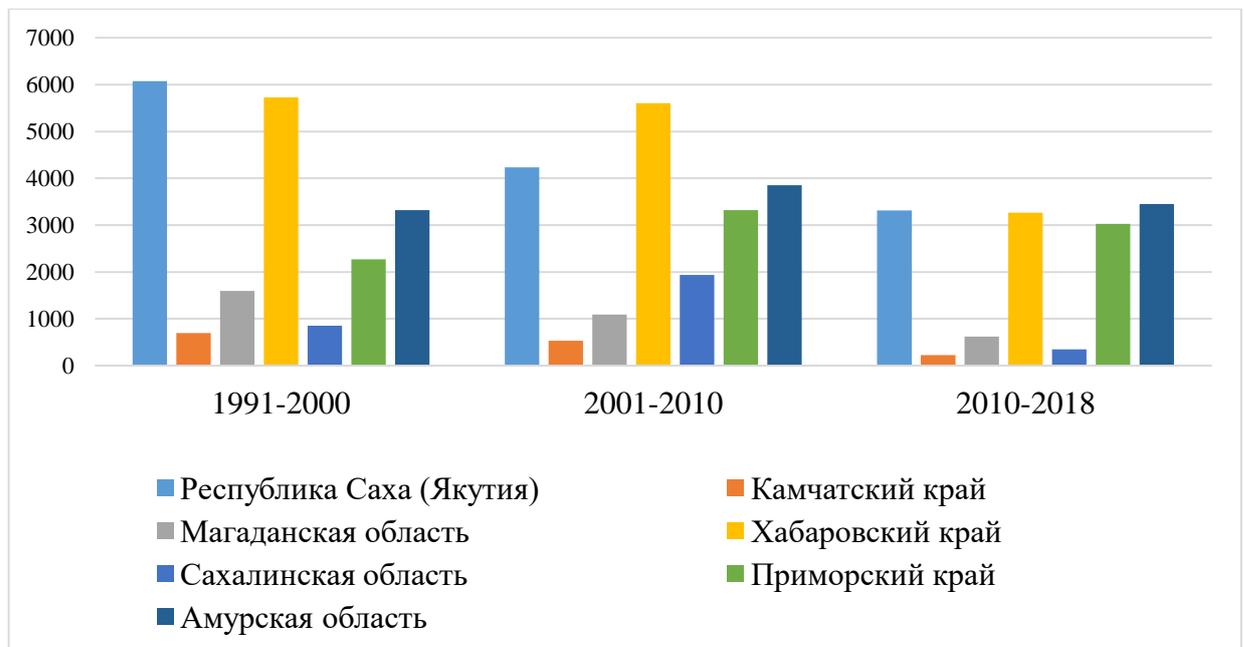


Рисунок 3.6.6. Динамика количества лесных пожаров в Сибирском федеральном округе в период 1991-2018 гг.

В таблице 12 (Приложение 1) показатель достоверности различий средних значений определен при сравнении соответствующих средних значений со средним значением за период 2009-2018 гг. Далее этот показатель указан в объединенных ячейках по сравниваемым пятилетним периодам.

Изучение динамики количества лесных пожаров в исследуемых регионах позволило получить следующие результаты.

В Ростовской области и Камчатском крае при сравнении периодов 2010-2018 гг. и 1991-2000 гг. выявлено уменьшение количества пожаров с высокой степенью достоверности, а в Омской области и Красноярском крае – увеличение. Уменьшение количества лесных пожаров отмечено в Воронежской области, Ростовской области, Алтайском крае, Камчатском крае, Сахалинской области при сравнении периодов 2010-2018 гг. и 2001-2010 гг., а в Красноярском крае значительное увеличение. При сравнении пятилетних периодов выявлено значительное уменьшение количества лесных пожаров в Тюменской области.

Для наглядности произошедших изменений нами выполнено картирование региональных систем с учетом происходящих изменений в количестве лесных пожаров (Рисунок 3.6.7.).

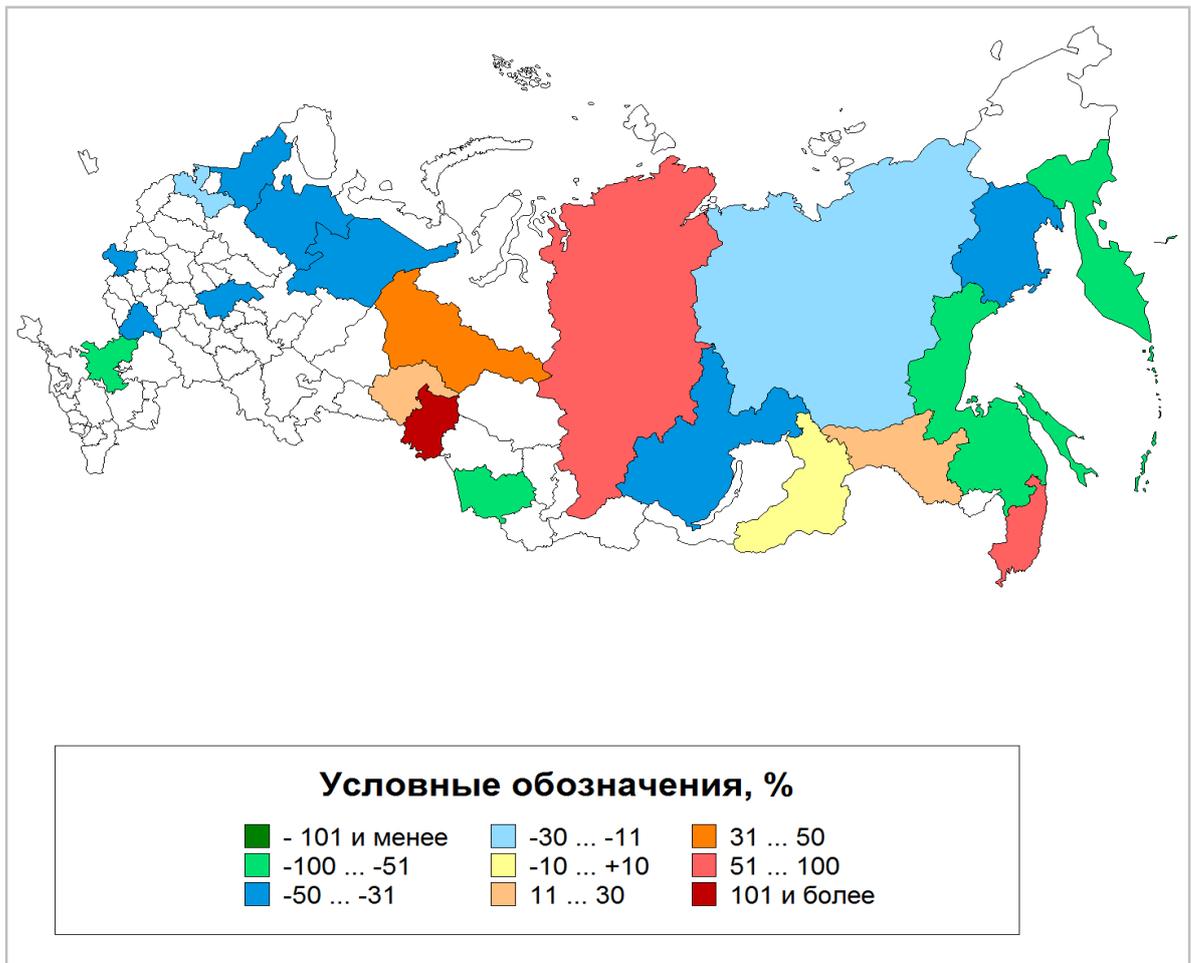


Рисунок 3.6.7. Изменение количества лесных пожаров в регионах РФ в период 2010-2018 гг. по отношению к периоду 1991-2000 гг.⁵

В Республике Саха (Якутия), Хабаровском крае, Приморском крае, Амурской области количество лесных пожаров в изучаемый период достигает значительных значений. Достаточно сложно выделить тренды возникновения лесных пожаров в этих субъектах, т.к. годы с низким числом пожаров чередуются с годами с высоким числом. В Камчатском крае и Сахалинской области количество лесных пожаров имеет незначительные повышения и понижения. Исключение составляет Магаданская область, где отчетливо выражено возрастание количества лесных пожаров в 2009, 2010 и 2016 гг. Вероятно, это связано со значительной территорией областей и краев и разнообразными природными условиями и климатическими зонами.

⁵ Разработка автора.

4. ДИНАМИКА УРОВНЕЙ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА КОМПЛЕКСОВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК (КРИТЕРИЕВ))

4.1. Изменение лесистости в период 1991-2018 годов

Изучение процессов динамики лесистости представляет научный интерес в контексте современных климатических изменений, характеризующихся на протяжении последних десятилетий повышением среднегодовой температуры воздуха и увеличением периода биологической активности растений (Лебедева, 2008; Вариации гидротермического режима в Черноземье, 2017). Для решения проблемы достижения оптимальной лесистости необходимы новые актуальные и объективные данные о процессах роста или снижения доли лесопокрытых земель в силу совместного влияния природных и антропогенных факторов (Постолов, 2005; Обеспечение оптимальной водоохранной лесистости, 2013).

Взгляд в прошлое нашей страны позволяет отметить, что по результатам исследования Н.А. Моисеева и А.Ф. Цехмистренко (1989), в 1989 году средняя лесистость СССР оказалась равной 36,6%. В сравнении с данными 1925 г., она уменьшилась на 2,1%, и значительно колебалась по территориям бывших союзных республик: в РСФСР – 45,2%, в Белорусской ССР – 33,9%, в Грузинской ССР – 39,6% и др. (Лесное хозяйство СССР за 50 лет., 1967). Самая низкая лесистость была отмечена для республик Средней Азии (Казахской ССР – 3,5%; Киргизской – 3,7%; Узбекской ССР – 4,3%). Общая площадь земель лесного фонда в то время составляла 1 млрд 254 млн га, причем покрытые лесом земли – превышали 814 млн га.

По состоянию на 2004 год общая площадь земель лесного фонда в РФ оказалась равной 1 млрд 178 млн га, из них лесные земли составляли 882 млн га, покрытые лесом – 774 млн га.

Таким образом, сравнение данных 1925 г., 1989 г. и 2004 г. позволило выявить в России значительное уменьшение общей площади земель лесного фонда

и покрытых лесом земель за период с 1925 по 2004 гг. Соответственно в течение этого времени снижалась и лесистость территории РФ.

В таблице 1 (Приложение 2) представлен анализ динамики лесистости исследуемых модельных регионов в период с 1991 г. по 2018 г.

Максимальные и минимальные значения лесистости модельных регионов представлены диаграммой на рисунке 4.1.1.

В модельных субъектах Северо-Западного федерального округа наибольшая лесистость отмечена в Республике Коми (78%). За период исследований колебания лесистости составили 1,8% с небольшим увеличением к концу исследуемого периода. Лесистость в Архангельской, Ленинградской областях и Республике Карелии в разные годы колеблется от 50 до 57%. В Архангельской области за период исследований диапазон изменений составил 3,8%, в Ленинградской – 2,7%, в Республике Карелия – 1,7%. Наименьшая лесистость наблюдается в Ненецком автономном округе. За наблюдаемый период лесистость снизилась с 1,6 до 1,1% в 1994 г.

Особенности лесистости каждого субъекта зависят от его географического расположения и климатических условий. Так, большая часть территории Республики Карелии расположена в зонах темно- и светлохвойной тайги, и только на юге находятся смешанные леса. Архангельская область расположена в зонах хвойной лесотундры и тайги, Ленинградская область – в зонах тайги и смешанных лесов (юго-запад), большая часть Республики Коми – в зоне тайги.

Малая лесистость Ненецкого автономного округа объясняется принадлежностью его к трем зонам: зона арктических пустынь, тундры и лесотундры. Лесотундра занимает наименьшую территорию субъекта, что соответствует низкому проценту лесистости.

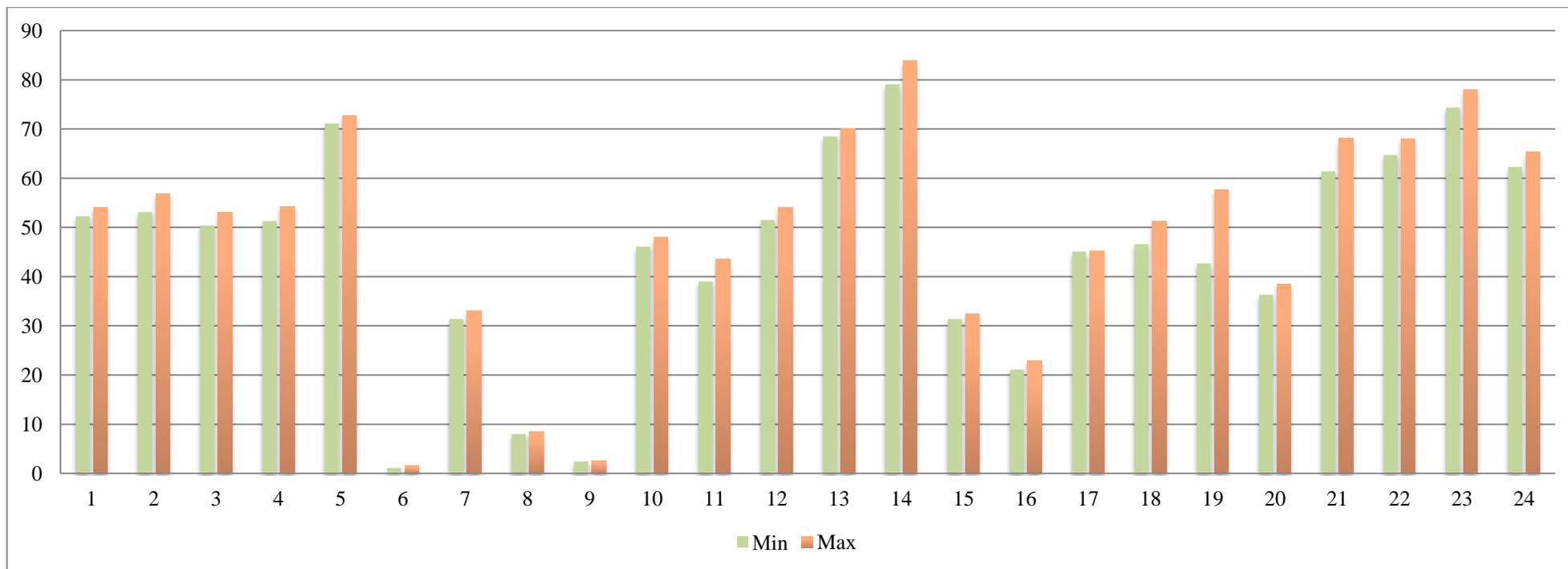


Рисунок 4.1.1. Максимальные и минимальные значения лесистости в модельных субъектах РФ за исследуемый период

Примечание: Северо-Западный федеральный округ: 1 – Архангельская область, 2 – Ленинградская область, 3 – Республика Карелия, 4 – Республика Коми, 5 – Новгородская область; 6 – Ненецкий автономный округ; Центральный федеральный округ: 7 – Брянская область, 8 – Воронежская область; Южный федеральный округ: 9 – Ростовская область; Приволжский федеральный округ: 10 – Нижегородская область; Уральский федеральный округ: 11 – Тюменская область, 12 – Ханты-Мансийский АО – Югра; Сибирский федеральный округ: 13 – Забайкальский край, 14 – Иркутская область, 15 – Омская область, 16 – Алтайский край, 17 – Красноярский край; Дальневосточный федеральный округ: 18 – Республика Саха (Якутия), 19 – Камчатский край, 20 – Магаданская область, 21 – Хабаровский край, 22 – Сахалинская область, 23 – Приморский край, 24 – Амурская область.

В Центральном федеральном округе в Брянской области лесистость изменялась от 31 до 33%. Диапазон колебаний составил 2,6%. В Воронежской области лесистость изменялась всего на 0,4%, от 8 до 8,4%. Значительное различие лесистости в регионах данного федерального округа объясняется их принадлежностью к разным лесорастительным регионам (Брянская область – южная тайга, смешанные леса, Воронежская область – лесостепь).

В степной зоне было исследована динамика лесистости Ростовской области, административно относящейся к Южному федеральному округу.

Значение лесистости здесь невысокие и в рассматриваемый период колебались всего на 0,1% от 2,4 до 2,5%.

Изменения лесистости в Нижегородской области, территориально относящейся к Приволжскому федеральному округу, составляли от 46,1 до 48%. Диапазон колебаний значений лесистости составлял 1,9%.

В Уральском федеральном округе лесистость Ханты-Мансийского АО – Югра выше, чем Тюменской области. В Тюменской области лесистость изменяется в диапазоне 4,5% (39-44%), а в Ханты-Мансийском ОА в диапазоне 3,5% (51-54%).

В Сибирском федеральном округе значения лесистости по модельным субъектам колеблются в значительных пределах в зависимости от климатических условий и принадлежности к лесорастительному району. Наименьшая лесистость отмечена в Алтайском крае и Омской области: 1) лесистость изменяется от 21 до 22%, диапазон колебания критерия составляет 1,8%; 2) лесистость изменяется от 31 до 32%, диапазон колебаний составляет 1%. Максимальная лесистость наблюдается в Иркутской области: от 80 до 83%, диапазон колебаний признака 4%. В целом, по данному федеральному округу лесистость колеблется от 1 до 4%. В Дальневосточном федеральном округе максимальная лесистость отмечена для Хабаровского края (61-66%), Сахалинской области (64-68%), Приморского края (74-78%), Амурской области (62-65%), а минимальная – для Магаданской области (37-38%). Диапазон изменений критерия лесистости в округе имеет следующий вид: Республика Саха (Якутия) – 4,7%, Камчатский край – 15%, Магаданская область – 2,1%; Хабаровский край – 6,8%, Сахалинская область – 3,4%,

Приморский край – 3,6%, Амурская область – 3,1%. В Дальневосточном федеральном округе диапазоны изменения критерия лесистости наиболее велики, так в Камчатском крае он составляет целых 15%, что является очень большим значением.

В целом, лесистость модельных субъектов, за исключением отдельных регионов Дальневосточного федерального округа, изменяется в пределах от 1 до 4%.

Статистики лесистости в разрезе модельных регионов представлены в таблице 2 (Приложение 2).

Изучение динамики средних значений лесистости в исследуемых регионах позволило получить следующие результаты.

В Ленинградской области, Республике Карелия, Тюменской области, Ханты-Мансийском автономном округе – Югре, Забайкальском крае, Республике Саха (Якутия), Камчатском крае, Сахалинской области, Приморском крае, Амурской области наблюдается увеличение лесистости в период с 1991 г. по 2018 г. В Воронежской области и Алтайском крае лесистость за исследуемый период остается на практически постоянном уровне, а в Камчатском крае уменьшается. Показатель достоверности различий при сравнении периода 2009-2018 гг. с двумя предыдущими периодами имеет достаточно высокие значения.

При сравнении двух пятилетних периодов в Тюменской области, Алтайском крае, Республике Саха (Якутия), Сахалинской области, Приморском крае различие между средними значениями является достоверным. В Республике Карелия, Воронежской области, Ханты-Мансийском автономном округе – Югре, Забайкальском крае, Камчатском крае, Амурской области различие между средними значениями двух пятилетних периодов является незначительным.

В Архангельской области, Новгородской области, Республике Коми, Брянской области, Иркутской области, Омской области в рассматриваемый период отмечается увеличение лесистости при высоком значении показателя достоверности различий между периодами 2009-2018 и 1991-2000 гг. В Магаданской области отмечено уменьшение лесистости при высокой

достоверности. В Республике Коми, Брянской области, Иркутской области различие средних значений лесистости между двумя пятилетиями является достоверным. В Архангельской области, Омской и Магаданской областях различия между средними значениями незначительно.

В Ростовской и Нижегородской области лесистость увеличивается в изучаемый период при сравнении периода 2009-2018 гг. с периодом 2001-2010 гг. при высоких значениях достоверности различий между рассматриваемыми средними значениями. При сравнении двух пятилетних периодов различия между средними значениями незначительно.

В Ненецком автономном округе, Красноярском крае, Хабаровском крае при сравнении всех рассматриваемых периодов различия между средними значениями незначительны.

В разных регионах динамика лесистости имеет разную картину, т.е. достигает своих минимумов и максимумов в разные годы исследуемого периода. Причинами изменения лесистости могут выступать факторы как природного, так и антропогенного происхождения. Важнейшее значение для группы факторов природного происхождения имеют климатические изменения, а для антропогенных – пожары, возникшие по вине человека. Для наглядности произошедших изменений нами выполнено картирование региональных систем с учетом происходящих изменений в лесистости территорий (Рисунок 4.1.2.).

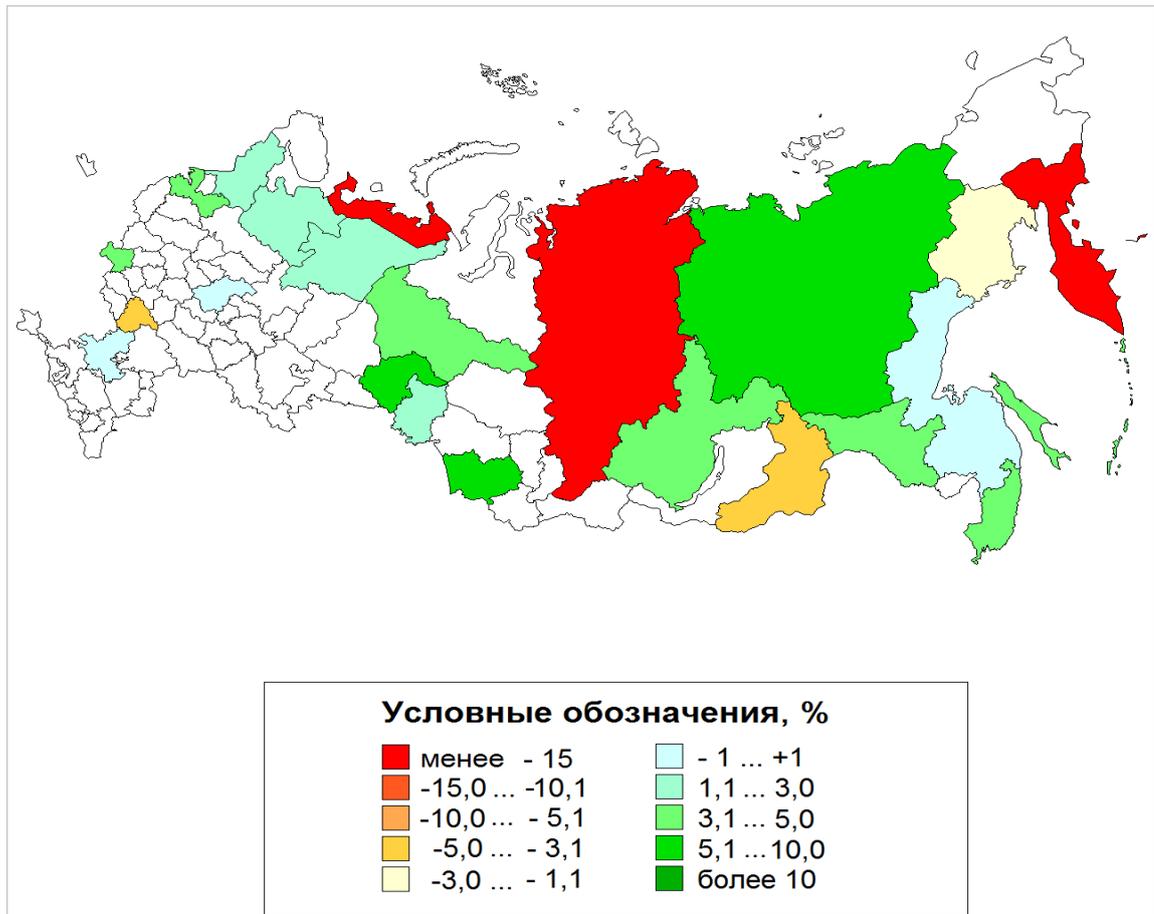


Рисунок 4.1.2. Изменение лесистости в субъектах РФ в период 2010-2018 гг. по сравнению с периодом 1991-2000 гг.⁶

4.2. Изменение площади погибших лесных насаждений под воздействием фитоболезней и энтомовредителей в период 1991-2018 годов

Площадь ежегодно действующих в российских лесах очагов вредных насекомых и болезней составляет в среднем 2,5-3 млн га (Брюханов, 2009). В зависимости от климатических и других факторов территории, на которых погибают лесные экосистемы, сильно меняются. Вместе с тем, численность энтомовредителей может резко увеличиваться, давая так называемые «вспышки», когда погодные условия благоприятны для их размножения, а также для развития фитоболезней.

В таблице 3 (Приложение 2) приведены данные о изменении площадей лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и

⁶ Разработка автора.

энтомовредителей за период 1991-2018 гг. В исследуемых модельных регионах Северо-Западного федерального округа по имеющимся данным максимальная площадь погибших насаждений от энтомовредителей и фитоболезней зафиксирована в Архангельской области и составляет 6588,919 тыс. га, а минимальная – в Республике Коми (0,581 тыс. га).

В Центральном федеральном округе, несмотря на то, что лесистость Брянской области значительно выше, чем Воронежской, площадь погибших лесных насаждений на ее территории в исследуемый период гораздо выше. В Брянской области за исследуемый период площадь погибших насаждений составляет 165,912 тыс. га, а в Воронежской области за тот же период – 486,8097 тыс. га. Причем, значительное повышение таких площадей в Воронежской области наблюдается с 2007 г. по 2018 г.

В Ростовской области (Южный федеральный округ) суммарная площадь лесных территорий, погибших от энтомовредителей и фитоболезней, составляет 443,099 тыс. га. Учитывая тот факт, что данная область расположена в степной зоне, и лесистость ее в разные годы колеблется от 2,4 до 2,5%, то площадь погибших лесных насаждений является достаточно значительной.

В Нижегородской области (Приволжский федеральный округ) площадь погибших насаждений составляет 182,297 тыс. га. Увеличение таких площадей происходит с начала 2000-х годов.

В Уральском федеральном округе в Тюменской области суммарная площадь лесных территорий, погибших от энтомовредителей и фитоболезней, составляет 2260,441 тыс. га, а в Ханты-Мансийском АО – Югре всего 20,136 тыс. га. Такое незначительное количество погибших площадей, скорее всего, объясняется неполными данными по этому региону.

В Сибирском федеральном округе наибольшее количество погибших площадей лесных территорий отмечено для Омской области (2827,254 тыс. га) и Красноярского края (2811,713 тыс. га).

В Дальневосточном федеральном округе лидирующее положение по количеству площадей лесных территорий, погибших от энтомовредителей и

фитоболезней, занимают Республика Саха (Якутия) (881,41 тыс. га) и Хабаровский край (536,506 тыс. га).

При анализе суммарного годового количества площадей лесных насаждений, погибших под воздействием энтомофитовредителей и фитофагов за весь исследуемый период, данный показатель принимал максимальные значения в 2007 г. (2748,117 тыс. га), 2008 г. (2381,930 тыс. га), 2009 г. (2131,131 тыс. га), 2010 г. (2045,612 тыс. га) и 2014 г. (2364,233 тыс. га).

Результаты статистической обработки информативных данных представлены в таблице 4 (Приложение 2). Изучение динамики средних значений запаса основных лесообразующих пород в исследуемых регионах позволило установить, что в Воронежской области, Нижегородской области, Тюменской области и Иркутской области наблюдается резкое увеличение средних значений площадей лесных насаждений, погибших от фитоболезней и энтомофитовредителей. Показатель достоверности различий при сравнении периода 2009-2018 гг. с двумя предыдущими периодами имеет достаточно высокие значения. Различие между средними значениями двух пятилетних периодов в этих областях является незначительным. В Ленинградской области, Брянской области, Ростовской области, Ханты-Мансийском АО – Югре показатель достоверности различий является достаточно высоким при сравнении периода 2009-2018 гг. с периодом 1991-2000 гг., т.е. увеличение средних площадей, погибших от фитовредителей и энтомофагов, является подтвержденным. При сравнении двух пятилетних периодов в Брянской области, Ростовской области, Ханты-Мансийском АО – Югре различие между средними значениями является достоверным, а в Ленинградской области – незначительным.

В Алтайском крае достоверным является увеличение средних площадей лесных насаждений, погибших от фитофагов и энтомофитовредителей, при сравнении периода 2009-2018 гг. с периодом 2001-2010 гг. В остальных регионах различие средних площадей, погибших от фитовредителей и энтомофагов, является незначительным. Для наглядности произошедших изменений нами выполнено

картирование региональных систем с учетом происходящих изменений в площадях леса погибших от фитоболезней и энтомовредителей (Рисунок 4.2.1).

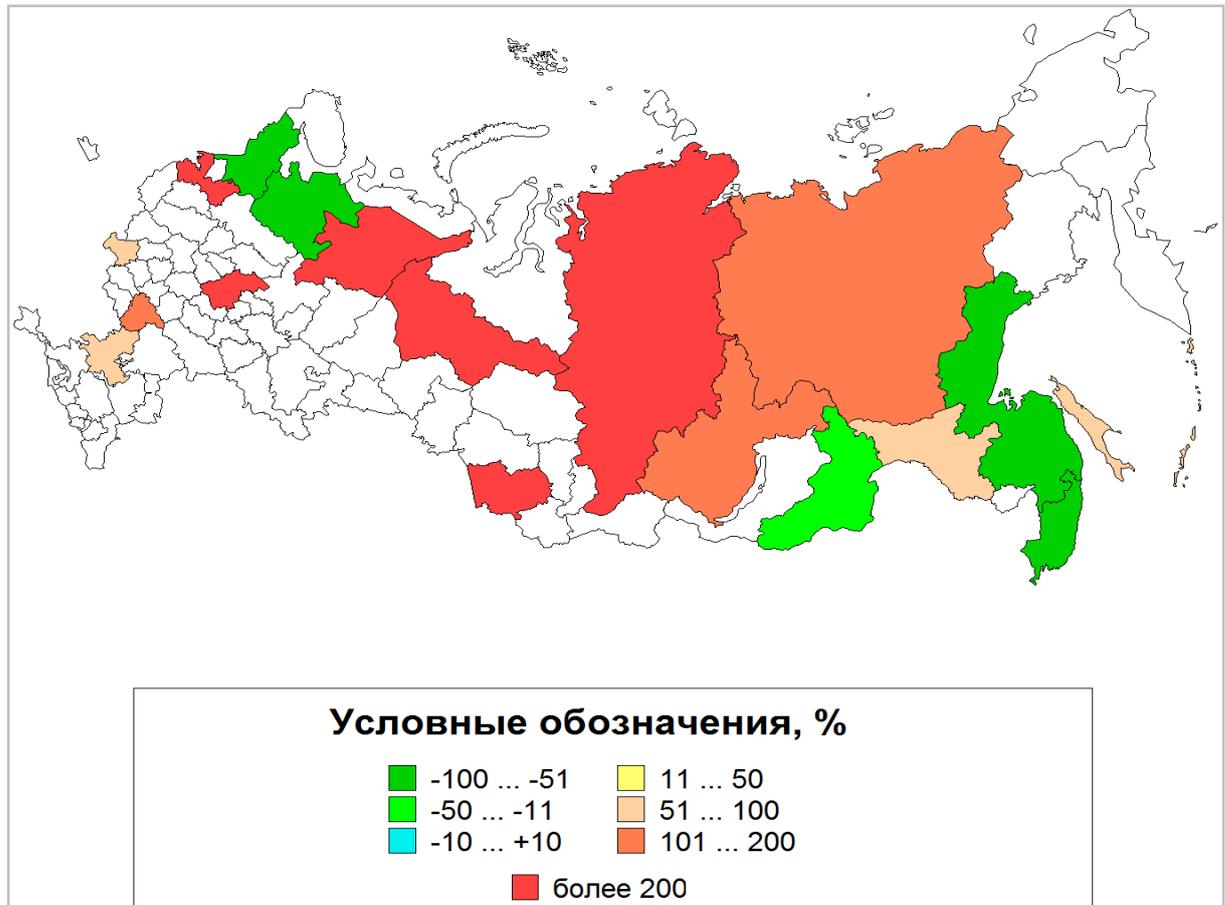


Рисунок 4.2.1. Изменение количества площадей леса, погибших от фитоболезней и энтомовредителей, в регионах РФ в период 2010-2018 гг. по отношению к периоду 1991-2000 гг.⁷

Увеличение площадей лесных насаждений, погибших от фитофагов и энтомовредителей, несомненно, является одним из видов реакций лесных экосистем на изменение действия абиотических факторов, и в первую очередь, климатических. Возрастания таких площадей свидетельствует о достаточно низких адаптивных возможностях лесных экосистем. В тоже время, необходимо учитывать массовые вспышки энтомовредителей, которые у многих видов носят циклических характер.

⁷ Разработка автора.

4.3. Изменение площади погибших лесных насаждений в результате лесных пожаров в период 1991-2018 годов

По данным Федерального агентства лесного хозяйства средняя за десятилетний период ежегодная площадь гибели лесных насаждений составляет 408 тыс. га, из них 67% площади погибших лесов связано с воздействием лесных пожаров. Площадь лесных пожаров является важным критерием в оценке уязвимости лесных экосистем. Для его анализа были исследованы статистические данные о лесных пожарах, имевших место в период 1991-2019 гг. Анализ динамики площадей лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, позволил выявить следующие особенности в исследуемых регионах (Таблица 5, Приложение 2).

В Северо-Западном федеральном округе максимальная площадь лесных насаждений, погибших от пожаров, зафиксирована в Республике Коми и составляет 380,044 тыс. га за весь период исследований. Минимальная площадь рассматриваемого критерия отмечена в Республике Карелия – 44,13 тыс. га. Анализ динамики площадей лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, демонстрирует сильный разброс максимальных и минимальных значений по годам в разных регионах. В Архангельской области максимальное значение, исследуемый показатель достигал в 2011 г. (17,517 тыс. га), в Ленинградской области – в 1999 г. (10,337 тыс. га), в Новгородской области – в 2010 г. (6,2 тыс. га), в Республике Карелия – в 2013 г. (13,007 тыс. га), в Республике Коми – в 2000 г. (142,552 тыс. га). Такая же картина наблюдается для минимальных значений площадей лесных насаждений, погибших от лесных пожаров. В Архангельской области минимальное значение наблюдается в 2007 г. (1,058 тыс. га), в Ленинградской области – в 2012 г. (0,023 тыс. га), в Республике Карелия – в 2015 г. (0,08 тыс. га), в Республике Коми – в 1997 г. (0,103 тыс. га).

Общая площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров в Северо-Западном федеральном округе, составила 556,22 тыс. га за исследуемый период.

Общая площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, в Центральном федеральном округе составила 32,462 тыс. га за исследуемый период.

В Ростовской области (Южный федеральный округ) общая площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, составила 29,326 тыс. га за исследуемый период. Максимальная площадь лесных насаждений, погибших от пожаров, зафиксирована в 1995 г. (5,074 тыс. га), а минимальная – в 1997 г. (0,016 тыс. га).

В Нижегородской области (Приволжский федеральный округ) общая площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, составила 174,495 тыс. га за исследуемый период.

В Уральском федеральном округе площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, в Тюменской области составила 99,716 тыс. га, а в Ханты-Мансийском АО – Югре – 162,274 тыс. га. В Тюменской области максимальная площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, отмечена в 1994 г. (28,776 тыс. га), а минимальная – в 2002 г. (0,072 тыс. га). В Ханты-Мансийском АО – Югре в 2003 г. (19,553 тыс. га) наблюдалась наибольшая площадь лесных насаждений, погибших от пожаров, а наименьшая – в 1991 г. и 1992 г. (1,321 и 1,316 тыс. га соответственно).

Общая площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, в Уральском федеральном округе составила 261,99 тыс. га за исследуемый период.

В Сибирском федеральном округе максимальная площадь лесных насаждений, погибших от пожаров, зафиксирована в Забайкальском крае и составляет 878,643 тыс. га за весь период исследований. Минимальная площадь рассматриваемого критерия отмечена в Омской области – 28,764 тыс. га.

Анализ динамики площадей лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, демонстрирует сильный разброс максимальных и минимальных значений по годам в разных регионах рассматриваемого округа. В Забайкальском крае максимальное значение исследуемый показатель достигал в 2003 г. (141,146 тыс. га), в Иркутской области – в 1996 г. (117,923 тыс. га), в Омской области – в 2018 г. (4,57 тыс. га), в Алтайском крае – в 2010 г. (10,677 тыс. га), в Красноярском крае – в 2018 г. (158,626 тыс. га). Такая же неравномерная картина наблюдается для минимальных значений площадей лесных насаждений, погибших от лесных

пожаров. В Забайкальском крае минимальное значение наблюдается в 1991 г. (0,136 тыс. га), в Иркутской области – в 2018 г. (0,312 тыс. га), в Омской области – в 1993 г. (0,017 тыс. га), в Алтайском крае – 2013 г. (0,0001 тыс. га), в Красноярском крае – в 2005 г. (0,171 тыс. га).

Общая площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров в Сибирском федеральном округе, составила 2318,577 тыс. га за исследуемый период. По сравнению с другими федеральными округами общая площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, значительно больше, что объясняется территориальными размерами и труднодоступностью для тушения пожаров.

В Дальневосточном федеральном округе максимальная площадь лесных насаждений, погибших от пожаров, зафиксирована в Республике Саха (Якутия) и составляет 4275,011 тыс. га за весь период исследований. Минимальная площадь рассматриваемого критерия отмечена в Сахалинской области – 62,552 тыс. га.

На рисунке 4.3.1 представлена динамика площадей лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, в сравнении за 2 периода: 1 период – с 1991 г. по 2004 г., 2 период – с 2005 г. по 2018 г.

В Архангельской области, Республике Карелия, Брянской области, Воронежской области, Нижегородской области, Ханты-Мансийском АО-Югра, Забайкальском крае, Омской области, Красноярском крае, Республике Саха (Якутия), Магаданской области, Хабаровском крае, Приморском крае, Амурской области в период с 2005 по 2018 гг. отмечено возрастание площадей лесных насаждений, погибших от лесных пожаров. В Республике Саха (Якутия) увеличение исследуемых площадей произошло в 16,7 раза (с 241,5 до 4033,5 тыс. га), а в Амурской области в 19,4 раза (с 124,2 до 2405,3 тыс. га). В Иркутской области и Камчатском крае напротив произошло резкое снижение площадей лесных насаждений, погибших от лесных пожаров.

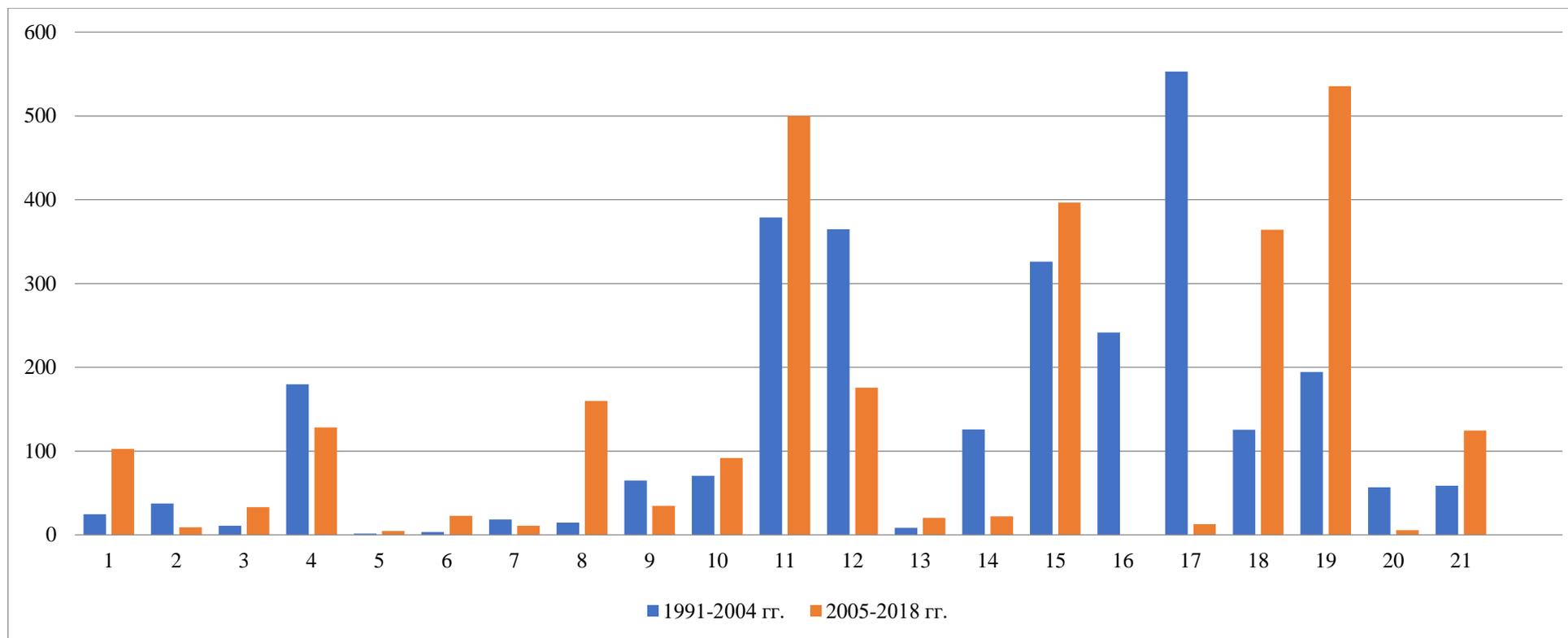


Рисунок 4.3.1. Динамика площадей лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, в периоды 1991-2004 гг. и 2005-2018 гг.

Примечание: Северо-Западный федеральный округ: 1 – Архангельская область, 2 – Ленинградская область, 3 – Новгородская область, 4 – Республика Карелия, 5 – Республика Коми; Центральный федеральный округ: 6 – Брянская область, 7 – Воронежская область; Южный федеральный округ: 8 – Ростовская область; Приволжский федеральный округ: 9 – Нижегородская область; Уральский федеральный округ: 10 – Тюменская область, 11 – Ханты-Мансийский АО – Югра; Сибирский федеральный округ: 12 – Забайкальский край, 13 – Иркутская область, 14 – Омская область, 15 – Алтайский край, 16 – Красноярский край; Дальневосточный федеральный округ: 17 – Республика Саха (Якутия), 17 – Камчатский край, 18 – Магаданская область, 19 – Хабаровский край, 20 – Сахалинская область, 21 – Приморский край. Для Республики Саха (Якутия) и Амурской области значения для периода 2005-2018 гг. на диаграмме не указаны, т.к. являются максимальными, а для Ненецкого автономного округа – минимальными.

Наибольшее количество площадей лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, зафиксировано в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Вероятно, это связано с высокой лесистостью данных территорий и их труднодоступностью для борьбы с пожарами.

Статистическая оценка динамических рядов приведена в таблице 6 (Приложение 2).

Количество площадей лесных насаждений, погибших от лесных пожаров, имеют достаточно выровненные значения. Исключения составляют годы, для каждого региона свои, когда этот показатель резко возрастает. По нашему мнению, такое резкое увеличение вызвано вмешательством антропогенного фактора. Ярким примером может послужить Воронежская область, в которой в 2010 г. отмечено резкое увеличение таких площадей.

Для наглядности произошедших изменений нами выполнено картирование региональных систем с учетом происходящих изменений в площади лесных земель, пройденных лесными пожарами (Рисунок 4.3.2.).

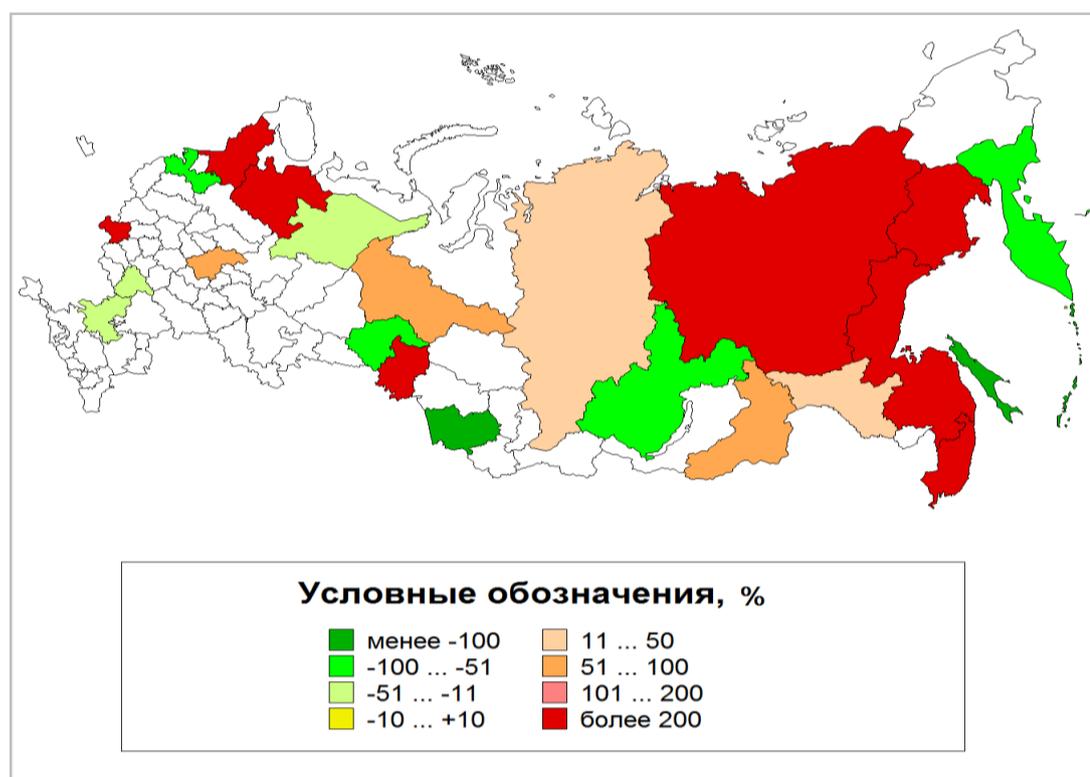


Рисунок 4.3.2. Изменение площади лесных пожаров в регионах РФ в период 2010-2018 гг. по отношению к периоду 1991-2000 гг.⁸

⁸ Разработка автора.

4.4. Динамика продуктивности древесных пород в период с 1991-2018 годов

Многолетние климатические изменения, несомненно, оказывают прямое воздействие на продуктивность наземных экосистем (Сергиенко, 2018), в том числе и на лесные экосистемы. Одним из способов оценки продуктивности лесных экосистем является оценка запаса основных лесообразующих пород.

В работе нами приведены данные по средним значениям запасов основных лесообразующих пород модельных регионов в период с 1991 по 2018 гг. Изучаемые данные предоставлены Федеральным агентством лесного хозяйства. Рассматриваемый период был разделен на три части: 1991-2000 гг., 2001-2010 гг., 2009-2018 гг. Статистики рядов динамики представлены в таблице 7 приложения 2.

Изучение динамики средних значений запаса основных лесообразующих пород в исследуемых регионах позволило получить следующие результаты.

В Архангельской, Ленинградской областях и Республике Карелии наблюдается увеличение запаса основных лесообразующих пород в рассматриваемый период.

В Архангельской области в период с 1991 по 2000 гг. средний запас основных лесообразующих пород составлял 2148,5 млн м³. Стандартная ошибка средней величины равна 1. Значение ошибки средней величины формируется в результате обработки данных за определенный период времени, т.к. берутся средние значения. С учетом этого M (среднее значение) = $2148,5 \pm 1$, т.е. вероятностное значение колеблется в интервале от 2147,5 до 2149,5 млн м³. При сравнении полученной средней величины со средним значением запаса основных лесообразующих пород за 2009-2018 гг., которое составило $2547,4 \pm 14,43$ млн м³, показатель достоверности различий (t) равен 27,58. В сравниваемых временных интервалах (10 и 10 лет) наименьшее число степеней свободы равно 9 (для отрезка 10 лет), следовательно, стандартное значение критерия Стьюдента при вероятности 0,95 (уровень

значимости 0,05) составит 2,26. Так как $t = 27,58$ больше, чем $t_{st}=2,26$, то различие между средними значениями достоверно. При сравнении периода 2009-2013 гг. с периодом 2014-2018 гг. различие между средними значениями запаса основных лесообразующих пород незначительно ($t = 1,64$ меньше, чем $t_{st}=2,78$ (число степеней свободы равно 4)).

В Ленинградской области средний запас основных лесообразующих пород в период 1991-2000 гг. составлял $619,3 \text{ млн м}^3 \pm 16,59$, т.е. колебался в пределах от 602,71 до 635,89 млн м³. В период с 2001 г. по 2010 г. вероятностное значение рассматриваемого критерия изменялось от 719,87 до 736,73 млн м³. Средний запас основных лесообразующих пород в период 2009-2010 гг. колеблется от 772,61 до 779,59 млн м³.

При сравнении средней величины запаса основных лесообразующих пород периода 2009-2018 гг. с предыдущими двумя десятилетками показатель достоверности различий составляет 9,25 и 5,25 соответственно, что свидетельствует о достоверности различий между рассматриваемыми средними значениями. При сравнении двух пятилетних периодов различие между средними значениями запаса основных лесообразующих пород незначительно ($t=0,36$).

В Новгородской области выявлено увеличения запаса основных лесообразующих пород в период 1991-2000 гг. по сравнению с периодом 2010-2018 гг.

В Республике Карелии в рассматриваемые десятилетия запас основных лесообразующих пород колебался в следующих пределах: $886,1 \text{ млн м}^3 \pm 9,97$; $948,0 \text{ млн м}^3 \pm 1,97$; $964,4 \text{ млн м}^3 \pm 3,14$. Показатель достоверности различий при сравнении периода 2009-2018 гг. с двумя предыдущими десятилетиями составляет 7,78 и 4,43 соответственно, что свидетельствует о достоверности различий между рассматриваемыми средними значениями. При сравнении двух пятилетних периодов различие между средними значениями запаса основных лесообразующих пород незначительно ($t=1,93$).

Схожую картину имеет динамика средних значений запаса основных лесообразующих пород в Брянской области, Воронежской области, Нижегородской области, Ростовской области, Тюменской области, Ханты-Мансийском АО – Югре, Забайкальском крае, Омской области, Алтайском крае, Камчатском крае. В указанных регионах наблюдается увеличение среднего запаса основных лесообразующих пород в период с 1991 по 2018 гг. Показатель достоверности различий при сравнении периода 2009-2018 гг. с двумя предыдущими периодами имеет достаточно высокие значения (см. таблица 7, приложение 2). При сравнении пятилетних периодов различие между средними значениями достоверно в Ростовской области, Забайкальском крае и Омской области. В Брянской области, Нижегородской области, Тюменской области, Ханты-Мансийском АО – Югре, Алтайском крае, Камчатском крае при сравнении двух пятилетних периодов различие между средними значениями запаса основных лесообразующих пород незначительно.

В Республике Коми запас основных лесообразующих пород в рассматриваемые периоды имеет очень близкие значения: $2844,1 \text{ млн м}^3 \pm 2,04$; $2830,2 \text{ млн м}^3 \pm 1,83$; $2822,2 \text{ млн м}^3 \pm 3,03$. При сравнении запаса основных лесообразующих пород периода 2009-2018 гг. с периодом 1991-2000 гг. и 2001-2010 гг. показатель достоверности различий составляет 5,99 и 2,77, т.е. различия средних значений достоверны. При сравнении двух пятилетних периодов различие между средними значениями запаса основных лесообразующих пород незначительно ($t=0,18$).

В Ненецком автономном округе запас основных лесообразующих пород остается постоянным на протяжении всего рассматриваемого периода. Различие между средними значениями достоверно при сравнении периодов 2009-2018 гг. и 2001-2010 гг. ($t=4,78$) и пятилетних периодов ($t=5,72$). Схожая ситуация складывалась в Сахалинской области. Средние значения основных лесообразующих пород менялись незначительно в сторону увеличения при достоверных различиях между средними значениями трех сравниваемых

десятилетий. При сравнении пятилетних периодов различие между средними значениями достоверно.

В Магаданской области, Хабаровском крае и Приморском крае наблюдается уменьшение средних значений запаса основных лесообразующих пород при высоких значениях достоверности сравнения периода 2009-2018 гг. с периодом 1991-2010 гг. Высокое значение достоверности отмечено при сравнении двух пятилеток в Приморском крае и Хабаровском крае. В Магаданской области при сравнении двух пятилетних периодов различие между средними значениями запаса основных лесообразующих пород незначительно.

В Иркутской области, Красноярском крае, Амурской области различие между средними значениями запаса основных лесообразующих пород незначительно в рассматриваемые десятилетия. В Красноярском крае при сравнении двух пятилетних периодов различие между средними значениями запаса основных лесообразующих пород незначительно.

В Иркутской и Амурской областях при сравнении двух пятилетий наблюдается снижение средних значений запаса основных лесообразующих пород при высокой достоверности.

Обсуждение результатов и анализ динамики продуктивности хвойных, мягколиственных и твердолиственных древостоев за 60-летний период показали следующее:

- в хвойных, мягколиственных и твердолиственных древостоях различных возрастных групп во всех географических районах Российской Федерации, кроме Дальнего Востока, в период с 1960 по 2018 гг. наблюдается увеличение продуктивности;

- наиболее заметно продуктивность хвойных древостоев повышается в более южных лесорастительных зонах, а лиственных – примерно одинаково вне зависимости от зонального фактора;

- в период с 1990 по 2018 гг. темпы увеличения продуктивности хвойных, мягколиственных и твердолиственных древостоев значительно снизились.

Таким образом, при изучении динамики запаса основных лесообразующих пород в большинстве исследуемых регионов выявлено его увеличение при достаточно высоких значениях достоверности.

4.5. Площадь спелых и перестойных древесных насаждений изучаемых субъектов РФ в период с 1991-2018 годов

Известно, что значительная площадь, покрытая спелыми и перестойными насаждениями в лесных экосистемах, свидетельствует о «старении» леса. Академик Н.А. Моисеев подчеркивает, что увеличение территорий, занятых спелыми и перестойными насаждениями может возрасти в результате нерациональной лесохозяйственной деятельности (Моисеев, 2002). При этом значительные территории спелых и перестойных насаждений в лесных экосистемах свидетельствуют о недостаточных процессах возобновления древесных пород (Гиряев, 2003).

На основании этого можно предположить, что избыток лесных площадей, занятых спелыми и перестойными насаждениями может быть также следствием действия климатических факторов, в результате действия которых изменяются условия, необходимые для процессов возобновления лесных экосистем.

В ходе проведения исследований нами был проведен анализ лесных площадей, занятых спелыми и перестойными насаждениями, в 23 модельных регионах (Таблица 4.5.1.)

При изучении динамики территорий площадей, занятых спелыми и перестойными насаждениями в Северо-Западном федеральном округе было установлено возрастание таких площадей в Ленинградской области, Республике Коми. Причем, если в Республике Коми такой прирост составляет 994,6 тыс. га, то в Ленинградской области этот показатель увеличивается почти в 2 раза. В Архангельской области, Новгородской области, Республике Карелии отмечено относительно небольшое уменьшение территорий, занятых спелыми и перестойными площадями.

Таблица 4.5.1. – Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991-2018 гг., тыс. га

Год	Архангельская область	Ленинградская область	Новгородская область	Республика Карелия	Республика Коми	Брянская область	Воронежская область	Ростовская область	Нижегородская область	Тюменская область	Ханты-Мансийский АО – Югра	Забайкальский край	Иркутская область	Омская область	Алтайский край	Красноярский край	Республика Саха (Якутия)	Камчатский край	Магаданская область	Хабаровский край	Сахалинская область	Приморский край	Амурская область
1991-1995	13437,9	656,9	112,7	3946,3	17418,7	48,8	26,1	16	276,8	30476,3	76570,9	6009,2	31119,6	1184,1	1988,9	79739,4	73770,5	3289,5	6210,8	20050	2412,3	7037,4	8449,2
1996-2000	12455,5	668,2	153,1	3456,6	17060,5	87,3	17,8	12,3	298,5	28454,7	71012,5	4273,9	29321	1161,9	2038,4	82667,6	73004,7	3211,5	4135,7	18860,6	2533,8	6728,8	7846,4
2000-2005	12007,9	778,7	145,9	3172,2	16613,2	62,8	21,2	9,7	219,7	27922	70554,2	3854,8	28521,8	1122	1996,7	81273,9	70851,6	3416,1	3969,9	18360,4	2303,5	5699,5	7559,2
2006-2010	11378,3	898,4	166,3	3007,9	15927,8	72,8	15,3	7,7	328,6	25157,5	60325,6	4789,3	25989,3	1114	1950,3	80429,5	61641,6	4322,4	4606,2	17958,7	2200,5	5433	7514
2011-2015	11756,4	905,8	159,2	2929,7	18557,4	76,9	33,3	12,9	259,9	24535,8	62354,4	4654,5	24822,8	1127,8	1887,4	62571	63175,4	6835,6	4590,2	20507,7	2002,7	4697,1	7296,8
2016-2018	11599	1150,4	176,3	2980,2	18363,3	92,1	16,4	10,3	312,1	24569,4	57962,3	4852,6	24870,2	1290,7	2245,4	72182,7	55513,3	6845,9	4607,3	22283,5	2010,7	4810,8	7642

В Центральном федеральном округе в Брянской области наблюдается увеличение территорий со спелыми и перестойными насаждениями: в Брянской области с 48,8 тыс. га в период с 1991 по 1995 гг. до 92,1 тыс. га в период с 2016 по 2018 гг. В Воронежской области отмечено уменьшение данного показателя с 26,1 до 10,3 тыс. га в те же периоды.

В Нижегородской области (Приволжский федеральный округ) динамика критерия имеет не выровненный характер, но отчетливо просматривается тенденция к увеличению территорий, занятых спелыми и перестойными насаждениями. В Уральском федеральном округе, и в Тюменской области, и в Ханты-Мансийском АО – Югре, выявлена отчетливая тенденция к уменьшению территорий, занятых спелыми и перестойными насаждениями.

В Сибирском федеральном округе постоянное уменьшение территорий, занятых спелыми и перестойными насаждениями, в рассматриваемые периоды отмечено в Забайкальском крае, Иркутской области. Незначительное возрастание таких территорий отмечено в Омской области и Алтайском крае. В Красноярском крае в пятилетки с 1996 по 2010 гг. площадь территорий, занятых спелыми и перестойными насаждениями, значительно возрастает, а к 2018 г. происходит их уменьшение.

В субъектах Дальневосточного федерального округа наблюдается снижение территории, занятых спелыми и перестойными насаждениями. В Сахалинской области выявленное снижение таких территорий является незначительным, а в Хабаровском крае выявленное увеличение незначительно. В Камчатском крае территории, занятые спелыми и перестойными насаждениями, за исследуемый период увеличиваются более чем в 2 раза.

Таким образом, динамика площадей, занятых спелыми и перестойными насаждениями, имеет свои особенности в зависимости от исследуемого региона и природных условий. Даже в пределах одного округа площадь таких территорий имеет разную динамику. Одним из факторов, оказывающих влияние на данный критерий, может быть лесохозяйственные работы и доступность лесных экосистем.

Для установления достоверности различий между сравниваемыми средними значениями рассчитывались статистики и осуществлялось сравнение по критерию Стьюдента (Таблица 8, Приложение 2).

В большинстве исследуемых регионов наблюдается уменьшение средних площадей, занятых спелыми и перестойными насаждениями, при достаточно высокой достоверности различий между сравниваемыми десятилетиями. К таким регионам относятся: Республика Карелия, Ростовская область, Тюменская область, Ханты-Мансийский АО – Югра, Иркутская область, Омская область, Красноярский край, Республика Саха (Якутия), Сахалинская область и Приморский край.

В Республике Коми в период с 1991-2000 гг. по 2001-2010 гг. средние значения площадей, занятых спелыми и перестойными насаждениями, уменьшаются ($t=2,37$), но при сравнении периода 1991-2000 гг. с периодом 2009-2018 гг. этот показатель увеличивается ($t=3,03$).

В Камчатском крае и Хабаровском крае средние значения площадей, занятых спелыми и перестойными насаждениями, увеличиваются.

В остальных рассматриваемых регионах различие между средними значениями площадей, занятых спелыми и перестойными насаждениями, незначительно для всех рассматриваемых периодов.

Для наглядности произошедших изменений нами выполнено картирование региональных систем с учетом происходящих изменений по запасу спелых и перестойных лесных насаждений (Рисунок 4.5.1.).

Таким образом, динамика площадей, занятых спелыми и перестойными насаждениями, имеет свои особенности в зависимости от исследуемого региона и природных условий. Даже в пределах одного округа площадь таких территорий имеет разную динамику. Одним из факторов, оказывающих влияние на данный критерий, может быть лесохозяйственные работы и доступность лесных экосистем.

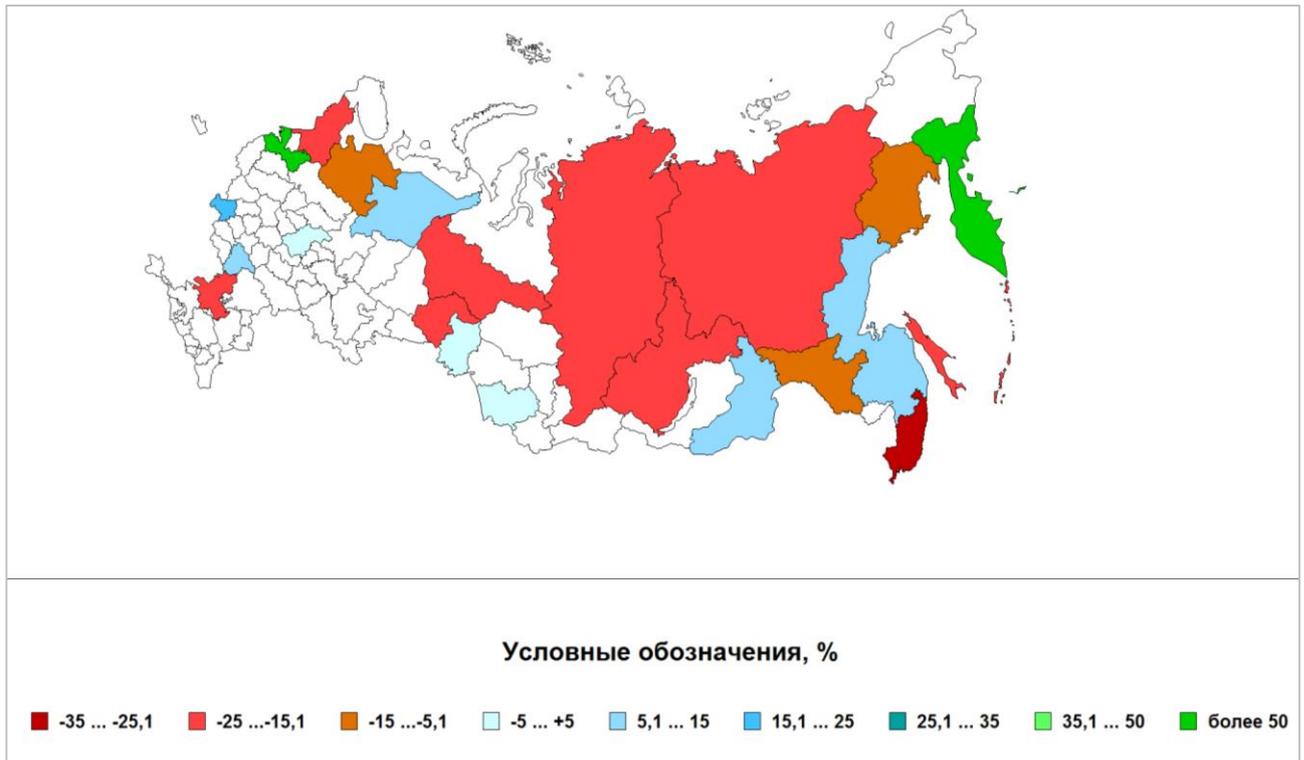


Рисунок 4.5.1. Изменение запаса спелых и перестойных лесных насаждений в регионах РФ в период 2010-2018 гг. по отношению к периоду 1991-2000 гг.⁹

4.6. Смещение географических ареалов распространения древесных пород

Ареалы распространения древесных пород определяются крайними значениями количества тепла и влаги, а оптимальные их значения обуславливают наиболее высокое качество и продуктивность древостоев.

В изучаемых модельных регионах изменения ареалов отмечены практически везде. Не вызывает сомнений, что в субъектах Северо-Западного федерального округа наблюдается продвижение древесных пород на север (Архангельская область, Ленинградская область, Республика Карелия, Республика Коми). Состав древесных пород в Ненецком автономном округе будет меняться в результате появления новых видов, ранее произраставших южнее.

В Центральном федеральном округе в Брянской области также выявлено движение древесных пород на север. В Воронежской области, которая расположена

⁹ Разработка автора.

в лесостепной зоне, продвижения на север не выявлено. Вместе с тем, отмечено движение древесных пород на юг и зарастание степных участков (в настоящее время сильно антропогенно трансформированных).

Анализ последовательных исследований состояния дубрав в Воронежской области показал, что в результате усиления аридности произошло сокращение площади дубовых насаждений на 5-25%.

Большая часть территории Ростовской области расположена в степной зоне. В настоящее время изменений ареалов древесных пород в региональной системе не выявлено. Для наглядности произошедших изменений нами выполнено картирование региональных систем с учетом происходящих изменений в ареале распространения лесных насаждений (Рисунок 4.6.1.).



Рисунок 4.6.1. Изменения ареалов основных лесобразующих пород в исследуемых регионах¹⁰

¹⁰ Разработка автора.

Анализ совокупности авторских взглядов на изменения ареалов растительности и оценка произошедших изменений позволили сформировать следующие положения:

– радикальных изменений лесных экосистем под влиянием изменения климата в ближайшие 20 лет в России не ожидается. Существенные изменения ожидаются в более долгосрочной перспективе – за пределами горизонта прогнозного периода настоящего исследования;

– климатические изменения ближайших двух десятилетий будут способствовать смещению ареалов древесных пород преимущественно на север;

– возможно нарастание скорости усыхания елово-пихтовых лесов Дальнего Востока и Европейского Севера и повышенный отпад в кедровых лесах Сибири.

5. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОРСКОГО КЛАСТЕРНОГО И МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

5.1. Состояние лесных экосистем объектов исследования – Новгородская и Воронежская области

Натурные работы проводились на двух объектах: в Новгородской и Воронежской областях.

Подбор пробных площадей определялся целями исследования. При выборе пробных площадей обращалось внимание на однородность таксационных показателей древостоя и условий местопроизрастания. Таксационные показатели, дополненные лесопатологическим обследованием древостоев, позволили сформировать репрезентативную базу для анализа и оценки динамики процессов сукцессии, протекающих в условиях климатических изменений. Более того, именно причинно-следственные связи между климатом и состоянием древостоев, в частности направлением, интенсивностью сукцессии, легли в основу разрабатываемой и апробированной в настоящем исследовании методики.

В исследовании лесных экосистем сделан акцент на период с 1990 по 2018 гг., как временной интервал, существенно отличающийся по своим климатическим характеристикам от предыдущих периодов, и характеризующийся усилением отклонений по ряду климатических характеристик от сложившихся климатических норм.

Рассматривая территориальное размещение лесов в Новгородской области, следует отметить, что лесные массивы, представленные сосновыми и еловыми древостоями, расположены на северо-востоке и самом юге области. Леса, расположенные на западе и юге, представлены в основном березняками и осинниками, а в центральной части – сосново-еловыми насаждениями со значительной долей участия мягколиственных пород.

Пробные площадки в Новгородской области расположены на территории новгородского Мясноборского участкового лесничества общей площадью 35655 га. Основными лесообразующими породами являются ель, сосна, береза, осина, дуб, липа, а также встречаются клен, вяз и ясень.

Характеризуя объекты исследований, расположенные в Новгородской области, можно сказать, что они относятся к следующим типам леса: сосняк черничный влажный (ТЛУ – В4), ольшаник травяно-таволжный (ТЛУ – С4); березняк травяно-таволжный (ТЛУ – С4), березняк травяно-дубравный (ТЛУ – Д3). Динамика состояния лесных участков пробных площадей в Новгородской области представлена в таблице 5.1.1.

Пробные площади 1, 2, 5 ЛТА и 5 ЛГПИ относятся к соснякам черничным влажным. В соответствии с этим общая динамика изменений в этих лесных системах имеет однонаправленный характер. При анализе периода с 1985 по 2018 гг. на этих пробных площадях наблюдается уменьшение численности основной породы сосны, увеличение в древостое березы. На всех пробных площадях данной группы к 2018 г. отмечается появление подроста ели, а на пробной площади 5 ЛГПИ еще и подроста ольхи серой. На рассматриваемых пробных площадях выявлено снижение класса бонитета, за исключением ПП 5 ЛГПИ (3 класс за весь период исследований). Полнота насаждений меняется незначительно. Запас древостоя на всех пробных площадях этой группы увеличивается.

На пробной площади 3 ЛТА за время исследований основная порода осина сменяется на ель, увеличивается количество березы, и появляется ольха серая. Выявлено значительное снижение класса бонитета. Полнота насаждений меняется незначительно. Запас значительно снижается после проведения выборочных санитарных рубок.

Таблица 5.1.1. –Динамика таксационных характеристик древостоев на постоянных пробных площадях

№ ПП	Год	Площадь, га	Состав	А, лет	Бонитет	Дср, см	Нср, м	Полнота	М, м ³ /га	ТЛУ	Назначенная рубка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13
1ЛТА	2018	0,33	6С4Б+Е	80	3	21,2	18,2	0,61	190	В4	Без хозмероприятий
	2011	0,33	7С3Б	70	3	20,5	18,0	0,61	170	В4	Без хозмероприятий
	2005	0,33	7С3	70	3	19,8	17,8	0,65	170	В4	Без хозмероприятий
	2001	0,33	7С3	70	3	19,5	17,2	0,69	170	В4	Без хозмероприятий
	1993	0,33	8С2Б	60	2	18	16,5	0,7	150	В4	Без хозмероприятий
	1985	0,33	8С2Б	60	2	18	16,5	0,7	150	В4	Без хозмероприятий
2ЛТА	2018	0,42	6С2Б2Е	100	4	21,1	18,2	0,58	162	В4	Без хозмероприятий
	2011	0,42	7СБ+Е	90	3	20,7	21,3	0,	156	В4	Без хозмероприятий
	2005	0,42	7СБ+Е	90	3	20,7	21,3	0,6	156	В4	Без хозмероприятий
	2001	0,42	7СБ+Е	90	3	20,7	21,3	0,6	156	В4	Без хозмероприятий
	1993	0,42	9С1Б	80	3	19,9	23,0	0,6	150	В4	Без хозмероприятий
	1985	0,42	9С1Б	80	3	19,9	23,0	0,6	150	В4	Без хозмероприятий
3ЛТА	2018	0,30	4Е3Б2Олс1Ос	100	3	26,4	20,3	0,45	122	С4	Без хозмероприятий
	2011	0,30	3Е2Б1Олс1Ос	90	2	26,9	21,1	0,5	144	С4	Без хозмероприятий
	2005	0,30	2Е2Б1Ос	90	2	26,9	22,8	0,5	144	С4	Без хозмероприятий
	2001	0,30	4Ос1Б1Е	90	2	27,4	23,8	0,5	187	С4	Выборочная санитарная рубка (ВСП)
	1993	0,30	9Ос1Б+Е	80	1а	27,9	28,5	0,6	200	С4	Без хозмероприятий
	1985	0,30	9Ос1Б+Е	80	1а	27,9	28,5	0,6	200	С4	Без хозмероприятий

Продолжение таблицы 5.1.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4ЛТА	2018	0,46	7Е2Б1С	140	4	27,3	21,7	0,52	164	В4	Без хозмероприятий
	2011	0,46	7Е2Б	130	4	26,1	21,2	0,58	180	В4	Без хозмероприятий
	2005	0,46	7Е2Б	130	4	24,5	20,5	0,58	210	В4	ВСП
	2001	0,46	7Е2Б1Ос	130	4	24,5	20,1	0,58	220	В4	ВСП
	1993	0,46	7Е2Б1Ос	120	4	22,3	19,0	0,6	300	В4	Без хозмероприятий
	1985	0,46	7Е2Б1Ос	120	4	22,3	19,0	0,6	300	В4	Без хозмероприятий
5ЛТА	2018	0,37	4С4Б1Олс1Ос+Е	80	3	22,5	19,9	0,64	173	В4	Без хозмероприятий
	2011	0,37	4С4Б1Ос1Олс	70	3	22,1	19,5	0,67	175	В4	Без хозмероприятий
	2005	0,37	5С3Б1Ос+Олс	70	3	21,3	19,1	0,68	175	В4	Без хозмероприятий
	2001	0,37	5С3Б1Ос+Олс	70	3	20,5	19,1	0,7	175	В4	Без хозмероприятий
	1993	0,37	7С2Б1Ос	60	2	18,9	18,9	0,7	180	В4	Без хозмероприятий
	1985	0,37	7С2Б1Ос	60	2	18,7	18,9	0,7	180	В4	Без хозмероприятий
1ВНИ ИЛМ	2018	0,3	6Олс3Б1Ос+Е	80	3	22,6	20,1	0,53	86	С4	Без хозмероприятий
	2011	0,3	6Олс3Б1Ос	70	3	22,1	19,4	0,59	90	С4	Без хозмероприятий
	2005	0,3	4Олс2Б1Ос	70	3	27,7	18,7	0,6	101	С4	ВСП
	2001	0,3	3Б2Ос1Олс	70	3	21,3	18,2	0,65	115	С4	ВСП
	1993	0,3	6Б4ОсОлс	60	2	20,4	17,5	0,7	140	С4	Без хозмероприятий
	1985	0,3	6Б4Ос	60	2	20,4	17,5	0,7	140	С4	Без хозмероприятий
2ВНИ ИЛМ	2018	0,3	2Б2Е2Олс+Ос	110	3	25,4	22,2	0,33	105	С4	Без хозмероприятий
	2011	0,3	3Б2Е2Ос	100	3	24,5	22,0	0,5	110	С4	Без хозмероприятий
	2005	0,3	3Б2Е2Ос	100	3	23,4	22,0	0,5	170	С4	ВСП

Продолжение таблицы 5.1.1.

	2001	0,3	4Б3Е2Ос	100	3	21,5	21,9	0,7	230	С4	ВСП
	1993	0,3	5Б3Е2Ос	90	3	20,7	20,5	0,9	301	С4	Без хозмероприятий
	1985	0,3	5Б3Е2Ос	90	3	20,7	20,5	0,9	301	С4	Без хозмероприятий
ЗВНИ ИЛМ	2018	0,25	7Б3Ос+Е+Олс	90	2	34,2	24,5	0,2	63	Д3	Без хозмероприятий
	2011	0,25	6Б3Ос+Е+Олс	80	2	34,4	24,0	0,3	101	Д3	Без хозмероприятий
	2005	0,25	4Б3Ос1Е+Олс	80	2	30,2	23,7	0,3	155	Д3	ВСП
	2001	0,25	4Ос3Б1Е+Олс	80	2	27,6	22,6	0,5	220	Д3	ВСП
	1993	0,25	6Ос3Б1Е+Олс	70	2	25,4	20,5	1,0	375	Д3	Без хозмероприятий
	1985	0,25	6Ос3Б1Е+Олс	70	2	24,2	19,7	1,0	405	Д3	Без хозмероприятий
1 ЛГПИ	2018	0,56	4Б3Олс3Ос+Е	75	2	24,1	20,2	0,34	98	С4	Без хозмероприятий
	2011	0,56	4Б3Олс3Ос+Е	65	2	24,2	19,6	0,34	123	С4	Без хозмероприятий
	2005	0,56	5Б3Ос+Олс	65	2	24,2	19,6	0,38	150	С4	ВСП
	2001	0,56	5Б3Ос+Олс	65	2	24,5	19,6	0,39	270	С4	ВСП
	1993	0,56	7Б4Ос1Олс	55	2	26,8	18,4	0,41	370	С4	Без хозмероприятий
	1985	0,56	7Б4Ос1Олс	55	2	26,8	18,4	0,49	380	С4	Без хозмероприятий
2 ЛГПИ	2018	0,56	5Б3Е1Ос1Лп+Олс	70	2	25,8	19,9	0,49	146	С4	Без хозмероприятий
	2011	0,56	4Б2Е1Ос1Лп	60	2	25,0	19,1	0,51	152	С4	Без хозмероприятий
	2005	0,56	3Б1Ос1Лп1Е	60	2	24,7	18,5	0,51	181	С4	Без хозмероприятий
	2001	0,56	3Б2Ос1Лп+Е	60	2	23,5	17,9	0,57	190	С4	ВСП
	1993	0,56	3Б4Ос2Лп	50	2	22,4	17,2	0,59	275	С4	Без хозмероприятий
	1985	0,56	3Б4Ос2Лп	50	2	22,4	16,7	0,66	275	С4	Без хозмероприятий

Окончание таблицы 5.1.1.

5 ЛГПИ	2018	0,5	8С2Б+Е+Олс	65	3	17,9	16,7	0,66	235	В4	Без хозмероприятий
	2011	0,5	8С2Б+Е	55	3	17,2	16,2	0,71	221	В4	Без хозмероприятий
	2005	0,5	8С2Б+Е	55	3	16,8	15,7	0,71	210	В4	Без хозмероприятий
	2001	0,5	10С3Б	55	3	16,1	15,3	0,71	210	В4	Без хозмероприятий
	1993	0,5	10С4Б	45	3	15,4	14,9	0,79	190	В4	Без хозмероприятий
	1985	0,5	10С4Б	45	3	15,4	14,9	0,79	350	В4	Без хозмероприятий

Примечание: Типы леса: ПП 1, 2, 5 ЛТА и 5 ЛГПИ – сосняк черничный влажный; ПП 1В – ольшаник травяно-таволжный; ПП 2В, 1, 2ЛГПИ – березняк травяно-таволжный; ПП 3В – березняк травяно-дубравный; 3, 4 ЛТА – ельники (по состоянию на 2018 г.).

На территории пробной площади 4 ЛТА состав основных пород не меняется (ель и береза), но отмечено выпадение осины, и к 2018 году появление в древостое сосны.

Класс бонитета 4 за все время исследований. Полнота меняется незначительно, а запас уменьшается.

На пробной площади 1 ВНИИЛМ происходит смена березняка на ольшаник, и появляется подрост ели. По данным 2018 года данный участок относится к ольшанику травяно-таволжному. Класс бонитета снижается, полнота колеблется незначительно, а запас уменьшается.

Пробные площади 2 В, 1, 2 ЛГПИ по данным 2018 г. относятся к березняку травяно-таволжному. На ПП 2 ВНИИЛМ количество березы уменьшается, осина уходит в подрост, а на ее смену приходит ольха серая; на ПП 1 ЛГПИ количество березы уменьшается, и появляется подрост из ели; на ПП 2 ЛГПУ количество березы увеличивается, появляется ель и подрост из ольхи серой. За время исследований класс бонитета остается постоянным, запас древостоя уменьшается. Вероятно, уменьшение запаса древостоя связано с проведением выборочных санитарных рубок.

Пробная площадь 3 ВНИИЛМ относится к березняку травяно-дубравному, хотя в начале проводимых исследований доминирующей породой являлась осина. К концу периода исследований было отмечено появление ели в подросте. Класс бонитета не менялся. Полнота и запас древостоя понизились.

В целом, можно сделать вывод о том, что на всех пробных площадях происходят заметные сукцессионные изменения, касающиеся всех основных таксационных показателей. Эти изменения, вероятно, вызваны меняющимися климатическими условиями и усилением антропогенной нагрузки.

Экспериментальными объектами в Воронежской области выступили 27 пробных площадей (Матвеев, 2005, 2017), заложенных в 2006-2008 годах и исследуемых в 2010-2019 годах с использованием стандартных методов лесной таксации и в соответствии с действующим руководством по лесопатологическому

обследованию насаждений (Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 16 сентября 2016 г. № 480 (Электронный ресурс)).

В исследовании привлечены материалы последних лесоустройств за 1960-2003 гг. для Шиповой и Теллермановской дубрав, трех лесоустройств за 1983-2004 гг. для Воронежской нагорной дубравы р. Воронеж (УОЛ ВГЛТУ), для Воронежского государственного природного биосферного заповедника (1981 и 1992 гг.) и Хоперского заповедника (1982, 2004 гг.). Таким образом, по разным лесным массивам охвачены временные промежутки от 25 до 60 лет (Таблица 5.1.2.).

Характеризуя опытные объекты, расположенные в Центральной лесостепи, отметим, что они находятся в модальных дубравных типах леса: дубняк снытьевый (ТЛУ – Д₂) и дубняк осоко-снытьевый (ТЛУ – С₂Д). В Хоперском заповеднике, Шиповом, Теллермановском лесных массивах дуб произрастает преимущественно в типе лесорастительных условий Д₂, в Воронежской нагорной дубраве и ВГБЗ – в С₂Д.

Анализируя динамику состояния дубрав УОЛ ВГЛТУ, следует указать на усиливающиеся тенденции распада насаждений Воронежской нагорной дубравы р. Воронеж (Таблица 5.1.2.).

Ухудшения коснулись в первую очередь породного состава:

- за тридцатилетний период обследования насаждений доля дуба в их составе снизилась от трех до пяти единиц (кв./выдел – 49/3, 52/19, 51/46);
- увеличилась доля липы и клена (кв./выдел – 49/3, 52/3, 52/19, 51/46);
- произошло тотальное выбытие ясеня (кв./выдел – 49/3, 52/3, 52/19, 51/46, 52/22).

Таблица 5.1.2. – Динамика таксационных характеристик насаждений Воронежской нагорной дубравы (УОЛ ВГЛТА)

№ ПП	Год	Кв./выд.	Состав	А, лет	Бонитет	Дср, см	Нср, м	Полнота	Тип леса ТЛУ	М, м ³ /га	Назначенная рубка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2019	49/3	4ДНП2ОС2Лп1КЛО1Яо	100 70	II	31,8 20,2	23,8 22,4	0,8	<u>Досн</u> С ₂ Д	432	Без хозмероприятий
	2010	49/3	4ДНП3Лп1Яо1Ос1КЛО	90 60	II	30,6 19,3	23,6 22,1	0,95	<u>Досн</u> С ₂ Д	410	Уборка захламленности ВСР
	2006	49/3	5ДНП3Лп1Яо1КЛО	85 55	II	30,3 18,8	23,5 21,2	1,08	<u>Досн</u> С ₂ Д	403	Без хозмероприятий
	2002	49/3	7ДНП1Яо2Лп+КЛО+Ос	90 60	II	28 30	24 25	0,7	<u>Досн</u> С ₂ Д	250	Выборочная санрубка 5%
	1994	49/3	8ДНП1Яо1Лп	80 50	II	28	24	0,7	<u>ДОС</u> С ₂	250	Выборочная санрубка
	1983	49/3	8ДНП1Яо1Лп	70 40	II	24	22	0,7	<u>ДОС</u> С ₂	220	Выборочная санрубка
2	2019	52/3	7ДНП2Лп1Ос+КЛО	135 63	II	44,2	26,2	0,6	<u>ДСн</u> Д ₂	338	Без хозмероприятий
	2010	52/3	8ДНП2Лп+КЛО	125 56	II	43,7	25,9	0,7	<u>ДСн</u> Д ₂	330	Без хозмероприятий
	2006	52/3	9ДНП1Лп+КЛО ед. Яо	120 50	II	43,4 16,2	25,8 16,5	0,74	<u>ДСн</u> Д ₂	313	Без хозмероприятий
	2002	52/3	9ДНП1Лп+КЛО+Ос	110 60	II	40 22	25 22	0,7	<u>Досн</u> С ₂ Д	290	Выборочная санрубка 5%
	1994	52/3	8ДНН2Лп+Ос+КЛО	100 50	III	40 22	23 20	0,6	<u>ДОС</u> С ₂	270	Без хозмероприятий
	1983	52/3	8ДНН2Лп	95 40	III	32 18	23 17	0,6	<u>ДОС</u> С ₂	200	Без хозмероприятий
3	2019	52/19	1ДНН7Лп2КЛО+Ос	98 57	III	27,8 23,6	22,6 23,7	0,93	<u>Досн</u> С ₂ Д	324	Выборочная санрубка
	2010	52/19	2ДНН6Лп2КЛО+Яо	90 53	III	27,2 22,7	22,4 23,3	0,94	<u>Досн</u> С ₂ Д	316	Без хозмероприятий
	2006	52/19	3ДНН6Лп1КЛО+Яо	86 50	III	26,7 22,1	22,2 22,9	0,93	<u>Досн</u> С ₂ Д	311	Без хозмероприятий
	2002	52/19	6ДНН3Лп1КЛО	85 55	III	30 22	23 21	0,7	<u>Досн</u> С ₂ Д	220	Выборочная санрубка 5%

Окончание таблицы 5.1.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1994	52/19	6ДННЗЛп1КлО	75 45	Ш	30 18	21 18	0,7	$\frac{Дос}{C_2}$	180	Выборочная санрубка
	1983	52/19	I ярус – 10ДНН+Ос II ярус – 7Лп2КлО1ДНН	65 40	II	30 14	21 16	0,5 0,3	$\frac{Дос}{C_2}$	150 70	Без хозмероприятий
4	2019	51/46	5ДННЗЛП1ЯОВ1КЛО	100 65	II	30,0 26,0	30,0 23,0	0,85	$\frac{Дсн}{D_2}$	340	Без хозмероприятий
	2010	51/46	4ДНП2Лп3КлО1Яо	85 55	II	30,0 24,0	25,0 22,0	0,8	$\frac{Дсн}{D_2}$	305	Выборочная санрубка 5%
	2006	51/46	5ДНП2Лп2КлО1Яо	80 50	II	30,2 20,0	24,4 21,0	0,90	$\frac{Дсн}{D_2}$	359	Без хозмероприятий
	2002	51/46	6ДНП2Яо2Лп+КлО	90	II	28 30	24 25	0,7	$\frac{Досн}{C_2Д}$	250	Выборочная санрубка 5%
	1994	51/46	6ДНП2Яо1КлО1Лп	80 80	II	26 26	23 23	0,7	$\frac{Дос}{C_2}$	230	Выборочная санрубка
	1983	51/46	6ДНП4Лп+Яо	70	II	26 24	23 20	0,7	$\frac{Дос}{C_2}$	220	Без хозмероприятий
5	2019	52/22	6ЛПЗДНП1КЛО+ЯО	75 90	Ш	23,4 27,2	24,1 24,3	0,70	$\frac{Досн}{C_2Д}$	280	Без хозмероприятий
	2010	52/22	3ДНН4Лп1Ос2КлО	85 54	Ш	27,0 22,1	23,5 23,7	0,80	$\frac{Досн}{C_2Д}$	280	Выборочная санитарная рубка 5%
	2006	52/22	4ДНН4Лп1Яо1КлО	80 50	Ш	27,1 21,6	22,8 22,2	0,80	$\frac{Досн}{C_2Д}$	320	Без хозмероприятий
	2002	52/22	4ДННЗЛп2КлО1Яо	90 60	Ш	28 22	23 22	0,8	$\frac{Досн}{C_2Д}$	250	Рубка формирования ландшафта 20% (к 2006 г. не проведена)
	1994	52/22	4ДННЗЛп2КлО1Яо	80 50	Ш	28 20	22 18	0,8	$\frac{Дос}{C_2}$	220	Без хозмероприятий
	1983	52/22	I ярус – 10ДНН+Яо II ярус – 6Лп3КлО1Яо+Ос	70 40	Ш	26 12	20 15	0,5 0,4	$\frac{Дос}{C_2}$	140 90	Без хозмероприятий

Наиболее существенное снижение доли участия дуба наблюдается в период 2002-2019 гг. В разных древостоях дуб потерял от 1 до 6 единиц состава, при этом выросло количество пород спутников – липы мелколистной, клена-остролистного, осины. Количество липы в составах увеличилось, состояние деревьев устойчивое, наблюдается ее интенсивный рост (как в высоту, так и по диаметру).

Доля участия клена остролистного не превышает 1-2 единиц.

Несмотря на увеличение полноты насаждений преимущественно за счет более интенсивного роста пород спутников – липы мелколистной, клена-остролистного, осины, имеет место замедление прироста запаса.

Существенно снизилась скорость прироста запаса насаждений.

С 1983 по 2006 гг. средняя скорость прироста по запасу составила по обследуемым объектам:

кв./выдел 49/3 – 7,95 м³/га;

кв./выдел 52/3 – 4,91 м³/га;

кв./выдел 52/19 – 7,0 м³/га;

кв./выдел 51/46 – 6,04 м³/га;

кв./выдел 52/22 – 7,8 м³/га.

С 2007 по 2019 гг. средняя скорость прироста по запасу составила по обследуемым объектам:

кв./выдел 49/3 – 2,2 м³/га;

кв./выдел 52/3 – 1,90 м³/га;

кв./выдел 52/19 – 1,0 м³/га;

кв./выдел 51/46 – 1,9 м³/га;

кв./выдел 52/22 – 1,9 м³/га.

Полученные данные дают основание предположить наличие в последние годы значительного числа неблагоприятных факторов, оказавших влияние на лесные экосистемы Воронежской нагорной дубравы р. Воронеж. Одним из таких факторов является возрастающая антропогенная нагрузка. Следует отметить, что под воздействием рекреационных нагрузок изменяется не только породный состав нагорной дубравы и почвенный состав. Уплотнение верхнего слоя почвы ведет к

подавлению жизнедеятельности и уменьшению массы активных корней древостоя, что ведет к снижению обеспеченности растений влагой и кислородом, что проявляется суховершинностью деревьев в насаждениях.

Результаты исследования уточняют степень рекреационной устойчивости дуба черешчатого в условиях Воронежской нагорной дубравы и характеризуют состояние насаждения II классом депрессии. Влияние рекреации сказывается на изменении таксационных показателей древостоев (Добрынин, 1986; Репшас, 1994; Харитоненко, 1994; Солнцев, 1996; Прыгов, 2001; Прохоров, 2004).

При длительном использовании участков средние диаметр и высота древостоев отстают от контрольных, уменьшаются запас древесины и полнота насаждений.

Рекреационные нагрузки ведут к изреживанию древостоев, что приводит к сокращению густоты деревьев и отчетливо прослеживается за анализируемый период на пробных площадях Воронежской нагорной дубравы р. Воронеж: кв. 49, выдел 3 снижение полноты до 0,8; квартал 52, выдел 3 снижение полноты до 0,6 в условиях повышения рекреационной нагрузки (Рисунок 5.1.1).

Исследователями данной проблематики доказано, что на прирост дуба наибольшее влияние оказывает комплексное соотношение влаги и тепла. Обращаясь к нашим исследованиям, отметим, что теплым был 1995 г. (среднегодовая температура $6,4^{\circ}\text{C}$), и экстремальным был 2010 (среднегодовая температура $8,4^{\circ}\text{C}$), с зимним минимумом ($-14,8^{\circ}\text{C}$) и летним максимумом ($26,4^{\circ}\text{C}$) что для центрально лесостепи является аномальным.

В последующие годы засушливые периоды существенно выросли, и случаи засух участились: раз в три года засуха повторяется и, начиная с 2013 г., среднегодовая температура не опускалась ниже $8,0^{\circ}\text{C}$. Этот фактор оказал на насаждения Воронежской нагорной дубравы р. Воронеж существенное влияние, которое привело к усилению процессов распада и депрессии, доля сухостоя на III составляет от 3 до 5%.

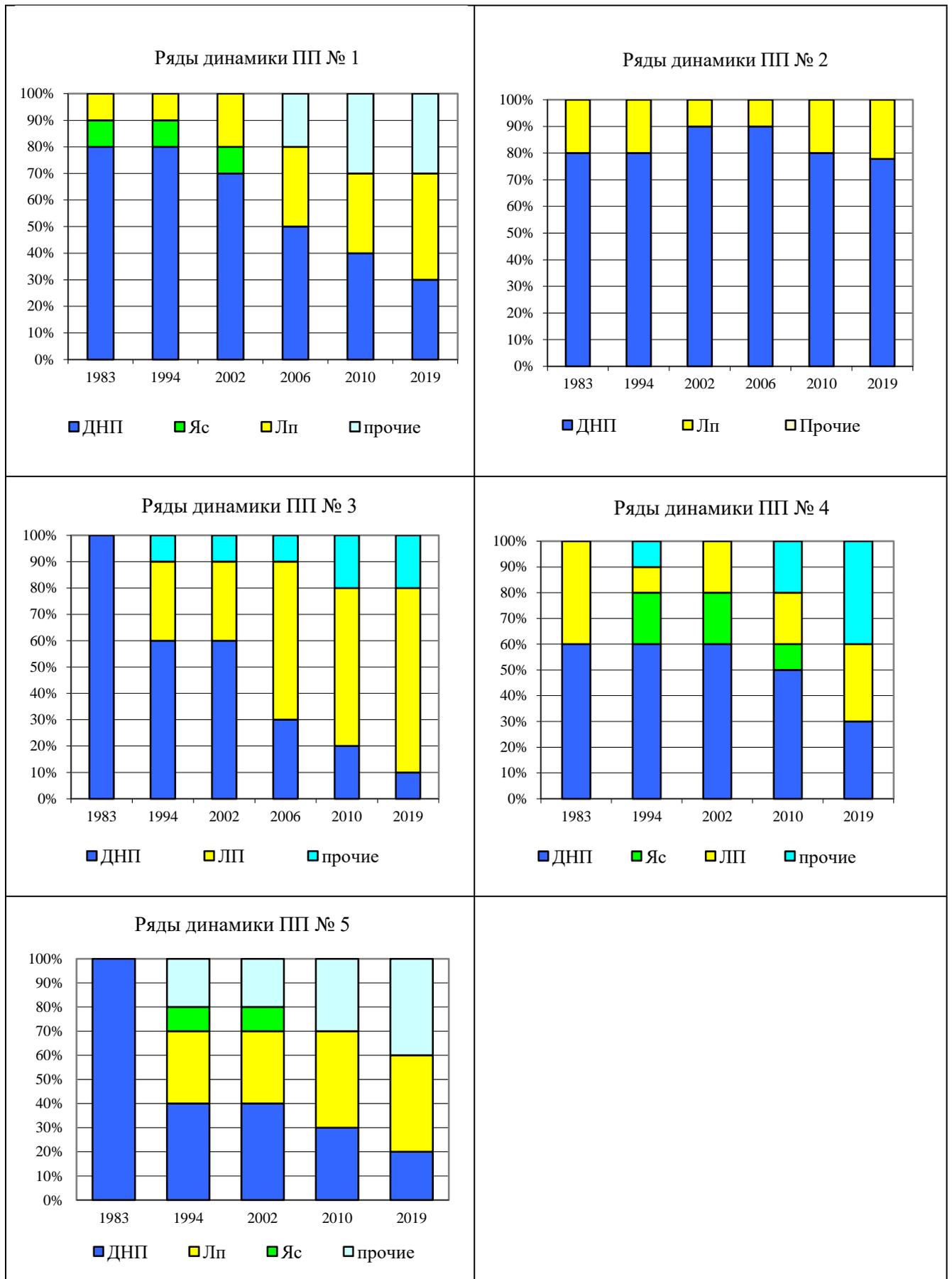


Рисунок 5.1.1. Ряды динамики состава древесных пород на ПП №1-5

Примечание: ДНП – дуб низкий пойменный; Лп – липа; Яс – ясьень.

Имеет место корреляция между уходными лесоводственными мероприятиями (санитарными рубками) и состоянием насаждений. Лесоустройством 1983 г. хозмероприятий на обследованных участках Воронежской нагорной дубравы мероприятия не назначались и не проводились.

В результате составы до 1994 г. оставались стабильными, либо незначительно изменялись по причине перехода двухъярусных древостоев в одноярусные. В 1994 г. в ряде насаждений были назначены выборочные санитарные рубки. До 2002 г. доли дуба и клена остролистного снизились в большинстве из них на 1 единицу. Без хозмероприятий состав остался стабильным, либо имел тенденцию к увеличению доли дуба (ПП № 2, ПП № 5). В 2002 г. в большинстве исследованных древостоев были снова назначены выборочные санрубки интенсивностью 5%. До 2006 г. произошло наибольшее снижение доли дуба, составившее 1-3 единицы, что не может быть объяснено только удалением фауных экземпляров в объеме 5% от запаса.

Очевидно, что удаление даже незначительного количества деревьев дуба (особенно ослабленных и сухостойных) способно вызвать интенсивный рост пород спутников, обеспечив им большую площадь питания и благоприятный световой режим.

В насаждении, где лесоустройством 2002 г. санрубка не назначалась (ПП № 5), состав остался стабильным. В насаждениях ПП №3 в 2019 году были снова назначены выборочные санрубки интенсивностью 5%, что связано с ухудшением санитарного состояния древостоя.

По комплексу показателей современное состояние Воронежской нагорной дубравы оценивается как неудовлетворительное. Преобладают древостои порослевого происхождения II и III класса бонитета, семенные насаждения отсутствуют, а продуктивность дубрав закономерно снижается при усилении засушливости климата.

Динамика состава дубовых насаждений Воронежского государственного биосферного заповедника (ВГБЗ) представляет особый интерес ввиду отсутствия

рубков в последние 70 лет, что позволяет со значительной вероятностью исключить этот вид антропогенного воздействия и сравнить ход сукцессий с другими лесными массивами. Дубравы или насаждения с преобладанием дуба в первом ярусе широко распространены в Воронежском заповеднике, однако его территория включает не только дубравы, но и северную половину Усманского бора. Дубравы с дубом более низких бонитетов произрастают по всей территории заповедника, представляя нередко производные сосняков (Таблица 5.1.3.).

По аналогии с насаждениями Воронежской нагорной дубравы насаждения, расположенные на пробных площадях ВГБЗ испытывают серьезную климатическую нагрузку, в результате которой отмечено уменьшение доли дуба за последние 3 десятилетия. Из числа обследованных насаждений пробных площадей демонстрируют относительно стабильную динамику древостои ПП № 6 и №9. За период с 2009 по 2019 гг. состав насаждений на этих пробных площадях практически не изменился.

В тоже время и в отличие от насаждений Воронежской нагорной дубравы смена пород в древостоях ВГБЗ происходит более плавно, а увеличение доли спутников в ряде случаев не наблюдается, либо происходит постепенно. Более того, чем выше состояние насаждения, тем быстрее оно выходит из периода депрессии и дольше способно находиться на оптимальном, среднем многолетнем уровне прироста.

Исключением является насаждение на ПП № 8, где за период с 1992 по 2007 гг. наблюдалось интенсивное отмирание старовозрастного порослевого дуба. Засухи 2010-2016 годов усилили этот процесс и в 2019 году на ПП №8 порослевой дуб встречался единично, и состояние его было неудовлетворительным. Количество сухостоя в 2019 году составляло более 50% от общего запаса дуба в насаждении.

Таблица 5.1.3. – Динамика основных таксационных характеристик дубрав ВГБЗ

№ ПП	Год	Кв./выд.	Состав	А, лет	Бонитет	Дср, см	Нср, м	Полнота	Тип леса ГЛУ	М, м ³ /га	Назначенная рубка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	2019	507/11	7ДНП2Лп1КлО+Ос	127	II	40,5 28,0	26,2 24,0	0,90	<u>Досн</u> С ₂ Д	358	Без хозмероприятий
	2011	507/11	8ДНП1Лп1КлО+Ос+С	120	II	40,2 27,6	25,7 23,0	0,88	<u>Досн</u> С ₂ Д	350	Без хозмероприятий
	2007	507/11	8ДНП1Лп1КлО+Ос	115	II	39,9 27,1	24,7 22,0	0,86	<u>Досн</u> С ₂ Д	342	Без хозмероприятий
	1992	507/11	8ДНП2Лп+КлО+Ос+С+Яо	110	II	40 32	26 25	0,7	<u>Досн</u> С ₂ Д	280	Без хозмероприятий
	1981	507/11	8ДНП2Лп+С	105	II	40 32	26 24	0,8	<u>ДОС</u> С ₂	320	Без хозмероприятий
7	2019	487/19	3ДНП4Лп2Ос1 КлО	127	II	40,2 30,3	26,7 25,2	0,7	<u>Досн</u> С ₂ Д	205	Без хозмероприятий
	2011	487/19	4ДНП4Лп1КлО1Ос	120	II	39,5 29,4	25,4 24,6	0,6	<u>Досн</u> С ₂ Д	190	Без хозмероприятий
	2007	487/19	4ДНП4Лп1КлО1Ос	115	II	38,8 28,1	24,8 24,0	0,56	<u>Досн</u> С ₂ Д	185	Без хозмероприятий
	1992	487/19	6Лп3ДНП1КлО	95	II	34 40	25 25	0,7	<u>Досн</u> С ₂ Д	340	Без хозмероприятий
	1981	487/15	8ДНП2Лп	90	II	36 36	26 26	0,7	<u>ДОС</u> С ₂	280	Без хозмероприятий
8	2019	507/5	4О 4КлОс2Лп+ДНН	120	III	24,1 36,4 36,8	22,0 24,6 24,5	0,75	<u>Досн</u> С ₂ Д	278	Без хозмероприятий
	2011	507/5	4Ос 3КлО1ДНН2Лп	114	III	24,0 36,2 36,1	22,2 24,6 24,4	0,75	<u>Досн</u> С ₂ Д	270	Без хозмероприятий
	2007	507/5	3КлО3Ос2ДНН2Лп	110	III	23,2 35,0 35,8	22,3 24,4 24,2	0,73	<u>Досн</u> С ₂ Д	264	Без хозмероприятий
	1992	507/5	5ДНП2Ос2КлО1Яо	85	I	32 32	24 26	0,6	<u>Досн</u> С ₂ Д	210	Без хозмероприятий

Окончание таблицы 5.1.3.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1981	507/3	6ДНП1Б3Ос+Лп	85	П	32 36	24 26	0,8	$\frac{\text{ДОС}}{C_2}$	280	Без хозмероприятий
9	2019	507/18	5ДНП2Лп2КлО1Ос	120	П	40,2 28,4	27,0 24,5	0,94	$\frac{\text{Дсн}}{D_2}$	375	Без хозмероприятий
	2011	507/18	6ДНП2Лп1КлО1Ос	114	П	37,6 27,3	26,2 24,1	0,92	$\frac{\text{Дсн}}{D_2}$	362	Без хозмероприятий
	2007	507/18	6ДНП2Лп1КлО1Ос	110	П	36,2 26,9	25,1 23,3	0,92	$\frac{\text{Дсн}}{D_2}$	359	Без хозмероприятий
	1992	507/18	7ДНП1Лп1Ос1Б+КлО	85	П	30 28	24 23	0,7	$\frac{\text{Досн}}{C_2D}$	250	Без хозмероприятий
	1981	507/17	8ДНП1Б1Ос	75	П	28 36	22 26	0,8	$\frac{\text{ДОС}}{C_2}$	250	Без хозмероприятий

Образование окон в главном пологе спровоцировало интенсивный прирост осины, липы и клена остролистного. Более того, широко распространенные на территории заповедника осиновые насаждения, обычно возникшие на месте сосновых или дубовых насаждений, в последние годы проявляют агрессивность и стремительно вытесняют другие породы.

В период 2003-2013 годов произошла волна усыхания дуба в Центральном Черноземье, что привело к уменьшению его доли в породном составе насаждений.

Отметим, что основной отличительной чертой Воронежской нагорной дубравы и ВГБЗ является преобладание липы мелколистной в сукцессионной динамике, особенно в ТЛУ С₂Д.

Динамика составов дубовых насаждений Теллермановского лесного массива признается нами наименее благоприятной (Таблица 5.1.4.). Абсолютно на всех объектах наблюдается значительное снижение доли дуба за период с 1990 по 2007 годы. За 1959-1990 гг. составы остаются стабильными, либо изменяются незначительно после рубок.

Наибольшее снижение доли дуба наблюдается по сравнению с 2003 годом – 2-5 единиц состава, что, в первую очередь, связано с интенсивными рубками. В некоторых насаждениях (ПП № 13) число дубовых пней разного возраста и диаметра достигает 200 шт./га.

Лесоустройством 1969 года многие дубовые древостои отнесены к естественным семенным, что по результатам проведенных нами исследований весьма спорно.

В настоящее время в тех же насаждениях преобладают дубы с явными признаками порослевого происхождения, но высокого бонитета (Ia-II), что позволяет отнести их к высокоствольной хозсекции, но не к семенным. Устойчивую динамику смены пород в период с 2007 по 2019 годы демонстрируют Теллермановские насаждения.

Таблица 5.1.4. –Динамика основных таксационных характеристик насаждений Теллермановской дубравы

№ ПП	Год	Кв./выд.	Состав	А, лет	Бонитет	Дср, см	Нср, м	Полнота	Тип леса ГЛУ	М, м ³ /га	Назначенная рубка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	2019	19/11	5ДНПЗКлО2Лп+Ос+Б	126	Ia	60,1 20,8	32,2 22,4	0,54	$\frac{Дсн}{Д_2}$	246	Без хозмероприятий
	2011	19/11	5ДНПЗКлО1Лп1Ил+Яо+Ос+Б	119	Ia	56,4 20,2	30,4 22,4	0,54	$\frac{Дсн}{Д_2}$	240	Без хозмероприятий
	2007	19/11	5ДНПЗКлО1Лп1Ил+Яо+Ос+Б	115	I	52,7 16,8	29,5 22,1	0,52	$\frac{Дсн}{Д_2}$	234	Без хозмероприятий
	2003	19/11	9ДНП1Лп+КлО+Лп	100	II	40 36	25 22	0,5	$\frac{Дсн}{Д_2}$	190	Без хозмероприятий
	1990	19/11	10ДНП+Лп+КлО	90	II	36	25	0,5	$\frac{Дсн}{Д_2}$	190	Без хозмероприятий
	1980	19/11	10ДНП+Б+Яо+Ос	75	I	36	25	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	270	Выборочная санрубка
	1969	19/11	10ДНП+Б	65	I	32	23	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	240	Без хозмероприятий
	1959	19/11	8ДНП2Ос+Б+Яо	80	I	30	26	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	290	Без хозмероприятий
11	2019	18/1	4ДНПЗКлО2Лп1Б+Ил	82	Ia	40,0 20,7	30,2 24,0	0,72	$\frac{Дсн}{Д_2}$	272	Без хозмероприятий
	2011	18/1	4ДНП4КлО2Лп+Ил+Яо	74	Ia	36,8 20,0	30,0 23,6	0,70	$\frac{Дсн}{Д_2}$	260	Без хозмероприятий
	2007	18/1	4ДНП4КлО1Лп1Б+Ил+Яо	70	Ia	35,0 18,8	28,5 22,5	0,61	$\frac{Дсн}{Д_2}$	255	Без хозмероприятий
	2003	18/1	9ДНП1КлО+Б	65	II	28 16	22 15	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	200	Без хозмероприятий
	1990	18/1	10ДНП+Лп+Ос+КлО	55	II	20	18	0,9	$\frac{Дсн}{Д_2}$	210	Проходная рубка 10%
	1980	18/1	10ДНП+Б+Ос+Яо+КлО	45	I	20	18	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	180	Проходная рубка 15%
	1969	18/1	10ДНП+Б	35	Ia	18	17	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	180	Без хозмероприятий

Окончание таблицы 5.1.4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1959	18/1	10ДНП+Лп+КлО	25	I	8	12	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	110	Прореживание 10%
12	2019	18/7	6Ос1ДНП1Лп2КлО ед.Ил	83	Ia	36,2 36,6	30,2 34,0	0,84	$\frac{Дсн}{Д_2}$	430	Без хозмероприятий
	2011	18/7	5Ос2ДНП1Лп2КлО ед.Яо ед.Ил	75	Ia	36,0 35,6	30,0 32,0	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	420	Без хозмероприятий
	2007	18/7	5Ос2ДНП1Лп1КлО1Б ед.Яо ед.Ил	69	Ia	35,7 35,5	29,5 30,0	0,82	$\frac{Дсн}{Д_2}$	400	Без хозмероприятий
	2003	18/7	3ДНП5Ос1Б1Лп	65	II	36 36	28 28	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	280	Без хозмероприятий
	1990	18/7	5ДНП4Ос1Лп+Б+КлО	55	II	22	18	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	200	Проходная рубка 20%
	1980	18/7	5ДНП4Ос1Б	45	I	20	18	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	180	Проходная рубка 15%
	1969	18/7	4ДНП5Ос1Б	35	Ia	18	17	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	180	Прореживание 15%
	1959	18/7	6ДНП2Ос1Б1Лп +КлО+В	27	I	14	12	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	100	Без хозмероприятий
13	2019	11/1	2ДНП6КлО1Лп 1Ос+Ил	103	Ia	47,4 28,0	34,0 26,0	0,64	$\frac{Дсн}{Д_2}$	250	Без хозмероприятий
	2011	11/1	2ДНП6КлО2Лп +Ил	94	Ia	46,0 27,0	32,2 25,6	0,60	$\frac{Дсн}{Д_2}$	245	Без хозмероприятий
	2007	11/1	3ДНП6КлО1Лп+Ил	90	Ia	44,9 26,7	30,8 25,0	0,56	$\frac{Дсн}{Д_2}$	236	Без хозмероприятий
	2003	11/1	7ДНП2Лп1КлО+Яо	95	II	36 24	24 21	0,5	$\frac{Дсн}{Д_2}$	180	Без хозмероприятий
	1990	11/1	8ДНП2Лп+Яо+Ос+Б+КлО	80	I	32	24	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	230	Выборочная санрубка
	1980	11/1	8ДНП2Яо+Б+КлО+Лп+Ос	70	I	30	24	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	240	Выборочная санрубка
	1969	11/1	9ДНП1Яо+Б	60	I	28	23	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	240	Без хозмероприятий
	1959	11/1	9ДНП1Яо	50	Ia	24	21	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	240	Без хозмероприятий

Основной породой, сменяющей дуб в Теллермановском лесу, остается клен остролистный. Значительный удельный вес приходится на осину и липу. Береза и ильм представлены в составах не более чем 1 единицей (Рисунок 5.1.2.).

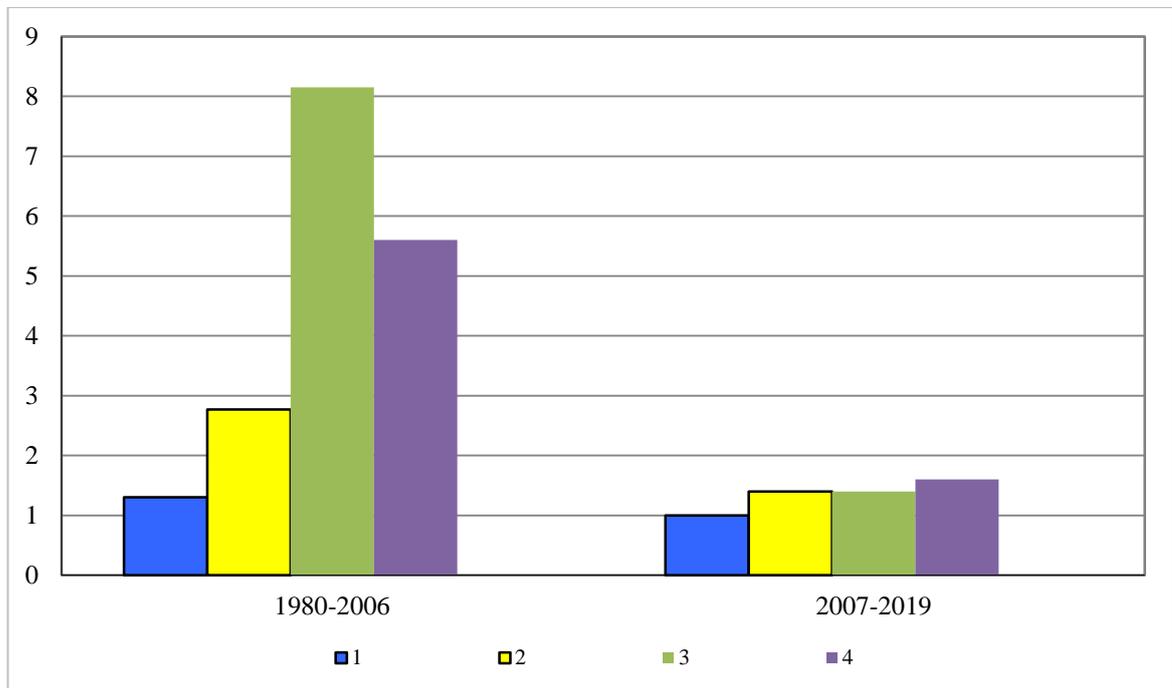


Рисунок 5.1.2. Динамика прироста по запасу на пробных площадях насаждений Теллермановского лесного массива

Для насаждений Телермановской дубравы характерно существенное снижение скорости роста и прироста запаса в период с 2007 года. Воздействие хозяйственных мероприятий, безусловно, оказало положительное влияние на развитие насаждений в целом, однако замедление скорости прироста по запасу составило от 1,5 до 3,5 раз, что является следствием действия неблагоприятных климатических факторов – усиливающихся засух и снижения влажности почв. Наиболее подверженными влиянию этих неблагоприятных факторов оказываются твердолиственные породы – дуб и ясень, что в сочетании с энтомо- и фитонагрузкой ведет к смене породного состава.

Дубравы Хоперского заповедника занимают 44% всей покрытой лесом площади и представлены преимущественно порослевыми, возрастными насаждениями. Характерно, что значительная часть деревьев достигает высоты 35-37 метров и отличается высокой полнотой и запасом. Это высокобонитетные

насаждения, имеющие во втором ярусе клен остролистный и осину (Таблицы 5.1.5., 5.1.6.).

Таблица 5.1.5. – Динамика прироста по запасу дубрав Хоперского заповедника

Период исследований	Скорость прироста по запасу, м ³ /га				
	Квартал 72, выдел 8	Квартал 71, выдел 17	Квартал 73, выдел 6	Квартал 72, выдел 9	В среднем
2019	1,3	3,1	5,5	2,6	3,1
2011	5,5	7,5	9,6	8,7	7,8
2008	12,0	9,0	20,7	22,7	16,1
2004	9,0	3,6	4,2	3,0	4,9

За прошедшие 30 лет в породном составе наблюдались устойчивые тенденции в изменении соотношения древесных пород. Наиболее ярко прослеживается снижение доли ясеня, и увеличение присутствия клена остролистного и осины в насаждениях. Снижение доли дуба составляет до 3-х единиц за последние 30 лет, процесс выбытия дуба сглажен и протекает на фоне увеличения количества мягколиственных пород на прогалинах и открытых участках, образовавшихся после выпадения отдельных деревьев дуба и ясеня.

Лесной фитоценоз, как целостная система, реагирует на рубки ухода взаимосвязанным и направленным изменением всех компонентов, а при отсутствии таковых имеет место захламливание и замедление скорости роста как главных, так и второстепенных древесных пород. На обследованных пробных площадях в период с 2010 по 2019 год поврежденные и ослабленные деревья ясеня оказывают существенное влияние на общее состояние насаждения и препятствуют выходу дуба в главный полог. Естественное возобновление в исследованных дубравах представлено в основном дубом, кленом и осинкой. Количество подроста дуба в насаждениях II стадии дигрессии по нашим данным составляет существенно меньшую величину по сравнению с результатами других исследований.

Таблица 5.1.6. –Динамика основных таксационных характеристик дубрав Хоперского заповедника

№ ПП	Год	Кв./выд.	Состав	А, лет	Бонитет	Дер, см	Нср, м	Полнота	Тип леса ТЛУ	М, м ³ /га	Назначенная рубка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	2019	72/8	4ДНП1Яо4КлО1Ос	132	Ia	50,1 35,6 26,5	36 36 28	0,9	$\frac{ДСН}{D_2}$	402	Без хозмероприятий
	2011	72/8	5ДНП2Яо3КлО+Ос	124	Ia	48,6 35,2 24,1	34 33 28	0,9	$\frac{ДСН}{D_2}$	390	Без хозмероприятий
	2008	72/8	5ДНП3Яо2КлО	120	Ia	46,4 34,4 22,3	32 33 26	0,87	$\frac{ДСН}{D_2}$	368	Без хозмероприятий
	2004	72/8	4ДНП3Яо3КлО	110	II	40 28 24	28 25 23	0,8	$\frac{ДСН}{D_2}$	320	Без хозмероприятий
	1982	72/8	7ДНП3Яо+КлО	95	II	40 30	24 23	0,7	$\frac{ДСН}{D_2}$	140	Без хозмероприятий
25	2019	71/17	3Яо4ДНП3КлО	122	Ia	35,0 56,6	35 36	0,82	$\frac{ДСН}{D_2}$	330	Без хозмероприятий
	2011	71/17	5Яо3ДНП2КлО	114	Ia	34,8 54,3	35 35	0,80	$\frac{ДСН}{D_2}$	306	Без хозмероприятий
	2008	71/17	7Яо2ДНП1КлО	110	Ia	32,6 52,4	33 33	0,73	$\frac{ДСН}{D_2}$	276	Без хозмероприятий
	2004	71/17	6Яо3ДНП1КлО	100	II	28 32	25 26	0,8	$\frac{ДСН}{D_2}$	240	Без хозмероприятий
	1982	71/15	7Яо3ДНП+КлО+Ос	80	II	26 36	23 24	0,8	$\frac{ДСН}{D_2}$	160	Без хозмероприятий
26	2019	73/6	5ДНП1Яо3КлО1Ос	132	Ia	54,6 35,2	36 34	0,92	$\frac{ДСН}{D_2}$	446	Без хозмероприятий
	2011	73/6	5ДНП2Яо2КлО1Ос	124	Ia	52,2 34,0	35 34	0,90	$\frac{ДСН}{D_2}$	402	Без хозмероприятий

Окончание таблицы 5.1.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2008	73/6	6ДНП2Яо2КлО	120	Ia	49,4 33,6 23,1	32 32 23	0,89	$\frac{Дсн}{Д_2}$	373	Без хозмероприятий
	2004	73/6	7ДНП3Яо+КлО	110	II	44 30	27 26	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	290	Без хозмероприятий
	1982	73/6	7ДНП3Яо+КлО	95	II	44 30	27 26	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	205	Без хозмероприятий
27	2019	72/9	3ДНП3Яо4КлО	102	I	36,3 24,1	32 32	0,82	$\frac{Дсн}{Д_2}$	410	Без хозмероприятий
	2011	72/9	3ДНП4Яо3КлО	94	I	34,0 23,6	30 30	0,80	$\frac{Дсн}{Д_2}$	384	Без хозмероприятий
	2008	72/9	4ДНП5Яо1КлО	90	I	32,9 22,9	29 30	0,77	$\frac{Дсн}{Д_2}$	349	Без хозмероприятий
	2004	72/9	6ДНП4Яо+КлО	85	II	28 28	24 23	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	270	Без хозмероприятий
	1982	72/9	6ДНП3Яо1КлО	65	II	28	22	0,9	$\frac{Дсн}{Д_2}$	202	Уборка сухостоя (1991 г.)

Многие исследователи считают, что среди основных путей действия фактора изменения климата на древостой являются радиальный прирост и продуктивность. В период 2000-2010 годов наблюдается тенденция к повышению продуктивности лесов, в последующий период продуктивность снижается. Также установлено значимое влияние условий произрастания предшествующих лет на текущий радиальный прирост. Увеличение количества засушливых периодов привело к снижению скорости радиального прироста на всех пробных площадях.

В ходе исследований нами установлено, что в конце 20 – начале 21-го века произошло значительное возрастание усыхания дубово-ясеневых древостоев как по числу зафиксированных очагов, так и по географии их распространения. Усыхания локализуются преимущественно на элементах рельефа с максимальной вероятностью водного стресса. Для пробных площадей установлено, что первичным фактором усыхания дубрав является засуха, которая в синергизме с воздействием насекомых-вредителей и фитопатогенов влечёт усыхание древостоев.

Шиповая дубрава представляет собой уникальное насаждение Воронежской области, созданное посадкой лесных культур с незначительной примесью древостоев естественного происхождения. Объектами изучения служили древостои снытевой и волосисто-осоковой дубрав, отличающихся наиболее высокими классами бонитета.

Обследование насаждений показало, что преобладающее положение в составе занимает дуб черешчатый с примесью ясеня обыкновенного, клена остролистного, липы мелколистной и ильма. Средняя высота изучаемых насаждений колеблется от 23,0 до 33,5 м, в том числе дуба – от 27,2 до 33,5 м. Средний диаметр насаждений находится в пределах от 19,9 до 48,0 см, диаметр дуба – от 37,2 до 48,0 см.

В Шиповой дубраве также наблюдается повсеместное снижение доли дуба, которое за период с 1980 по 2019 гг. в разных насаждениях составляет от 2 до 7 единиц (Таблица 5.1.7.).

Таблица 5.1.7. –Динамика основных таксационных характеристик насаждений Шиповой дубравы

№ ПП	Год	Кв./выд.	Состав	А, лет	Бо-ни-тет	Дср, см	Нср, м	Пол-нота	Тип леса ТЛУ	М, м ³ /га	Назначенная рубка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	2019	33/1	4ДНПЗЛп2КлО1Яо	125	I	48,0 46,3	33,5 32,5	0,80	$\frac{Дсн}{D_2}$	350	–
	2011	33/1	4ДНП2Яо3Лп1КлО	115	I	46,1 45,5	32,0 31,8	0,75	$\frac{Дсн}{D_2}$	335	Выборочная санрубка 5%
	2007	33/1	5ДНП2Яо2Лп2КлО	110	I	44,1 45,0	30,5 31,5	0,71	$\frac{Дсн}{D_2}$	328	–
	2003	33/1	6ДНП2Яо1КлО1Лп+КлП+Ил	110	I	44 32	30 31	0,8	$\frac{Дсн}{D_2}$	380	Рубка обновления 25%, л/к
	1990	33/1	9ДНП1Яо+Лп+КлО	95	I	32	29	0,9	$\frac{Дсн}{D_2}$	420	Проходная рубка 15%
	1981	33/1	9ДНП1Яо+КлО+Лп	85	I	30	29	0,7	$\frac{Дсн}{D_2}$	330	Без хозмероприятий
	1970	33/1	8ДНП2Яо+КлО+Лп	75	II	28	24	0,8	$\frac{Дсн}{D_2}$	290	Проходная рубка 7%
	1960	33/1	9ДНП1Яо+КлО+Лп (происх. смешанное)	65	II	26	23	0,8	$\frac{Дсн}{D_2}$	270	Проходная рубка 10% (1964)
15	2019	34/1	5ДНП2КлО 2Лп1Яо	105	I	44,1 46,0	32,0 30,0	0,60	$\frac{Дсн}{D_2}$	280	–
	2011	34/1	5ДНП2Яо2КлО 1Лп	100	I	42,4 46,0	30,5 30,0	0,50	$\frac{Дсн}{D_2}$	240	Выборочная санрубка 5%
	2007	34/1	5ДНП3Яо2КлО ед. Лп	95	I	41,2 45,5	28,5 30,0	0,56	$\frac{Дсн}{D_2}$	270	–
	2003	34/1	6ДНП2Яо1КлО1Лп+Ил+КлП	95	I	40 32	28 28	0,7	$\frac{Дсн}{D_2}$	290	Выборочная санрубка 5%
	1990	34/1	7ДНП2Яо1КлО+Лп	80	I	30	28	0,8	$\frac{Дсн}{D_2}$	340	Проходная рубка 15%
	1981	34/1	9ДНП1Яо+КлО+Лп	70	I	28	27	0,7	$\frac{Дсн}{D_2}$	290	Без хозмероприятий

Продолжение таблицы 5.1.7.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1970	34/1	8ДНП2Яо+КлО	60	II	26	23	0,8	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	270	Без хозмероприятий
	1960	34/1	8ДНП2Яо (смешанное с преобл. порослевого)	50	I	24	21	0,8	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	240	Выборочная санрубка (1969)
16	2019	15/10	5ДНП3Лп2КлО	115	I	55,0 29,3	32,0 28,4	0,9	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	490	–
	2011	15/10	6ДНП2Лп2КлО	105	I	54,2 29,0	30,6 28,0	0,8	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	470	Выборочная санрубка 5%
	2007	15/10	6ДНП2Лп1Яо1КлО	100	I	53,7 28,6	30,0 28,0	0,99	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	492	–
	2003	15/10	7ДНП1Яо1Лп1КлО	90	I	48 36	30 29	0,8	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	340	Рубка обновления 25%, л/к
	1990	15/12	7ДНП3Яо+КлО	75	II	28	23	0,8	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	260	Без хозмероприятий
	1981	15/12	7ДНП3Яо+КлО	65	II	26	22	0,8	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	250	Проходная рубка 10%
	1970	15/12	7ДНП3Яо+КлО	55	II	26	21	0,8	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	240	Проходная рубка 7%
	1960	15/10	9ДНП1Яо+КлО (на 80% порослевое)	40	II	20	18	0,8	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	190	Без хозмероприятий
17	2019	31/2	4ДНП3КлО2Лп1Гш	75	II	37,4 33,0	27,2 26,0	0,6	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	240	–
	2011	31/2	4ДНП1Яо2КлО2Лп1Гш	70	II	37,2 33,0	25,0 26,0	0,6	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	222	–
	2007	31/2	4ДНП2Яо2КлО1Лп1Гш ед. Ил	65	II	35,4 32,8	24,0 24,0	0,55	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	218	–
	2003	31/2	9ДНП1Яо+КлО+Лп+Гш+Кл II	58	Ia	26 32	24 26	0,8	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	300	Без хозмероприятий
	1990	31/2	9ДНП1Яо+КлО	45	Ia	20	20	0,8	$\frac{D_{сн}}{D_2}$	220	Проходная рубка 10%

Продолжение таблицы 5.1.7.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1981	31/2	9ДНП1Яо+КлО+Лп	35	Ia	16	16	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	150	Без хозмероприятий
	1970	31/2	9ДНП1Яо+КлО	25	I	14	12	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	110	Прореживание 5%
	1960	31/2	10ДН (л/к с примесью ест. порослевого 20%)	15	Ia	10	9	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	70	Прочистка 10% (1965)
18	2019	30/2	7ДНП2КлО1Гш+Лп ед. Ил	80	I	37,2 13,6	27,4 16,1	0,65	$\frac{Дсн}{Д_2}$	345	–
	2011	30/2	8ДНП1КлО1Гш+Лп ед. Ил	75	I	36,2 13,1	26,0 16,0	0,6	$\frac{Дсн}{Д_2}$	330	–
	2007	30/2	8ДНП1КлО1Гш+Лп +Яо ед. Ил	70	I	34,6 12,7	25,0 14,0	0,58	$\frac{Дсн}{Д_2}$	328	–
	2003	30/2	9ДНП1Яо+Ил+КлП+Лп+Гш	65 70	I	26 40	24 26	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	300	Выборочная санрубка 5%
	1990	30/2	9ДНП1Яо+КлО	52	I	22	20	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	220	Проходная рубка 10%
	1981	30/2	10ДНП+Яо+КлО	42	I	20	17	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	150	Без хозмероприятий
	1970	30/3	9ДНП1Яо+КлО	32	I	14	13	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	120	Прореживание 5%
	1960	30/3	10ДН (л/к, ест. поросл. 30%)	22	I	10	10	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	80	Прореживание 10% (1969)
19	2019	50/1	5ДНП2КлО2Лп1Яо ед. Гш	105	I	40,1 36,3	28,0 30,0	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	284	–
	2011	50/1	5ДНП2Яо3КлО +Лп	98	I	38,5 36,0	26,2 29,4	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	270	–
	2007	50/1	5ДНП3Яо2КлО +Лп ед. Гш ед. Ил	95	I	36,1 35,9	25,9 29,0	0,66	$\frac{Дсн}{Д_2}$	261	–
	2003	50/1	6ДНП2Яо1Лп1КлО	90	II	36 32	26 28	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	280	Выборочная санрубка 10%

Продолжение таблицы 5.1.7.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1990	50/2	6ДНП2Яо1КлО1Лп	75	П	28	22	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	200	Без хозмероприятий
	1981	50/2	6ДНП2Яо1КлО1Лп	65	П	24	21	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	200	Без хозмероприятий
	1970	50/2	7ДНП2Яо1Лп+КлО	55	П	24	20	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	200	Проходная рубка 10%
	1960	50/1	8ДНП2Яо (смешанное)	45	І	20	21	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	240	Прореживание 10% (1962)
20	2019	36/16	4КлО3ДН2Яо 1Лп ед. Ил	100	І	26,3 48,5 42,1	24,5 30,0 29,2	0,65	$\frac{Дсн}{Д_2}$	250	–
	2011	36/16	3Яо3КлО3ДН1Лп ед. Ил	90	І	40,2 24,3 46,2	28,8 23,6 30,0	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	265	–
	2007	36/16	4Яо3КлО2ДН1Лп ед. Ил	85	І	37,7 22,7 46,0	28,5 23,0 29,0	0,68	$\frac{Дсн}{Д_2}$	270	–
	2003	36/16	4Яо3ДН2КлО1Лп+КлП+Гш+ Ил	85	П	28 36	25 24	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	240	Выборочная санрубка 5%
	1990	36/12	6Яо2ДН1Лп1КлО	70	П	24	22	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	190	Без хозмероприятий
	1981	36/12	5Яо2ДН2Лп1КлО+Гш	65	П	22	21	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	180	Проходная рубка 10%
	1970	36/12	5Яо2ДН2КлО1Лп	55	П	22	20	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	180	Выборочная санрубка 8%
	1960	36/8	5Яо3КлО2ДН+Лп (семенное ест.)	45	П	18	17	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	180	Без хозмероприятий
21	2019	35/15	3Яо3Лп2ДНП1КлО1Ил ед. Гш	55	І	19,9 19,7 28,0	23,0 23,0 23,5	0,83	$\frac{Дсн}{Д_2}$	277	–

Продолжение таблицы 5.1.7.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2011	35/15	3Яо3Лп2ДНП1КлО1Ил ед. Гш	55	I	19,9 19,7 28,0	23,0 23,0 23,5	0,83	$\frac{Дсн}{Д_2}$	277	–
	2007	35/15	3Яо3Лп2ДНП1КлО1Ил ед. Гш	55	I	19,9 19,7 28,0	23,0 23,0 23,5	0,83	$\frac{Дсн}{Д_2}$	277	–
	2003	35/15	4ДН4Яо1КлО1Лп+КлП+Ил	55	II	24 22	22 23	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	250	Проходная рубка 20%
	1990	35/1	8ДН2Яо+КлО+Лп	40	I	18	15	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	130	Без хозмероприятий
	1981	35/1	8ДН1Яо1Лп+Гш	30	I	12	12	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	90	Прореживание 10%
	1970	35/1	9ДН1Яо	20	II	6	8	0,6	$\frac{Дсн}{Д_2}$	30	Без хозмероприятий
	1960	35/1	10ДН+Яо+КлО (л/к)	10	II	2	3	0,6	$\frac{Дсн}{Д_2}$	15	Прочистка (1967)
22	2019	102/4	4КлО3ДНП2Яо1Ил+Лп+Гш	120	Ia	26,3 60,0 40,2	26,0 31,8 33,5	0,60	$\frac{Дсн}{Д_2}$	270	–
	2011	102/4	3Яо3КлО3ДНП1Ил+Лп+Гш	115	Ia	39,0 26,2 59,2	33,3 25,6 31,2	0,60	$\frac{Дсн}{Д_2}$	268	–
	2007	102/4	4Яо3КлО2ДНП1Ил+Лп+Гш	110	Ia	38,4 25,7 56,2	32,0 25,0 31,0	0,60	$\frac{Дсн}{Д_2}$	260	–
	2003	102/4	7Яо2ДНП1КлО+Лп	105	I	36 40	30 30	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	270	Рубка обновления 50%, л/к
	1990	102/4	8Яо1ДНП1КлО	90	I	32	27	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	230	Без хозмероприятий

Окончание таблицы 5.1.7.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1981	102/1	5ДНЗЯо2ДНП	160 90	П	60 32	28 26	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	280	Выборочная санрубка
	1970	102/1	5ДНЗЯо2ДНП+КлО	150 80	П	60 30	28 25	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	320	Без хозмероприятий
	1960	102/2	4ДН1ДНП5Яо+КлО (смешанное с преобл. семенного ест.)	140 70	П	60 40	28 28	0,6	$\frac{Дсн}{Д_2}$	230	Без хозмероприятий
23	2019	45/3	6ДНП1Яо2КлО1Грш +Лп	95	I	40,2 28,4	30,2 30,0	0,65	$\frac{Дсн}{Д_2}$	275	–
	2011	45/3	6ДНП2Яо1КлО1Грш +Лп ед. Ил	85	I	38,0 27,2	28,8 29,2	0,6	$\frac{Дсн}{Д_2}$	260	–
	2007	45/3	7ДНП1Яо1КлО1Грш +Лп ед. Ил	80	I	34,1 26,6	28,5 29,0	0,57	$\frac{Дсн}{Д_2}$	258	–
	2003	45/3	8ДНП2Яо+Лп+КлО+Гш	80	I	32 28	26 26	0,9	$\frac{Дсн}{Д_2}$	300	Проходная рубка 20%
	1990	45/3	8ДНП2Яо+Лп+Гш	65	П	26	22	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	220	Проходная рубка (1990 г.)
	1981	45/3	8ДНП2Яо+Лп+КлО	55	П	22	21	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	200	Выборочная санрубка
	1970	45/3	9ДНП1Яо+Лп+КлО	45	П	20	18	0,7	$\frac{Дсн}{Д_2}$	170	Выборочная санрубка 5%
	1960	45/1	9ДНП1Яо+Гш (поросл.)	35	П	16	14	0,8	$\frac{Дсн}{Д_2}$	130	Проходная рубка 10%

Влияние рубок ухода проявляется различно, связано с возрастом и составом древостоев, почвенно-грунтовыми условиями, интенсивностью, технологией и частотой рубок. Влияние рубок ухода приводит к разреживанию древостоя и улучшению светового режима в насаждениях (квартал 33, выдел 1, квартал 15, выдел 10), что ведет к увеличению продуктивности дубрав. Общую тенденцию роста запаса с возрастом нарушают его снижение рубками ухода и санитарными рубками в конкретных насаждениях или существенное повышение продуктивности древостоев на более богатых почвах. В настоящее время изучаемые насаждения характеризуются высокой продуктивностью и бонитетом от Ia до II.

Сукцессионная динамика в них имеет определенные особенности. Культуры дуба имеют недостаточную энергию роста для успешной конкуренции с кленом и липой в среднем возрасте. Наблюдаемый в настоящее время тренд возрастания аридности климата, частоты и интенсивности засух в совокупности с периодическими пожарами препятствует продвижению произрастанию дуба в условиях лесостепи.

5.2. Исследование и оценка адаптационного потенциала лесных экосистем регионов РФ

На этом этапе исследования автором решались три взаимосвязанные задачи. Во-первых, необходимо было установить причинно-следственные механизмы функционирования лесных экосистем в разрезе региональных систем. Эти механизмы могут рассматриваться как передаточные звенья распространения и трансформации климатических изменений в лесных экосистемах.

Во-вторых, следовало выявить вектора распространения этих изменений по региональным системам лесного хозяйства в целях дальнейшего формирования организационных моделей лесохозяйственной деятельности.

В-третьих, предстояло подтвердить выявленные тенденции результатами экспериментов и многолетних наблюдений за состоянием лесных экосистем в

наиболее уязвимых регионах РФ, установив реакцию лесных экосистем на глобальные климатические воздействия.

Следуя логике исследования и выявления причинно-следственных связей между климатическими факторами и состоянием лесных экосистем, автором выполнена оценка адаптационного потенциала лесных экосистем в разрезе регионов Российской Федерации.

Разработанная автором методика оценки адаптационного потенциала отдельно взятой региональной лесной экосистемы, описанная ранее, реализуется посредством алгоритма аналитических действий (Рисунок 5.2.1.).

Алгоритм оценки адаптационного потенциала отдельно взятой региональной лесной экосистемы представляет собой совокупность этапов действий по анализу, определению и позиционированию адаптационного потенциала отдельно взятой региональной лесной экосистемы, включая представление аналитического заключения.

На первом этапе осуществляется сбор данных, используя информационные источники метеоданные, лесная статистика, многолетние наблюдения за состоянием лесных экосистем.

Процесс сбора информации – ключевой этап аналитической работы по оценке адаптационного потенциала отдельно взятой региональной лесной экосистемы, поэтому методы и технические приемы обработки информации являются важными элементами проводимой оценки.

На втором этапе формируются базы данных индикаторов, необходимых для расчета критериев в разрезе групп:

– критерии, необходимые для оценки адаптационного потенциала отдельно взятой региональной лесной экосистемы по индексу поддержания конкурентоспособности под влиянием абиотических факторов ($I_{аб}$);

– критерии, необходимые для оценки уязвимости лесных экосистем ($I_{лэ}$).

На третьем этапе осуществляется расчет критериев в разрезе двух групп по установленным формулам.

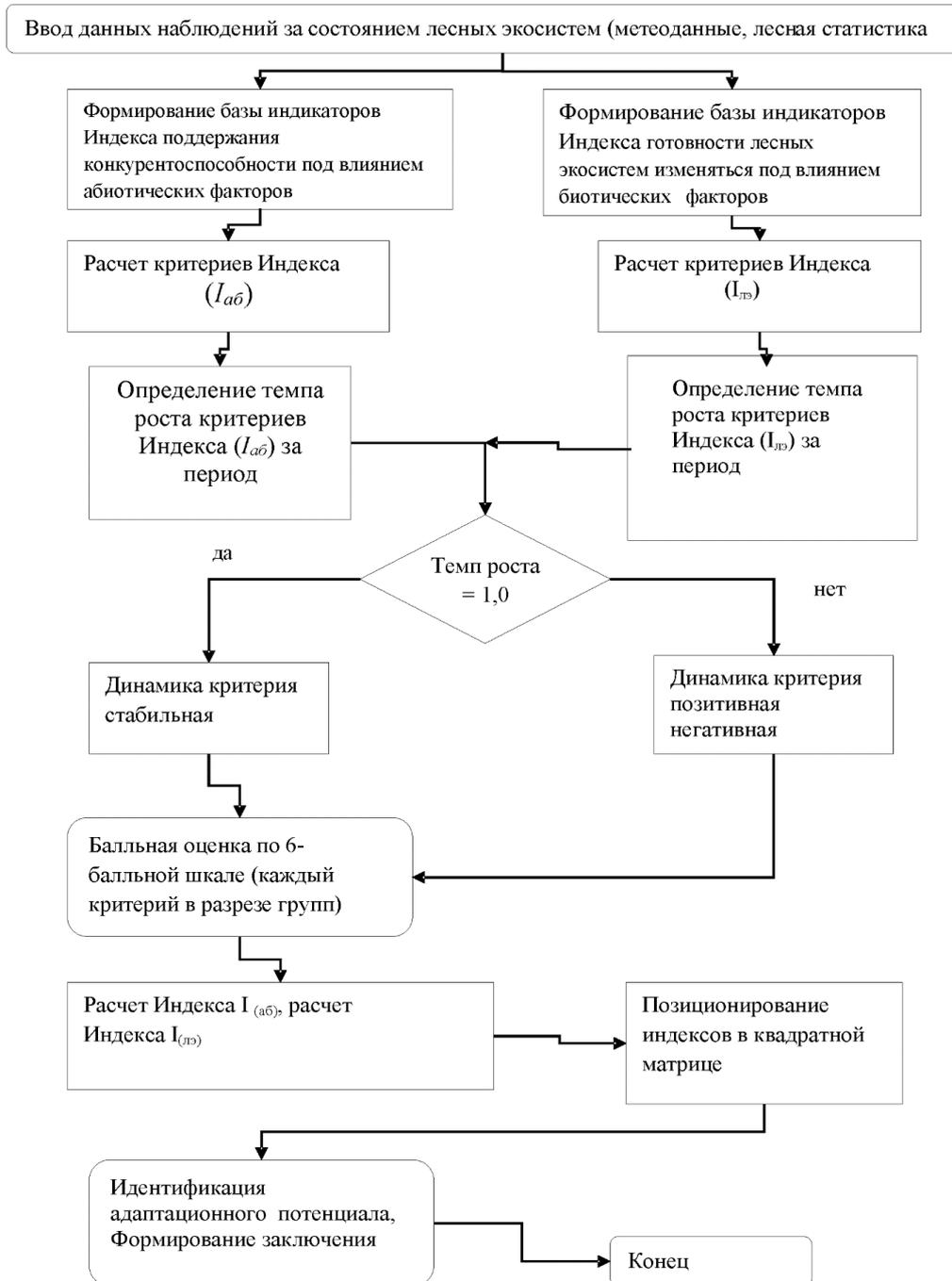


Рисунок 5.2.1. Алгоритм комплексной оценки адаптационного потенциала региональной лесной экосистемы

На четвертом этапе рассчитываются динамические темпы роста критериев, необходимые для балльной оценки индексов.

На пятом этапе осуществляется сравнение темпов роста критериев нормативом, принимаемым за 1, что позволяет установить стабильную,

позитивную или негативную динамику изменения составляющих адаптационного потенциала региональной лесной экосистемы.

На шестом этапе производится балльная оценка адаптационного потенциала региональной лесной экосистемы по двум индексам.

Комплексный подход подразумевает выявление качественного состояния адаптационного потенциала, исходя из интегрированного анализа всех выделяемых в его составе структурных элементов.

На седьмом этапе осуществляется визуализация адаптационного потенциала региональной лесной экосистемы с привлечение квадратной матрицы. Использование квадратной матрицы позволяет осуществить позиционирование адаптационного потенциала региональной лесной экосистемы и присвоить статус лесной экосистеме, характеризующий его развитие.

При таком подходе становится возможным проследить изменение адаптационного потенциала региональной лесной экосистемы за ряд лет, рассматривая перемещение двух индексов, и оценить адаптационные возможности лесной экосистемы.

Периодичность проведения оценки адаптационного потенциала региональной лесной экосистемы может варьироваться, исходя из стратегических целей анализа, но не реже, чем один раз в десять лет.

Используя многолетние метеоданные и сведения о состоянии лесных ресурсов региональных систем, нами определены вышеобозначенные индексы.

На основании данных, полученных в результате сбора лесной статистики и расчета средних значений баллов адаптационного потенциала, для каждой региональной экосистемы в разрезе временных интервалов 1961-1970 гг., 1971-1980 гг., 1981-1990 гг., 1991-2000 гг., 2001-2010 гг., 2011-2019 гг. был выполнен анализ региональных лесных экосистем (Таблицы 5.2.1. - 5.2.7.). Лесные экосистемы отчетливо дифференцируются по их различной зональной принадлежности. Это позволяет считать, что в функционально-структурных переходах экосистем локального уровня должны адекватно отразиться сдвиги региональной

биоклиматической системы. Дальнейший анализ заключался в позиционировании двадцати региональных лесных экосистем.

Таблица 5.2.1. – Динамика адаптационного потенциала лесных экосистем исследуемых регионов в Северо-Западном федеральном округе

Период наблюдений	Значение $\sum I_{af}$, балл	Значение $\sum I_{лэ}$, балл	Квадрат матрицы	Идентификация состояния
1	2	3	4	5
Архангельская область				
1961-1970	2	0	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	4	2	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	4	4	АП ₈	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2011-2019	4	4	АП ₈	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
Ленинградская область				
1961-1970	2	0	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	3	2	АП ₃	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2001-2010	3	3	АП ₅	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2011-2019	2	3	АП ₃	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
Новгородская область				
1961-1970	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	2	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.

Окончание таблицы 5.2.1.

1	2	3	4	5
Республика Коми				
1961-1970	1	0	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	2	3	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	2	3	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
Республика Карелия				
1961-1970	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	1	3	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	1	3	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	1	3	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.

Значения балльной оценки индексов для изучения динамики адаптационного потенциала лесных экосистем регионов Северо-Западного федерального округа имеют широкий разброс от 0 баллов в период 1961-1970 гг. до 5 баллов в период 2001-2010 гг.

Наиболее контрастно выглядит изменение индексов в Архангельской области, где их суммарное значение только по данным официальной статистики увеличилось с минимального, в ноль баллов, до максимального значения за 60 лет наблюдений.

Лесные системы этого региона представлены в основном хвойно-широколиственными лесами, и ожидаемые изменения климата ведут к росту

продуктивности бореальных лесов, с одной стороны, а с другой – к повышению пожарной опасности в лесах и на торфяных болотах.

Как видно из таблицы 5.2.1. наиболее существенные изменения, как в климатических факторах, так и факторах отклика лесных экосистем, имеют место в период с 1991 г. по настоящее время.

Незначительные (по периодам) климатические изменения в 1961 по 1980 гг. характеризуют низкие оценки динамики изменчивости индексов, однако в последующие годы изменение климата приводит к изменению ответных характеристик состояния лесных экосистем, что отражает высокий рост баллов от 2 в период 1981-1990 гг. до 3 в последующие периоды. Следствием этого продолжительного воздействия становится смещение границы растительных зон хвойных лесов к северу (что подтверждает наиболее существенное изменение соответствующего индекса). В этом случае может идти речь о частичном замещении хвойных пород лиственными, хотя достоверных оценок замещения хвойных пород лиственными нами не получено. Возможно, процессы не стали ярко выраженными, и на уровне региональной экосистемы по данным инвентаризации лесов, имеющей дискретный характер, их проследить не представляется возможным.

Характерно, что в северных областях СЗФО переход от стабильного состояния лесных экосистем к деградирующему состоянию, при котором в той или иной степени уже реализуются наиболее существенные угрозы и ущербы, осуществляется более резко, скачкообразно, нежели в региональных системах юго-востока (Рисунок 5.2.2.). В Архангельской области этот переход произошел в период 1990-2000 гг., в то время как в Республиках Коми и Карелии переход был более плавным и запаздывающим во времени (2000-2011 гг.).

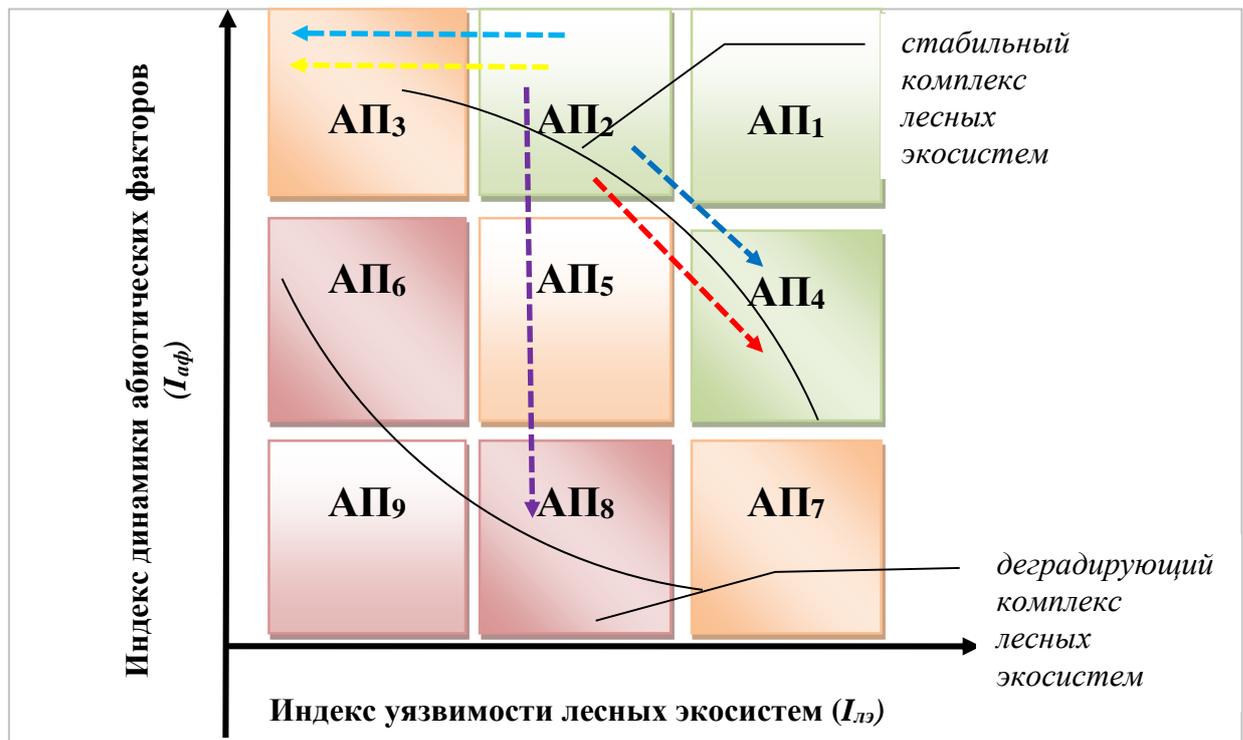


Рисунок 5.2.2. Позиционирование динамики адаптационного потенциала лесных экосистем Северо-Западного федерального округа в период с 1961 по 2018 гг.

Примечание: начало стрелки – период 1961-1970 гг., конец стрелки – период 2010-2018 гг.; стрелки фиолетового цвета – Архангельская область, стрелки голубого цвета – Ленинградская область, стрелки синего цвета – Новгородская область, стрелки желтого цвета – Республика Коми, стрелки красного цвета – Республика Карелия.

Значения балльной оценки адаптационного потенциала лесных экосистем регионов Центрального федерального округа варьируют незначительно, имеют тенденцию к повышению в период с 1991 до 2000 гг.

В более ранние временные интервалы оценка индексов адаптационного потенциала лесных экосистем исследуемых регионов в Центральном федеральном округе не превышает 1-3 баллов по каждому (Таблица 5.2.2.).

В последние годы в ЦФО отмечались существенные отклонения по ряду климатических факторов, что привело в ряде случаев к необратимым последствиям в состоянии лесных экосистем.

Таблица 5.2.2. – Динамика адаптационного потенциала лесных экосистем исследуемых регионов в Центральном федеральном округе

Период наблюдений	Значение $\sum I_{af}$, балл	Значение $\sum I_{лз}$, балл	Квадрат матрицы	Идентификация состояния
Брянская область				
1961-1970	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	2	3	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	2	4	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	2	3	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
Воронежская область				
1961-1970	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	5	3	АП ₆	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2001-2010	6	4	АП ₈	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2011-2019	4	5	АП ₈	Деградирующий комплекс лесных экосистем.

Результаты исследования состояния климатических факторов подтверждают вывод о сохранении в последние годы тенденции к потеплению, ведущей к усугублению негативных процессов, протекающих в лесных экосистемах ЦФО (усыхание, распад древостоев, замена пород, рост вспышек опасных организмов).

Анализируя состояние лесных экосистем регионов становится понятно, что в период с 2001 по 2010 годы имеет место возрастание негативных процессов, усиливаются процессы деградации лесов. Переход от стабильного состояния к состоянию утраты биологической устойчивости в лесных экосистемах Воронежской области протекает плавно, что позволяет считать эти системы более устойчивыми к климатическим изменениям.

Согласно большинству, известных прогнозноклиматических моделей семейства общей циркуляции атмосферы AOGCMs (GISS, HadCM3, GFDL, CSIRO, NCAR и др.), в южных широтах северного полушария, в том числе в ЮФО, в течение ближайшего столетия будет интенсивно развиваться термоаридный климатический тренд с повсеместным уменьшением годового коэффициента увлажнения и соответствующими сдвигами границ лесов в общем направлении с юга на север (Коломыц, 2003).

В этой связи следует ожидать роста индексов абиотических факторов и как следствие изменений в состоянии лесных экосистем. Значения балльной оценки индексов адаптационного потенциала лесных экосистем регионов Южного федерального округа постепенно повышаются и достигают максимального значения в период с 2001-2010 гг.

Лесные экосистемы юга России отличаются от других экосистем, в первую очередь, по своему происхождению. Донской край один из самых малолесных (лесистость территории области составляет лишь 2,5%). Площадь покрытой лесом площади Ростовской области составляет 236,8 тыс. га, из которых на долю хвойных пород приходится 59,9 тыс. га, причем 70% этих площадей занимают не естественные, а искусственные леса.

В искусственно созданных лесах устойчивость сформированных лесных экосистем поддерживается комплексом лесохозяйственных мероприятий, которые призваны снижать нагрузку на лес, обеспечивать охрану, защиту и воспроизводство лесов. Согласно теории Г.Ф. Морозова (1911) необходимое условие для сохранения биологической устойчивости – соответствие состава леса и формы насаждения наличным условиям климата и почвы.

Повышение качества лесохозяйственных работ в сочетании с ростом объемов лесовосстановления обеспечили снижение темпов роста катастрофических изменений в состоянии лесных экосистем. Если в 2015 году по данным Федерального агентства лесного хозяйства в Ростовской области было заложено 900 гектар лесных культур, то за три года этот объем увеличился на 33% и составил 1200 гектар леса.

Искусственное лесовосстановление, опирающееся на лесоводственные правила и приемы, обеспечивает правильность ведения лесного хозяйства и сохранение лесных экосистем юга России, что наглядно демонстрируют индикаторы таблицы 5.2.3. в период 2011-2019 гг.

Таблица 5.2.3. – Динамика индексов оценки адаптационного потенциала лесных экосистем исследуемых регионов в Южном федеральном округе

Период наблюдений	Значение $\sum I_{af}$, балл	Значение $\sum I_{лэ}$, балл	Квадрат матрицы	Идентификация состояния
Ростовская область				
1961-1970	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	2	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	3	2	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	3	3	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	3	3	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.

В изучении климатогенной динамики лесного растительного покрова бореальных лесов приоритетное значение имеет его южный форпост – лесостепная зона ПФО.

Складывающиеся здесь вековые пространственно-временные соотношения двух растительных формаций: лесной и травянисто-степной, обладающих, как известно (Работнов, 1950; Вальтер, 1974), обостренной взаимной конкуренцией, – определяют экологическую безопасность крупных территорий и в конечном итоге стабилизацию всей континентальной биосферы. Именно на этом зональном экотоне, в полосе южных маргинальных лесов, начинается перестройка фитоценологических, почвенных и ландшафтных ареалов при тех или иных изменениях климата, здесь возникают новые эволюционные тенденции в природной среде (Коломыц, 2010).

Характерно, что переходы лесных экосистем от одного типа к другому являются более плавными, нежели в ранее рассмотренных экосистемах, и практически невыраженными. Автор полагает, что причина этого лежит в плоскости лесохозяйственной деятельности, включая искусственный характер лесовосстановления.

Значения индексов адаптационного потенциала лесных экосистем регионов Приволжского федерального округа формируются в двух плоскостях – в период с 1961 по 1990 годы и в период с 1991 года по настоящее время (Таблица 5.2.4., Рисунок 5.2.2.).

Таблица 5.2.4. – Динамика индексов оценки адаптационного потенциала лесных экосистем исследуемых регионов в Приволжском федеральном округе

Период наблюдений	Значение $\sum I_{af}$, балл	Значение $\sum I_{лэ}$, балл	Квадрат матрицы	Идентификация состояния
Нижегородская область				
1961-1970	1	0	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	0	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	2	4	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	2	4	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.

Для первого периода характерна незначительная амплитуда изменений адаптационного потенциала, что позволяет охарактеризовать состояние лесных экосистем региона как стабильное и устойчивое по отношению к изменяющимся климатическим экстерналиям. В тоже время у индикаторов лесных экосистем регионов в период 2001-2010 годов формируются флуктуации. Следовательно, эти лесные экосистемы в период 1991-2010 гг. демонстрируют негативную реакцию на влияние факторов внешней среды, которая затем компенсируется в последующий период.

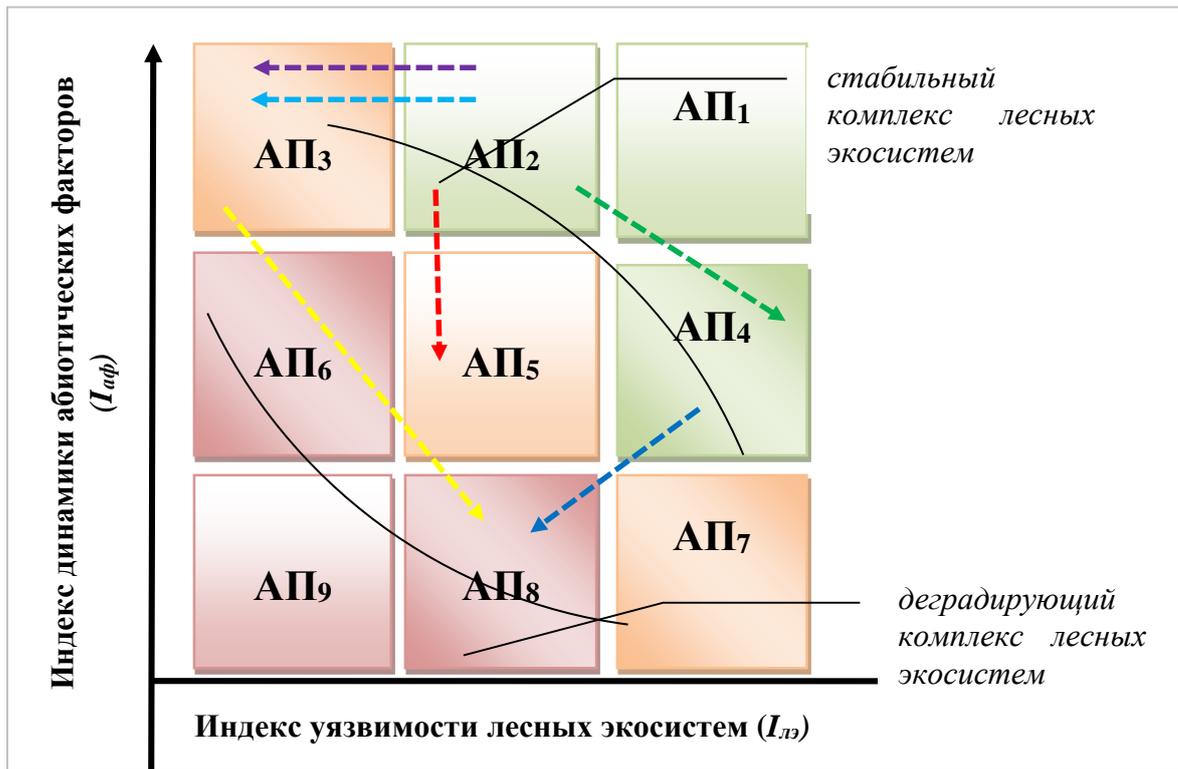


Рисунок 5.2.2. Позиционирование динамики адаптационного потенциала лесных экосистем Центрального, Южного, Приволжского и Уральского федеральных округов в период с 1961 по 2018 гг.

Примечание: начало стрелки – период 1961-1970 гг., конец стрелки – период 2010-2018 гг.; стрелки фиолетового цвета – Брянская область, стрелки синего цвета – Воронежская область, стрелки красного цвета – Ростовская область; стрелки зеленого цвета – Нижегородская область, стрелки желтого цвета – Тюменская область, стрелки голубого цвета – Ханты-Мансийский АО – Югра.

Переломным периодом в состоянии индексов адаптационного потенциала УФО является 1991-2000 гг. Наиболее значительные изменения в значениях индексов регистрируются в период 2001-2019 гг. (Таблица 5.2.5.)

Таблица 5.2.5. –Динамика индексов оценки адаптационного потенциала лесных экосистем исследуемых регионов в Уральском федеральном округе

Период наблюдений	Значение $\sum I_{аф}$, балл	Значение $\sum I_{лэ}$, балл	Квадрат матрицы	Идентификация состояния
1	2	3	4	5
Тюменская область				
1961-1970	3	0	АП ₃	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	2	1	АП ₃	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	3	3	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.

Окончание таблицы 5.2.5.

1	2	3	4	5
1991-2000	2	5	АП ₆	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2001-2010	4	4	АП ₆	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2011-2019	4	5	АП ₈	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
Ханты-Мансийский АО – Югра				
1961-1970	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	2	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	2	2	АП ₄	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	3	3	АП ₅	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2011-2019	3	2	АП ₃	Деградирующий комплекс лесных экосистем.

Значения балльной оценки индексов адаптационного потенциала лесных экосистем регионов Сибирского федерального округа имеют амплитуду от 0 баллов в период 1961-1980 гг. до 8 баллов в период 2010-2018 гг. Сходство изучаемых объектов, основанное на их принадлежности к одному типу физико-географических характеристик, позволяет выделить подобные комплексы лесных экосистем в рамках одного субъекта (Таблица 5.2.6.).

Таблица 5.2.6. –Динамика индексов оценки адаптационного потенциала лесных экосистем исследуемых регионов в Сибирском федеральном округе

Период наблюдений	Значение $\sum I_{af}$, балл	Значение $\sum I_{лз}$, балл	Квадрат матрицы	Идентификация состояния
1	2	3	4	5
Забайкальский край				
1961-1970	0	0	АП ₁	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	2	2	АП ₄	Нестабильный комплекс лесных экосистем.

Окончание таблицы 5.2.6.

1	2	3	4	5
2001-2010	2	3	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	2	3	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
Иркутская область				
1961-1970	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	3	3	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	4	3	АП ₇	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	4	4	АП ₆	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2011-2019	4	4	АП ₆	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
Омская область				
1961-1970	1	0	АП ₁	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	2	1	АП ₁	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	2	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	3	3	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	3	2	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	3	2	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
Алтайский край				
1961-1970	2	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	2	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	4	3	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	4	1	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	4	1	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.

Как отмечает А.А. Рожков (1989 г.) в 1986 г., по результатам обследования лесов Слюдянского лесхоза Иркутского управления лесного хозяйства, было установлено, что площадь насаждений пихты сибирской неудовлетворительного состояния составляет 69,8 тыс. га, в том числе 93,5% площади занимают ослабленные насаждения, 6,4% – сильно ослабленные и 0,1% – усыхающие. Это полностью согласуется с расчетами, согласно которым наиболее уязвимыми являются лесные экосистемы Забайкалья, Иркутской и Омской областей, с максимальными значениями индексов адаптации. В разных регионах страны воздействие климатических факторов на лесные экосистемы неодинаково, поэтому автор рассматривал типичные лесные экосистемы в разрезе федеральных округов.

На долю Дальнего Востока приходится 43% площади лесов и 33% запаса древесины Российской Федерации. Общая площадь земель лесного фонда Дальнего Востока составляет 406,4 млн га, из которых более половины – хвойные леса.

Значительная часть лесов ДФО является освоенной и претерпевшей существенные трансформации, следствием которых стало снижение биологической устойчивости лесных экосистем.

Значения индексов адаптационного потенциала лесных экосистем регионов Дальневосточного федерального округа варьируют от 0 баллов в период 1961-1970 гг. до 4 баллов в период 2011-2018 гг. (Таблица 5.2.7.)

Причины снижения адаптационного потенциала лесных экосистем Дальнего Востока лежат в плоскости ведения лесного хозяйства.

В первую очередь, это интенсивная (зачастую неурегулированная) эксплуатация лесов, преимущественно сплошнолесосечными рубками, и циклически повторяющиеся лесные пожары.

Крайне неэффективно проводятся лесовосстановительные мероприятия.

По данным Рослесхоза с 2009 года ежегодные объемы лесовосстановления снизились до 181,4 тыс. га, более чем на 30%, при том, что объемы лесозаготовки практически не изменились, составив 13,2 млн. куб. древесины в год, а площадь сплошных рубок выросла на 8,4 тыс. га и составила 156,6 тыс. га в год.

Плавные переходы от стабильного состояния лесных экосистем к деградирующему отмечены во всех региональных системах, при этом более ранняя реакция на изменения абиотических факторов регистрируется на уровне Камчатского края, Амурской области и Хабаровского края. В целом, начиная с 2000 года, все региональные системы лесного хозяйства претерпевают изменения негативного характера, разные по силе проявления.

Таблица 5.2.7. –Динамика индексов оценки адаптационного потенциала лесных экосистем исследуемых регионов в Дальневосточном федеральном округе

Период наблюдений	Значение $\sum I_{af}$, балл	Значение $\sum I_{лэ}$, балл	Квадрат матрицы	Идентификация состояния
1	2	3	4	5
Камчатский край				
1961-1970	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	2	2	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	3	3	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	3	3	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
Магаданская область				
1961-1970	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	2	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
Хабаровский край				
1961-1970	1	0	АП ₁	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	2	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	3	2	АП ₃	Стабильный комплекс лесных экосистем.

Продолжение таблицы 5.2.7.

1	2	3	4	5
1991-2000	3	3	АП ₅	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	4	4	АП ₆	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2011-2019	4	4	АП ₆	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
Сахалинская область				
1961-1970	1	0	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	3	2	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	3	2	АП ₃	Нестабильный комплекс лесных экосистем.
Приморский край				
1961-1970	1	1	АП ₁	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	2	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
Амурская область				
1961-1970	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	2	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.

На рисунке 5.2.3. представлено позиционирование динамики адаптационного потенциала лесных экосистем Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, которые демонстрируют отчетливый переход из стабильного состояния в деградирующее.

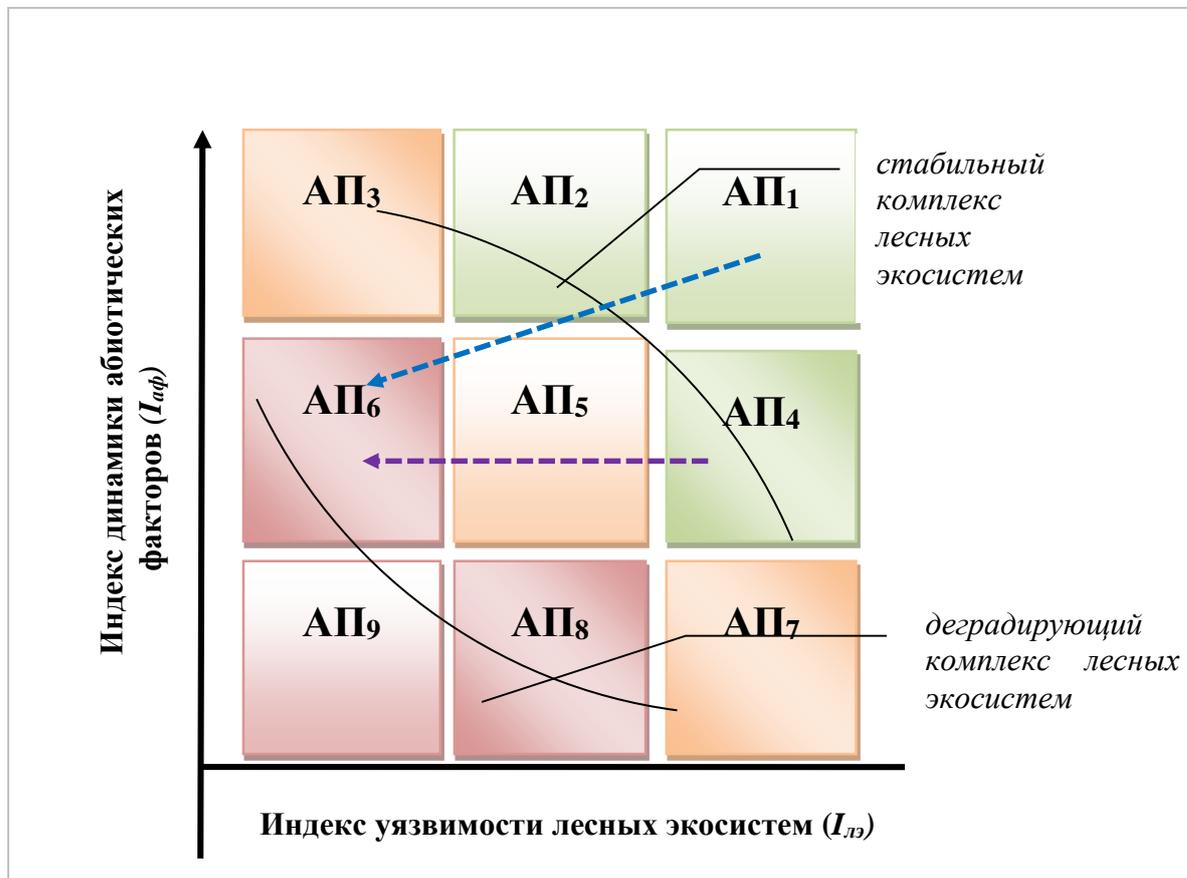


Рисунок 5.2.3. Позиционирование динамики адаптационного потенциала некоторых лесных экосистем Сибирского и Дальневосточного федеральных округов в период с 1961 по 2018 гг.

Примечание: начало стрелки – период 1961-1970 гг., конец стрелки – период 2010-2018 гг.; стрелки фиолетового цвета – Иркутская область, стрелки синего цвет – Хабаровский край.

Таким образом, использование разработанного методического подхода позволило установить вероятные пути и скорости преобразования одних экосистем в другие при сложившихся трендах климатических экстерналий.

Во всех региональных системах страны выявлены нарушения биологической устойчивости лесных экосистем, проявляющиеся в снижении адаптационного потенциала при наступлении критических климатических условий.

Высокие темпы роста деструктивных процессов в лесных экосистемах имеют место как в северных зонах страны, так и в зонах переходов от одних лесорастительных условий к другим.

Наиболее уязвимыми в этой связи оказываются региональные системы севера СЗФО, УФО, юга ЦФО, СФО и Дальнего Востока.

В ряде региональных систем влияние климатических экстерналий успешно компенсируется лесохозяйственными мероприятиями, что приводит к стабилизации состояния лесных экосистем.

Выявленное различие реакций лесных экосистем на климатические изменения определяет необходимость формирования дифференцированного подхода и мер по адаптации лесных экосистем к изменениям климата.

С этой целью намечается вскрыть систему цепных реакций на уровне отдельных локальных лесных экосистем, провести прогнозные эксперименты с моделями этих связей и получить типовые сценарии локального отклика на глобальные изменения климата.

5.3. Анализ адаптационного потенциала лесных экосистем объектов исследования – Новгородская и Воронежская области

Целью настоящего этапа исследований стала оценка наиболее вероятных изменений в лесных экосистемах, требующих применения адаптационных мер разной степени заблаговременности.

Объектом исследования являлись леса Новгородской области и Воронежской области европейской части России. Выбор этих зон в качестве объекта исследования объясняется возможностью на их примере рассмотреть уязвимость и потенциал лесных экосистем различных зон (лесной и лесостепной), тем самым распространить результаты экспериментов на аналогичные лесные экосистемы используя зонально-типологический подход.

В оценке адаптационного потенциала устойчивое состояние лесных экосистем является способностью лесных экосистем адаптироваться к

меняющимся условиям внешней среды и выполнять свою многоцелевую роль. Следовательно, адаптационный потенциал лесов состоит в способности лесных экосистем приспосабливаться к климатическим изменениям и иным неблагоприятным факторам для сохранения экосистемных функций и поддержания экоцелевых функций, в том числе – предоставлении ресурсов и полезностей для общества.

Новгородская область расположена на северо-западе Русской равнины в пределах Приильменской низменности и северных отрогов Валдайской возвышенности. Территория области 54,5 тыс. кв. км.

Общая площадь лесов Новгородской области по состоянию на 01 января 2011 года составляет 4118,7 тыс. га, в том числе покрытая лесом – 3512,3 тыс. га, со средним запасом насаждений на 1,0 га порядка 165,4 м³.

Рассматривая территориальное размещение лесов в целом по области, следует отметить, что лесные массивы, представленные сосновыми и еловыми древостоями, расположены на северо-востоке и самом юге области. Леса, расположенные на западе и юге, представлены в основном березняками и осинниками, а в центральной части – сосново-еловыми насаждениями со значительной долей участия мягколиственных пород.

Наиболее значимые для существования лесных экосистем абиотические факторы представлены в динамике с 1961 года в таблице 5.3.1.

Как следует из данных таблицы за период с 1961 г., факторы, оказывающие влияние на состояние лесных экосистем, существенно изменили свои значения, так в частности, имело место:

- увеличение среднегодовой температуры воздуха с 4,8 до 7° С;
- снижение относительной влажности воздуха;
- увеличение высоты снежного покрова.

Такие показатели позволяют оценить состояние региональных лесных экосистем достаточно полно для понимания их устойчивости вследствие климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки.

Таблица 5.3.1. – Динамика биотических факторов и показателей уязвимости лесных экосистем в Новгородской области

Период наблюдений	Средняя годовая температура воздуха, °С	Годовое количество осадков, мм.рт.ст.	Относительная влажность, %	Годовое количество опасных гидрометеорологических явлений	Средняя высота снежного покрова, мм.	Годовое количество крупных лесных пожаров	Лесистость, %	Площадь погибших лесн. насаждений под возд. болезней и вредителей, га	Площадь погибших лесн. насаждений в результате пожаров, га	Площадь территорий, занятых спелыми и перестойными насаждениями, тыс. га	Запас основных лесообразующих пород, м ³
Новгородская область											
1961-1970	4,8	764,5	78,8	2,1	18,9	351,6	62,8	–	1,1	125,7	225,8
1971-1980	5,2	693,8	77,9	1,7	15,4	278,5	63	–	1,0	128,5	225,1
1981-1990	5,4	718,6	77,2	0,5	21,5	312,8	63,8	16,8	1,2	130,5	226,4
1991-2000	5,9	671,4	80,3	3,8	19,7	426,5	63,6	15,1	1,8	132,9	227,05
2001-2010	6,4	698,9	78,8	2,2	23,1	396,9	64,1	24,8	1,6	156,1	282,78
2009-2018	7,0	744,5	77,1	1,7	24,1	238,7	64	35,7	1,4	156,1	289,25
Норма	4,9	710,3	77	нет ¹¹	20,5 ¹²	нет	63 ¹³	нет ¹⁴	нет ¹⁵	нет	нет ¹⁶

¹¹Норматива нет.

¹² Указаны средние данные за 30-летний период климатической нормы (1961-1990 гг.).

¹³ Указаны средние данные за 30-летний период климатической нормы (1961-1990 гг.).

¹⁴ Норматива нет, предложено считать минимальное значение, т.к. увеличение площадей лесных насаждений, погибших от фитоболезней и энтомовредителей, относится к негативным изменениям адаптационных возможностей лесных экосистем.

¹⁵ Указаны средние данные за 30-летний период климатической нормы (1961-1990 гг.).

¹⁶Норматива нет.

При апробации, изложенной выше методики, в расчетах использовали нижеследующие критерии

а) для индекса динамики абиотических факторов (I_{af}) (первый индекс):

- средняя годовая температура воздуха;
- сумма осадков за год;
- средняя годовая относительная влажность;
- годовое количество опасных метеорологических явлений;
- средняя высота снежного покрова;
- годовое количество лесных пожаров.

б) для индекса уязвимости лесных экосистем ($I_{лэ}$) (второй индекс):

- лесистость;
- площадь погибших лесных насаждений под воздействием фитоболезней и энтомовредителей;
- площадь погибших лесных насаждений в результате пожаров;
- продуктивность (запас основных лесообразующих пород);
- площадь, занятая спелыми и перестоявшими лесными насаждениями;
- изменение географического ареала основных лесообразующих пород.

Представленные в таблице индексы $I_{аб}$ отражают динамические изменения для рассматриваемой лесной экосистемы (Таблица 5.3.2).

Таблица 5.3.2. – Колебания индекса динамики абиотических факторов (I_{af}) по десятилетиям в период 1961-2019 гг.

Период наблюдений	I_{af} Средняя годовая температура воздуха, балл	I_{af} Сумма осадков за год, балл	I_{af} Относительная влажность, балл	I_{af} Годовое количество опасных метеорологических явлений, балл	I_{af} Годовое количество лесных пожаров, балл	I_{af} Средняя высота снежного покрова, мм	Значение $\sum I_{af}$, балл
1961-1970	1	0	0	0	0	0	1
1971-1980	1	0	0	0	0	0	1
1981-1990	1	0	0	0	0	0	1
1991-2000	1	0	0	0	0	1	2
2001-2010	1	0	0	0	0	1	2
2009-2018	1	0	0	0	0	1	2

С течением времени условия существования лесных экосистем изменяются, что приводит к изменению индекса уязвимости в целом за счет изменения отдельных критериев этой группы.

Результаты определения индекса уязвимости лесных экосистем ($I_{лэ}$) представлены в таблице 5.3.3.

Таблица 5.3.3. – Колебания индекса адаптивности лесных экосистем ($I_{лэ}$) по десятилетиям в период 1961-2019 гг.

Период наблюдений	$I_{лэ}$ Лесистость, балл	$I_{лэ}$ Площадь погибших лесн. насаждений под возд. болезней и вредителей, балл	$I_{лэ}$ Площадь погибших лесн. насаждений в результате пожаров, балл	$I_{лэ}$ Запас спелых и перестойных насаждений по преобладающей породе, м ³ /га	Запас основных лесообразующих пород, м ³	Изменение ареалов основных лесообразующих пород	Значение $\sum I_{лэ}$ балл
1961-1970	0	0	–	0	1	0	1
1971-1980	1	0	–	0	0	0	1
1981-1990	1	0	0	0	0	0	1
1991-2000	1	0	0	0	0	0	1
2001-2010	1	0	0	0	0	1	2
2009-2018	1	0	0	0	0	1	2

В настоящее время лесные экосистемы Новгородской области высокие адаптивные способности к меняющимся условиям среды. Одна из возможных причин этого – проведение активных лесохозяйственных мероприятий для сохранения и восстановления лесных насаждений.

Для позиционирования состояния региональных лесных экосистем и их адаптации к влиянию неблагоприятных факторов воспользуемся матричным подходом.

Тогда в период с 1961-1970 гг. состояние комплекса лесных экосистем региона может быть оценено как «стабильный комплекс лесных экосистем», высокий уровень адаптационного потенциала (Таблица 5.3.4.).

Таблица 5.3.4. – Динамика индексов оценки адаптационного потенциала лесных экосистем

Период наблюдений	Значение $\sum I_{af}$, балл	Значение $\sum I_{лэ}$, балл	Квадрат матрицы	Идентификация состояния
1961-1970	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	1	1	АП ₂	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1991-2000	2	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2001-2010	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
2011-2019	2	2	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.

Такой же уровень адаптационного потенциала соответствует комплексу лесных экосистем региона в период 1981-1990 гг.

Анализ влияния абиотических факторов и оценка влияния критериев уязвимости на состояние и устойчивость региональных лесных экосистем показал, что первопричиной наблюдающихся изменений является динамика климатических факторов. Основными абиотическими факторами, определяющими снижение адаптационного потенциала лесных экосистем Новгородской области, является рост среднегодовых температур.

Полученные результаты не противоречат исследованиям других авторов и дополняют методические рекомендации оценки адаптационного потенциала лесных экосистем, представленные в специальном докладе МГЭИК (Кокорин, 2013, 2014).

Лесные земли в Воронежской области занимают площадь 464,6 гектар (по данным Формы № 3 ГЛР за 2017 год), в том числе покрытые лесом площади – 339,6

га с общим запасом древесины чуть более 55,0 млн м³ и преобладанием твердолиственных пород.

Лесные экосистемы располагаются преимущественно в лесостепной зоне (72,6%) и занимают, соответственно, лесостепной район Европейской части Российской Федерации и район степей Европейской части Российской Федерации.

При оценке состояния лесных экосистем лучшими индикаторами являются сами древостои, которые в Воронежской области характеризуются 2-4 классом бонитета, полнотой 0,69, возрастом 57 лет и средним запасом на 1 га покрытых лесом земель 181 м³, и по своему целевому назначению относятся к защитным лесам.

Состояние древостоев, как и выполнение ими многопрофильных функций, зависит от множества факторов.

Утрата устойчивости лесной экосистемой может предопределяться влиянием негативных факторов как абиотических – изменение условий среды, так и биотических – массовое размножение энтомовредителей и болезней (в свою очередь, нередко спровоцированное изменением факторов абиотических), антропогенное воздействие.

Наиболее значимые для существования лесных экосистем абиотические факторы представлены в динамике с 1961 года в таблице 5.3.5.

Как следует из данных таблицы за период с 1961 г. факторы, оказывающие влияние на состояние лесных экосистем, существенно изменили свои значения, так в частности, имело место:

- увеличение среднегодовой температуры воздуха с 5,8 до 8°C;
- снижение относительной влажности воздуха;
- увеличение опасных метеорологических явлений.

Такие показатели позволяют оценить состояние региональных лесных экосистем достаточно полно для понимания их устойчивости вследствие климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки.

Таблица 5.3.5. – Динамика биотических факторов и показателей уязвимости лесных экосистем в Воронежской области

Период наблюдений	Средняя годовая температура воздуха, °С	Годовое количество осадков, мм.рт.ст.	Относительная влажность, %	Годовое количество опасных метеорологических явлений	Средняя высота снежного покрова, мм.	Годовое количество крупных лесных пожаров	Лесистость, %	Площадь погибших лесн. насаждений под возд. болезней и вредителей, га	Площадь погибших лесн. насаждений в результате пожаров, га	Запас спелых и перестойных насаждений по преобладающей породе, м ³ /га	Средний ежегодный прирост хвойных пород, м ³ /га [30] ¹⁷	Средний ежегодный прирост лиственных пород, м ³ /га [30] ¹⁸
1961-1970	5,8	562	73,6	7	17,1	320	8,4	40,3	88,0	214	3,6	3,2
1971-1980	6	571	74,7	9	14,5	408	8,3	58,9	56,0	187	4,0	2,7
1981-1990	6,4	618,9	74,8	11	14,9	556	8,2	87	159,1	202	4,1	2,5
1991-2000	6,6	545,9	73,9	7,6	16,1	575	8,3	26	265	175	4,2	2,6
2001-2010	7,6	579,5	72,4	16,3	20,6	843	8,4	1565,0	2295,0	215	4,2	2,5
2011-2019	8	606,1	72,1	6	17,1	452	8,3	4125,5	58,3	218	4,2	2,4
Норма	6,1	587	74,0	9	18,2	нет	8,3/25*	нет ¹⁹	нет ²⁰	205	4,1	2,85

¹⁷ Мусиевский, А. Л. Динамика лесистости и структуры лесного фонда Воронежской области // Лесотехнический журнал. – 2013. – №3 (11). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-lesistosti-i-struktury-lesnogo-fonda-voronezhskoy-oblasti> (дата обращения: 31.03.2020).

¹⁸ Там же.

* Значение лесистости 8,3% соответствует среднему значению за 30-летний период климатической нормы (1961-1990 гг.), но не является оптимальным значением лесистости для лесостепной зоны, которое по расчётам специалистов [34, 35] составляет 25%.

¹⁹ Норматива нет, предложено считать минимальное значение за 30-летний период климатической нормы (1961-1990 гг.).

²⁰ Аналогично предыдущему.

При апробации, изложенной выше методики в расчетах использовали нижеследующие критерии

а) для индекса динамики абиотических факторов (I_{af}) (первый индекс):

- средняя годовая температура воздуха;
- сумма осадков за год;
- средняя годовая относительная влажность;
- годовое количество опасных метеорологических явлений;
- средняя высота снежного покрова;
- годовое количество лесных пожаров.

б) для индекса адаптивности лесных экосистем ($I_{лэ}$) (второй индекс):

- лесистость;
- площадь погибших лесных насаждений под воздействием фитоболезней и энтомовредителей;
- площадь погибших лесных насаждений в результате пожаров;
- продуктивность (запас основных лесообразующих пород);
- площадь, занятая спелыми и перестоявшими лесными насаждениями;
- изменение географического ареала основных лесообразующих пород.

Теоретической основой для понимания явления адаптивности лесных экосистем к неблагоприятным факторам различного генезиса являются представления о взаимоотношениях древесных растений со средой обитания.

В этой части представлены в таблице индексы I_{af} отражают динамические изменения для рассматриваемой лесной экосистемы (Таблица 5.3.6.).

Таблица 5.3.6. - Колебания индекса динамики абиотических факторов (I_{af}) по десятилетиям в период 1961-2019 гг.

Период наблюдений	I_{af} Средняя годовая температура воздуха, балл	I_{af} Сумма осадков за год, балл	I_{af} Относительная влажность, балл	I_{af} Годовое количество опасных метеорологических явлений, балл	I_{af} Годовое количество лесных пожаров, балл	I_{af} Средняя высота снежного покрова, мм	Значение $\sum I_{af}$, балл
1961-1970	1	1	0	–	–	0	3
1971-1980	1	1	0	–	–	1	3
1981-1990	1	1	0	–	–	1	3
1991-2000	1	1	1	1	0	1	5
2001-2010	1	1	1	1	1	1	6
2009-2018	1	1	0	1	1	0	4

С течением времени условия существования лесных экосистем изменяются, что приводит к изменению индекса адаптивности в целом за счет изменения отдельных критериев этой группы (Рисунок 5.3.1.).

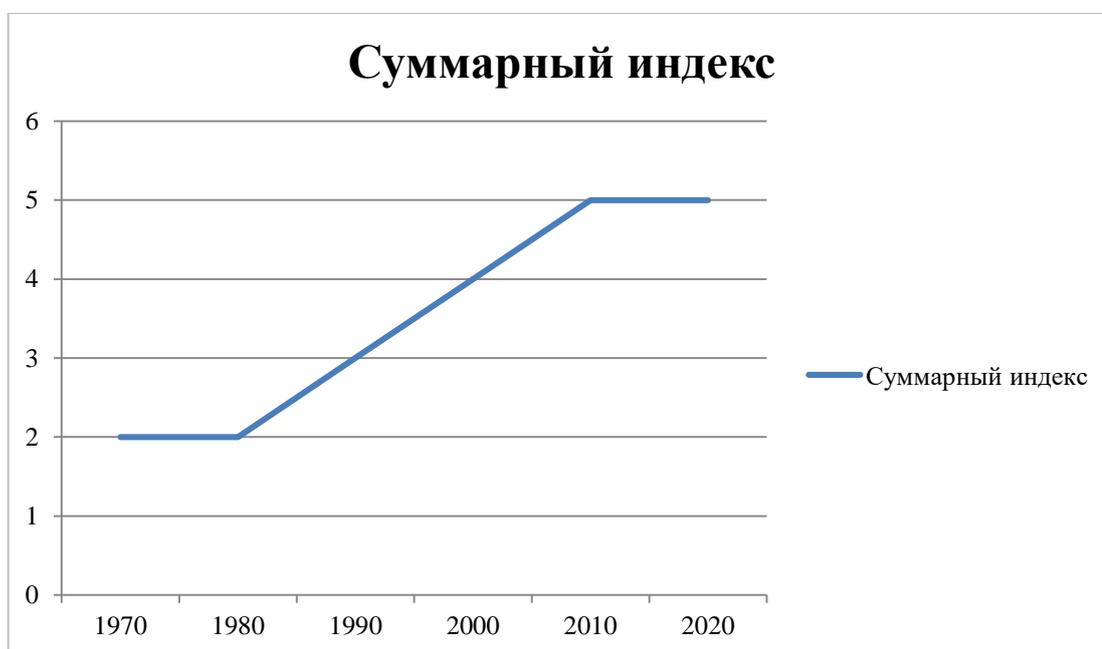


Рисунок 5.3.1. Колебания индекса динамики абиотических факторов (I_{af}) в период 1961-2019 гг.

Многолетнее устойчивое повышение температуры воздуха и колебание количества выпадающих осадков на территории лесостепного района ведут к увеличению интенсивности и количества опасных гидрометеорологических явлений.

График на рисунке 5.3.1 наглядно демонстрирует восходящие значения индекса динамики абиотических факторов (I_{af}) Воронежской области. Результаты определения индекса адаптивности лесных экосистем ($I_{лэ}$) представлены в таблице 5.3.7.

Таблица 5.3.7. – Колебания индекса адаптивности лесных экосистем ($I_{лэ}$) по десятилетиям в период 1961-2019 гг.

Период наблюдений	$I_{лэ}$ Лесистость, балл	$I_{лэ}$ Площадь погибших лесн. насаждений под возд. болезней и вредителей, балл	$I_{лэ}$ Площадь погибших лесн. насаждений в результате пожаров, балл	$I_{лэ}$ Запас спелых и перестойных насаждений по преобладающей породе, м ³ /га	Запас основных лесообразующих пород, м ³	Изменение ареалов основных лесообразующих пород	Значение $\sum I_{лэ}$, балл
1961-1970	1	0	0	0	0	0	1
1971-1980	1	0	0	0	0	0	1
1981-1990	1	0	0	0	0	0	1
1991-2000	1	1	1	0	0	0	3
2001-2010	1	1	1	0	0	1	4
2009-2018	1	1	1	1	0	1	5

Лесные экосистемы Воронежской области находятся в состоянии близком к критическому. В последние десятилетия лесные экосистемы Воронежской области находятся в состоянии депрессии и распада. Старые по возрасту, ослабленные ввиду многочисленных вредителей и болезней леса несут катастрофические потери, результат чего – ветровалы, сухостой и рост захламленности лесных массивов, что приводит к выводу о необходимости проведения активных лесохозяйственных мероприятий для сохранения и восстановления лесных насаждений.

Для позиционирования состояния региональных лесных экосистем и их адаптации к влиянию неблагоприятных факторов воспользуемся матричным подходом.

Тогда в период с 1961-1970 гг. состояние комплекса лесных экосистем региона может быть оценено как «стабильный комплекс лесных экосистем», высокий уровень адаптационного потенциала (Таблица 5.3.8.).

Таблица 5.3.8. – Динамика индексов оценки адаптационного потенциала лесных экосистем

Период наблюдений	Значение $\sum I_{af}$, балл	Значение $\sum I_{лэ}$, балл	Квадрат матрицы	Идентификация состояния
1961-1970	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1971-1980	3	1	АП ₄	Стабильный комплекс лесных экосистем.
1981-1990	3	1	АП ₄	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
1991-2000	5	3	АП ₆	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2001-2010	6	4	АП ₈	Деградирующий комплекс лесных экосистем.
2011-2019	4	5	АП ₈	Деградирующий комплекс лесных экосистем.

Такой же уровень адаптационного потенциала соответствует комплексу лесных экосистем региона в период 1971-1980 гг.

В последующий период, с 1981 по 2000 гг., адаптационный потенциал лесов региональной системы резко снижается, пока не достигает критических отметок в период 2001-2010 гг., чему соответствует статус «деградирующий комплекс лесных экосистем» в рамках матрицы позиционирования. Анализ влияния абиотических и биотических факторов на состояние и устойчивость региональных лесных экосистем показал, что первопричиной наблюдающихся изменений является динамика климатических факторов. Основными абиотическими факторами, определяющими снижение адаптационного потенциала лесных экосистем Воронежской области, являются рост среднегодовых температур и снижение относительной влажности воздуха.

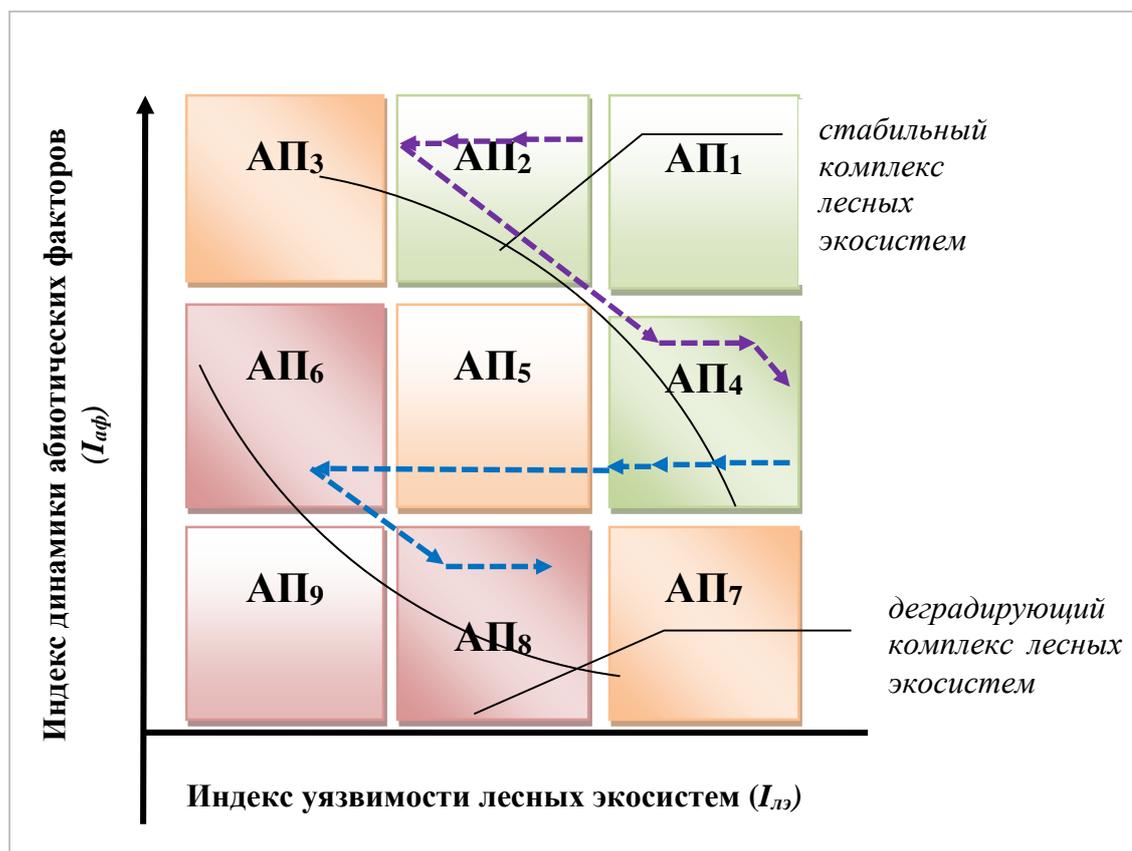


Рисунок 5.3.2. Позиционирование динамики адаптивности комплекса лесных экосистем Воронежской и Новгородской областей в период с 1961 по 2019 гг.

Полученные результаты не противоречат исследованиям других авторов и дополняют методические рекомендации оценки адаптационного потенциала лесных экосистем, представленные в специальном докладе МГЭИК (Кокорин, 2014).

В ходе исследования выявлены региональные черты межкомпонентных и межкомплексных связей в экосистемах локального уровня на двух экспериментальных полигонах Новгородской и Воронежской областях.

Считаем, что изменения климата, проявляющиеся в повышении среднегодовых температур воздуха и увеличении числа ОГЯ, являются доминантой наблюдаемых региональных и локальных изменений погодных и лесорастительных условий, которые необходимо учитывать в лесоводстве и лесоправлении.

Основные принципы лесоправления в лесном хозяйстве Российской Федерации должны быть выстроены с учётом адаптационного потенциала

комплексов лесных экосистем регионов в условиях климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки: стабильный (адаптационно устойчивый) комплекс лесных экосистем, высокий уровень адаптационного потенциала – меры поддержания устойчивости, санитарного состояния и воспроизводства лесных экосистем (пассивная адаптация); нестабильный (адаптационно неустойчивый) комплекс лесных экосистем, средний (потенциально опасный) уровень адаптационного потенциала – меры активного лесохозяйственного реагирования, включающего научно-обоснованные мероприятия по повышению лесистости, оптимизации породного состава, продуктивности древостоев, лесопатологические и противопожарные защитные мероприятия и т. д. (активная адаптация); деградирующий комплекс лесных экосистем, низкий или отсутствующий уровень адаптационного потенциала – меры срочной целевой поддержки, в т.ч. – научный анализ причин деградации, подбор оптимальных древесных пород и систем восстановления лесных насаждений, защита лесов от воздействия антропогенных факторов и т. д. (антикризисное реагирование).

Оценка адаптационного потенциала с использованием авторского методического подхода позволила дифференцировать с позиции устойчивости, выделяя группы их четырех стабильных (НО, РС, МО, АмО), четырнадцати нестабильных и шести деградирующих (АО, ВО, ТО, ИО, КРК, ХК) региональных комплексных лесных экосистем.

Наиболее уязвимыми в этой связи оказываются региональные системы севера СЗФО, УФО, юга ЦФО, СФО и Дальнего Востока (Рисунок 5.3.3.).

Использование предлагаемого методического подхода, позволяет перейти от констатации изменений в состоянии лесных систем к количественной оценке реальных изменений в различных регионах, оценке экологических рисков, а также – к превентивному управлению в лесных экосистемах.

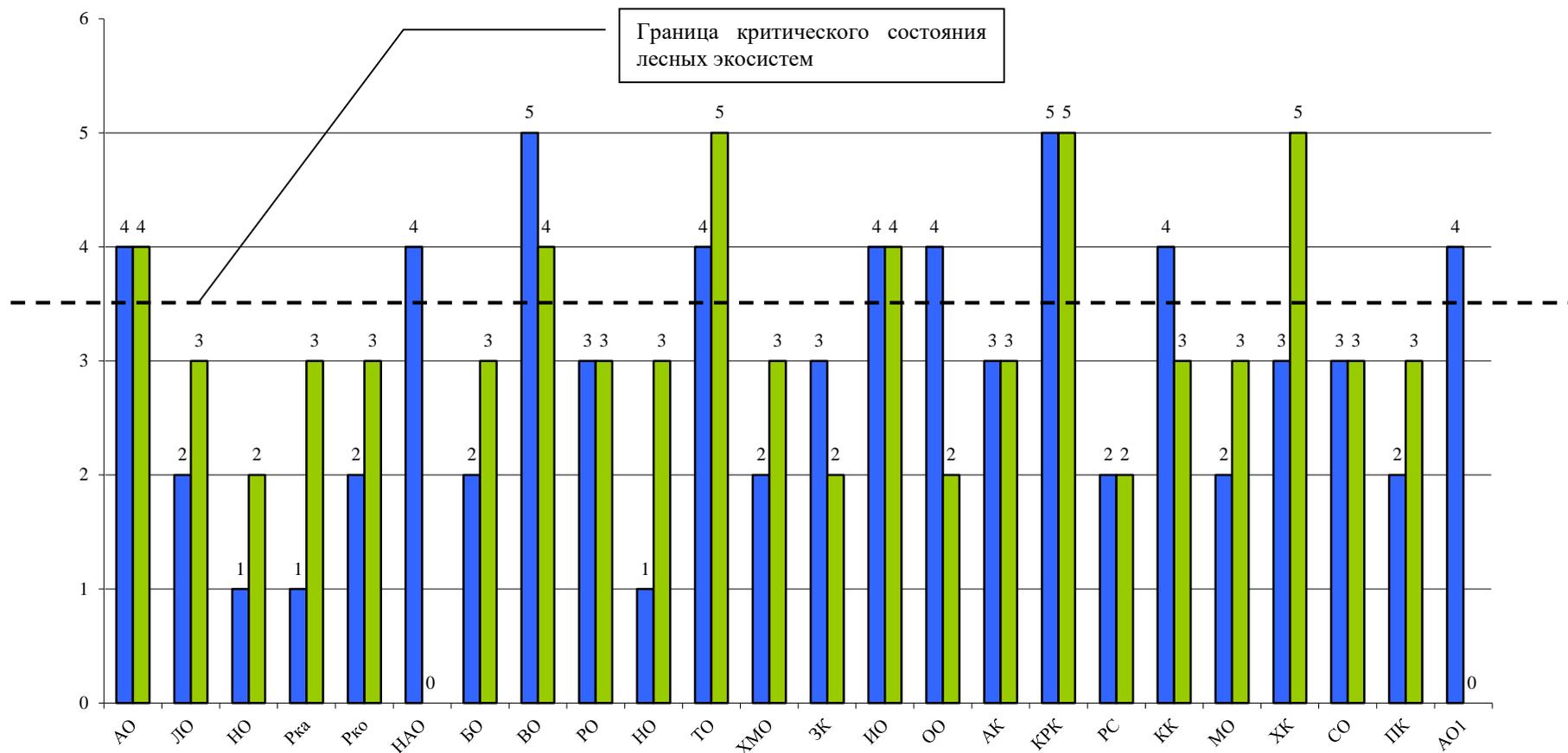


Рисунок 5.3.3. Распределение региональных систем по уровню индексов адаптационного потенциала

Примечание: АО – Архангельская область; ЛО – Ленинградская область; НО – Новгородская область; Рка – Республика Карелия; Рко – Республика Коми; НАО – Ненецкий автономный округ; БО – Брянская область; ВО – Воронежская область; РО – Ростовская область; НО1 – Нижегородская область; ТО – Тюменская область; ХМО – Ханты-Мансийский автономный округ; ЗК – Забайкальский край; ИО – Иркутская область; ОО – Омская область; АК – Алтайский край; КРК – Красноярский край; РС – Республика Саха; КК – Камчатский край; МО – Магаданская область; ХК – Хабаровский край; СО – Сахалинская область; ПК – Приморский край; АО1 – Амурская область.

5.4. Корреляционно-регрессионный анализ в системе «климат – состояние лесных экосистем»

Ранее было показано, что состояние лесных экосистем существенным образом зависит от состояния внешней среды, определяемой, в том числе климатическими условиями.

Пространственная структура и динамика продуктивности лесных экосистем подвержены определенным закономерностям, в частности, в литературе отмечалась тесная зависимость между абиотическими факторами и состоянием лесных экосистем, в первую очередь, по продуктивности (Минин, 1995; Кухта, 2009, Коновязин, 2011).

Для решения поставленных в нашем исследовании задач мы сосредоточили усилия на поиске общих для данных территорий закономерностей, считая, что именно они характеризуют взаимоотношения лесных экосистем изучаемой территории с характеристиками климатической системы. Статистические показатели абиотических факторов региональных систем представлены в таблицах 5.4.1 и 5.4.2.

Нельзя не отметить, что в нашем подходе остается достаточно высокой роль локальных причин, маскирующего исследуемые нами связи.

Для того, чтобы определить, какой климатический параметр определяет адаптационный потенциал комплексов лесных экосистем регионов, были рассчитаны коэффициенты корреляции.

Для оценки тесноты связи значений двух любых природных факторов, исключая влияние остальных, представленных в уравнении множественной регрессии, рассчитывались линейные коэффициенты частной корреляции.

Установлено наличие прямых и обратных связей и трех значащих степеней тесноты связи при уровне значимости 0,05.

Таблица 5.4.1. – Статистические показатели абиотических факторов региональных систем (средние температуры и среднегодовое количество осадков, среднегодовое количество ОГЯ)

Регион, опорная точка	Абиотические факторы								
	Среднегодовая температура, С			Среднегодовое количество осадков, мм			Среднегодовое количество ОГЯ, ед		
	1±m	2±m	t	1±m	2±m	t	1±m	2±m	t
АО	0,8±0,24	2,8±0,15	3,37	3,8±0,92	1,8±0,58	3,29	3,8±0,92	1,8±0,58	2,0
ЛО	5,0±0,21	6,9±0,27	4,80	5,9±1,48	1,4±0,60	0,86	5,9±1,48	1,4±0,60	2,69
НО	5,2±0,2	7,2±0,29	4,93	28±1,36	9±0,8	1,66	28±1,36	9±0,8	2,35
РКа	2,5±0,22	4,3±0,25	4,15	3,1±0,92	2,2±1,46	1,50	3,1±0,92	2,2±1,46	1,19
РКо	0,6±0,23	2,2±0,21	3,63	4,6±1,12	0,8±0,37	3,81	4,6±1,12	0,8±0,37	3,4
НАО	-3,8±0,28	-1,3±0,46	3,17	2,1±0,99	0,4±0,40	3,7	2,1±0,99	0,4±0,40	1,39
БО	5,2±0,20	7,2±0,19	5,56	3,3±1,32	2,4±0,60	0,74	3,3±1,32	2,4±0,60	0,13
ВО	6,1±0,20	8,1±0,18	4,90	3,8±1,37	4,0±1,41	0,45	3,8±1,37	4,0±1,41	1,26
РО	9,7±0,17	11,0±0,16	2,2	9,1±1,96	15,2±5,00	3,08	9,1±1,96	15,2±5,00	0,98
НО	4,0±0,19	5,7±0,18	4,9	5,8±1,40	6,2±1,28	1,52	5,8±1,40	6,2±1,28	1,2
ТО	1,3±0,21	2,5±0,23	4,04	4,5±1,07	4,4±1,40	0,04	4,5±1,07	4,4±1,40	0,25
ХМО	-1,5±0,24	-0,1±0,42	3,01	2,9±0,99	3,8±1,50	0,49	2,9±0,99	3,8±1,50	0,28
ЗК	-2,6±0,14	-0,2±0,15	7,99	11,7±1,67	11,2±2,42	1,15	11,7±1,67	11,2±2,42	1,36
ИО	0,0±0,14	1,7±0,38	5,96	3,1±0,57	13,2±2,06	0,25	3,1±0,57	13,2±2,06	5,01
ОО	1,4±0,21	2,5±0,24	3,43	7,0±1,44	7,0±1,44	0,84	7,0±1,44	7,0±1,44	0,14
АК	2,0±0,20	2,9±0,45	2,82	17,1±1,59	52,6±8,21	1,32	17,1±1,59	52,6±8,21	5,83
ККх	-13,3±0,22	-10,8±0,23	4,42	19,7±4,55	15,8±2,35	3,35	19,7±4,55	15,8±2,35	0,53
ККТ	-6,7±0,26	-4,5±0,56	3,35	нд	нд	нд	нд	нд	нд
ККк	0,8±0,20	2,5±0,49	3,67	нд	нд	нд	нд	нд	нд
РСВ	-15,3±0,21	-13,1±0,34	4,81	3,4±0,82	4,6±1,60	1,97	3,4±0,82	4,6±1,60	1,43
РСО	-6,3±0,25	-5,1±0,34	1,99	нд	нд	нд	нд	нд	нд
КК	2,4±0,11	3,5±0,24	4,32	9,7±2,54	5,0±1,38	1,69	9,7±2,54	5,0±1,38	1,68
МО	-3,3±0,13	-1,5±0,42	4,77	3,6±0,56	1,6±0,60	1,89	3,6±0,56	1,6±0,60	1,39
ХК	1,8±0,15	2,8±0,18	4,42	6,2±1,05	10,2±3,65	1,73	6,2±1,05	10,2±3,65	2,6
СО	2,3±0,13	3,3±0,25	4,73	27,4±3,69	32,0±3,13	0,59	27,4±3,69	32,0±3,13	1,98
ПК	4,2±0,12	5,4±0,13	5,57	13,5±2,91	12,0±2,12	0,5	13,5±2,91	12,0±2,12	0,42
АО	0,7±0,18	2,3±0,26	5,48	3,5±1,44	7,4±3,0	6,75	3,5±1,44	7,4±3,0	0,89

Примечание: 1±m – среднегодовое значение фактора с ошибкой среднего за период с 1966 по 1990 гг. (базовый); 2±m – среднегодовое значение фактора с ошибкой среднего за период с 2011 по 2018 гг.; t – достоверность различий средних значений за анализируемый период с 1966 по 2019 гг.; среднегодовое количество осадков: 1±m – сравнение двух десятилетних периодов 1991-2000 гг, 2010-2018 гг.; t – достоверность различий средних значений за анализируемый период с 1991 по 2018 гг.

Таблица 5.4.2. – Статистические показатели абиотических факторов региональных систем (средняя высота снежного покрова, среднегодового количества лесных пожаров, среднегодовой относительной влажности воздуха)

Регион, опорная точка	Абиотические факторы								
	Средняя высота снежного покрова, мм			Среднегодовое количество лесных пожаров, ед.			Среднегодовая относительная влажность воздуха, %		
	1±m	2±m	t	1±m	1±m	t	1±m	2±m	t
АО	36,1±2,28	27,6±1,12	0,2	78,7±0,2	78,7±0,2	0,93	78,7±0,2	80,5±0,6	2,71
ЛО	19,6±1,41	15,2±4,79	1,51	78,7±0,3	78,7±0,3	0,83	78,7±0,3	76,2±0,5	0,21
НО	18,9±1,22	24,1±5,06	1,69	78,8±0,4	78,8±0,4	0,95	78,8±0,4	77,1±0,3	0,31
РКа	18,2±1,65	22,1±2,73	1,2	79,0±0,3	79,0±0,3	1,21	79,0±0,3	79,9±0,4	2,72
РКо	29,4±2,76	42,7±1,32	0,92	76,5±0,4	76,5±0,4	1,99	76,5±0,4	79,1±0,5	0,96
НАО	28,8±1,38	37,3±2,56	3,58	80,7±0,3	80,7±0,3	н/д	80,7±0,3	80,2±0,4	3,23
БО	15,7±1,47	19,9±3,65	0,95	78,3±0,3	78,3±0,3	1,60	78,3±0,3	76,4±1,0	3,71
ВО	17,1±1,40	17,1±2,57	1,22	73,6±0,5	73,6±0,5	1,06	73,6±0,5	72,1±0,9	2,69
РО	8,9±1,28	8±0,97	0,14	74,5±0,6	74,5±0,6	5,47	74,5±0,6	69,7±1,0	2,09
НО	29,8±1,64	33,1±2,96	0,18	74±0,4	74±0,4	1,23	74±0,4	74,4±0,6	0,46
ТО	23,0±1,01	29,9±1,92	3,03	72,4±0,4	72,4±0,4	0,35	72,4±0,4	72,3±0,4	0,76
ХМО	26,9±1,67	35,8±1,05	2,1	77,3±0,4	77,3±0,4	1,27	77,3±0,4	77±0,4	0,60
ЗК	5,7±0,41	6,5±0,89	3,35	65,4±0,4	65,4±0,4	0,19	65,4±0,4	61,1±0,8	4,24
ИО	22,0±0,77	22,2±1,26	1,78	71,9±0,2	71,9±0,2	2,01	71,9±0,2	69,2±0,5	3,67
ОО	14,6±1,28	33,9±2,07	4,54	72,1±0,4	72,1±0,4	2,82	72,1±0,4	71,3±0,6	0,94
АК	17,2±1,68	29,8±2,41	3,5	70,5±0,4	70,5±0,4	1,79	70,5±0,4	70,7±0,8	2,08
ККх	16,3±1,68	28,6±1,92	3,51	75,8±0,3	75,8±0,3	2,31	75,8±0,3	79,9±0,3	3,35
ККТ	50,2±1,74	65,3±4,17	4,83	72,3±0,4	72,3±0,4	–	72,3±0,4	72,6±0,7	0,28
ККк	13,5±0,99	19,4±2,10	2,87	66,6±0,3	66,6±0,3	–	66,6±0,3	70,9±0,4	6,68
РСВ	17,5±0,90	19,8±1,03	1,54	69,1±0,3	69,1±0,3	1,31	69,1±0,3	71,2±0,5	1,97
РСО	29,8±1,22	31,1±1,73	0,83	71±0,4	71±0,4	–	71±0,4	74,4±0,5	2,31
КК	40,2±3,33	87,3±7,18	5,02	80,6±0,9	80,6±0,9	4,74	80,6±0,9	70,6±1,0	1,69
МО	13,4±2,10	24,0±2,38	3,08	159,5±23,99	103,4±37,08	1,27	71,8±0,4	71±0,9	1,89
ХК	7,7±0,77	20,8±2,24	4,75	572,5±110,03	377,2±50,82	1,62	70,3±0,4	68,2±0,8	1,73
СО	36,8±2,33	47,4±3,73	2,28	85,2±33,35	38,6±5,93	1,38	80±0,4	79,3±0,8	0,59
ПК	4,8±0,33	3,7±0,98	0,98	227,2±48,33	360,6±62,22	1,69	70,6±0,3	72±0,7	0,50
АО	8,3±0,55	10,3±1,88	2,34	332,2±46,92	382,5±47,10	0,76	71,5±0,5	63,4±1,0	6,75

Подобный анализ позволил детально исследовать климатический отклик комплексов лесных экосистем регионов на изменения температуры, осадков, относительной влажности, количества опасных метеорологических явлений, высоты снежного покрова и др. в условиях климатических изменений (Таблица 1, Приложение 3).

Матрица коэффициентов корреляции абиотических факторов и критериев уязвимости показана в таблице 5.4.3.

Таблица 5.4.3. – Распределение комплексов лесных экосистем регионов по уровню корреляции абиотических факторов и критериев уязвимости

степеней тесноты связи <i>0,71 -0,9</i>		степеней тесноты связи <i>0,51-0,7</i>		степеней тесноты связи <i>0,31-0,5</i>	
Факторы, диапазон уровня корреляции	Комплексы лесных экосистем регионов	Факторы, диапазон уровня корреляции	Комплексы лесных экосистем регионов	Факторы, диапазон уровня корреляции	Комплексы лесных экосистем регионов
ОМЯ/Площадь поврежденных фито-энтомо (<i>0,69-0,8</i>)	АО, РКо, СО	Температура/ Запас лесо-образующих пород (<i>0,68-0,7</i>)	АО, ЛО, РО, РКо, БО, ВО, РО, НО	Температура/ Лесистость (<i>0,39-0,51</i>)	АО, ЛО, РКа, РКо, БО, РЯ,КК, СО, АО
		Количество пожаров/площадь погибших от пожаров (<i>0,54-0,74</i>)	ЛО, РКо, НО, ЗК,ИО, КК,МО	Количество пожаров/ площадь пожаров (<i>0,3-0,49</i>)	АО, БО, ВО, ХМО, ОО, СО
				Осадки/ площадь погибших от пожаров (<i>-0,36-(-0,51)</i>)	ЛО, РКо, НО, АК, СО
				Высота снежного покрова/ лесистость (<i>0,31-0,42</i>)	АО, ЛО, БО, РС, СО

Высокая теснота прямой связи обнаружена только в четырех регионах (Магаданская, Иркутская, Архангельская области и Забайкальский край) и по одной паре сравниваемых значений.

В Архангельской области – это количество опасных метеорологических явлений и площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомоуничтожителей ($r=0,8$). В Забайкальском крае и Магаданской области – это количество пожаров и площадь погибших от них насаждений ($r=0,74$ и $0,73$

соответственно). В Иркутской области – относительная влажность воздуха и площади спелых и перестойных насаждений ($r=0,71$).

Значительная и умеренная корреляция обнаружена повсеместно, за исключением регионов, где она вообще отсутствует. Сюда относятся Ненецкий АО, Тюменская область и Приморский край. Значимую связь по одной-двум парам сравниваемых показателей имеют такие регионы, как Ханты-Мансийский АО, Омская и Магаданская области, Хабаровский край, по трем – Красноярский край и Амурская область. В остальных регионах из числа исследуемых значимая корреляция представлена по более широкому набору сравниваемых критериев.

Если рассматривать отдельно каждый из показателей адаптивности насаждений, то можно отметить, что наименьшее количество значимых корреляционных связей характерно для площади насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомофитовредителей. Частично это можно объяснить наибольшим объёмом недостающих данных по этому показателю. Наиболее часто по регионам данный критерий коррелировал со средней температурой воздуха на уровне прямой значительной связи. Зависимость от количества осадков, относительной влажности и высоты снежного покрова установлена по одному разу, от количества опасных метеоявлений – 2 раза.

Установленные корреляционные зависимости между абиотическими факторами и факторами уязвимости доказывают наличие причинно-следственной связи между климатическими изменениями и вариабельностью состояния лесных экосистем (Рисунок 5.4.1.).

Лесистость так же наиболее часто связана со средней температурой. Причем, в одном из 8 случаев (Камчатский край), связь является обратной. Есть зависимость этого показателя и от относительной влажности, количества опасных метеорологических явлений и количества пожаров так же в виде прямой и обратной связей. Надо отметить, что не установлено ни одного случая значимой корреляции между лесистостью и количеством осадков.

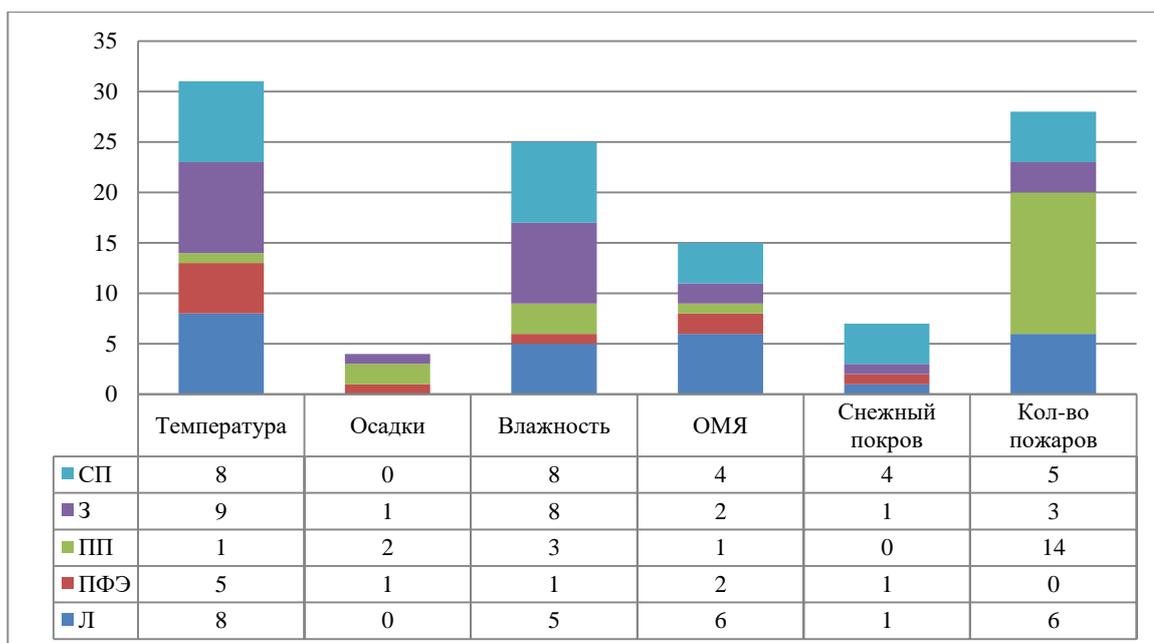


Рисунок 5.4.1. Распределение значимых корреляций (факторы уязвимости лесных экосистем и абиотические факторы)

Примечание: СП- площадь спелых и перестойных древесных насаждений; З – запас спелых и перестойных древесных насаждений; ПП –продуктивность древесных пород; ПФЭ -площадь погибших лесных насаждений под воздействием фитоболезней и энтомовредителей; Л – лесистость.

Наибольшее количество значимых связей по исследуемым регионам дала площадь спелых и перестойных древостоев. В большей степени она коррелирует со средней температурой воздуха и его относительной влажностью, при этом чаще наблюдается обратная связь. Однако, этот показатель относится, главным образом, к хозяйственной деятельности человека, и говорить о его зависимости от климатических факторов в данном случае не корректно. Установленная обратная или прямая связь объясняется естественной динамикой климатических показателей и изменением площадей спелых и перестойных древостоев в результате человеческой деятельности, которая приводит либо к их уменьшению в процессе рубки, либо к накоплению при отсутствии последней в каждом конкретном регионе.

В определенной степени вышесказанное относится и к динамике запаса основных лесообразующих пород. В случае больших объемов рубок этот

показатель тоже снижается. Но запас характеризует еще и скорость накопления биомассы, что, естественно, связано с изменением климатических факторов. В значительной части регионов запас возрастает и находится в прямой связи со средней температурой воздуха и обратной – с его относительной влажностью. В трех регионах выявлена связь запаса с количеством пожаров. В Ростовской области и Камчатском крае это значительная обратная корреляция на фоне снижения числа пожаров. В Магаданской – умеренная прямая в связи с уменьшением запаса. В Ленинградской области обнаружена обратная корреляция запаса с количеством опасных метеорологических явлений при тенденции к их уменьшению, а в Алтайском крае эта связь прямая на фоне повышения числа таких явлений.

6. СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К СИСТЕМЕ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ ЗОН РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

6.1. Модель адаптационного потенциала лесных экосистем Российской Федерации в условиях изменения климата

Ранее автором было показано, что адаптационный потенциал является свойством экологических систем «сопротивляться» внешним воздействиям. В этой связи оценка адаптационного потенциала лесных экосистем многогранна и важна как сама по себе, так и в целях моделирования и прогнозирования его изменения.

Для моделирования адаптационного потенциала необходимо количественное его измерение, факторы и возмущающие воздействия, описанные в числовых измерителях.

Рассмотренный ранее авторский подход к определению адаптационного потенциала в разрезе региональных лесных экосистем позволяет решить задачу моделирования и прогнозирования их биологической устойчивости.

На первом этапе моделирования каждый индикатор подлежит сравнительной оценке изменений в разрезе 10-летних временных интервалов, при этом в рамках отдельного временного интервала принимается решение об отсутствии (0) или выраженности (1) динамики. Это производится с помощью следующей формулы:

$$D_{it} = \begin{cases} 0, & \left| \frac{P_{it} - P_{it-1}}{(P_{it} + P_{it-1})/2} \right| > \alpha; \\ 1, & \left| \frac{P_{it} - P_{it-1}}{(P_{it} + P_{it-1})/2} \right| \leq \alpha, \end{cases} \quad (6.1.1.)$$

где D_{it} – бинарное решение о выраженности динамики; i – номер показателя; t – номер года; α – уровень принятия решения (для нижеследующих расчетов принят равным 0,2); прямые скобки означают абсолютную величину числа. Рассчитанные в соответствии с данной формулой индексы отсутствия динамики приведены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1. – Индексы отсутствия динамики показателей исследуемой лесной экосистемы

Год	Средняя годовая температура воздуха, °С	Годовое количество осадков, мм.рт.ст.	Относительная влажность, %	Годовое количество опасных метеорологических явлений	Годовое количество лесных пожаров	Лесистость, %	Площадь погибших лесн. насаждений под возд. болезней и вредителей, га	Площадь погибших лесн. насаждений в результате пожаров, га
τ	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8
2009	1	1	1	0	0	1	0	0
2010	1	1	1	0	1	1	0	0
2011	1	1	1	0	0	1	0	0
2012	1	0	1	0	0	1	0	1
2013	1	0	1	0	0	1	0	1
2014	1	0	1	0	0	1	1	0
2015	1	0	1	0	0	1	0	0
2016	1	0	1	0	0	1	0	0
2017	1	1	1	0	0	1	1	0
2018	1	1	1	0	0	1	1	1

Примечание: индекс равен 1, если динамика менее 20%, индекс равен 0, если динамика более или равна 20%.

После определения индексов для отдельных показателей, рассчитываются индексы по группам абиотических $I_{a\bar{b}}$ показателей и показателей адаптивного потенциала $I_{\bar{b}}$ показателей. В случае, неполного количества показателей (если количество показателей в одной группе менее 6), индексы групп рассчитываются суммированием индексов показателей:

$$I_{a\bar{b}} = \sum_{i=1}^{n_{a\bar{b}}} I_i = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5; \quad (6.1.2.)$$

$$I_{\bar{b}} = \sum_{i=1}^{n_{\bar{b}}} I_i = I_6 + I_7 + I_8, \quad (6.1.3.)$$

$$I_n = I_{a\bar{b}} + I_{\bar{b}} = \sum_{i=1}^{n_{a\bar{b}}} I_i + \sum_{i=1}^{n_{\bar{b}}} I_i, \quad (6.1.4.)$$

где $n_{a\bar{b}}$ и $n_{\bar{b}}$ – количество абиотических показателей и показателей адаптивного потенциала, n_n – количество всех показателей; I_n – индекс отсутствия

динамики по всем показателям.

Эффективность методики продемонстрируем на примере территориальной лесной экосистемы Воронежской области. Исходные данные о данной экосистеме приведены в таблице 6.1.2.

Таблица 6.1.2. – Исходные данные о территориальной лесной экосистеме Воронежской области

Год	Средняя годовая температура воздуха, °С	Годовое количество осадков, мм.рт.ст.	Относительная влажность, %	Годовое количество опасных метеорологических явлений	Годовое количество лесных пожаров	Лесистость, %	Площадь погибших лесн. насаждений под возд. болезней и вредителей, га	Площадь погибших лесн. насаждений в результате пожаров, га
τ	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
2008	8,3	485,5	71,8	8	800	8,4	40	880
2009	7,8	447,9	70,8	4	1408	8,4	58,9	560
2010	8,0	541,7	68,2	11	1333	8,1	87	15913
2011	7,1	460,8	71,7	6	817	8,1	59	563
2012	7,7	829,3	74,1	12	89	8	130	643
2013	8,4	590,7	73,8	4	36	8,1	103,4	554,7
2014	8,0	419,4	68,3	3	26	8,1	112,2	244,9
2015	8,7	527	69,2	9	21	8,1	223	572
2016	8,1	766	76,5	2	16	8,1	374,5	78
2017	8,1	636,7	73,4	1	7	8,2	354,2	22,7
2018	7,6	618,7	69,3	5	14	8,2	354,2	22,7

Для проверки случая неполных данных примем, что данного региона известны 5 абиотических показателей и 3 показателя уязвимости лесных экосистем. Из абиотических показателей рассматриваются– средняя годовая температура воздуха; годовое количество осадков; средняя годовая относительная влажность; годовое количество опасных метеорологических явлений; годовое количество лесных пожаров.

Из показателей уязвимости лесных экосистем рассмотрены лесистость, площадь погибших лесных насаждений под воздействием болезней и вредителей, площадь погибших лесных насаждений в результате пожаров.

Рассчитанные индексы отсутствия динамики по группам $I_{аб}$, $I_{лэ}$ и

обобщенный I_{Π} для рассматриваемой лесной экосистемы приведены в таблице 6.1.3.

Таблица 6.1.3. – Индексы отсутствия динамики по группам показателей

Год	$I_{аб}$	$I_{лэ}$	I_{Π}
2009	3	1	4
2010	4	1	5
2011	3	1	4
2012	2	2	4
2013	2	2	4
2014	2	2	4
2015	2	1	3
2016	2	1	3
2017	3	2	5
2018	3	3	6

С течением времени состояние лесной экосистемы изменяется, что приводит к изменению индексов стабильности в каждой из групп (Рисунок 6.1.1.).

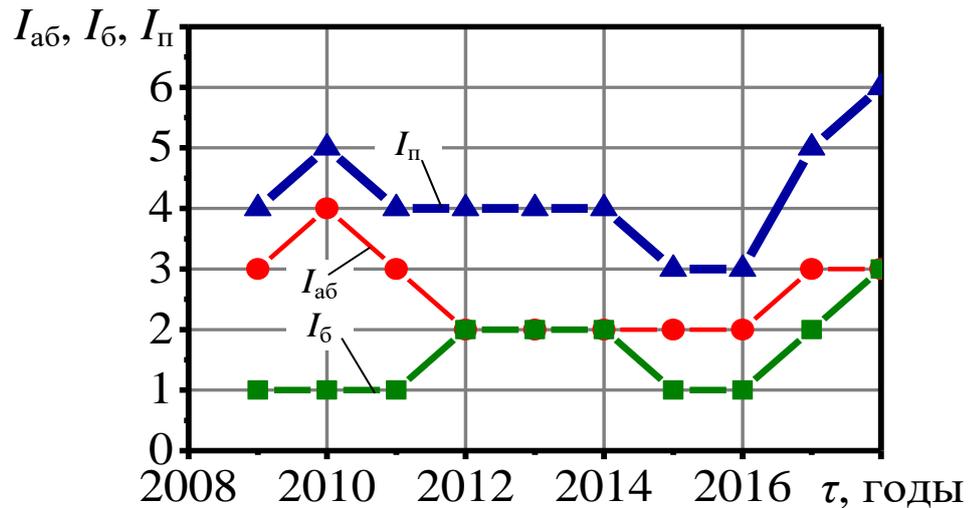


Рисунок 6.1.1. Изменение с течением времени индексов поддержания конкурентоспособности $I_{аб}$, индекса готовности экосистемы изменяться $I_{лэ}$ и обобщенного адаптационного индекса I_{Π}

Для определения позиции лесной экосистемы в предложенной выше матрице необходимо определить индексы позиционирования $m_{аб}$ и $m_{б}$ по индексам отсутствия динамики $I_{аб}$ и $I_{лэ}$. Для этого целесообразно поделить на три равных диапазона общий диапазон изменения индексов отсутствия динамики:

$$m_{a\bar{b}} = \left[3 \frac{I_{a\bar{b}} - I_{a\bar{b}}^{\min}}{I_{a\bar{b}}^{\max} - I_{a\bar{b}}^{\min}} + 0,5 \right], \quad (6.1.5.)$$

$$m_{\bar{b}} = \left[3 \frac{I_{\bar{b}} - I_{\bar{b}}^{\min}}{I_{\bar{b}}^{\max} - I_{\bar{b}}^{\min}} + 0,5 \right], \quad (6.1.6.)$$

где квадратными скобками [...] обозначена операция выделения целого числа с округлением; $I_{a\bar{b}}^{\min}$ и $I_{a\bar{b}}^{\max}$ – минимальное и максимальное значения индекса $I_{a\bar{b}}$ за исследуемый интервал времени; $I_{\bar{b}}^{\min}$ и $I_{\bar{b}}^{\max}$ – минимальное и максимальное значения индекса $I_{\bar{b}}$ за исследуемый интервал времени.

Определенные таким образом индексы могут принимать по три целочисленных значения: 1, 2, 3, что соответствует ячейкам матрицы позиционирования адаптационного потенциала (Рисунок 6.1.2).

Индекс динамики абиотических факторов $I_{a\bar{b}}$, баллы	Высокий 4	2010		
	Средний 3	2009 2011	2017	2018
	Низкий 2	2015 2016	2012 2013 2014	
		1 Низкий	2 Средний	3 Высокий
		Индекс уязвимости лесных экосистем $I_{л\bar{b}}$, баллы		

Рисунок 6.1.2. Матрица позиционирования адаптационного потенциала отдельно региональной лесной экосистемы г. Воронежа

В соответствии с принятой выше методикой присваивания статуса лесной экосистеме, рассматриваемая экосистема г. Воронежа получила следующие

статусы в различные годы:

- стабильный комплекс лесных экосистем – в 2018 г.;
- нестабильный комплекс лесных экосистем – в 2010 и 2017 гг.;
- деградирующий комплекс лесных экосистем – в 2009, 2011-2016 гг.

Важным этапом моделирования и прогнозирования адаптационного потенциала является классификация региональных лесных экосистем. Для классификации регионов по индексам адаптационного потенциала целесообразно использовать кластерный анализ, позволяющий провести разделение на классы автоматизировано и математически естественно.

Разработанный нами алгоритм проведения кластеризации лесных экосистем регионов представлен на рисунке 6.1.3.

Кластеризация проводится в пространстве индексов ($I_{лэ}$, $I_{аф}$). Диапазоны изменения обоих индексов совпадают: от 0 до 6. Поэтому при вычислении расстояния между точками пространства нет необходимости в дополнительной нормировке по каждой переменной. Расстояние r_{ij} между точками i и j , рассчитанное по теореме Пифагора:

$$r_{ij} = \sqrt{(I_{лэi} - I_{лэj})^2 + (I_{афи} - I_{афj})^2}, \quad (6.1.7.)$$

оказывается выраженным в баллах и имеет такое же смысловое значение, как исходные шкалы, что облегчает интерпретацию расстояния в пространстве и сравнение с расстоянием вдоль шкал изменения переменных. Задача кластеризации сводится к разбиению исследуемого множества объектов данных на несколько подмножеств таким образом, чтобы элементы каждого подмножества существенно отличались по некоторому набору свойств от элементов всех других подмножеств.

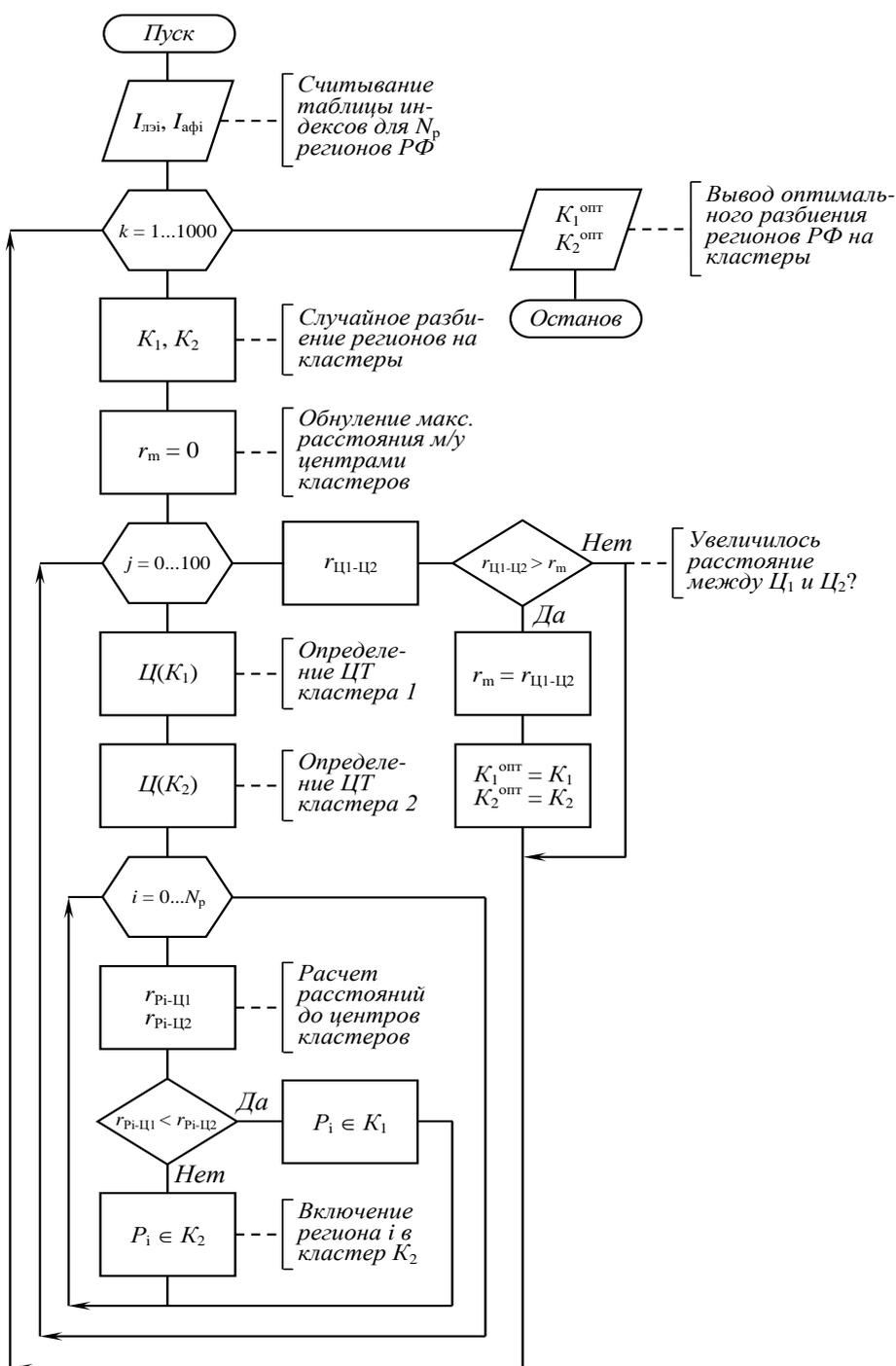


Рисунок 6.1.3. Схема алгоритма метода кластеризации для разбиения регионов России на кластеры

Объект данных рассматривается как условная точка в многомерном метрическом пространстве (в данном случае двумерном), каждому измерению которого соответствует некоторое свойство (атрибут) объекта, а метрика – есть функция от значений данных свойств. От типов измерений этого пространства,

которые могут быть как числовыми (в данном случае), так и категориальными, зависит выбор алгоритма кластеризации данных и используемая метрика. Этот выбор продиктован различиями в природе разных типов атрибутов (Мандель, 1988; Олдендерфер, Гитис, 2001; Вятчинин, 2004; Ключников, 2004; Кулаичев, 2006). Для малого количества точек ($n = 25$ регионов) используемый метод кластеризации обеспечивает быструю сходимость на этапе элементарной кластеризации. Так, для интервала 1991-2000 гг. разделение регионов на кластеры производится за две итерации (Рисунок 6.1.4.).

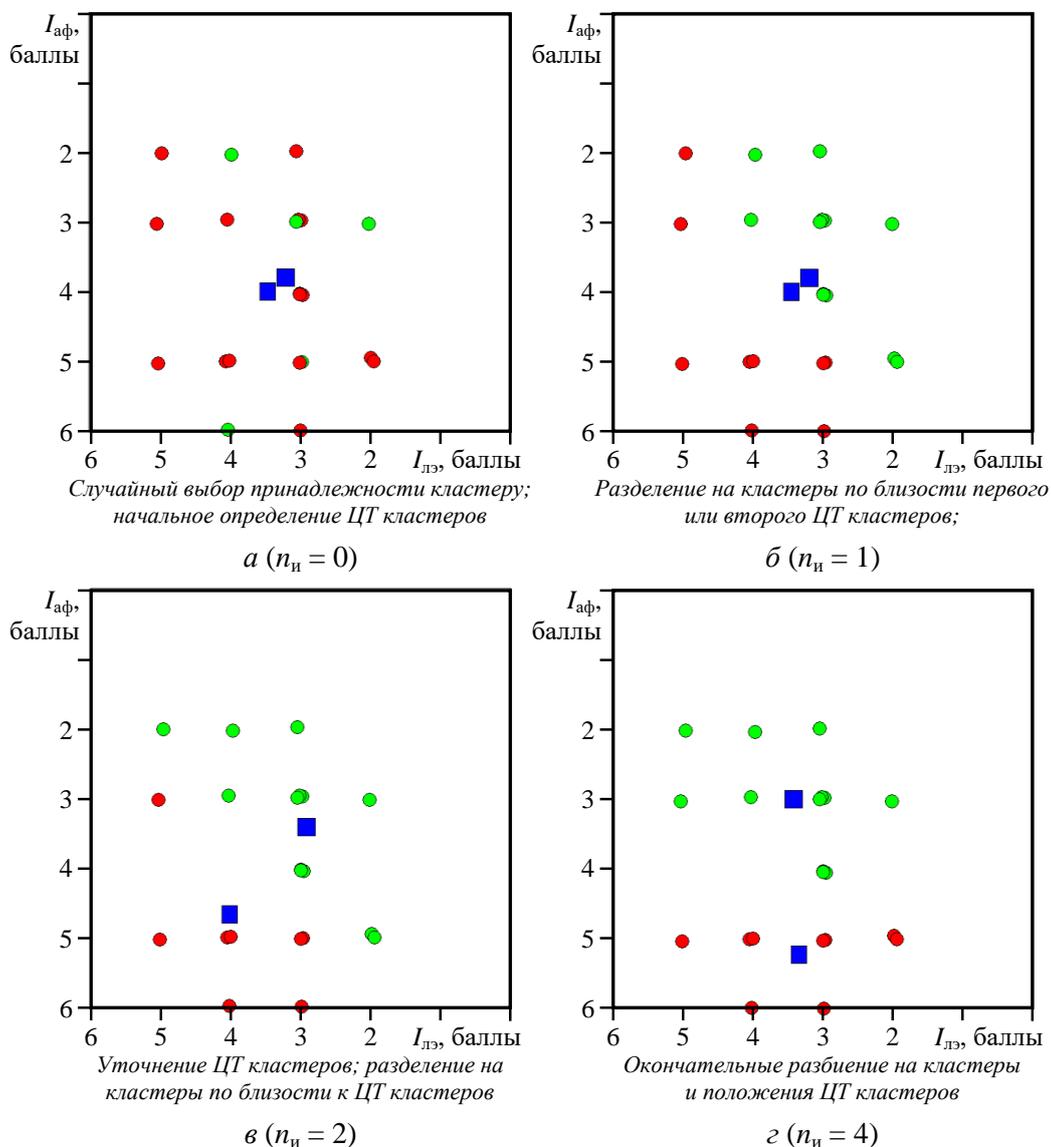


Рисунок 6.1.4. Последовательность действий в рамках метода кластеризации для разбиения 24 регионов России на кластеры в 1991-2000 гг.

Примечание: Принадлежность региона кластерам отмечена кругами (кластер 1 – светлые зеленые, кластер 2 – темные красные). Центры тяжести кластеров отмечены квадратами.

Расстояние между центрами кластеров $r_{ц}$ существенно возрастает уже после первой итерации, а вторая и третья итерации, уточняющие, уже незначительно повышают $r_{ц}$ до максимального значения (Рисунок 6.1.5.).

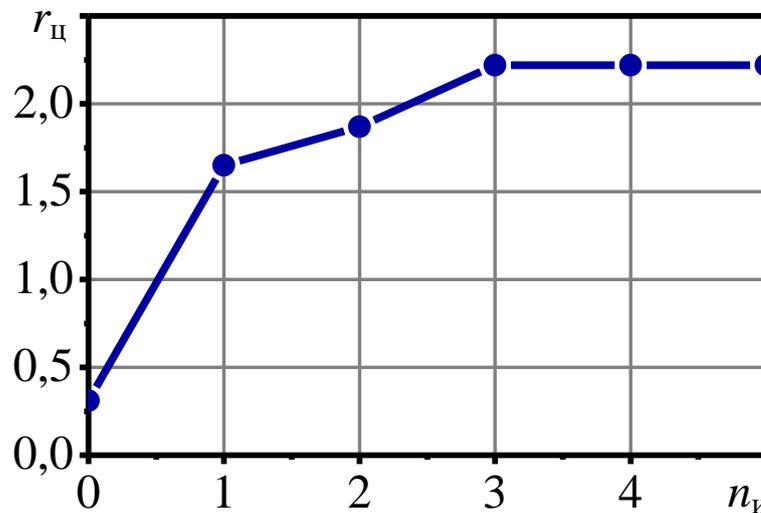


Рисунок 6.1.5. Увеличение расстояния $r_{ц}$ между центрами тяжести кластеров по мере увеличения номера итерации $n_{и}$

Методика разделения регионов на кластеры по индексам адаптационного потенциала лесных экосистем реализована в компьютерной программе «Программа для кластерного анализа регионов на основе концепции адаптационного потенциала лесных экосистем» (Константинов и др., 2020).

Разработанная нами программа предназначена для позиционирования заданной региональной лесной экосистемы по набору абиотических факторов и показателей адаптационных возможностей и определения адаптационного потенциала. Программный продукт был разработан опираясь на концепцию катастроф. Используя разработанный программный продукт становится возможным имея данные об абиотических факторах и показателях адаптационных возможностей лесной экосистемы за несколько лет, принимать управленческое решение по каждому фактору о нулевой или выраженной динамике роста, подсчитывает количество случаев выраженной динамики роста по группам абиотических и биотических факторов.

Наглядность обеспечивается матрицей позиционирования адаптационного

потенциала с указанием в какой год лесная экосистема соответствует какому элементу матрицы (Рисунок 6.1.6.).

По каждому из факторов выстраивается график потенциального рельефа для оценки потенциально опасных состояний в рамках теории катастроф.

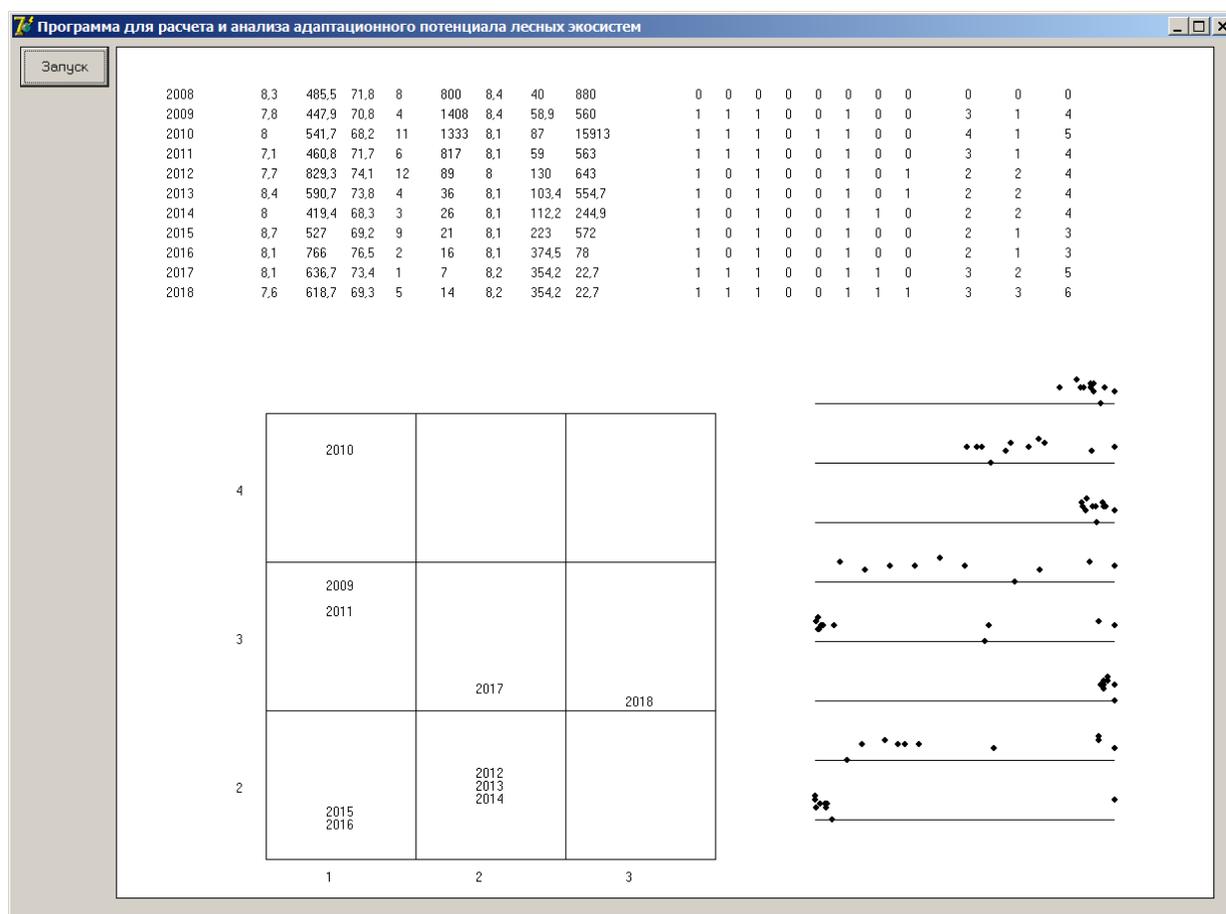


Рисунок 6.1.6. Вывод результатов определения адаптационного потенциала в разработанной программе

Программа применима для разнообразных лесных экосистем с широким разбросом характеристик, для количества абиотических факторов и показателей адаптационных возможностей не менее 3 в группе. Программа может использоваться для прогнозирования состояния лесной экосистемы в условиях изменения климата и возрастания антропогенной нагрузки.

С использованием изложенной методики проведена кластеризация регионов для трех периодов времени (1991-2000, 2001-2010, 2011-2018 гг.) получены следующие результаты (Рисунок 6.1.7.).

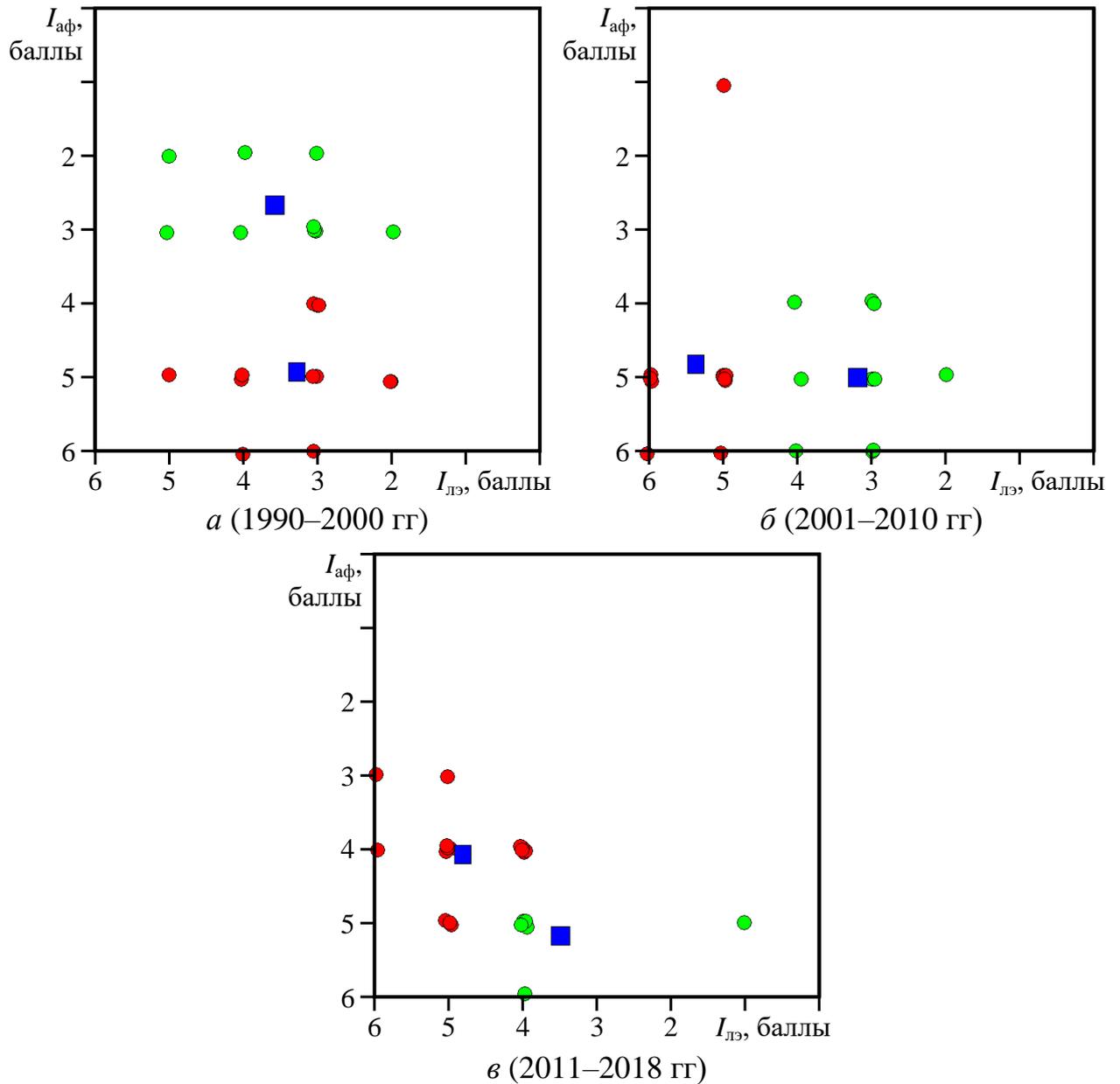


Рисунок 6.1.7. Результаты кластерного анализа для позиционирования рассматриваемых лесных экосистем субъектов РФ по набору абиотических факторов и показателей адаптационных возможностей и определения адаптационного потенциала для регионов России в 1991-2000 (а), 2001-2010 (б), 2011-2018 г.г. (в)

Разработана методика кластерного анализа регионов на основе авторской концепции оценки адаптационного потенциала лесных экосистем, позволяет установить общности регионов по индексам адаптационного потенциала и сформировать кластеры, достоверно различающиеся по ключевым признакам.

Для реализации этой методики кластерного анализа с ориентацией на

потребности практики разработана компьютерная программа, позволившая разделить регионы России на кластеры для трех периодов времени: 1991-2000, 2001-2010, 2011-2018 гг.

На примере лесной экосистемы г. Воронежа за период с 2008 по 2018 годы определены индексы отсутствия динамики для отдельных показателей, по группам абиотических и биотических показателей, заполнена матрица позиционирования адаптационного потенциала.

Применение разработанной методики для анализа региональной лесной экосистемы г. Воронежа позволило установить, что экосистема была устойчиво-адаптированной в 2018 г., умеренно-устойчивой в 2010 и 2017 гг. и неустойчивой в 2009, 2011-2016 гг.

6.2. Основные сценарии и прогнозы состояния адаптационного потенциала лесных экосистем Российской Федерации в условиях изменения климата

Адаптационные меры – это определённые действия, направленные на уменьшение уязвимости лесной экосистемы и повышение ее способности к адаптации. Сценарный подход является способом прогнозирования последовательно сменяющихся друг друга ситуаций, в процессе развития какого-либо явления, от современного состояния к качественно новому.

Основной задачей сценарного прогнозирования является выявление связей между процессом управленческой деятельности и возможностью выбора решений из нескольких альтернативных вариантов, с учетом прогнозируемых рисков.

Меры адаптации лесных экосистем к климатическим изменениям реализованы в разрезе трех сценариев: во-первых, это ведение лесного хозяйства с элементами реактивной адаптации к климатическим изменениям (для стабильных комплексов лесных экосистем), во-вторых, реализация стратегии адаптации лесного хозяйства к изменениям климата (для неустойчивых комплексов лесных экосистем), в-третьих, ведение лесного хозяйства в условиях жесткого воздействия

климатических изменений (для деградирующих комплексов лесных экосистем)
(Рисунок 6.2.1.).

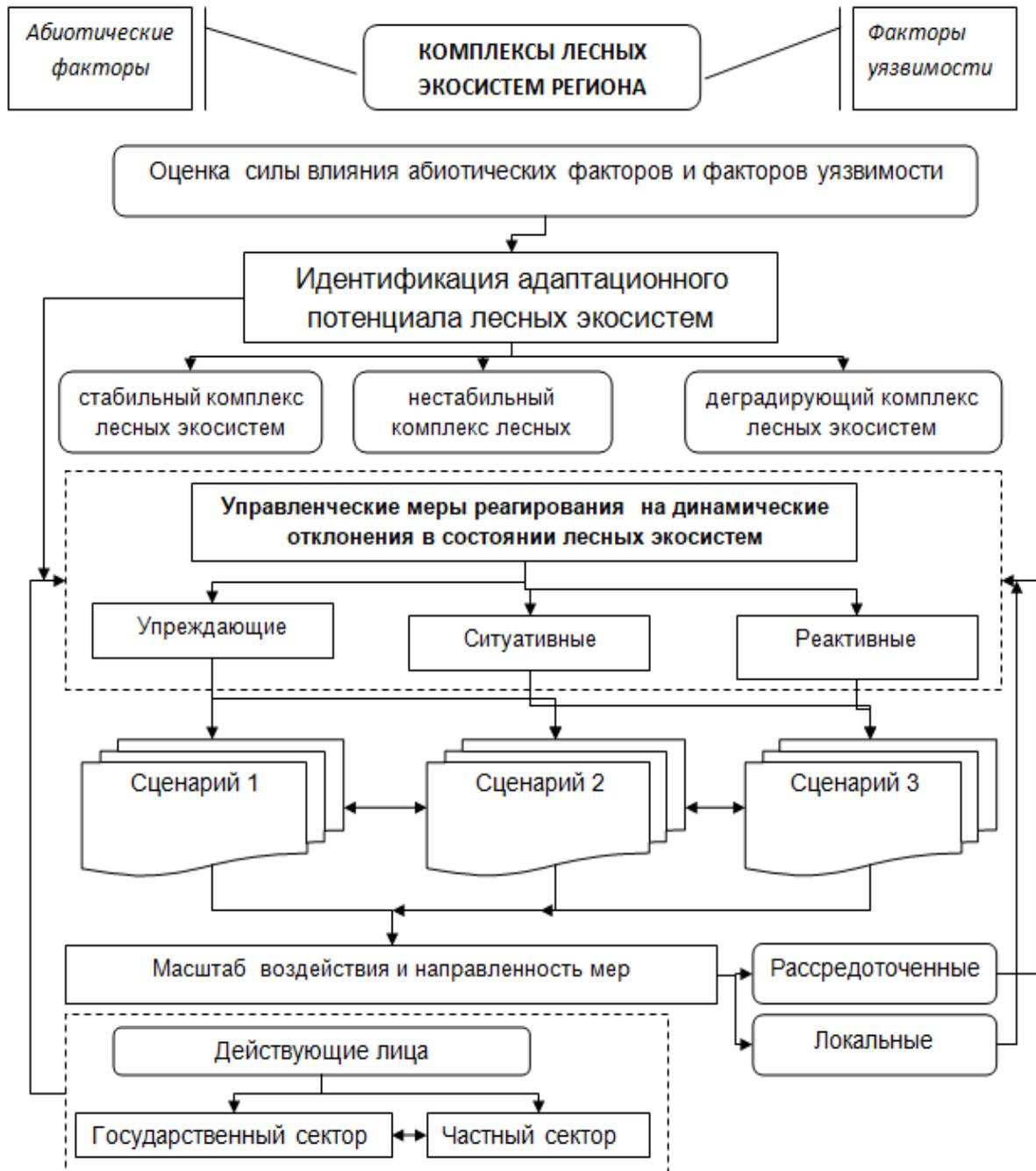


Рисунок 6.2.1. Сценарии и управленческие меры реагирования в отношении адаптации лесных экосистем

Теоретически, использование метода разработки сценариев связано с анализом уникальных явлений, не имеющих репрезентативной статистики, для прогнозирования их возможных последствий. Однако, на практике это метод часто

используют для поиска компромиссных решений внешне обусловленных проблем. Следовательно, при рассмотрении задачи адаптации российского лесного хозяйства к условиям меняющегося климата вполне логичным представляется использование этой научной парадигмы.

Таким образом, применение сценарного подхода позволяет нам, в конечном итоге, привести сегодняшние действия в соответствие с меняющейся ситуацией согласно сценарию.

При анализе возможных последствий реализации сценариев нами используется один из самых действенных инструментов в стратегическом планировании – SWOT-анализ (аббревиатура от английского: strengths – сильные стороны, weaknesses – слабые стороны, opportunities – возможности, treats – угрозы). Матрица анализа строится следующим образом (Майсак, 2013) (Таблица 6.2.1.):

Таблица 6.2.1. – Матрица SWOT-анализа

	Возможности	Угрозы
Сильные стороны	Сильные стороны, которые необходимо использовать, чтобы получить отдачу от возможностей во внешней среде	Силы, которые необходимо использовать для устранения угроз
Слабые стороны	За счет каких возможностей внешней среды можно преодолеть имеющиеся слабости	От каких слабостей необходимо избавиться, чтобы попытаться предотвратить нависшую угрозу

В зависимости от природных и экономических условий меры, направленные на адаптацию (и их комбинация), могут быть различными, всю их совокупность можно объединить в группы по соответствующему уровню (Таблица 6.2.2.).

Способы адаптации лесного хозяйства к климатическим изменениям могут быть представлены в диапазоне от полного невмешательства или реагирования только на поступающие вызовы до заранее планируемых, проактивных действий (Smit, 2006). Планируемые типы хозяйственных действий имеют как минимум два преимущества: 1) то, что людские ресурсы и организационные меры могут быть

мобилизованы ещё в рамках подготовки к возможным изменениям; 2) то, что решения, планируемые на долгосрочную перспективу (например, подбор происхождения и качеств посадочного материала), могут быть своевременно реализованы для снижения возможных рисков. Следовательно, активные действия по адаптации лесного хозяйства к климатическим изменениям могут включать в себя как механизмы стратегического планирования, так и краткосрочные тактические решения действия, такие, например, как рубки ухода.

Таблица 6.2.2. – Типы хозяйственных действий по адаптации лесного хозяйства к изменениям климата (Keskitalo, 2011)

Меры на правительственном уровне управления	Меры на уровне ведения лесного хозяйства	Масштабные меры (помимо ведения лесного хозяйства в целом)	Дополнительные варианты
Улучшенный мониторинг и исследования	Изменения в структуре леса, для увеличения биоразнообразия: – изменение древесных пород/разнообразия (увеличение устойчивости), – возобновление/естественное возобновление, – продолжительность оборота хозяйства, – общее (улучшенное) ведение хозяйства/лесоводства, – увеличение облесения, – непрерывный лесной покров/выборочные рубки. Ведение лесного хозяйства в ответ на дополнительный стресс: – пожары, – засуха, – общее управление водными ресурсами.	Ведение лесного хозяйства на экосистемном уровне	Пассивная адаптация
Консультирование по вопросам политики и информация		Защитные леса	Другие
Улучшенное ведение хозяйства при различных нарушениях		Долгосрочность (генетическое разнообразие)	

В некоторых случаях адаптационные механизмы могут быть запущены, если антропогенное вмешательство в природные процессы свести к хозяйственно-возможному минимуму, либо путем целенаправленного применения природоподобных технологий ведения лесного хозяйства с целью формирования

более разнообразных и, следовательно, более приспособленных к адаптации ценозов (Colombo, 2008).

С точки зрения планируемой адаптации лесных экосистем последствиям климатических изменений, важными критериями успешности процесса становятся устойчивое лесоуправление и лесопользование, основой которых является поддержание на оптимальном уровне покрытой лесом площади при условии сохранения устойчивости биоценоза (Colombo, 2008; Тарасов, 2009). Для смягчения климатических изменений можно предложить такие лесохозяйственные меры, как поддержание и увеличение лесистости регионов (лесоразведение, лесовозобновление, сокращение обезлесения), использование древесного сырья вместо ископаемых видов топлива, глубокая переработка древесины и рациональное использование лесоматериалов, селекция и генный инжиниринг лесообразующих пород.

В некоторых регионах изменения в качестве древесины и сырьевых потоках могут оказать существенное влияние на технологические циклы лесопромышленного производства. Операционный сезон в лесу может стать меньше предсказуемого, что потребует запасания больших объемов сырья для обеспечения бесперебойной работы предприятий лесной промышленности. Для того, чтобы избежать снижения поставок сырья, вероятно, будут необходимы инновационные решения по способам его заготовки, транспортировки и переработки. Новые продукты и производственные процессы могли бы помочь полнее использовать ресурсный потенциал лесной экосистемы (например, валеж или сухостой, зараженный насекомыми) (Impact of Climate Change on Forest Work (Электронный ресурс)).

Реализация адаптационных стратегий, таким образом, предъявляет повышенные требования по долгосрочному планированию мер, направленных на поддержание не только экологической, но и экономической устойчивости лесного хозяйства.

Кроме того, в случае выбора стратегии активной адаптации могут возникать системные противоречия между элементами интенсивной модели ведения лесного хозяйства и стремлением максимально использовать природоподобные технологии и сохранить территории, обладающие высоким природным адаптационным потенциалом.

В целом, анализируя приведенные выше адаптационные концепции, можно резюмировать, что первостепенной задачей лесного хозяйства в ближайшем будущем становится повышение уровня устойчивости лесных экосистем к возмущающим факторам, а не достижение максимальной хозяйственной продуктивности или интенсивности лесопользования.

Выбор конкретных мер по адаптации в каждом конкретном случае зависит от реализации адаптивной способности исполнителя или доступных ему ресурсов. Это положение справедливо на всех уровнях: от индивидуального до государственного, и включает в себя такую важную составляющую, как информационная и научная поддержка процесса, наличие и доступность экономических и организационных ресурсов (Smit, 2001).

Анализ климатических стратегий в странах с близким к нашему климатом и мирового опыта позволили выделить несколько общих направлений и способов разработок:

- адаптационные меры не должны ограничиваться единовременными и техническими решениями, но должны также затрагивать гуманитарные и институциональные аспекты этой проблемы;

- ведение устойчивого лесопользования, которое представляет собой развивающуюся систему методов ведения лесного хозяйства, призванную обеспечить соответствие обеспечиваемых за счет леса товаров и услуг современным потребностям при одновременном обеспечении их постоянной доступности и содействии долгосрочному развитию;

- адаптивное совместное управление, выражающееся в сотрудничестве с другими заинтересованными сторонами, особенно с местным населением, с целью

систематического совершенствования методов адаптации посредством наблюдения, анализа, планирования, принятия соответствующих мер, мониторинга, оценки и осуществления новых мероприятий;

– потребность в новых системах управления. Иерархический, организованный по принципу «сверху вниз» метод разработки и осуществления политики национальным государством в условиях изменения климата может оказаться недостаточно гибкими;

– межсекторальная координация и интеграция политики. Углубляя координацию, лица, ответственные за выработку политики, смогут лучше понять кумулятивное воздействие других секторов на леса и разработать более интегрированный подход;

– новые методы управления, обеспечивающие возможность эффективного участия заинтересованных сторон и гарантированные права землевладения и права лесопользователей, а также достаточные финансовые стимулы. Необходимы гибкие подходы к разработке политики, учитывающие конкретные условия и не опирающиеся на какой-то один универсальный механизм;

– использование гибких политических инструментов, содействующих экспериментированию и поощряющих новаторство и технический прогресс. Этой цели с большей вероятностью отвечают не регулятивные подходы, а рыночные механизмы, такие как сертификация лесов, и также такие подходы, как критерии и показатели мониторинга и отчетности по устойчивому лесопользованию;

– укрепление адаптации лесов к изменению климата в рамках международных режимов;

– непрерывная поддержка научно-исследовательской деятельности: необходимы дополнительные исследования для сокращения нынешней неопределенности в отношении последствий изменения климата для лесов и людей, а также для углубления знаний об организационных и политических мерах адаптации; для того чтобы идентифицировать будущие приоритеты исследований, больше чем когда-либо необходимы улучшенные системы мониторинга. Для

достижения этих целей лесным ученым необходим региональный анализ, тематические исследования и сравнение альтернатив, вместо общего консенсуса. При возникновении новых изменений должна быть реализована ответная реакция руководства.

При разработке сценариев адаптации лесного хозяйства учитывают продуктивность лесных экосистем. Она является важным показателем, т. к. несет в себе экономический и социальный эффект, получаемый от экологических и производственных выгод. Необходимо стремиться к сохранению и повышению продуктивности лесов. Сценарии адаптации строятся на следующих адаптационных мерах по повышению продуктивности:

- лесоразведение, лесовосстановление, увеличение лесопокрытой площади;
- увеличение доли искусственного лесовосстановления (обязательно с использованием селекционных методов, в т.ч. совершенствования лесосеменного районирования) по отношению к хвойному хозяйству;
- при увеличении доли искусственного лесовосстановления необходимо усиление лесопитомнического производства и его совершенствование;
- создание лесных плантаций;
- сокращение оборота хозяйства (оборота рубок) и систематическое управление лесным хозяйством;
- увеличение разнообразия уходов, режимов и способов рубок;
- снижение уровня обезлесивания и деградации лесов;
- подбор высокопродуктивных древесных пород, способных адаптироваться к предстоящим изменениям климата, улучшение структуры и увеличение продуктивности уже существующих лесов.

Породный состав и биоразнообразие. Учитывая высокую степень неопределенности по поводу природы и направления изменений, лучшая стратегия адаптации состоит в том, чтобы сохранить как можно больше возможностей, приводящих к разнообразию:

– повышение устойчивости лесов к различным сценариям динамики климата за счет изменения породного состава и структуры лесных насаждений. Риск ущерба от засухи и снижения роста можно противостоять, например, через предпочтение сосне, смешанным древостоям и дубу;

– увеличение разнообразия в лесном хозяйстве путем использования большего количества древесных видов в насаждениях. Например, можно более активно выращивать березу, предпочтительно в смешанных древостоях с хвойными породами. Более широкое использование лиственных, в т. ч. хозяйственно ценных твердолиственных пород. Необходимо использовать местообитания, наиболее полно отвечающие потребностям древесной породы. При определенных обстоятельствах возможно использование быстрорастущих интродуцентов. При этом необходимо учитывать возможные риски и наращивать знания по использованию этих пород в лесном хозяйстве;

– использование естественного потенциала адаптации. Ведение близкого к природному лесного хозяйства. Использование лучше приспособленных к изменению климата видов деревьев;

– сохранение лесного генофонда, например, путем развития сети генетических резерватов, создания банка семян ценных древесных пород, заповедников. Обустройство территорий и коридоров, помогающих миграции видов;

– использование потенциала увеличения биоразнообразия насекомых, грибов, связанного с ростом численности и ареалов популяций, одновременно с совершенствованием мероприятий по устранению негативных последствий для лесных насаждений.

При искусственном лесовосстановлении и лесоразведении:

– использование лесной селекции в выборе подходящих климатипов и древесных пород для лесовосстановления. Эти мероприятия проводят лишь на ряде частичных популяций для сохранения обширного генотипа;

- создание лесосеменных плантаций известного генетического происхождения и использование лесосеменного материала с них. Это сделает возможным определение применимой области использования определенной партии семян и посадочного материала, выращенного из них – также с учетом изменения климата. В этом отношении семена с лесосеменных плантаций намного лучше и более безопасны, чем семена, собранные в лесу;

- использование смесей зародышевой плазмы с высоким уровнем генетической вариации;

- проведение долгосрочных опытов с целью испытания генотипов в разнообразных климатических условиях.

Риски возникновения лесных пожаров. Прогнозируется увеличение выжженных площадей, которое приведет к высвобождению значительного количества углерода, что усугубит изменение климата. При разработке сценариев адаптации требуется планирование ряда лесохозяйственных мероприятий:

- уменьшение пожарной опасности в лесах в засушливое время года: противопожарная пропаганда, создание противопожарных барьеров, устройство дорог противопожарного назначения, проведение профилактических палов, создание системы мониторинга лесных пожаров, внедрение технических средств обнаружения лесных пожаров;

- работа с населением по профилактике пожаров и контроль выполнения предписаний;

- повторное заболачивание выработанных торфяников и восстановление болот на неиспользуемых и непланируемых к восстановлению мелиорированных землях в целях увеличения абсорбции поглотителями парниковых газов;

- своевременная вырубка ветровалов и горельников;

- развитие системы мониторинга повреждений леса;

- перевод насаждений из хвойных в лиственные.

Риски массового размножения вредителей и распространения болезней леса. Прогнозируется рост рисков. При разработке сценариев адаптации необходимо ориентироваться на следующие мероприятия:

- уменьшение численности насекомых-вредителей и ослабление их воздействия на лесонасаждения. Выявление и уничтожение очагов вредителей леса;
- профилактические действия против корневой гнили, например, путем обработки пня в ходе рубок;
- борьба с грибными болезнями лесных культур и молодняков (мучнистой росой, снежным шютте, корневой губкой и др.);
- развитие системы мониторинга повреждений леса;
- усиление карантинных мероприятий в лесокультурном деле при подготовке семян, посадочного материала из питомников;
- использование естественного потенциала адаптации. Ведение близкого к природному лесного хозяйства. Использование лучше приспособленных к изменению климата видов деревьев;
- увеличение разнообразия уходов, режимов и способов рубок;
- регулирование популяции копытных, причиняющих ущерб лесу.

Риски проявления экстремальных погодных явлений. Уже сегодня мы можем наблюдать колоссальный ущерб, наносимый экономике и человечеству разнообразными экстремальными погодными явлениями. В мировом сообществе практикуется ряд мер, связанных с лесным хозяйством:

- создание засухоустойчивых культур, селекция лесной флоры и разработка методов ведения лесного хозяйства, которые приведут к снижению уязвимости от ураганов и пожаров;
- создание условий для роста и нормального развития лесных культур, самосева и подроста. Тщательный выбор сроков посадки, рубки, своевременный уход за культурами, уход за молодняками (прочистка, прореживание), качественный посадочный материал;

- при риске засухи лесовосстановительные работы необходимо проводить во влажную фазу климатического цикла;
- меры по снижению рисков возникновения лесных пожаров;
- планирование расположения и смыкания лесосек с учетом силы и направления действующих ветров;
- хвойные породы считаются более уязвимыми к повреждениям ветром, чем лиственные породы. Следовательно, увеличение доли лиственных должно способствовать снижению уязвимости насаждений;
- увеличение разнообразия уходов, режимов и способов рубок;
- переоценка потребности в мелиоративной сети и дополнительном углублении каналов. Это в частности способствует увеличению несущей нагрузки почвы при производстве лесотехнических работ;
- страхование рисков лесного сектора, в первую очередь, связанных с экстремальными природными явлениями. Необходима система достаточно полной компенсации повреждений.

Одним из основополагающих принципов политики адаптации является экономическая эффективность проводимых мер, подразумевающая получение максимально возможных (с учетом наилучших технологических решений) эффектов от снижения техногенного воздействия на климат и адаптации при заданных ограничениях на ресурсы и время реализации. Экономический эффект дают все перечисленные мероприятия, направленные на адаптацию к изменению климата, прямым (экономический эффект в лесном комплексе) или косвенным (экологическая роль лесов) путем.

Считается, что экономичнее планировать мероприятия по адаптации к изменению климата, чем расплачиваться за их отсутствие. Среди них:

- страхование рисков лесного сектора, в первую очередь, связанных с экстремальными природными явлениями. Необходима система достаточно полной компенсации повреждений;

- внедрение адаптационных мероприятий в лесохозяйственную деятельность, которая осуществляется в условиях изменения климата;
- создание кадастра углеродных выбросов, системы отчетности по ним и их экономического расчета;
- развитие биоэкономики, основанной на использовании возобновляемых ресурсов, включая производство биопластиков и биохимических веществ;
- совершенствование сферы обращения с отходами сельского и лесного хозяйства;
- разработка и конструкция новых типов лесных дорог по болотистой местности в будущем может стать обязательным условием для лесоповала в областях, которые в настоящее время разрабатываются по мерзлой почве. Совершенствование стандартов на существующие дороги;
- создание экопоселений и развитие экотуризма (частично компенсирует убытки, наносимые климатическими изменениями в сфере туризма; способствует вовлечению неосвоенных и экономически отсталых территорий региона в рекреационный комплекс);
- увеличение сезонных запасов лесопромышленниками в связи со снижением продолжительности использования лесовозных дорог (зимников).

Социальные аспекты:

- использование традиционных знаний коренного населения. Привлечение к разработке, распространению и внедрению стратегий по адаптации к негативным воздействиям и борьбе с изменением климата многих зависящих от леса сообществ, включая коренное население, в том числе тех, в которых используются традиционные знания коренного населения;
- отсутствие социального неравенства в процессе принятия решений: участие самых заинтересованных сторон, прежде всего на уровне общин, на справедливой основе является одним из предварительных основных требований разработки эффективных мер по адаптации. Часто местные общины лучше всего осведомлены о своих условиях, препятствиях и возможных решениях в отношении

существующих опасностей. Их участие также должно обеспечить гендерную сбалансированность предлагаемых мер и учет интересов других потенциальных групп меньшинств, таких, как дети, пожилые лица и инвалиды;

– создание экопоселений и развитие экотуризма (помогает адаптироваться коренным малочисленным народам, чей традиционный уклад и традиционные формы ведения хозяйства оказались под угрозой из-за изменений климата);

– агролесоводство (для укрепления продовольственной безопасности);

– изменение программ подготовки кадров лесного хозяйства с целью лучшего понимания роли климата для состояния и динамики лесов, обучения методам адаптации отрасли к изменению климата;

– международное сотрудничество, обмен опытом, знаниями в области оценки климатических рисков, уязвимости экономики и общества, разработки адаптационных мер, а также сотрудничество в сфере предупреждения и ликвидации последствий стихийных бедствий.

6.2.1. Сценарий №1. Ведение лесного хозяйства с элементами реактивной адаптации к климатическим изменениям (для стабильных комплексов лесных экосистем)

Действие по Сценарию №1 может быть запущено в условиях, когда эволюционно-сложившийся уровень стабильности лесных экосистем существенно превосходит дестабилизирующее воздействие климатических изменений, даже при условии дополнительной антропогенной нагрузки. Это состояние может быть описано с помощью следующих положений:

1. Региональная лесная система обладает большой степенью стабильности благодаря своей полнотелности и наличию ключевых малонарушенных участков, связанных общим экологическим каркасом.

2. Изменения климата в пределах региональной лесной системы, угнетая либо благоприятствуя отдельным компонентам фитоценоза, в целом не меняют его макроструктуру и закономерности функционирования.

3. Все виды использования лесов носят щадящий характер либо не превышают пределов естественной ресурсной емкости.

Сценарий №1 предполагает ведение лесного хозяйства в регионах с преобладанием стабильных биоценозов, на основе существующих представлений о лесорастительном районировании, с использованием современных лесоводственных систем, регламентированных действующим лесным законодательством и системой управления лесным хозяйством, с существующим на сегодняшний день распределением полномочий между федеральными, региональными и местными специально-уполномоченными органами. При этом целеполагание основывается на тезисе о наличии на территории РФ природно-климатических зон, в которых степень воздействия изменений климата и существующие организационно-правовые и финансовые инструменты ведения лесного хозяйства позволяют сохранять состояние лесных экосистем в пределах диапазона их экологической валентности.

В целом сценарий №1 предусматривает разработку минимально возможных мер в ответ на негативные воздействия и направлен, главным образом, на эффективное устранение последствий нарушений, вызванных климатическими изменениями (ветровалы, вспышки насекомых, засухи, пожары), а также на ситуационную корректировку последующего лесопользования.

В таблице 6.2.1.1. проведён SWOT-анализ и рассмотрены положительные и отрицательные стороны реализации плана действий по сценарию №1 «Ведение лесного хозяйства с элементами реактивной адаптации к климатическим изменениям».

Таблица 6.2.1.1. – SWOT-анализ реализации Сценария №1

	<p><i>Возможности:</i> Изменения климата окажутся не столь значимыми, возможно локальными, в пределах среднесезонных колебаний и, в результате, не потребуют существенных корректировок режимов ведения ЛХ.</p>	<p><i>Угрозы:</i> Климатические изменения, благодаря интенсивному антропогенному воздействию, обретут значительные масштабы. Будут сопровождаться существенными изменениями газового состава атмосферы, повышением среднегодовой температуры, колебаниями других природно-климатических факторов, существенно повлияют на состав, структуру и устойчивость лесных фитоценозов.</p>
Сильные стороны:	<p>Отсутствие административно-хозяйственных, управленческих и материальных барьеров для: а) корректировки существующей системы управления ЛХ и перераспределения полномочий; б) разработки и принятия новых НПА; в) разработки и внедрения новых лесоводственных систем, а также новой системы машин и механизмов; г) изменения системы и содержания подготовки кадров для ЛХ.</p>	<p>Корректировка системы лесоводственных мероприятий в рамках существующего лесного законодательства на региональном и локальном уровне, а именно повышение качества содержания раздела 4.2. «Информация о планируемых мероприятиях по сохранению экологического потенциала лесов, адаптации к изменению климата и повышению устойчивости лесов» и приложения 21 Лесных планов субъектов Российской Федерации.</p>
Слабые стороны:	<p><i>Для управляемых лесов:</i> повторное заболачивание осушенных торфяников и восстановление верховых болот на неиспользуемых землях для увеличения абсорбции поглотителями парниковых газов; совершенствование технологий искусственного лесовосстановления, расширенное применение посадочного материала с закрытой корневой системой; увеличение разнообразия уходов, режимов и способов рубок, в зависимости от состояния ресурсной базы и особенностей природно-климатических условий; совершенствование технологии строительства лесовозных дорог; повсеместное внедрение технологий комплексной, глубокой переработки древесного сырья; своевременная вырубка ветровалов и горельников, развитие системы мониторинга повреждений леса; совершенствование системы противопожарной пропаганды, создания противопожарных барьеров, устройства дорог противопожарного назначения, проведения профилактических палов, системы мониторинга лесных пожаров, внедрение новых технических средств обнаружения лесных пожаров.</p> <p><i>Для малонарушенных лесных территорий:</i> использование естественного потенциала адаптации; ведение близкого к природному лесному хозяйству; признание в качестве целевых древесных пород наиболее устойчивых к изменению климата видов деревьев.</p>	<p>-Деграция отрасли лесного хозяйства ряда регионов РФ в связи с нарастающей аридизацией или подтоплением земель государственного лесного фонда.</p> <p>-Существенные изменения породного состава и продуктивности лесов, в первую очередь таёжной зоны и, как следствие, ухудшение качества и количества товарной продукции, снижение экономической эффективности ведения лесного хозяйства и других видов использования лесов.</p> <p>-Существенное снижение транспортной доступности лесных ресурсов.</p> <p>-Прогрессирующее нарастание площадей погибших насаждений, ухудшение санитарно-патологического состояния, усиление пожарной опасности</p> <p>-Нарастание социальной напряженности в связи с усиливающейся безработицей, невозможностью пользоваться традиционной недревесной лесной продукцией для собственных нужд и поддерживать традиционный образ жизни коренных малочисленных народов</p>

Анализируя представленные в таблице 6.2.1.1. данные, можно сделать вывод, что принятие Сценария №1 в качестве базового возможно лишь в регионах, находящихся в зоне слабо выраженных климатических изменений, с преобладанием в структуре государственного лесного фонда лесных экосистем, характеризующихся высокой способностью к саморегуляции и поддержанию гомеостаза. Имея высокий уровень природного адаптационного потенциала, они потребуют минимальных мер поддержания динамического равновесного состояния (пассивная адаптация). А основной задачей лесного комплекса при реализации этой стратегии видится в сохранении природного адаптационного потенциала путем прекращения вырубki и усиления охраны девственных (старовозрастных) лесов и биологически ценных малонарушенных лесных территорий, являющихся среди лесных экосистем наиболее надежными хранителями аккумулированного углерода и биологического разнообразия, а также в реализации системы мер по экологизации лесосечных работ.

Исходя из результатов нашего исследования Сценарий №1 может быть реализован в условиях региональных лесных систем Новгородской, Нижегородской, Магаданской и Амурской областей, Республики Карелия, Приморского края (порядка 29% модельных регионов).

6.2.2. Сценарий №2. Разработка и реализация стратегии адаптации лесного хозяйства к изменениям климата (для нестабильных комплексов лесных экосистем)

Действие по Сценарию №2 может быть запущено в условиях, когда неустойчивость климатических факторов на ряд региональных лесных систем приведёт к их частичной дестабилизации. Это состояние может быть описано с помощью следующих положений:

1. Природно-климатические и лесорастительные пояса начнут интенсивно сдвигаться в направлении с юга на север.

2. Породный состав и структура древостоев начнёт достаточно интенсивно меняться. Хвойные породы будут постепенно сменяться лиственными.

3. Смягчение климата с одной стороны увеличит период вегетации и повысит продуктивность древостоев, с другой – создаст более благоприятные условия для развития вредных организмов (в том числе для проникновения инвазивных форм).

4. Изменения в структуре лесного фонда могут приобретать разную интенсивность в различные периоды времени и на разных территориях.

5. Вероятность возникновения неблагоприятных метеорологических явлений в целом вырастет, ситуация локально может обостряться.

6. В целом, изменения климата будут оказывать интенсивное влияние на древостой, но в целом не приведут к деградации региональных лесных систем.

С целью ответа на обозначенные вызовы, Сценарий № 2 предусматривает разработку на основе прогнозирования, моделирования и анализа уязвимости лесного хозяйства к изменениям климата «Стратегии адаптации лесного хозяйства к изменениям климата» (далее – Стратегия) на краткосрочную и долгосрочную перспективу.

Основной целью разрабатываемой Стратегии должно стать сохранение устойчивости управления и пользования лесными ресурсами в условиях дестабилизации климатических параметров с учетом глобальной средообразующей роли лесов Российской Федерации (Таблица 6.2.2.1.).

Необходимым условием достижения поставленной цели будет реализация комплекса мероприятий по следующим направлениям:

– совершенствование системы государственного мониторинга (в том числе аэрокосмического) состояния лесов и прогнозирования его изменения, на краткосрочную и долгосрочную перспективу;

Таблица 6.2.2.1. – SWOT-анализ реализации Сценария №2

	<p><i>Возможности:</i> Переход на интенсивную модель ведения лесного хозяйства с учетом сохранения глобальной средообразующей роли лесов РФ.</p>	<p><i>Угрозы:</i> Климатические изменения благодаря интенсивному антропогенному воздействию обретут значительные масштабы. Будут сопровождаться существенными изменениями состава атмосферы, повышением среднегодовой температуры, колебаниям других природно-климатических факторов.</p>
Сильные стороны:	<p><i>Реализация плановых мероприятий позволит:</i> 1) повысить эффективность мониторинга состояния лесных экосистем в условиях изменения климата; 2) стабилизировать уровень устойчивости и продуктивности лесных экосистем; 3) увеличить долю смешанных насаждений, более устойчивых к дестабилизирующим факторам (вредители, болезни, пожары); 4) увеличить ареалы и доли участия в насаждениях ценных в сырьевом отношении твердолиственных пород; 5) по результатам проведения всех видов рубок ухода в хвойных насаждениях поднять долю участия лиственных пород до уровня не менее 20%, а в мягколиственных насаждениях долю участия твердолиственных и хвойных – не менее 30%; б) повысить площадь лесовосстановления с использованием посадочного материала с закрытой корневой системой; 7) эффективно вести селекционную работу путем организации генетических резерватов, выделенных на основе малонарушенных участков ценных естественных насаждений; 8) методами селекции и биотехнологий способствовать отбору и выведению новых форм основных лесобразующих пород, устойчивых к негативному проявлению изменения климата.</p>	<p>Перспективное стратегическое, тактическое планирование и реализация мероприятий по совершенствованию системы управления лесными ресурсами и лесопользования на территории Российской Федерации с учетом прогнозируемых климатических изменений и потенциального изменения состояния лесных экосистем.</p>
Слабые стороны:	<p>1) Существующая система подготовки кадров, которая при незначительной корректировке и поддержке в состоянии подготовить и переподготовить квалифицированные кадры, отвечающие современным и перспективным требованиям (в том числе и в плане реализации возможностей биотехнологий в лесном хозяйстве). 2) Мощное научно-исследовательское сопровождение перехода лесного хозяйства на интенсивную модель с учетом изменения климата со стороны отраслевых НИИ и вузов лесотехнического профиля Министерства науки и высшего образования РФ.</p>	<p>Отсутствие административно-хозяйственных, управленческих и материальных барьеров для: корректировки существующей системы управления лесным хозяйством и перераспределения полномочий; разработки и принятия новых нормативно-правовых актов; разработки и внедрения новых лесоводственных систем, а также новой системы машин и механизмов лесного комплекса с учетом увеличения площадей погибших насаждений и новых, более тяжелых условий заготовки и транспортировки древесины на большей части территории РФ, особенно в таёжной зоне; изменения системы подготовки кадров для лесного хозяйства; совершенствования технологий дистанционного зондирования состояния земель госуд. лесного фонда</p>

- совершенствование нормативно-правовой базы, в том числе в части расширения возможностей установления отраслевых региональных норм и правил, с целью оперативной трансформации процессов использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов с учетом возможных негативных последствий изменения климата;
- совершенствование лесоводственных систем (включая новые технологии и методы постепенных и выборочных рубок леса; максимальное сохранение естественного возобновления и ускоренное искусственное выращивание леса; мероприятия, способствующие повышению продуктивности лесов) с учетом изменения климата;
- сохранение генетического, видового и экосистемного биологического разнообразия лесов, как глобальной основы их устойчивости;
- внедрение «природоподобных» технологий в лесохозяйственную практику, расширение использования биологических методов защиты лесов от вредных организмов;
- использование современных биотехнологий с целью стимулирования адаптационной способности лесных насаждений к изменению климата;
- совершенствование технологий прогноза возникновения опасных метеорологических явлений с целью своевременной профилактики их негативного влияния на леса;
- совершенствование системы подготовки кадров, повышения квалификации и стажировки, в том числе за рубежом, специалистов лесной отрасли по наиболее острым вопросам ведения лесного хозяйства в условиях изменения климата;
- организация непрерывной научно-исследовательской поддержки лесного хозяйства по вопросам снижения негативного влияния изменения климата.

Неотъемлемой частью общего планирования, обеспечивающей успешность реализации Стратегии, является разработка «Плана действий по адаптации лесного

хозяйства РФ к изменению климата», выделяющего первостепенные тактические задачи на ближайшее десятилетие.

Анализируя представленные в таблице 6.2.2.1. данные, можно сделать вывод, что принятие Сценария №2 в качестве базового возможно в регионах с преобладанием управляемых лесов, климатические изменения в которых вызовут выраженные изменения в структуре и продуктивности лесосырьевой базы и потребуют для эффективного функционирования лесного комплекса нового уровня организации и планирования хозяйственных мероприятий.

Важной особенностью реализации Сценария №2 является первоначально большое количество издержек, как организационного, так и финансового характера. Однако, в условиях массовой трансформации лесных экосистем подобные меры способны предотвратить ещё более масштабный прогнозируемый эколого-экономический ущерб.

Проведенное нами позиционирование динамики адаптивности комплексов лесных экосистем позволяют сделать вывод, что Сценарий №2 применим для 38% модельных регионов: Республика Коми, Брянская, Ростовская, Омская области, Забайкальский и Алтайский края.

6.2.3 Сценарий №3. Ведение лесного хозяйства в условиях жесткого воздействия климатических изменений (для деградирующих комплексов лесных экосистем)

Действие по Сценарию №3 может быть запущено в условиях, когда влияние климатических изменений на ряд региональных лесных систем приведёт к их выходу из устойчивого состояния и развитию деградационных процессов. Указанная неустойчивость может быть описана с помощью следующих положений:

1. Уменьшается биологическое разнообразие лесных экосистем, они становятся всё более неполночленными.

2. Изменения породного состава идут быстрыми темпами, хвойные и/или твердолиственные породы (в зависимости от лесорастительного пояса региона) стремительно замещаются мягколиственными, сопутствующими породами.

3. Территория государственного лесного фонда деградирует, увеличивается площадь нелесных и не покрытых лесом земель.

4. Испытывают подтопление либо, наоборот, подвергаются процессу аридизации большие территории, активизируются процессы ветровой и водной эрозии почв.

5. Увеличивается площадь потерявших устойчивость и погибших насаждений, идет накопление отмершей древесины.

6. Резко увеличивается вероятность возникновения вспышек массового размножения вредителей и болезней леса (в первую очередь стволовых насекомых, дереворазрушающих грибов, корневых гнилей). Ряд вредителей и болезней из сапрофитной стадии переходят в паразитную.

7. Возрастает общий класс пожарной опасности территории, пожары часто переходят в верховой тип, охватывают большие площади и наносят существенный ущерб.

8. Естественное лесовосстановление прекращается.

Сущность противодействия негативным процессам по Сценарию №3 состоит в выдвигании на первый план защитной, средообразующей роли лесов, как основы экологического каркаса, в условиях жесткого негативного воздействия изменений климата на региональные лесные системы. Использование лесов в рекреационных, мелиоративных целях и для ведения охотничьего хозяйства в условиях сценария также будет иметь большое значение. Использование лесов для заготовки древесины, в этой связи, станет играть по существу роль побочного пользования. Однако необходимым условием успешности реализации сценария является создание инфраструктуры по заготовке, транспортировке и глубокой переработке низкосортной, мелкотоварной древесины, в противном случае быстрое накопление значительных площадей, потерявших устойчивость и погибших насаждений,

приведут к колоссальным по масштабам вспышкам размножения вредных организмов и пожарам.

В условиях крайней степени воздействия климатических факторов, серьезной проблемой становится поддержание оптимальной лесистости региона, с учетом необходимости сохранения оптимального водного баланса, купирования процессов водной и ветровой эрозии почв. Основным инструментом этих процессов должно стать искусственное лесовосстановление и лесоразведение с использованием последних достижений лесной селекции и биотехнологии (Таблица 6.2.3.1.).

Анализируя представленные в таблице 6.2.3.1 данные, можно сделать вывод, что принятие Сценария № 3 в качестве базового возможно в регионах, находящихся в особо-угрожаемых природных условиях, в первую очередь, в пределах обширного ареала северной и южной границ распространения лесов. Кроме того, жесткое влияние изменений климата может проявляться в региональных лесных системах, испытавших ранее мощное негативное антропогенное воздействие, являющееся последствием недостатков лесного планирования, организации управления и пользования лесными ресурсами.

Необходимым условием успешной реализации сценария будет внедрение в лесохозяйственную практику элементов антикризисного управления.

Динамика адаптивных способностей лесных экосистем модельных регионов за период 1991-2018 гг., ярко демонстрирует, что реализация Сценария №3 является единственным шансом сохранения экологической и экономической эффективности лесного хозяйства региональных лесных систем Архангельской, Ленинградской, Воронежской, Тюменской, Иркутской областей, Ханты-Мансийского автономного округа, Хабаровского края (около 33% модельных регионов).

Таблица 6.2.3.1. – SWOT-анализ реализации Сценария №3

	<p><i>Возможности:</i> Культивирование защитных лесов, как основного инструмента обеспечения экологической, продовольственной и социальной стабильности в условиях климатического дисбаланса.</p>	<p><i>Угрозы:</i> Климатические изменения благодаря интенсивному антропогенному воздействию окажут жесткое воздействие на леса некоторых природных зон. В наиболее угрожаемых регионах запустятся процессы ускоренной деградации региональных лесных систем, сопровождающиеся образованием больших площадей погибших и потерявших устойчивость насаждений.</p>
Сильные стороны:	<p>Новейшие достижения лесоведения и лесоводства, понимание сути сукцессионных процессов, знание механизмов их регулирования, на основе которых возможна быстрая разработка следующих технологий: разработка новых лесоводственных систем, нацеленных на всех этапах на создание сложных по структуре, смешанных по составу, долговечных и максимально устойчивых в условиях изменения климата насаждений; массовое искусственное воспроизводство лесов с использованием современных достижений лесокультурного дела и биотехнологии (в том числе генной инженерии); массовое лесоразведение, облесение берегов рек, овражно-балочных систем, сельскохозяйственных неудобий; специализированное противопожарное обустройство создаваемых насаждений; строительство лесной инфраструктуры, повышающей доступность лесных ресурсов и возможности своевременного купирования воздействия неблагоприятных погодных явлений.</p>	<p>Смена парадигмы лесохозяйственного производства с приоритета выращивания и заготовки товарной древесины на поддержание средообразующей функции лесов.</p>
Слабые стороны:	<p>1) Существующая система подготовки кадров, которая при незначительной корректировке и поддержке в состоянии подготовить и переподготовить квалифицированные кадры, отвечающие современным и перспективным требованиям. 2) Сильное научно-исследовательское сопровождение перехода лесного хозяйства на модель использования, защиты и воспроизводства защитных лесов со стороны отраслевых НИИ и вузов лесотехнического профиля Министерства науки и высшего образования РФ.</p>	<p>1) Наличие парадигмы первостепенности ресурсного значения лесов; 2) Существенные материальные и ресурсные затраты на проектирование и искусственное воспроизводство защитных лесов, лесоразведение, борьбу с вредителями и болезнями, лесными пожарами; 2) Сильная рассредоточенность ресурсов в районах, низкие товарные качества древесины, высокая себестоимость и технологическая емкость продукции; 3) Слабость инфраструктуры сосредоточения и переработки лесных ресурсов малолесных регионов; 3) Необходимость разработки и принятия новых нормативно-правовых актов.</p>

7. АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТИ ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА. КОМПЛЕКСЫ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕР УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНЫМИ РЕСУРСАМИ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ И УСИЛЕНИЯ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

7.1. Эколого-экономические ущербы лесного хозяйства, вызванные климатическими изменениями и антропогенными факторами

Рассмотренные выше изменения климата могут существенно повлиять на состояние лесных экосистем, что, в свою очередь, может привести к формированию различного рода эффектов, как положительных (рост продуктивности лесов на севере, увеличение периода активного прироста древесины в связи с более продолжительным периодом вегетации, изменение сроков созревания плодов и семян древесных растений, а также лесных ягод в связи с более ранним началом вегетации и др.), так и негативных, на которых следует остановиться более подробно.

Исследователями данной проблематики обозначены наиболее существенные последствия изменений климата для лесного покрова, среди которых:

- увеличение площадей лесных земель, пройденных пожарами;
- повышение вероятности массовых размножений вредителей леса из-за общего ослабления устойчивости большинства древесных видов в сочетании с улучшением условий для размножения хвоелистогрызущих насекомых и вторичных вредителей, включая рост площади лесных насаждений, погибших от насекомых и болезней леса;

- изменение структуры (состава и характера взаимоотношений между видами) древостоев в связи с изменением устойчивости и сдвигом ареалов основных лесообразующих пород;

- активное зарастание болот древесно-кустарниковой растительностью вследствие общего снижения уровня грунтовых вод и повышения интенсивности испарения с поверхности болот и их водосборных площадей;

- общее ускорение круговорота веществ в лесных экосистемах, в частности темпов разложения лесного опада и подстилки;

- обеднение (деградация и отступление) бореальной флоры и фауны лесов в сочетании с экспансией в лесные экосистемы видов лесостепного и степного флористических и фаунистических комплексов;

- снижение текущего прироста древостоев в условиях все более частых засух в вегетационный период и ухудшения водообеспеченности начала вегетации;

- ухудшение доступности эксплуатационных заболоченных лесов в зимний период из-за слабого промерзания грунта (Пугачевский, 2003).

В период 2010-2018 гг. степень повреждения насаждений вредными организмами, дикими животными составляла около 10% от общего объема погибших лесов.

Таблица 7.1.1. содержит данные об объемах погибших лесов ввиду воздействия деструктивных экстерналий.

Федеральное агентство лесного хозяйства на уровне федеральных округов в последние годы проводит анализ причин гибели лесов, при этом учитываются факторы различного происхождения, включая антропогенную нагрузку (Таблица 7.1.2.).

Важно отметить, что под влиянием факторов антропогенного характера только в 2013 году погибло 4,1 тыс. гектар леса, что в 10 раз выше, чем ущерб, нанесенный дикими животными лесным экосистемам.

Таблица 7.1.1. – Динамика лесных площадей, пострадавших от влияния деструктивных факторов, в целом по РФ

Наименование показателя	Год										
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Площадь погибших лесных насаждений – всего (га), в т.ч.:	302 982,1	260 404,2	434 825,4	756 641,6	407 994,4	365 874,5	475 153,4	538 360,3	300 229,7	270 167,3	195 284,2
площадь лесных насаждений, погибших от насекомых и болезней леса (га)	46 152,6	48 771,3	30 037,9	36 151,3	62 037,0	62 441,3	74 029,2	77 871,6	67 313,0	92 329,1	67 067,6
площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (га)	197 492,8	158 467,6	336 797,0	550 484,3	239 641,5	230 764,0	358 331,8	411 678,5	183 856,1	138 317,0	96 429,2
Возникло лесных пожаров – всего (число случаев)	16 087	24 625	21 730	32 329	19 573	19 010	9 745	16 070	11 324	10 186	10 226
Площадь лесных земель, пройденная пожарами на землях лесного фонда (га)	853 049,0	1 970 715,5	2 071 030,9	1 937 583,4	1 346 233,6	2 038 541,2	1 153 018,1	3 111 460,5	2 400 912,9	2 508 210,0	3 282 088,8
Площадь очагов вредителей и болезней (га)	4 229 529,3	3 672 987,9	4 051 141,2	3 779 424,8	2 339 729,3	2 418 117,4	3 039 945,9	3 854 844,0	3 427 906,2	3 710 314,2	3 231 267,3
Площадь авиационных работ по локализации и ликвидации очагов вредных организмов (га)	129 532,0	83 713,1	9 516,0	159 087,8	26 409,0	48 473,4	173 959,9	97 740,9	25 009,2	132 610,9	1 457 194,6
Площадь наземных работ по локализации и ликвидации очагов вредных организмов (га)	295 836,8	81 155,1	56 216,1	34 395,9	68 819,0	209 501,7	121 999,2	190 880,0	195 760,8	250 602,3	90 419,9

Таблица 7.1.2. – Распределение насаждений по причинам их гибели, 2013 г.

Федеральный округ	В том числе по причинам, га					
	Повреждение насекомыми	Повреждения дикими животными	Болезни леса	Неблагоприятные погодные условия и почвенно-климатические воздействия	Лесные пожары	Антропогенные факторы
Центральный	20269,5	28,8	5793,9	4654,0	22479,3	43,8
Северо-Западный	298,1	–	1062,3	41255,2	18698,9	1008,0
Южный	0,1	9,9	12,2	871,0	983,6	1,5
Приволжский	7698,0	2,7	2435,8	13321,7	9565,4	298,4
Уральский	515,7	4,4	1003,0	2299,9	27045,8	138,9
Сибирский	3222,7	–	12917,2	2776,6	137611,6	2661,2
Дальневосточный	88,5	–	7078,3	3042,0	14377,4	30,5
Северо-Кавказский	–	–	46,0	220,5	1,9	–
Всего	32092,6	45,8	30348,7	68440,9	230763,9	4182,3

Болезни леса наносят ущерб лесам в размере от 11 до 40% ежегодно. Наиболее сильные повреждения, и как следствие ущерб лесным экосистемам, несут лесные пожары (более 40%). Нами определен ущерб, наносимый лесными пожарами лесным экосистемам (Таблица 7.1.3.). В расчетах были приняты следующие допущения – средняя минимальная ставка платы за 1 куб. м древесины лесных насаждений (руб./куб. м) по данным Рослесхоза в период с 2007 по 2017 годы (составила от 55,2 до 70 руб./м³ и средний запас на одном гектаре лесных земель в размере 130 м³).

Совокупный ущерб от лесных пожаров за десятилетний период составил 19 414573,338 млн руб., иными словами ежегодные потери древесины в пожарах составляют 19 млрд рублей. В своих расчетах мы не учитывали потери лесного хозяйства от гибели молодняков в пожарах в целом по стране, например, в 2016 году ущерб составил 2 127 344,9 тыс. руб.

Таблица 7.1.3. – Ущерб, нанесенный лесным экосистемам регионов (укрупнено по федеральным округам) РФ в результате лесных пожаров, млн. руб.²¹

Федеральный округ	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Центральный	1065,5	24005,4	19443,8	20941,8	91653,5	44927,3	33986,9	50190,8
Северо-Западный	7206,7	17026,1	15226,7	42567,2	14712,5	15871,2	13584,5	21180,9
Приволжский	662,6	7737,3	6701,1	11359,	2410,2	1797,2	1981,5	7969,7
Южный	338,1	6148,9	10355,0	5274,3	5628,9	15931,9	10596,8	4705,4
Северо-Кавказский	–	2814,7	1873,9	1876,4	551,1	253,7	169,1	351,1
Уральский	5022,7	25118,9	6089,9	32332,5	25781,8	107091,2	53494,0	26062,5
Сибирский	89257,1	83579,7	37184,5	71370,7	218667,5	26531,7	33843,5	62686,6
Дальневосточный	23110,6	367200,1	69348,2	146 859,9	205866,9	30446,3	246961,3	64284,7

Таблица 7.1.3. – Продолжение таблицы ущерба, нанесенного лесным экосистемам регионов в виде потери древесины от лесных пожаров, млн. руб.

Федеральный округ	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Всего по Рослесхозу	1 416 652,7	1260400,9	2304670,7	3560689,5	1503362,0,	1420477,0	2153160,9,	2597576,6,	1258281,1	1062251,5,	877049,8,
Центральный	39467,5	18248,1	14738,2	918537,3	218507,4	138372,4	47305,1	31178,4	25234,,4	11543,4	10692,2
Северо-Западный	41185,55	13622,2	5116,1	54232,7	225601,6	115101,9	85606,1	65213,8	46634,9	5643,2	3869,7
Приволжский	3487,6	9967,5	70272,3	12631,1	23348,9	58880,4	38976,8	24642,4	24556,0	12691,2	8375,2
Южный	21861,7	8180,3	9046,3	19081,11	17795,0	6054,5	6054,5	6104,0	3530,8	4244, 2	2992,6
Северо-Кавказский	946,8	1270,9	536,4	426,9	–	11,6	–	181,0	520,8	1698,7	153,7
Уральский	37489,2	10749,5	10393,8	13244,0	16088,3	16648,1	13257,5	13091,8	11741,01	12380,3	83003,9
Сибирский	969753,8	922483,1	620516,7	515073,9	48402,9	84707,3	4385,9	62384,9	92681,3	87223,2	587539,2
Дальневосточный	30246,1	17913,21	1480505,1	657782,51	163055,8	88500,6	1409288,5	1715489,1	113580,3	30394,9	153489,1

²¹ Рассчитано автором.

Нами выполнены прогнозы до 2035 года ожидаемого ущерба от увеличения числа пожаров при базовой ставке платы за древесину и с учетом роста пройденных пожарами площадей (Рисунки 7.1.1. - 7.1.4.).

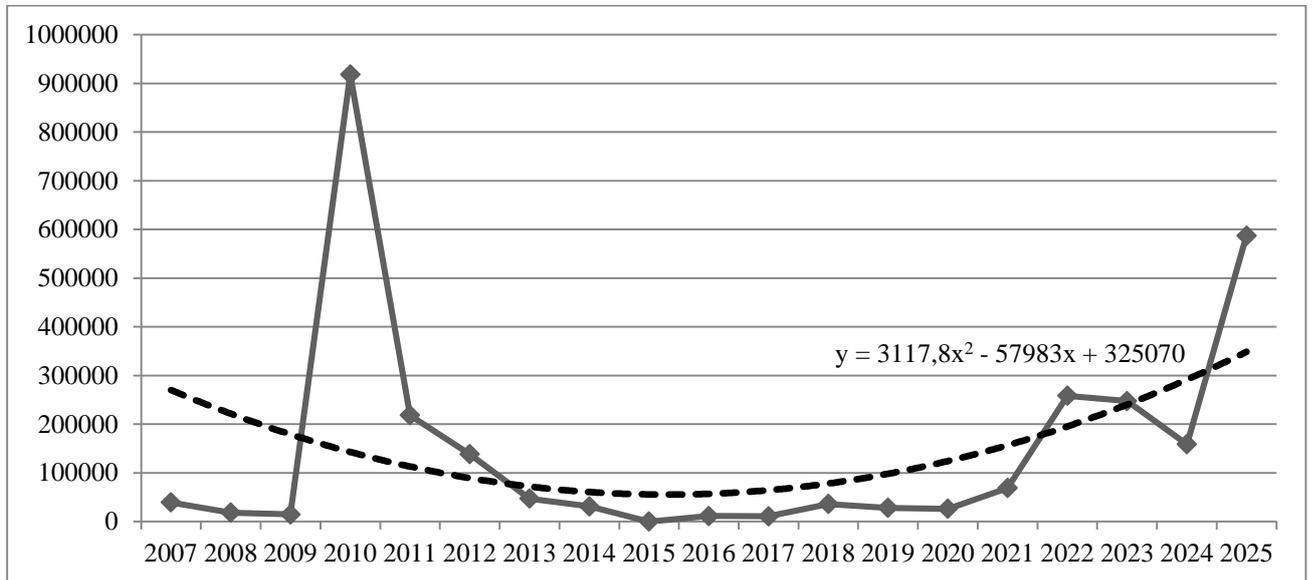


Рисунок 7.1.1. Динамика ущерба от увеличения числа лесных пожаров по ЦФО, млн руб.

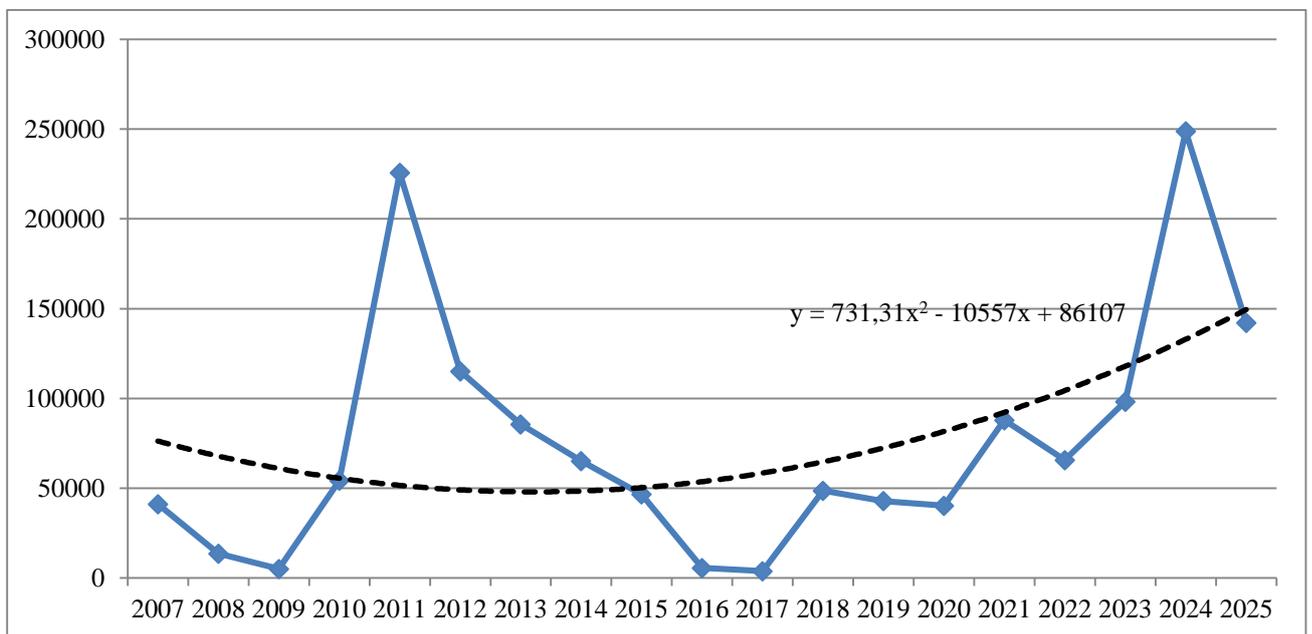


Рисунок 7.1.2. Динамика ущерба от увеличения числа лесных пожаров по СЗФО, млн руб.

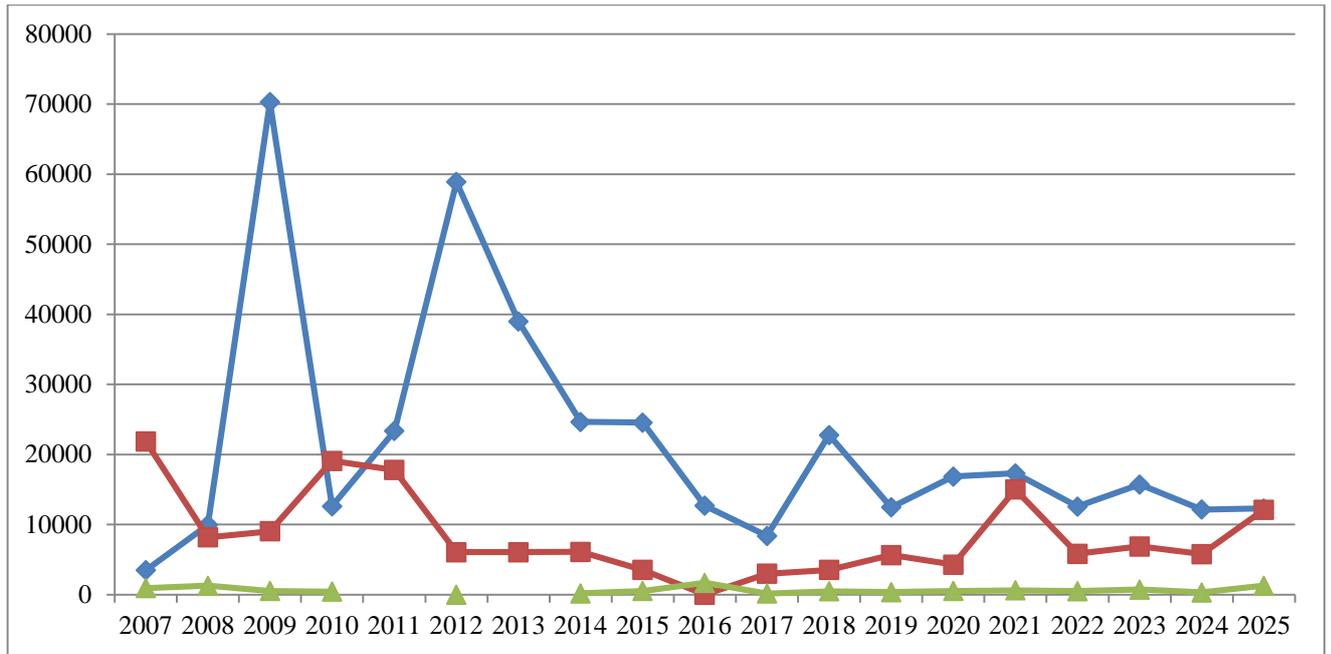


Рисунок 7.1.3. Динамика ущерба от увеличения числа лесных пожаров по Приволжскому, Северо-Кавказскому и Южному федеральным округам, млн руб.

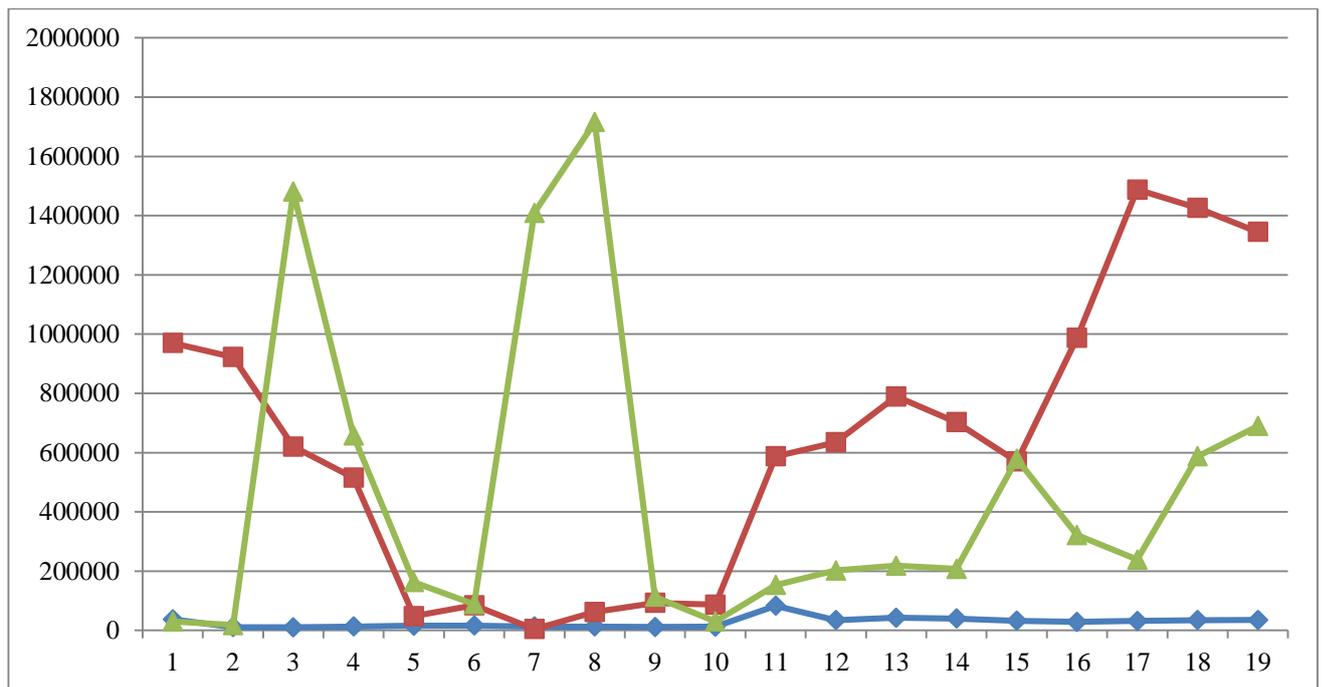


Рисунок 7.1.4. Динамика ущерба от увеличения числа лесных пожаров по УФО (синий), СФО(красный) и ДФО (зеленый), млн руб.

Согласно прогнозным оценкам к 2030 году следует ожидать увеличение количества площадей, пройденных лесными пожарами, и как следствие потери древесины в размере, определенном в таблице 7.1.4.

Таблица 7.1.4. – Прогнозные значения ущерба лесному хозяйству федеральных округов от увеличения количества площадей, пройденных пожарами

Федеральный округ	Базовые средние и прогнозные значения ущерба, млн. руб.		
	2017	2027	2037
Центральный	25 483,1	38158,8	45303,4
Северо-Западный	218 434,9	319408,5	399332,8
Приволжский	18 281,9	27319,0	31 285,7
Южный	50 912,9	77763,8	98 445,8
Северо-Кавказский	215,1	333,7	424,3
Уральский	2 705 613,6	3 300995,4	3 830 553,5
Сибирский	20 168 943,8	28 100046,5	37 699174,3
Дальневосточный	503 787,1	838477,4	1 084295,2

С точки зрения экономики не менее важной частью ущерба, нанесенного лесным экосистемам, являются возросшие многократно затраты на тушение лесных пожаров.

Нами построен прогноз затрат лесного хозяйства на тушение лесных пожаров, связанных с частотой и масштабностью возникновения, за базу был принят 2018 год. При этом в качестве ущерба рассматривался прирост затрат лесного хозяйства на тушение лесных пожаров в разрезе субъектов РФ (Таблица 7.1.5.).

Следуя выполненным прогнозам, можно констатировать, что к 2030 г. при обозначенной ранее частоте лесных пожаров затраты лесного хозяйства на их ликвидацию увеличатся в разы, например, в ЦФО они составят 1354 187 млн. руб., в то время как их значение в 2018 году (в сопоставимых ценах) составило 776 271 млн. руб., что в 1,74 раза меньше долгосрочного прогноза.

Аналогичный негативный прогноз получен для других федеральных округов. Для Приволжского ФО к 2030 г. следует ожидать прирост затрат в размере 574 935 млн. руб., Южный ФО – 442 215 млн. руб., Уральский – 731 639 млн. руб., Сибирский ФО – 1 532 078 млн. руб., и Дальневосточный – 4322 901 млн. руб.

Таблица 7.1.5. – Фрагмент прогноза затрат лесного хозяйства на тушение лесных пожаров при возрастании их площадей и частоты возникновения, млн. руб.

Федеральный округ	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Центральный	776 271	802242	980600	1027959	1 065031 8	1202676	1215035	1227394	1 234 752	1 252 111	1 289 469	1 306 828	1354 187
Северо-Западный	704 806	852 320	968 125	1035689	1045213	1068 457	1099 021	1128 398	1201 354	1278 664	1371 254	1402984	1497 551
Приволжский	304 473	360 460	380 503	398546	420589	432 633	458 676	471 719	497 762	502 806	521 849	562 892	574 935
Южный	242 173	263213	282 214	291 215	301216	332 175	343 218	358 219	374 132	391222	402 223	438 229	442 215
Северо-Кавказский	80 363	85320	91650	97421	101600	109356	112781	122 445	131 760	139452	142880	148 634	153 281
Уральский	553 445	583937	602937	623 937	646 336	659036	662 730	679 326	682 431	701568	716 035	724 882	731 639
Сибирский	1263 154	1274 730	1295 473	1308 626	1396 164	1425 164	1454 732	1471 812	1481 940	1502 0713	1512 273	1528 215	1532 078
Дальневосточный	3136 321	3223 457	3313 975	3354 587	3372 257	3843 289	3997 351	4020 801	4070 324	4122 7895	41328 124	4220 987	4322 901

Отметим, что по всем федеральным округам прогнозируется рост затрат, и имеет место прямая зависимость роста затрат при увеличении числа пожаров.

Фактором уязвимости лесных экосистем является частота вспышек массового размножения насекомых-вредителей. Следует отметить, что воздействие на леса вредных организмов – один из немногих факторов, силу влияния которого можно уменьшить путём своевременного проведения лесозащитных мероприятий. Несмотря на это за пять лет (2012-2017 гг.) площадь очагов вредных организмов, требующих срочных мер реагирования, на территории РФ увеличилась на 45,7%, составила 1843 тыс. га.

За десятилетний период накопленная сумма ущерба лесным насаждениям (площадь погибших насаждений) составила 664201,9 га и на конец 2017 года составила 67067 га.

В стоимостном выражении ущерб от повреждения лесов насекомыми и болезнями составил в 2017 году – 482,2 млн. руб. (Таблица 7.1.6.).

Отметим, что снижение доли обрабатываемых очагов ниже 20-22%, особенно в период их формирования, неизменно приводит к многократному увеличению гибели лесов. Даже резкое увеличение объёмов истребительных мероприятий в последующие годы до 40-45% не может остановить развитие необратимых процессов деградации лесов. Согласно прогнозным оценкам к 2030 году следует ожидать увеличение количества площадей с очагами вредных организмов, и как следствие, потери древесины в размере, определенном в таблице 7.1.7.

Таблица 7.1.7. – Прогнозные значения ущерба лесному хозяйству федеральных округов от увеличения количества площадей с очагами вредных организмов

Федеральный округ	Базовые средние и прогнозные значения ущерба, тыс. руб.		
	2017	2027	2037
Центральный	112 856	160 256	237 172
Северо-Западный	36 324	48 881	61 894
Приволжский	54 365	69 302	88575
Сибирский	166 519	291 478	478 020
Уральский	7 029	10 205	199174,3
Дальневосточный	55 520	76 402	92 368

В этом контексте возмещение ущерба, нанесенного лесным экосистемам, потребует не только длительного временного интервала, но и существенных затрат со стороны региональных систем лесного хозяйства. Нами определены затраты в разрезе федеральных округов необходимые для возмещения ущерба лесным экосистемам.

Величина экономического ущерба формируется из двух составляющих:

1. Потери запаса от площади уничтоженных насаждений, которые рассчитываются путем умножения соответственной площади лесов (га) на ставку платы по каждому федеральному округу РФ.

2. Увеличение расходов на борьбу с вредителями и болезнями.

Прогнозный расчет общих потерь к 2030 году в результате воздействия данного фактора составит 3475,1 млн. руб.

Ранее было показано, что изменение климата ведет к изменениям в породном составе и ареале распространения лесов.

Для сохранения баланса в лесной экосистеме необходимо обеспечить устойчивость породного состава и поддержание ареала распространения древесных пород. Можно предположить, что основными экономическими ущербами от изменений станут потери запаса древесины при изменяющейся породной структуре лесов. В подтверждение и в качестве примера покажем, как формируется ущерб, наносимый изменением видового состава, в сравнительной оценке на 100 м³.

Из-за разницы в ставках платы за при смене основной породы дуб на березу формируется стоимостное отклонение.

С учетом среднего запаса на 1 га лесной площади в 100 м^3 плата за древесину дуба составит:

$786 \text{ руб. (ставка платы за } \text{м}^3 \text{ деловой древесины дуба)} \times 100 \text{ м}^3$
(сравнительный запас) = 78600 руб.

По аналогии для березы:

$87 \text{ руб.} \times 100 = 8700 \text{ руб.}$

Отклонение составит 69,9 тыс. руб. на каждые 100 м^3 . Тогда при изменении видового состава в пользу мягколиственных пород следует говорить об ущербе в миллионы рублей.

При этом ущерб будет иметь место не только для государства, но и для лесопользователей.

Согласно данным, приведенным в Прогнозе развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 г., выполненного Продовольственной и сельскохозяйственной организацией объединенных наций (Рим, 2012 г.), развитие лесного хозяйства до 2030 года рассматривается в трех вариантах: инерционный, инновационный и умеренный.

За основу прогнозных расчетов были взяты данные национальных инвентаризаций леса с 1956 по 2010 год, а также национальные данные Общеευропейских индикаторов устойчивого управления лесами (Forest Europe, 2011) с 1990 по 2010 год. Опираясь на прогнозы запаса древесины, можно выполнить прогнозные расчеты стоимости используемых лесных ресурсов в рамках трех сценариев.

Предпринятая попытка аппроксимации стоимостных показателей (доходы и затраты) на три сценария развития лесного сектора позволила установить, что в рамках инерционного сценария общие потери от изменения климата превысят дополнительный прирост древесины и потребуют дополнительных затрат на адаптационные меры в лесных экосистемах.

Главное пользование лесом опирается на расчет ежегодного размера рубки леса – расчетную лесосеку, устанавливаемую при лесоустройстве в качестве максимально возможной нормы ежегодной рубки леса для каждого объекта лесоустройства, обычно – лесхоза или арендатора.

В РФ за 2010 г. имели место объемы лесозаготовок: расчетная лесосека – 552 млн м³/год, фактически было заготовлено 173,6 млн м³/год. Отпускные цены деловой хвойной и лиственной древесины по Рослесхозу в декабре 2010 г. составили минимальная 34,9 и средняя 49,8 руб./м³.

В итоге цена обезличенной древесины составила 49,8 руб./м³, а стоимость прямого использования леса – 8615,4 млн руб./год. Тогда с учетом базовых цен на древесину прогнозные объемы потребления древесных ресурсов в трех сценариях приведены в таблице 7.1.8.

Отметим, что согласно трех прогнозов запас древесины в РФ растет, и как следствие объем заготовок будет расти. Однако, согласно прогнозным данным следует ожидать изменения в структуре запаса в пользу твердолиственных и мягколиственных пород, а структурные сдвиги в запасе могут существенно повлиять на стоимостные показатели.

Таблица 7.1.8. –Прогноз запаса, прироста и среднего возраста древостоев и кустарников

Годы	Запас древесины (млн м ³)			Средний прирост (млн м ³ /год)	Стоимость используемых лесных ресурсов, в ценах 2010 г. ²² , млн. руб.
	Леса	Проч. земли	Всего		
1	2	3	4	5	6
1990-2010					
1990	80 039	1 604	81 644	822	н.д.
2000	80 270	1 593	81 863	854	н.д.
2005	80 479	1 651	82 130	887	н.д.
2010	81 522	1 775	83 298	1 016	8615,4

²² Рассчитано автором.

Окончание таблицы 7.1.8.

1	2	3	4	5	6
Инерционный					
2015	82 800	1 840	84 640	1 045	8784,1
2020	83 100	1 890	84 990	1 061	8820,5
2025	83 224	1 940	85 164	1 078	8838,5
2030	83 325	1 990	85 315	1 094	8854,3
Умеренный					
2015	82 921	1 845	84 766	1 046	8797,3
2020	83 780	1 900	85 680	1 063	8892,1
2025	84 252	1 955	86 207	1 091	8946,8
2030	84 405	2 005	86 410	1 108	8967,9
Инновационный					
2015	83 022	1 850	84 872	1 048	8808,2
2020	84 400	1 910	86 310	1 076	8957,5
2025	85 200	1 970	87 170	1 104	9046,8
2030	85 490	2 020	87 510	1 122	9082,1

Тогда используя данные прогнозов о запасе древесины, можно определить прогнозную стоимость запаса древесины в ситуации структурных сдвигов в породном составе (Таблица 7.1.9).

Таблица 7.1.9. – Прогноз стоимости запаса потребляемой древесины при структурных сдвигах в породном составе²³

Годы	Запас древесины (млн м ³)			Запас хвойных при устойчивом состоянии, млнм ³	Стоимость запаса, млн. руб. при изменившейся породной структуре	Стоимость запаса, млн. руб. при устойчивой породной структуре	Отклонение в стоимости из-за структурных сдвигов в составе хвойных, млн. руб.
	Хвойных	Лиственных	Всего				
1	2	3	4	5	6	7	8
1990-2010							
1990	59600	22043	81 644	59600,12	20562000	20562041	-41,4
2000	59759	22103	81 863	59759,99	20616855	20617197	-341,5
2005	59954	22175	82 130	59954,9	20684130	20684441	-310,5

²³ Рассчитано автором.

Окончание таблицы 7.1.9.

2010	60807	22490	83 298	60807,54	20978415	20978601	-186,3
Сценарий Инерционный							
2015	61152	23487	84 640	61787,2	21097440	21316584	-219144
2020	60767	24222	84 990	62042,7	20964615	21404732	-440117
2025	60253	24910	85 164	62169,72	20787285	21448553	-661268
2030	59720	25415	85 315	62279,95	20603400	21486583	-883183
Сценарий Умеренный							
2015	61243	23552	84 766	61879,18	21128835	21348317	-219482
2020	61261	24418	85 680	62546,4	21135045	21578508	-443463
2025	60991	25215	86 207	62931,11	21041895	21711233	-669338
2030	60487	25923	86 410	63079,3	20868015	21762359	-894344
Сценарий Инновационный							
2015	61320	23551	84 872	61956,56	21155400	21375013	-219613
2020	61711	24598	86 310	63006,3	21290295	21737174	-446879
2025	61672	25497	87 170	63634,1	21276840	21953765	-676925
2030	61257	26253	87 510	63882,3	21133665	22039394	-905729

Приняв скорость смены породного состава хвойных на лиственные за 0,15% в год, к 2015 году следует ожидать изменения в структуре пород: 72,25% будет отведено хвойным и 27,75% – соответственно лиственным породам, к 2020 г. 71,5% – хвойные, к 2025 г. 70,75% – хвойные и к 2030 году доля хвойных пород в породном составе уменьшится до 70%. Ввиду разницы ставок за древесину, отпускаемую на корню, размер ущерба составит от 883183 млн. руб. при реализации инерционного сценария, и до 905729 млн. руб. при инновационном сценарии.

Таким образом, приходим к пониманию факта комплексного ущерба, наносимого лесным экосистемам, который является следствием климатических изменений.

Однако, говоря об этих экстерналиях необходимо подчеркнуть, что ответ на их неблагоприятное воздействие не всегда кроется в самих лесных экосистемах, отражаясь в адаптационном потенциале, но и, как было показано в трудах ведущих ученых-лесоводов и подтверждено в расчетах ранее, лежит в плоскости

лесоводственных мероприятий, направленных на адаптацию и повышение устойчивости лесов.

А это, в свою очередь, заставляет нас обратиться к организации лесного хозяйства в последние годы для выявления причинно-следственных связей между состоянием лесных экосистем и сложившейся системой управления лесами и финансирования лесохозяйственных работ. Экономические результаты лесного хозяйства имеют прямую зависимость с показателями финансирования лесохозяйственных мероприятий и кадровым потенциалом, складывающемся в лесном хозяйстве.

Нами выполнен анализ основных показателей, характеризующих экономические возможности (потенциал лесного хозяйства).

Лесное хозяйство России убыточно, а лесной доход федерального бюджета в 2017 году составил 33,4 млрд рублей, что обеспечило покрытие 58 процентов затрат федерального бюджета, направляемых сегодня на лесное хозяйство.

Численность работников лесничеств в России за последние годы сократилась в два раза – со 170 до 74 тысяч. Сейчас в среднем по стране на одного работника лесничества приходится около 55 тысяч гектар леса, а в многолесных районах – более 300 тысяч гектар.

Такое состояние дел привело к утрате контроля за состоянием лесных экосистем, существенному снижению качества охраны лесов от пожаров, болезней леса, самовольных порубов и хищений лесных ресурсов.

Средняя месячная зарплата в лесном хозяйстве не превышает 25 тыс. руб. и является одной из самых низких среди отраслей народного хозяйства.

Более того, рассматривая ценность древесных ресурсов, нужно упомянуть о ставках платы за древесины, которые за десятилетний период выросли на 25% и составили в среднем по стране 70 руб. за 1м³ обезличенной древесины.

Это, как и в равной мере другие обстоятельства, не позволяет выстроить оптимистичный прогноз развития лесного хозяйства и повышение внимания к состоянию лесных экосистем (Таблица 7.1.10.).

Таблица 7.1.10. – Динамика финансовой обеспеченности лесного хозяйства (тыс. руб)

Федеральный округ	Год											Приведенные значения
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Всего по Рослесхозу	42 169784,9	31 753634,8	25 647079,7	25 759693,2	40 890172,5	45 386315,8	49 228923,1	52 241554,8	51 344511,5	54 148109,2	57 183944,1	34 038061
Центральный	10 807061,2	3 946 268,7	3 858 583,2	3 605 913,3	5 478 873,9	5 054 018,5	8 103 188,0	8 300 882,2	8 101 789,8	10 457861,3	10 081155,2	6 000687
Северо-Западный	6 095 788,9	3 731 105,6	3 817 726,2	4 081 524,5	6 642 407,1	8 944 692,9	9 538 308,2	9 233 601,9	9 479 841,6	9 676 928,1	10 835417,0	6 449652
Приволжский	8 023 240,4	4 501 917,4	4 367 876,9	4 584 862,9	6 563 967,8	7 289 754,4	7 975 365,3	8 844 958,5	9 228 446,8	8 223 488,4	8 823 252,0	5 251935
Южный	931 701,1	912 974,3	909 343,4	1 065 815,3	1 273 914,3	1 205 529,8	1 212 764,3	1 242 736,9	1 191 423,3	1 080 993,0	1 169 607,7	696194
Северо-Кавказский	537 937,1	611 878,9	645 577,7	551941,4	664016,2	713 827,4	896438,5	873813,8	770444,9	765 213,2	876104,6	521490
Уральский	3 269 481,3	2 788 607,7	2 672 414,8	2 977 646,2	4 641 758,1	6 017 173,2	5 738 740,0	5 111 936,9	5 312 987,5	5 985 684,2	5 533 411,3	3 293697
Сибирский	9 198 768,0	6 027 351,4	5 976 069,7	5 544 700,7	8 594 038,9	10 118749,4	9 297 172,4	9 983 402,9	9 937 994,9	10 745352,1	12 75405,4	7 593098
Дальневосточный	3 305 773,5	3 234 591,0	3 399 487,7	3 347 288,9	7 031 196,3	6 042 570,1	6 466 946,4	8 650 221,7	7 321 582,7	7 212 588,8	7 108 590,9	4 231303

В отношении финансового обеспечения лесного хозяйства на первый взгляд кажущийся рост финансирования на 35% за десятилетний период, при приведении стоимостных показателей к базовому периоду, оборачивается существенным снижением финансирования лесохозяйственных мероприятий и исполнения переданных полномочий.

Используя в качестве коэффициента приведения ежегодную ставку индекса цен, нами рассчитаны расходы в базовых ценах на ведение лесного хозяйства в 2017 году.

При сравнении расходов на ведение лесного хозяйства в базовом 2007 году и приведенном к базовому 2017 году было установлено наличие существенного снижения финансирования по всем федеральным округам.

Так, в целом по РФ объем недофинансирования лесохозяйственных работ составил 8131 тыс. руб., в ЦФО объем расходов снижен на 4800 тыс. руб., ПФО – 2772 тыс. руб., ЮФО – 235 тыс. руб., СФО – 1605 тыс. руб.

Более того, в связи с сокращением бюджета и из-за недостатка средств в большинстве регионов произошло сжатие объемов основных лесохозяйственных мероприятий – уходу и санитарной безопасности, подготовительных и охранных. Именно эти работы являются наиболее трудоемкими и в условиях финансового дефицита страдают наиболее сильно.

Приведенные выше экономические показатели могут быть положены в основу формирования комплекса мер адаптации лесных экосистем и повышения их устойчивости в условиях климатических изменений.

7.2 Комплексы управленческих решений и лесохозяйственных мер устойчивого управления лесными ресурсами (по обобщённым сценариям наблюдаемых и прогнозируемых изменений) для поддержания и усиления адаптационного потенциала лесных экосистем Российской Федерации

Изменение климата оказывает влияние на лесные экосистемы: рост лесов, их жизненное состояние. С другой стороны, та роль, которую биота играет в

климаторегулирующих процессах на Земле, во многом зависит от способности лесов адаптироваться к изменению климата.

Следует отметить, что на протяжении столетий человечество приспособляется к изменениям климатических условий.

Единого универсального подхода к адаптации лесов и лесного хозяйства к изменениям климата не существует – в каждой местности будет своя специфика (Писаренко, 2011; Farmer, 1997). Многие авторы указывают на недостаточную изученность вопроса о возможных методах адаптации лесов и лесного хозяйства к изменениям климата и на необходимость дальнейших исследований (Climate Change and Land Resources..., 2004).

Для адаптации к изменению климата необходимо предпринимать превентивные действия. Это обосновывается тем, что своевременная и активная деятельность по смягчению последствий изменения климата существенно снизит издержки, связанные с процессом адаптации.

Своевременные действия для улучшения прогнозов погоды, экономические и социальные условия ведения лесного хозяйства, оперативное реагирование на чрезвычайную ситуацию или бедствие, системы раннего предупреждения и страховая защита могут уменьшить ущерб от будущих изменений климата и принести множество незамедлительных практических выгод.

Способность к адаптации. Хотя адаптация к изменениям климата очень важна для всех стран, развивающимся странам (а также большинству стран СНГ) она особенно необходима, поскольку их экономика в большой степени зависит от климатически уязвимых секторов, таких как сельское хозяйство. Эти страны также менее способны к адаптации по сравнению с более индустриальными государствами.

Избежание экономических потерь. Без адаптивной деятельности увеличение температуры на $2,5^{\circ}\text{C}$ может привести к снижению валового внутреннего продукта на 0,5-2%, при этом потери для большинства развивающихся стран будут более высокими. Например, было подсчитано, что для полной защиты всех уязвимых

пунктов Сьерра-Леоне потребуется 1 100 млн американских долларов, то есть приблизительно 17 процентов от ее ВВП. Ожидается, что создание проектов и планов развития, более «устойчивых» к влиянию климата, увеличит стоимость проектов лишь приблизительно на 5-20 процентов.

Ограниченное финансовое обеспечение планов. Расчеты показывают, что лишь незначительная часть официальных проектов финансовой помощи по развитию учитывают климатические риски.

Задержка может увеличить риск. Задержка во введении изменений, включая задержки финансирования и поддержки адаптации в развивающихся странах, в конце концов может в будущем привести к увеличению затрат и опасностей для большего количества людей. Основные чрезвычайные происшествия, такие как засухи, начало сезона дождей или недостаток талой ледниковой воды, могут привести к массовым волнениям среди населения, а также тяжелым конфликтам на почве борьбы за такие ограниченные ресурсы, как вода, пища и энергия.

Методы адаптации являются жизненно необходимыми. Адаптация на национальном уровне включает разработку эффективной реализации стратегии адаптации. Это подразумевает улучшение научной базы для принятия решений, создание методов и средств для определения стоимости адаптации, разработку общеобразовательных программ, улучшение практической подготовки и повышение общественной осведомленности об этой проблеме, особенно среди молодежи, мобилизацию сил на индивидуальном и местном уровнях, технологическое развитие и передачу технических достижений, а также поддержание местных мер преодоления трудностей. Кроме того, возможные начальные действия по адаптации могут включать разработку соответствующего законодательства и нормативно-правовой базы для поддержания адаптационной деятельности.

Используя проблему изменения климата как катализатор начала благоприятных действий, можно фактически ускорить процесс достижения целей стабильного развития, способствуя достижению адаптационных ориентиров.

Стабильное финансирование адаптационных проектов. Без целевого финансирования процесс адаптации может не иметь целевой направленности и ограничиваться в основном ответным финансированием, таким как кратковременная помощь в чрезвычайных обстоятельствах, что не способствует достижению стабильного развития и приводит к значительным расходам. Государства-члены РКИК ООН создали несколько возможностей для финансирования адаптационных проектов. Среди них – Глобальный экологический фонд (ГЭФ) и три специальных фонда: Фонд для наименее развитых стран, Специальный фонд для борьбы с изменением климата и Адаптационный фонд Киотского протокола.

Опираясь на построенные прогнозы, представляется возможным выработать систему мер превентивного, оперативного или адаптивного характера, позволяющую повысить запас прочности лесных систем в условиях климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки.

В этой связи отметим, что, хотя леса подвергаются стрессу при изменении климата, они обладают способностью адаптироваться к этим изменениям, а также противостоять им. Устойчивое лесопользование и лесосохранение, одним из критериев которого является поддержание покрытой лесом площади при условии сохранения устойчивости экосистем, крайне важно с точки зрения, как смягчения изменения климата, так и адаптации к нему.

Мероприятия для смягчения изменений климата могут быть объединены в следующие основные группы: (1) лесовосстановление и лесоразведение; (2) снижение уровня обезлесения и деградации лесов; (3) посадка лесов с коротким оборотом хозяйства, например, создание плантаций для производства бумаги или энергии; (4) лесохозяйственные мероприятия, направленные на увеличение содержания углерода в лесах, например, увеличение запаса древостоев, сокращение площади не покрытых лесом земель; (5) снижение эмиссий углерода в атмосферу, например, за счет уменьшения воздействия нарушений; (6) увеличение

резервуара углерода в лесных продуктах и использование древесины для замещения ископаемого топлива.

Адаптационные меры – это определённые действия, направленные на уменьшение уязвимости системы или повышения ее способности к адаптации.

Исследуем классификацию комплекса адаптационных мер в зависимости от времени, продолжительности, масштаба, ответственности и конкретной цели каждой меры и стратегии адаптации.

В отношении времени (сроков) проведения адаптационные меры могут быть:

- упреждающие, если они направлены на предотвращение воздействия и осуществляются до неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Этот тип мер носят превентивный характер. Упреждающие меры основаны на оценке вероятных последствий и потенциальной уязвимости системы;

- ситуативные, в случае если эти меры реализуются в одно время с неблагоприятным воздействием;

- реактивные, в случае если эти меры реализуются после того, как произошли или начали происходить неблагоприятные воздействия. Эти меры предназначены для того, чтобы компенсировать убытки или возместить убытки, причиненные неблагоприятным влиянием. Поскольку реактивные меры осуществляются после того, как произошло негативное воздействие, их планирование в меньшей степени зависит от моделирования потенциальных воздействий.

В отношении продолжительности проведения адаптационные меры могут быть:

- тактические, когда срок их осуществления и достижения результата наблюдаются в срок не более 5 лет;

- стратегические, если эти меры предназначена для реализации в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Стратегические меры, как правило, являются частью долгосрочных программ.

В соответствии с пространственным масштабом адаптационные меры могут

быть:

- локализованные, если эти меры реализуются в конкретном экономическом секторе или географическом регионе. Применительно к лесам и лесному хозяйству адаптационные меры могут быть локализованы в конкретном лесном районе или могут быть применены к отрасли в целом;
- рассредоточенные, если масштаб их осуществления непрерывен в географическом и секторальном отношении. Как правило, они направлены на решение нескольких общих задач. Рассредоточенные меры носят общий характер, к ним можно отнести деятельность в области образования, планирования и укрепления потенциала. Кроме того, адаптационные меры могут осуществляться двумя основными действующими лицами: государственный сектор и частный сектор. Анализ основных классификационных характеристик, характеризующих адаптационные меры для целей применения их к объекту исследования, а также степень их приоритетности представлен в таблице 7.2.1.

В отношении комплекса адаптационных мер применена классификация приоритетности: высокий, средний и низкий приоритет.

Таблица 7.2.1. – Классификационные признаки комплекса адаптационных мер в отношении лесного сектора в условиях глобального изменения климата

Классификационный признак	Тип адаптационных мер	Приоритет в осуществлении адаптационных мер в отношении лесного хозяйства России
Время (срок) проведения	Упреждающие	Высокий
	Ситуативные	Средний
	Реактивные	Низкий
Продолжительность проведения	Тактические	Низкий
	Стратегические	Высокий
Масштаб проведения	Локализованные	Высокий
	Рассредоточенные	Средний
Действующие лица	Государственный сектор	Высокий
	Частный сектор	Низкий

Как следует из представленного анализа, наивысшим приоритетом при формировании и осуществлении стратегий и программ адаптации лесного хозяйства России обладают упреждающие, стратегические и локализованные меры, осуществляемые государственным сектором. Это объясняется, в первую очередь, особенностями структуры производства и потребления в указанном секторе экономики, а также длительным сроком реакции лесных экосистем на неблагоприятные климатические воздействия.

Принятие преимущественно ситуативных и тактических мер значительно снижает экономическую эффективность реализации стратегии адаптации в целом, а также не способствует укреплению потенциала в этой сфере.

Считаем, что основные направления адаптации лесного сектора к климатическим изменениям и возрастанию антропогенной нагрузки лежат в плоскостях лесопользования, лесовосстановления, охраны и защиты лесов и лесоустройства (Рисунок 7.2.1.).

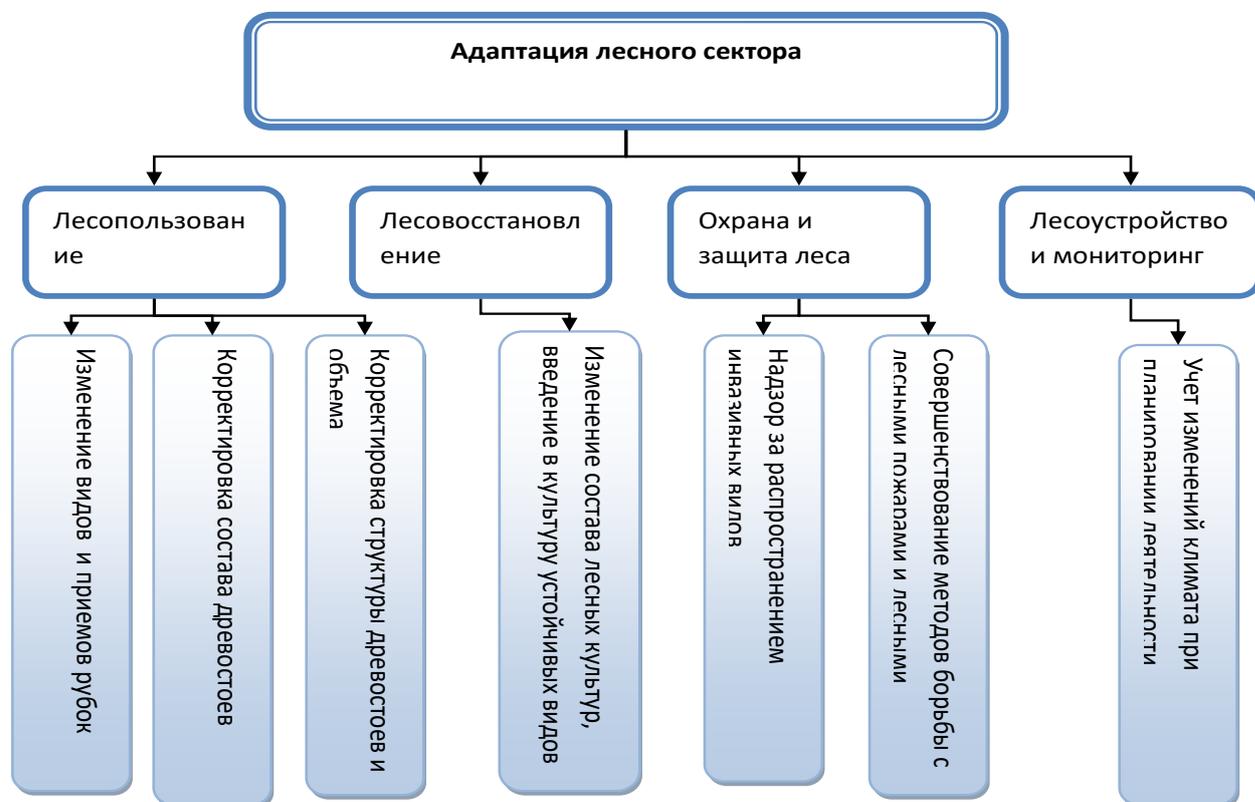


Рисунок 7.2.1. Направления адаптации лесных систем

В этом плане основными направлениями адаптации выступают:

- повышение устойчивости лесов к различным сценариям динамики климата за счет изменения породного состава и структуры лесных насаждений;

-реализация зонального и формационно-типологического подхода при разработке рекомендаций по составу будущих лесов;

-прогнозирование состава лесов на основе фактических материалов учета лесного фонда, нормативно-технической базы лесного хозяйства, а также собственно мер по адаптации;

- учет основных видов пользования, а также состояния вредных и полезных энтомокомплексов лесов, комплекса патогенов, как фактора, способного усилить негативное влияние климата.

- интеграция рекомендаций по адаптации в нормативную базу лесного хозяйства после их опытно-производственной проверки;

- изменение программ подготовки кадров лесного хозяйства с целью лучшего понимания роли климата для состояния и динамики лесов, обучения методам адаптации отрасли к изменению климата.

Комплексный подход к разработке адаптационных мер, объединяющий науку, технологии и выработку оптимальных управленческих решений, будет способствовать снижению уязвимости общества и экономики к изменениям климата.

В связи с очень низкой предсказуемостью и, в силу этого, противоречивостью прогнозов о долговременных изменениях климата в настоящее время не существует сколько-нибудь известных моделей развития экономических систем в зависимости от этих изменений. Реализация адаптационных мер должна позволить:

- оптимизировать структуру лесов с учетом вероятных изменений климата, сохранив их продуктивность;

- повысить устойчивость к насекомым-вредителям, особенно к тем, которые могут формировать очаги массового размножения;

- снизить пожароопасность в лесах;
- снизить потери от негативных климатических воздействий;
- сократить эмиссии углекислого газа в атмосферу;
- повысить степень готовности организаций лесного хозяйства к «неприятным сюрпризам», преподносимым климатом.

Сценарии адаптивного управления лесным хозяйством в условиях изменения климата должны разрабатываться с учетом как экономической, так и специфической составляющей, которые в свою очередь включают различные показатели. Для разных регионов РФ, в зависимости от географического положения, климатических условий, состояния растительности и т.д. требуется разработка собственного набора адаптивных управленческих решений. При разработке сценариев управления для лесного комплекса необходимо учитывать по всем субъектам Российской Федерации следующие факторы:

- продуктивность лесных экосистем;
- породный состав и биоразнообразие;
- риски возникновения лесных пожаров;
- риски массового размножения вредителей и распространения болезней леса;
- риски проявления экстремальных погодных явлений;
- экономические и финансовые условия ведения лесного хозяйства;
- социальные аспекты.

Как следствие в данных условиях возникает необходимость адаптивного управления лесным хозяйством в целом, с постоянной оценкой результатов климатического и антропогенного воздействия. Именно такой методический подход, опирающийся на оценку сбалансированного развития, способен учитывать ряд разнородных критериев как экономического, так и лесоводственно-биологического характера.

Комплекс адаптационных мер разработан нами для лесных экосистем Северо-Запада европейской части России в условиях глобального изменения климата.

Многофакторность воздействия климатических изменений и многообразие их последствий для лесных экосистем Северо-Западного региона России определяют необходимость разработки и осуществления соответствующих отраслевых адаптационных программ.

Разработка и осуществление комплекса адаптационных мер должны быть основаны на следующих принципах:

- повышение устойчивости лесов к различным сценариям динамики климата за счет изменения породного состава и структуры лесных насаждений;
- реализация зонального и формационно-типологического подхода при разработке рекомендаций по составу будущих лесов;
- прогнозирование состава лесов на основе фактических материалов учета лесного фонда, нормативно-технической базы лесного хозяйства, а также собственно мер по адаптации;
- учет основных видов пользования, а также состояния вредных и полезных энтомокомплексов лесов, комплекса патогенов, как фактора, способного усилить негативное влияние климата;
- интеграция рекомендаций по адаптации в нормативную базу лесного хозяйства после их опытно-производственной проверки;
- изменение программ подготовки кадров лесного хозяйства с целью лучшего понимания роли климата для состояния и динамики лесов, обучения методам адаптации отрасли к изменению климата.

В таблице 7.2.2. приведем результаты изучения комплекса возможных адаптационных мер, связанных с основными факторами уязвимости лесов Северо-Запада европейской части России, выявленными ранее, а также с учетом их классификационных признаков.

Таблица 7.2.2. – Результаты изучения комплекса адаптационных мер в связи с наиболее вероятными изменениями в управляемых лесах Северо-Запада европейской части России в условиях глобального изменения климата

Риск, вызванный климатическими изменениями	Адаптационная мера	Тип меры
1	2	3
I. Использование и воспроизводство лесов		
Снижение продуктивности лесов в связи с изменениями средних значений температуры и количества выпадаемых осадков	Корректировка документов лесного планирования с учетом значений снижения продуктивности лесов.	Упреждающая/стратегическая/локализованная
	Корректировка Правил ухода за лесами с учетом значений снижения продуктивности лесов. Корректировка длительности цикла лесовыращивания с учетом значений снижения продуктивности лесов.	Упреждающая/стратегическая/локализованная
	Корректировка перечня пород, используемых в процессах лесовосстановления и лесоразведения.	Упреждающая/стратегическая/локализованная
	Принятие мер по использованию запасов древесины погибших и поврежденных насаждений.	Реактивная/тактическая/рассредоточенная
	Рассмотреть возможности диверсификации целей лесопользования с целью производства иных лесных продуктов и услуг.	Упреждающая/стратегическая/рассредоточенная
Повышение продуктивности лесов в связи с повышением температуры и количества выпадаемых осадков	Корректировка длительности цикла лесовыращивания с учетом значений снижения продуктивности лесов.	Упреждающая/стратегическая/локализованная
	Корректировка перечня пород, используемых в процессах лесовосстановления и лесоразведения.	Упреждающая/стратегическая/локализованная
Изменения в видовом (породном) составе лесов	Корректировка документов лесного планирования с учетом прогнозируемых изменений в видовом (породном) составе лесов.	Упреждающая/стратегическая/локализованная
	Ориентация на выращивание разновозрастных смешанных насаждений.	Упреждающая/стратегическая/локализованная
	Использование в процессах лесовосстановления и лесоразведения адаптированных к прогнозируемым климатическим изменениям видов древесных пород.	Упреждающая/стратегическая/локализованная
	Создание (расширение) сети охраняемых природных территорий с целью консервации уязвимых видов и местообитаний.	Ситуативная/тактическая/локализованная
	Выявление и контроль численности инвазивных видов-лесообразователей.	Реактивная/тактическая/локализованная

Окончание таблицы 7.2.2.

1	2	3
II. Охрана лесов от пожаров		
Увеличение частоты возникновения природных пожаров в лесах и площадей пройденных пожарами	Повышение эффективности мер пожарной безопасности в лесах, в том числе мер по предупреждению лесных пожаров, мониторингу пожарной опасности в лесах и лесных пожаров.	Упреждающая/стратегическая /рассредоточенная
	Корректировка планов тушения лесных пожаров в связи с увеличением частоты возникновения природных пожаров в лесах и площадей пройденных пожарами.	Ситуативная/стратегическая/ локализованная
III. Защита лесов		
Увеличение частоты вспышек массового размножения вредных организмов в лесах	Совершенствование существующего лесозащитного районирования в связи с прогнозируемым увеличением частоты вспышек массового размножения вредных организмов в лесах.	Упреждающая/стратегическая /рассредоточенная
	Совершенствование системы государственного лесопатологического мониторинга с целью с целью раннего обнаружения вспышек массового размножения вредных организмов в лесах.	Упреждающая/стратегическая /рассредоточенная
	Совершенствование мер по предупреждению распространения вредных организмов (включая корректировку объемов санитарно-оздоровительных мероприятий в лесах), а также ликвидации очагов вредных организмов в лесах.	Ситуативная/стратегическая/ локализованная
Увеличение частоты проявления последствий экстремальных погодных явлений в лесах	Корректировка длительности цикла лесовыращивания с целью минимизации рисков ветровала и бурелома в лесах.	Упреждающая/стратегическая /рассредоточенная
	Применение технологий заготовки древесины, обеспечивающих минимизацию рисков ветровала и бурелома в лесах, в том числе снижение доли сплошных рубок.	Ситуативная/стратегическая/ локализованная
	Формирование разновозрастных смешанных и многоярусных насаждений.	Ситуативная/стратегическая/ локализованная

Осуществление комплекса адаптационных мер в соответствии с их типом и приоритетностью позволит:

- оптимизировать структуру лесов с учетом вероятных изменений климата, сохранив их продуктивность;
- повысить устойчивость к насекомым-вредителям, особенно к тем, которые могут формировать очаги массового размножения;
- сохранить и приумножить ресурсы побочного пользования;
- снизить пожароопасность в лесах;
- снизить потери от экстремальных погодных явлений;

- сократить эмиссии углекислого газа в атмосферу.

Уменьшение уязвимости и подверженности является основной целью программ адаптивного управления. Однако, эффективной разработке и применению адаптивных стратегий в лесном секторе препятствует рассогласованность экономических интересов субъектов лесных отношений. Для построения адекватного адаптационного потенциала, который бы обеспечивал превентивное управление процессами антропогенного изменения климата, необходимы значительные финансовые, технологические, организационные ресурсы.

Разработка сценариев адаптации системы ведения лесного хозяйства в управляемых лесах Северо-Запада европейской части России в связи с глобальным изменением климата, а также в других лесорастительных зонах с учетом научных исследований, выполненных соисполнителями

Лесной сектор экономики характеризуется крайней степенью подверженности к прямому воздействию климатических и метеорологических факторов. Изменяющиеся климатические условия являются основой рассогласования межвидовых взаимодействий в экосистемах, изменений в продуктивности лесных экосистем, смещения границ лесорастительных зон.

Кроме того, на степень подверженности лесного сектора климатическим изменениям оказывает влияние множество факторов, среди которых можно выделить экономические, социальные, политические, технологические.

Анализ подобного комплекса неклиматических факторов позволяет оценить источники возникновения рисков нестабильности указанного сектора экономики, способствовать укреплению потенциала для осуществления мер по смягчению и адаптации.

Уязвимость лесного сектора экономики, в конечном счете, может быть определена через степень подверженности экономической системы с учетом комплекса неклиматических факторов и имеющихся потенциалов по смягчению и адаптации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно полученным результатам, лесное хозяйство, как отрасль, использующая природно-ресурсный потенциал, характеризуется крайней степенью подверженности прямому воздействию климатических и антропогенных факторов. Меняющиеся климатические условия являются основой рассогласования межвидовых экосистемных взаимодействий, вызывающих изменения в биологическом разнообразии и продуктивности лесных сообществ, смещение границ лесорастительных зон, сдвиги фенологических ритмов.

Оценка наиболее вероятных изменений в лесном покрове, требующих применения адаптационных мер разной степени заблаговременности, была сделана на основе анализа результатов исследований, проведённых на территории 24 субъектов Российской Федерации, выбранных по признаку природного районирования лесорастительных зон.

На основе анализа массива данных, взятых из открытых источников и полученных лично автором, выполнен ретроспективный анализ динамики выделенных критериев за два 30-летних периода: период климатической нормы (по ВМО) 1961-1990 гг. и 1991-2018 гг., а также по десятилетиям по данным метеостанций 24-х регионов (субъектов) РФ. Эмпирико-статистический анализ материалов позволил выявить эколого-лесоводственные закономерности развития лесных экосистем в условиях климатической нестабильности:

- увеличивается частота нарушений экосистем вследствие пожаров (достоверно для 32,2% от числа обследованных комплексов лесных экосистем);
- наблюдающийся линейный тренд повышения средних годовых аномалий температур при сохраняющихся суммах выпадающих осадков является одним из критических факторов, способствующих нарастанию численности целого ряда опасных для леса видов вредных насекомых и болезней;
- изменяется ареал распространения лесов (достоверно для 70,3% от числа обследованных комплексов лесных экосистем), наблюдается увеличение покрытой

лесом площади в лесном фонде региональных экосистем Северо-Запада, снижение лесистости экосистем центральных и южных регионов РФ;

- изменяется породный состав – увеличение доли лиственных насаждений в лесных экосистемах Северо-Запада и Сибири;

- изменяется чистая первичная продукция лесов (достоверно для 45,3% от числа обследованных комплексов лесных экосистем), на Северо-Западе средний прирост древесины 1,35 м³/га в год.

Текущее изменение климата, проявляющееся во всех компонентах климатической системы, в том числе, в изменениях гидрологического режима, повышении средней температуры воздуха у поверхности Земли, экстремальных явлениях, приводит к увеличению площадей гибели лесов от неблагоприятных погодных условий. При этом болезни и дендрофаги приобретают наибольшую вредоносность, когда лес ослаблен неблагоприятными экстремальными условиями погоды. Это приводит к возникновению циклической зависимости: леса, ослабленные болезнями и насекомыми, становятся неустойчивы к воздействию экстремальных погодных условий.

Наиболее очевидной реакцией лесных экосистем на изменение климата является смещение ареала распространения. В субъектах Северо-Западного федерального округа наблюдается продвижение древесных пород на север (Архангельская область, Ленинградская область, Республика Карелия, Республика Коми). В Центральном Черноземье установлено движение ареала древесных пород на юг и зарастание степных участков.

Не менее важной реакцией на изменение климата со стороны лесных экосистем является изменение породного состава. На пробных площадях Новгородской и Воронежской областей в ходе натурных экспериментов достоверно доказано усиление аридности и сокращение площади дубовых насаждений на 5-25%. Основной породой, сменяющей дуб, в центральной лесостепи становится сосна, хорошие показатели роста демонстрируют засухоустойчивые древесные породы из семейства бобовых. Из числа изученных

индикаторов состояния лесных экосистем наиболее динамичной является продуктивность. Наибольшее количество значимых связей с климатическими факторами по исследуемым регионам дала площадь спелых и перестойных древостоев. В большей степени она коррелирует со средней температурой воздуха и его относительной влажностью. Однако, этот показатель также является следствием проводимых мероприятий в лесах и интенсивностью лесохозяйственного производства. В значительной части регионов страны запас возрастает и находится в прямой связи со средней температурой воздуха и обратной – с его относительной влажностью. В целом по ряду характеристик получены высокие корреляционные связи и описаны регрессионные зависимости между воздействием климатических факторов и состоянием лесных экосистем исследуемых регионов.

На основе анализа результатов обработки массивов данных, полученных при проведении исследований на территории 24 модельных регионов, разработан методический подход к оценке адаптационных возможностей лесных экосистем, формируемых под влиянием абиотических факторов. Его отличительными признаками являются комплексность оценки адаптационного потенциала лесных сообществ на основе определения двух ключевых индексов: 1) индекса динамики абиотических факторов (климатических условий), характеризующего условия потенциальной адаптации лесных экосистем и 2) индекса уязвимости лесных экосистем к изменяющемуся влиянию абиотических и биотических (в первую очередь – антропогенных) факторов. Каждый из двух индексов адаптивности декомпозируется на шесть критериев, отражающих, соответственно, региональное проявление динамики климатических факторов (первый индекс) и способность региональных лесных экосистем изменяться (адаптироваться) под влиянием изменяющихся абиотических и биотических факторов (второй индекс). В рамках разработанного подхода выделена группа ключевых критериев, характеризующих адаптационный потенциал региональных лесных экосистем, в целях оценки возможностей лесных экосистем адаптироваться к изменениям климата. Для

идентификации состояния лесной экосистемы предложена матрица позиционирования адаптационного потенциала отдельно взятого регионального комплекса лесных экосистем, с выделением локальных зон состояния – зеленой, желтой, красной. Использование методического подхода позволило оценить и сопоставить ретроспективное и текущее состояние комплексов лесных экосистем регионов по 24-м субъектам, 7-и Федеральным округам и проследить траектории его изменения с шагом в десять лет.

Сформирована оценочная шкала и выполнена оценка адаптационного потенциала лесов в разрезе укрупнённых региональных групп. Определено, что лесные сообщества в разрезе укрупнённых региональных групп в различных регионах и федеральных округах РФ обладают различным адаптационным потенциалом. Они характеризуются как, а) стабильные, б) нестабильные, в) деградирующие и, соответственно, могут быть сгруппированы по данному интеграционному признаку. Выполнена дифференциация региональных лесных экосистем РФ с выделением стабильных, нестабильных и деградирующих комплексов лесных экосистем. Для всех объектов исследования установлена динамика или отсутствие таковой за исследуемый период в 10-летнем интервале. Выявлены негативные тенденции в лесных экосистемах Северо-Запада и Центральной части РФ, что подтверждено смещением позиций в оценке состояния лесных экосистем от стабильной к нестабильной и деградирующей. Высокие темпы роста деструктивных процессов в лесных экосистемах имеют место, как в северных зонах страны, так и в зонах переходов от одних лесорастительных условий к другим. В ряде региональных систем влияние климатических изменений успешно компенсируется лесохозяйственными мероприятиями, что приводит к стабилизации состояния лесных экосистем.

Стабильный адаптационный потенциал в 60-летней динамике имеют комплексы лесных экосистем Республики Карелия, Приморского края, Нижегородской, Новгородской, Мурманской, Амурской областей, что составляет 29% модельных регионов.

Нестабильный адаптационный потенциал имеют 38% комплексов лесных экосистем модельных регионов (Республика Коми, Брянская, Ростовская, Омская области, Забайкальский и Алтайский края), который проявляется в высоком динамизме и изменчивости под внешним воздействием параметров своего функционирования, в том числе уровня продуктивности.

Для комплексов лесных экосистем Архангельской, Ленинградской, Воронежской, Тюменской, Иркутской областей, Ханты-Мансийского автономного округа, Хабаровского края деградирующий характер развития, отличительной характеристикой которого является утраченный адаптационный потенциал.

На основе компаративного анализа установлено, что содержание и природа устойчивости лесных сообществ, обусловленная климатическими изменениями, возрастанием антропогенной нагрузки, а также реакция комплексов лесных экосистем РФ на изменение абиотических факторов значительно различаются по регионам и Федеральным округам РФ. В некоторых субъектах происходят разнонаправленные изменения, что вызывает необходимость дифференцированного подхода к комплексу управленческих решений и лесохозяйственных мер при выборе стратегии лесоуправления. Соотношение мер по смягчению и адаптации в лесном секторе должно основываться на научных оценках уязвимости, выгод и потерь от предполагаемых климатических изменений с учетом природно-географических, экономических, социальных и иных особенностей. Климатическая нестабильность катализирует общие процессы деградации в прошлом устойчивых и исчезновения маргинальных лесов в южной и типичной лесостепи.

Изучены изменчивость таксационных показателей деревьев и закономерности распределения деревьев по таксационным признакам в различных зонально-региональных условиях. Для зоны лесостепи характерно усыхание древостоев, что коррелирует с уменьшением количества осадков и ростом температур.

Подавляющее большинство лесных экосистем Воронежской области (зона лесостепи) чувствительны к климатическим изменениям и не обладают достаточно развитыми механизмами экогенетических сукцессий, отражающими их уязвимость; достоверно доказано усиление аридности и сокращение площади дубовых насаждений на 5-25%. Выявлены причины ослабленного состояния деревьев на пробных площадях по дубу и сопутствующим породам – хозяйственная деятельность и изменение гидрологического режима.

В этих экосистемах наблюдается изменение породного состава – до 50% замена твердолиственных пород мягколиственными. Для этих лесных экосистем отмечено существенное снижение адаптационного потенциала до минимальных значений за 60-летний период наблюдений.

В отношении еловых и широколиственно-еловых лесов Новгородской области, в условиях хорошей влагообеспеченности, предикторы адаптационного потенциала имеют стабильные значения, демонстрируя положительную корреляцию с осадками и температурой. Установлена высокая способность к адаптации лесов практически по всем ключевым факторам уязвимости.

В результате реализации авторского подхода к оценке динамики абиотических факторов, определяющих адаптационный потенциал лесных экосистем РФ, выделено девять групп региональных кластеров, различающихся уровнем адаптационного потенциала, требующих различных управленческих решений и лесохозяйственных мер. Модернизирован применительно к лесным экосистемам математический аппарат кластеризации и предложен алгоритм метода кластеризации лесных экосистем для разбиения регионов России на кластеры. Выполнена кластеризация региональных лесных экосистем 24 субъектов РФ, установлены общности регионов по ключевым признакам. На основании изучения и кластеризации регионов РФ по уровням адаптационного потенциала (реакции на воздействие абиотических факторов) возможно: а) прогнозирование будущих сценариев изменений с более высокой долей вероятности, б) дифференциация управленческих решений и лесохозяйственных мер по укрупнённым

территориальным объектам, включающим различные субъекты РФ, для поддержания и усиления адаптационного потенциала лесных экосистем.

Построены экономико-математические модели развития лесных экосистем при ключевых изменениях абиотических факторов и сформированы прогнозные значения ущерба лесному хозяйству федеральных округов. Построенные модели, после их проверки по F-критерию Фишера, в целом адекватны, и все коэффициенты регрессии значимы. Такие модели могут быть использованы для принятия управленческих решений и построения прогнозов.

Сформированы меры адаптации лесных экосистем к климатическим изменениям в разрезе трех сценариев: во-первых, ведение лесного хозяйства с элементами реактивной адаптации к климатическим изменениям (для устойчиво-адаптированных лесных экосистем), во-вторых, реализация стратегии адаптации лесного хозяйства к изменениям климата (для умеренно-адаптированных лесных экосистем), в-третьих, ведение лесного хозяйства в условиях жесткого воздействия климатических изменений (для неустойчивых лесных экосистем). Наиболее существенные последствия изменения климата для лесных экосистем:

- увеличение площадей лесных земель, пройденных пожарами;
- повышение вероятности массовых размножений вредителей леса из-за общего ослабления устойчивости большинства древесных видов в сочетании с улучшением условий для размножения хвоелистогрызущих насекомых и вторичных вредителей, включая рост площади лесных насаждений, погибших от насекомых и болезней леса;
- изменение структуры (состава и характера взаимоотношений между видами) древостоев в связи с изменением устойчивости и сдвигом ареалов основных лесобразующих пород;
- активное зарастание болот древесно-кустарниковой растительностью вследствие общего снижения уровня грунтовых вод и повышения интенсивности испарения с поверхности болот и их водосборных площадей;

- снижение текущего прироста древостоев в условиях все более частых засух в вегетационный период и ухудшения водообеспеченности начала вегетации.

На основании результатов исследований, оценки уровней адаптационного потенциала лесных экосистем, анализа различных сценариев динамики состояния лесных экосистем РФ и разработаны дифференцированные комплексы управленческих решений и лесохозяйственных мер для поддержания и усиления адаптационного потенциала лесных экосистем РФ. С целью сохранения и повышения продуктивности лесов в качестве адаптационных мер предложено управление естественным возобновлением, искусственное создание лесов в виде лесных культур и посадка высокопродуктивных древесных пород (сосна, дуб, создание смешанных, сложных по структуре древостоев).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Абаимов А.П. Мерзлотное лесоводство / А.П. Абаимов, П.М. Матвеев. – Красноярск, 2002. – 87 с.

Акатов В.П. Изменение верхней границы распространения древесных видов растений на Западном Кавказе (бассейн р. Белой) в связи с современным потеплением климата / В.П. Акатов // Экология. – 2009. – № 1. – С. 37-43.

Акофф Р. О целеустремленных системах / Р. Акофф, Ф. Эмери. – М.: Советское радио, 1974. – 272 с.

Алексеев А.С. Мониторинг лесных экосистем / А.С. Алексеев. – СПб. : ЛТА, 1997. – 116 с.

Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В.А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51-57.

Алексеев В.М. Реакция лесов на изменение климата / В.М. Алексеев, А.В. Константинов, Д.С. Бурцев // Инновации и технологии в лесном хозяйстве – 2013 : материалы III международной научно-практической конференции, 22-24 мая 2013 г. – СПб. : СПбНИИЛХ, 2013. – С. 26-33.

Алексеев Г.В. Проявление и усиление глобального потепления в Арктике / Г.В. Алексеев // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2015. – № 1. – С. 11-26.

Астафьев С.А. О роли планирования в антикризисном управлении лесопромышленными предприятиями / С.А. Астафьев // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2003. – № 2. – С. 17-20.

Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. – М. : Изд-во Российской академии наук, 1997. – 392 с.

Афифи А. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ : пер. с англ. / А. Афифи, С. Эйзен. – М. : Мир, 1982. – 488 с.

Бардин М.Ю. Изменения порогов экстремальных значений температур и осадков на территории России в период глобального потепления / М.Ю. Бардин,

Т.В. Платова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2013. – № 25. – С. 71-93.

Бардин М.Ю. Изменчивость температуры воздуха над западными территориями России и странами ближнего зарубежья в 20 веке / М.Ю. Бардин // Метеорология и гидрология. – 2002. – № 8. – С. 5-23.

Бардин М.Ю. Основные структуры наблюдаемых изменений климата России и их факторы / М.Ю. Бардин // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2008. – № 1. – С. 38-44.

Бардин М.Ю. Особенности наблюдаемых изменений климата на территории Северной Евразии по данным регулярного мониторинга и возможные их факторы / М.Ю. Бардин, Т.В. Платова, О.Ф. Самохина // Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2015. – № 358. – С. 13-35.

Бардин М.Ю. Сценарные прогнозы изменения температуры воздуха для регионов РФ до 2030 г. с использованием эмпирических стохастических моделей климата / М.Ю. Бардин // Метеорология и гидрология. – 2011. – № 4. – С. 5-21.

Бекряев Р.В. Изменения потоков нисходящей длинноволновой радиации и эффективного излучения подстилающей поверхности в высоких широтах / Р.В. Бекряев // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2015. – № 1. – С. 27-48.

Биоклиматический потенциал России: теория и практика / А.В. Гордеев [и др.]. – М. : КМК, 2006. – 512 с.

Блоков И.П. Ситуация с лесными пожарами в России / И.П. Блоков. – М. : Гринпис, 2010. – 23 с.

Богаткин О.Г. Основы метеорологии / О.Г. Богаткин, Г.Г. Тараканов. – СПб :Изд-во РГГМУ, 2006. – 232 с.

Бриллинджер Д. Временные ряды. Обработка данных и теория: пер. с англ. / Д. Бриллинджер. – М. : Мир, 1980. – 536 с.

Брюханов А. Экологическая оценка состояния лесов в Сибири : тревожные итоги / А. Брюханов // Устойчивое лесопользование. – 2009. – № 2 (21). – С. 21-31.

Булыгина О.Н. Критерии экстремальности климатических явлений в температурном режиме и режиме осадков на территории России / О.Н. Булыгина, В.Н. Коршунова, Н.Н. Разуваев // Анализ изменений климата и их последствий. – Тр. ВНИИГМИ-МЦД, 2007. – Вып. 173. – С. 38-53.

Булыгина О.Н. Описание массива данных характеристики снежного покрова на метеорологических станциях России и бывшего СССР / О.Н. Булыгина, В.Н. Разуваев, Т.М. Александрова // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621201. – URL : <http://meteo.ru/data/165-snow-cover#описание-массива-данных> (Дата обращения: 07.08.2019).

Бурданова М.В. Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов / М.В. Бурданова // Проблемы современной экономики. – 2018. – № 1 (65). – С. 109-112.

Бутенин Н.В. Теория колебаний / Н.В. Бутенин. – М. : Высшая школа, 1963. – 188 с.

Вальтер Г. Растительность Земного Шара. Эколого-физиологическая характеристика / Г. Вальтер. – 1974. – Т. II. Леса умеренной зоны. – М. : Прогресс, 1974. – 423 с.

Вариации гидротермического режима в Черноземье за последние 30 лет на фоне глобального изменения климата / Е.П. Новикова, Г.Н. Григорьев, И.Ю. Вагурин // Научные ведомости Белгородского гос. ун-та. Серия: Естественные науки. – 2017. – Т. 39. – № 11 (260). – С. 105-113.

Велисов Е.Н. Региональные изменения климата в условиях глобального потепления / Е.Н. Велисов // Гидрометеорология и экология. – 2008. – №1 (48). – С. 7-19.

Виноградова В.В. Биоклиматические индексы в оценке воздействия современного потепления климата на условия жизни населения России /

В.В. Виноградова // Известия РАН. Серия географическая. – 2009. – № 3. – С. 82-89.

Виноградова В.В. Возможные изменения природных условий жизни населения на территории России в середине XXI века / В.В. Виноградова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2011. – Т. 24. – С. 333-444.

Владимиров В.А. Проблема глобального изменения климата как природная опасность / В.А. Владимиров, Ю.И. Чураков // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – Т.7. – № 2 (7). – С. 506-519.

Влияние изменений климата на формирование поколений ели сибирской в подгольцовых древостоях Южного Урала / П.А. Моисеева [и др.] // Экология. – 2004. – №3. – С. 1-9.

Воейков А.И. Снежный покров, его влияние на почву, климат, погоду и способы исследования / А.И. Воейков // Записки РГО по общей географии. – СПб., 1889. – Т. 18. – № 2. – 212 с.

Воронков Н.А. Основы общей экологии: Учебник для студентов высших учебных заведений. Пособие для учителей / Н.А. Воронков. – М. : Агар, 1999. – 96 с.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – М. : Росгидромет, 2014. – 59 с.

Высоцкий Г.Н. Избранные труды / Г.Н. Высоцкий. – М. : Сельхозгиз, 1960. – 435 с.

Высоцкий Г.Н. О лесоохранных основах / Г.Н. Высоцкий // Лесной журнал. – 1906. – Вып. 8. – С. 886-894.

Высоцкий Г.Н. Учение о влиянии леса на изменение среды его произрастания и на окружающее пространство : 2-е изд. / Г.Н. Высоцкий. – М.; Л. : Гослесбуиздат, 1950. – Ч. 3. – 104 с.

Вятчин Д.А. Нечёткие методы автоматической классификации / Д.А. Вятчин. – Минск : Технопринт, 2004. – 219 с.

Галюжин С.Д. Проблемы изменения климата / С.Д. Галюжин, О.М. Лобикова // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2010. – № 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-izmeneniya-klimata> (дата обращения: 04.05.2020).

Гиряев М. Д. Состояние и проблемы лесовосстановления в Российской Федерации // Лесохозяйственная информация. – 2003. – № 3. – С. 10-13.

Гитис Л.Х. Кластерный анализ в задачах классификации, оптимизации и прогнозирования / Л.Х. Гитис. – М. : МГТУ, 2001. – 104 с.

Глобальное изменение климата и его последствия / Л.В. Бондаренко [и др.] // Вестник РЭА им. Г.В. Плеханова. – 2018. – №2 (98). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnoe-izmenenie-klimata-i-ego-posledstviya> (дата обращения: 04.05.2020).

Глобальные изменения климата и баланс углерода в лесных экосистемах бореальной зоны: имитационное моделирование как инструмент прогноза / В.Н. Шанин [и др.] // Известия РАН. Серия биологическая. – 2010. – № 6. – С. 719-730.

Голубятников Л.Л. Влияние климатических изменений на растительный покров Европейской России / Л.Л. Голубятников, Е.А. Денисенко // Известия РАН. Серия географическая. – 2009. – № 2. – С. 57-68.

Голубятников Л.Л. Модельные оценки влияния изменений климата на ареалы зональной растительности равнинных территорий России / Л.Л. Голубятников, Е.А. Денисенко // Известия РАН. Серия Биологическая. – 2007. – № 2. – С. 212-228.

Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2012 году» (Электронный ресурс). – URL : <https://water-rf.ru/water/gosdoc/124.html> (Дата обращения: 16.09.2019).

Григорьев А.А. Динамика верхней границы растительности в высокогорьях Приполярного Урала под влиянием климата / А.А. Григорьев, П.А. Моисеев, З.Я. Нагимов // Экология. – 2013. – № 4. – С. 284-295.

Грищенко И.В. Опасные явления погоды как фактор природных рисков на территории Архангельской области / И.В. Грищенко // Географический вестник. – 2009. – №1(9). – С.17-19.

Груза Г.В. О неопределенности некоторых сценарных климатических прогнозов температуры воздуха и осадков на территории России / Г.В. Груза // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 10. – С. 5-23.

Губенков А.Н. Математическое моделирование глобальных процессов разрешение парадокса альbedo и глобального потепления / А.Н. Губенков, О.С. Федорова // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2014. – Т. 3. – № 1 (76). – С. 7-15.

Гусев В.Г. Физико-математические модели распространения пожаров и противопожарные барьеры в сосновых лесах / В.Г. Гусев. – СПб. : ФГУ «СПбНИИЛХ», 2005. – 199 с.

Данченко А.М. Оценка типологического разнообразия лесных экосистем на основе данных таксации и ландшафтно-типологического анализа модельных территорий / А.М. Данченко, И.А. Бех // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2009. – № 2(6). – С. 70-74.

Дарвин Ч.Р. Происхождение видов путём естественного отбора или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь / Ч.Р. Дарвин. – 1859, на русском языке. – 1952. – 122 с.

Демаков Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем: методологические и методические аспекты / Ю.П. Демаков. – Йошкар-Ола, 2000. – 416 с.

Демиденко Е.З. Оптимизация и регрессия / Е.З. Демиденко. – М. : Наука, 1989. – 292 с.

Демирчян К.С. Глобальный круговорот углерода и климат / К.С. Демирчян, К.Я. Кондратьев // Известия РГО. – 2004. – Т. 136. – Вып. 1. – С.16-2.

Джансеитов К.К. Конкуренция и периодичность процесса естественного изреживания леса / К.К. Джансеитов, В.В. Кузьмичев, Ю.В. Кибардин // Лесоведение. – 1976. – № 4. – С. 3-8.

Динамика плотности популяций короедов (Coleoptera, Scolytidae) в древостоях, ослабленных природными и антропогенными факторами. / О.А. Катаев [и др.] // Чтения памяти А.Н. Холодковского. – СПб : Изд-во Лесотехнической академии, 2001. – Вып. 54. – 82 с.

Добрынин А.П. Влияние рекреации на древостой дуба монгольского // Лесоведение. – 1986. – № 3. – С. 66-70.

Доклад о состоянии защиты населения и территорий Сибирского федерального округа от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, 2008 г. (Электронный ресурс). – URL : <http://www.mchs.gov.ru/siberian> (Дата обращения: 05.06.2019).

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. – Москва, 2019. – 79 с.

Доклад Первой рабочей группы Пятого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов (2012) (Электронный ресурс). – URL:www.ipcc.ch. (Дата обращения: 15.09.2019)

Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ: пер. с англ. / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М. : Статистика, 1973. – 392 с.

Дроздов В.В. Многолетние тенденции изменения температуры воздуха в промышленно-хозяйственных центрах Северо-Западного и Центрального Федеральных округов России и их причины / В.В. Дроздов, А.В. Косенко // Экология России и промышленность. – 2017. – Т. 21. – № 3. – С. 56-63.

Дэви Н.М. Изменение экотона верхней границы леса в горах Полярного Урала в XX веке / Н.М. Дэви, В.С. Мазепа // Новые методы в дендрэкологии:

Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, Иркутск, 10-13 сент., 2007. – Иркутск. – 2007. – С. 178-180.

Дюран Б. Кластерный анализ: пер. с англ. / Б. Дюран, П. Одел. – М. : Статистика, 1977. – 127 с.

Журбенко И.Г. Спектральный анализ временных рядов / И.Г. Журбенко. – М. : МГУ, 1982. – 168 с.

Замолодчиков В.Г. Естественная и антропогенная концепции современного потепления климата / В.Г. Замолодчиков // Вестник Российской Академии наук. – 2013. – Т. 83. – № 3. – С. 227-235.

Замолодчиков Д. Влияние изменений климата на леса России: зафиксированные воздействия и прогнозные оценки / Д. Замолодчиков, Г. Краев // Устойчивое лесопользование. – 2016. – № 4 (48). – С. 23-31.

Замолодчиков Д. Леса и климат – вчера, сегодня, завтра / Д. Замолодчикова // Живой лес. – 2011 а. – № 3. – С. 16-22.

Замолодчиков Д.Г. Системы оценки и прогнозов запаса углерода в лесных экосистемах / Д.Г. Замолодчиков // Устойчивое лесопользование. – 2011 б. – № 4 (29). – С. 15-22.

Золина О.Г. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России / О.Г. Золина, О.Н. Булыгина // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2016. – Т. 1. – С. 84-103.

Золотокрылин А.Н. Динамика засух в Европейской России в ситуации глобального потепления / А.Н. Золотокрылин, В.В. Виноградова, Е.А. Черенкова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2007. – Т. XXI. – С. 160-182.

Золотокрылин А.Н. Засухи и опустынивание в суббореальных ландшафтах России / А.Н. Золотокрылин // Известия РАН. Серия Географическая. – 2013. – № 5. – С. 64-73.

Иваненко Б.И. Методика лесорастительного районирования / Б.И. Иваненко. – Москва, 1960. – 14 с.

Ивонин В.М. Рекреационная нагрузка и механическая эрозия на горных склонах в лесах Колхиды / В.М. Ивонин, И.В. Воскобойников // Известия ВУЗов. Лесной журнал. – 2017. – №1 (355). – С. 64-72.

Изменение Климата, 2007 : Обобщающий доклад / Р.К. Пачаури, [и др.]. – Женева : МГЭИК, 2007. – 104 с.

Изменение Климата, 2007: Последствия, адаптация и уязвимость / М. Парри [и др.]. – Женева : МГЭИК, 2007. – 105 с.

Изменения древостоев в изолированных лесных островах на востоке Большеземельской тундры за последние 100 лет в условиях меняющегося климата / И.Н. Болотов [и др.] // Известия вузов. Лесной журнал. – 2012. – № 5. – С. 30-37.

Изместьев А.А. Институциональные возможности повышения прозрачности и эффективности санитарных рубок лесхозов в рамках действующего законодательства / А.А. Изместьева // Управленец. – 2015. – № 4 (56). – С. 4-8.

Изместьев А.А. Непрерывно-производительный лес как эталонная модель системной организации воспроизводства в лесном хозяйстве / А.А. Изместьев // Лесной вестник. – 2018. – Т. 22. – № 6. – С. 5-13.

Израэль Ю.А. Предел предсказуемости и стратегический прогноз изменений климата / Ю.А. Израэль, Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2009. – Т. 22. – С. 7-26.

Израэль Ю.А. Эволюция криолитозоны при современных изменениях глобального климата / Ю.А. Израэль, А.В. Павлова, Ю.В. Анохин // Метеорология и гидрология. – 2002. – № 1. – С. 32-34.

Инновации и технологии в лесном хозяйстве / Материалы III Международной научно-практической конференции, 22-24 мая 2013г. – Санкт-Петербург :ФБУ «СПбНИИЛХ». – Ч. 1. – 309 с.

Интенсификация лесопользования и совершенствование лесозаготовок на Северо-Западе России / Т. Карьялайнен [и др.] (Электронный ресурс). – URL :

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp134.pdf> (Дата обращения: 18.10.2019).

Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А.Г. Исаченко. – М. : Высшая школа, 1991. – 366 с.

Исаченко Г.А. Экологическая география Северо-Запада России. В 3 ч. / Г.А. Исаченко. Ч. 2. – СПб. : РГО, 1995. – 206 с.

Истомин А.В. Влияние изменений климата и природных катастрофических явлений на биосистемы мелких млекопитающих / А.В. Истомин // Запад России и ближнее зарубежье: устойчивость социально-культурных и эколого-хозяйственных систем социально-экономического развития: Материалы межрегиональной общественно-научной конференции с международным участием. – Псков, 2005. – С. 91-98.

Истомин А.В. Некоторые реакции биоты на изменение климата в лесных ландшафтах Каспийско-Балтийского водораздела / А.В. Истомин // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2009. – №7. – С. 15-22.

Исяньюлова Р.Р. Динамики таксономического состава и спектра жизненных форм флоры лесопарка им. Лесоводов Башкортостана в условиях изменения климата // Р.Р. Исяньюлова, Л.М. Ишбирдина, А.К. Габделхаков / Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг : междунар. сбор. науч. статей. – 2019. – С. 54-62.

Капралов Д.С. Изменения в составе, структуре и высотном положении мелколесий на верхнем пределе их произрастания в горах Северного Урала / Д.С. Капралов, С.Г. Шиятов, П.А. Моисеев // Экология. – 2006. – № 6. – С. 403-409.

Карелин Д.В. Углеродный обмен в криогенных экосистемах / Д.В. Карелин, Д.Г. Замолотчиков. – М. : Наука. – 2008. – 344 с.

Кароль И.Л. Оценка ущерба «здоровью» атмосферы / И.Л. Кароль, А.А. Киселев // Природа. – 2003. – № 6. – С.25-30.

Кархова С.А. Исследование структуры экспорта лесной продукции из Иркутской области / С.А. Кархова // *Фундаментальные исследования*. – 2018. – № 6. – С. 127-132.

Кастенки – палеонтологический центр мира / М. Аникович (Электронный ресурс). – URL: <https://www.rulit.me/books/znanie-sila-2007-read-469805-25.html> (Дата обращения: 11.06.2020).

Катцов В.М. Сравнительный анализ моделей общей циркуляции атмосферы и океана, предназначенных для оценки будущих изменений климата / В.М. Катцов, В.П. Мелешко // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. – 2004. – Т.40. – № 6. – С. 647-658.

Кашкаров Е.П. Глобальное потепление климата: ритмическая основа прогноза и ее практическое значение в охране лесов Северного полушария / Е.П. Кашкаров, О.А. Поморцев // *Хвойные бореальной зоны*. – 2007. – Т. 24. – № 2-3. – С. 207-216.

Кендалл М. Многомерный статистический анализ и временные ряды: пер. с англ. / М. Кендалл, А. Стьюрт. – М. : Мир, 1976. – 736 с.

Киреев Д.М. Лесное ландшафтоведение / Д.М. Киреев. – СПб. : СПб гос. Лесотехническая академия, 2007. – 540 с.

Кислов А.В. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления климата XXI века / А.В. Кислов [и др.]. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 292 с.

Клевцова В.В. Оценка воздействия экзогенных факторов ослабления на лесные экосистемы воронежской области / В.В. Клевцова, В.А. Сиволапов, Н.Н. Харченко // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. – 2020. – Т. 8. – № 3 (50). – С. 300-306.

Климат России в XXI веке. Часть 1. Новые свидетельства антропогенного изменения климата и современные возможности его расчета / В.П. Мелешко [и др.] // *Метеорология и гидрология*. – 2008. – № 6. – С. 5-19.

Климат России в XXI веке. Часть 3. Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана СМIP3 / В.П. Мелешко [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 9. – С. 5-21.

Климатическая доктрина Российской Федерации (утверждена Президентом Российской Федерации Д.А. Медведевым 17.12.2009 г.) // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2009. – № 6. – С. 35-42.

Клишина Л.И. Особенности формирования очагов стволовых вредителей в Нижегородской области / Л.И. Клишина // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – С. 3-7.

Ключников М.В. Технология кластерного анализа финансовых показателей банков / М.В. Ключников // Прикладная информатика. – 2006. – № 1. – С. 41-50.

Кобак К.И. Влияние изменений климата на природную зональность и экосистемы России / К.И. Кобак, Н.Ю. Кондрашева, И.Е. Турчинович // Изменения климата и их последствия. – Спб. : Наука, 2002. – С. 205-210.

Кожевников П.П. Лесорастительные районы водоохраной зоны / П.П. Кожевников, М.А. Ефимова. – Вып. 6. – Пушкино, Издание «ВНИИЛХ», 1939. – 75 с.

Кокорин А.О. Изменение климата / А.О. Кокорин, Е.В. Смирнова, Д.Г. Замолотчиков. – М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. – 220 с.

Кокорин А.О. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК / А.О. Кокорин. – М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. – 80 с.

Колесников Б.П. Геоботаническое районирование Дальнего Востока и закономерности размещения его растительных ресурсов / Б.П. Колесников // Вопросы географии Дальнего Востока. – Хабаровск, 1963. – Сб. 6. – С. 158-182.

Коломыц Э.Г. Лесные экосистемы Самарской Луки в условиях предстоящего глобального потепления. Самарская Лука как модельная территория / Э.Г. Коломыц, Н.А. Сурова // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной

экологии. – 2010. – №3. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/lesnye-ekosistemy-samarskoy-luki-v-usloviyah-predstoyaschego-globalnogo-potepleniya-samarskaya-luka-kak-modelnaya-territoriya> (Дата обращения: 04.07.2020).

Коломыц Э.Г. Региональная модель глобальных изменений природной среды / Э.Г. Коломыц. – М. : Наука, 2003. – 371 с.

Комарова Е.П. Динамика возобновления площадей, пройденных лесными пожарами / Е.П. Комарова, С.В. Малюков // Актуальные направления научных исследований в XXI веке : теория и практика, 2014. – Т. 2. – № 5-3 (10-3). – С. 48-52.

Ковязин В.Ф. Модель продуктивности земель лесного фонда / В.Ф. Ковязин, Е.А. Лагутенко // Записки Горного института. 2011. – №. 189. – С. 224-227.

Коломаева О.Э. К вопросу о динамике живого напочвенного покрова в сосняке разнотравном Шарташского лесопарка г. Екатеринбурга / О.Э. Коломаева, Н.П. Бунькова // Леса России и хозяйство в них. – 2017. – № 2 (61). – С. 29-36.

Константинов А.В. Изучение и оценка динамики продуктивности лесов Российской Федерации в период с 1961 по 2011 год / А.В. Константинов, Д.С. Бурцев // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2013. – № 4. – С. 5-24.

Константинов А.В. Методология оценки уязвимого лесного сектора экономики в условиях изменения климата / А.В. Константинов // Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. – 2014. – № 3. – С. 73-77.

Константинов А.В. Программа для ЭВМ «Программа для кластерного анализа регионов на основе концепции адаптационного потенциала лесных экосистем» (правообладатель – ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова») / А.В. Константинов [и др.]. – Свид. № RU2020667774 от 29.12.2020 г.

Конституция Российской Федерации: принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г. (с изм. и доп. от 05.02.2014) // Собр. законодательства РФ. – 2014. – № 9. – Ст. 851.

Копанев И.Д. Снежный покров на территории СССР / И.Д. Копанев. – Л. : Гидрометеиздат, 1978. – 181 с.

Копенгагенское соглашение (Электронный ресурс). – URL:http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/application/pdf/cop15_cph_auv.pdf (Дата обращения: 15.10.2019)

Котляков В.М. О причинах и следствиях современных изменений климата / В.М. Котляков // Солнечно-земная физика. – 2012. – Вып. 21. – С. 110-114.

Котляков В.М. Снежный покров Земли и ледники / В.М. Котляков. – Л. : Гидрометеиздат. – 1968. – 479 с.

Краткая характеристика земель лесного фонда севера Восточной Европы (Электронный ресурс). – URL : <http://kniga.seluk.ru/k-biologiya/1276890-1-glava-racionalnoe-prirodopolzovanie-vedenie-lesnogo-hozyaystva-kratkaya-harakteristika-zemel-lesnogo-fonda-s.ph> (Дата обращения: 15.03.2019).

Кренке А.Н. Устойчивость залегания снежного покрова на территории Российской Федерации в связи с изменением климата / А.Н. Кренке, Е.А. Черенкова, М.М. Чернавская // Лед и снег. – 2012. – № 1 (117). – С. 29-97.

Крыжов В.Н. Связь средних месячной, сезонной и годовой температур воздуха на севере России с индексами зональной циркуляции зимой / В.Н. Крыжов // Метеорология и гидрология. – 2003. – № 2. – С. 15-28.

Крылов Г.В. Леса Сибири и Дальнего Востока, их лесорастительное районирование / Г.В. Крылов. – Москва ; Ленинград : Гослесбумиздат, 1960. – 156 с.

Кудеяров В.Н. Глобальные изменения климата и почвенный покров / В.Н. Кудеяров // Почвоведение. – 2009. – № 9. – С. 1027-1042.

Кудусов И.И. Глобальное потепление и изменение климата: реалии и влияние на человечество / И.И. Кудусов // Известия Чеченского государственного университета. – 2019. – № 3 (15). – С. 74-81.

Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных: Учебное пособие. 4-е издание, переработанное и дополненное / А.П. Кулаичев. – М. : Форум – Инфра-М, 2006. – 512 с.

Курлович Л.Е. Таксационный справочник по лесным ресурсам России (за исключением древесины) / Л.Е. Курлович, В.Н. Косицын. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2018. – 282 с.

Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР / С.Ф. Курнаев. – М. : Изд-во «Наука», 1973. – 202 с.

Кучеров С.Е. Влияние массовых размножений листогрызущих насекомых и климатических факторов на радиальный прирост древесных растений / С.Е. Кучеров. – Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. – Свердловск, 1988. – 22 с.

Кухта А.Е. Влияние температуры и осадков на годичный линейный прирост сосны обыкновенной на берегах Кандалакшского залива / А.Е. Кухта // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2009. – №1. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-temperatury-i-osadkov-na-godichnyu-lineynuu-prirost-sosny-obyknovennoy-na-beregah-kandalakshskogo-zaliva-1> (Дата обращения: 17.06.2020).

Кучеров И.Б. Лиственничные леса севера европейской России. I. Предтундровые и предгольцовые редколесья / И.Б. Кучеров, А.А. Зверев // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2009. – № 3 (11). – С. 81-108.

Лазуков Г.И. О связи между четвертичными оледенениями и трансгрессиями на севере Евразии / Г.И. Лазуков // Антропогенный период в Арктике и Субарктике. – М. : Недра, 1965. – С. 269-282.

Лебедева М.Г. Проявление современных климатических изменений в Белгородской области / М.Г. Лебедева, О.В. Крымская // Научные ведомости Белгородского гос. ун-та. Серия: Естественные науки. – 2008. – Т. 3. – № 6. – С. 188-196.

Леса и их многоцелевое использование на северо-западе европейской части таежной зоны России / Руководитель НИР и научный редактор А.Н. Громцев. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. – 190 с.

Лес и климат / В.Г.Замолодчиков [и др.]. – М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2015. – 40 с.

Лесное хозяйство СССР за 50 лет (1916-1967). Государственный комитет лесного хозяйства Совета Министров СССР. – М. : изд-во «Лесная промышленность», 1967. – 312 с.

Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 27.12.2018). – URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/a14f2aae0f025da86775940127b211d6684741db/ (Дата обращения: 12.09.2019)

Лесные ресурсы (Электронный ресурс). – URL:<https://www.lesonline.ru/n/39b4b> (Дата обращения: 12.09.2019)

Лиственница – символ сибирской тайги (Электронный ресурс). – URL :<https://www.ohotniki.ru/hunting/societys/societys/article/2014/05/07/420291-listvennitsa-simvol-sibirskoy-taygi.html> (Дата обращения 22.10.2019)

Лоскутов Э.Е. Изменение климата и предупреждение рисков катастроф / Э.Е. Лоскутов, С.А. Марков // Технологии гражданской безопасности. – 2012. – Т. 9. – № 4 (34). – С. 94-97.

Мазепа В.С. Изменение климата и динамика притундровых редколесий на полярном Урале в XX веке / В.С. Мазепа // Леса России и хозяйство в них. – 2014. – № 2 (49). – С. 53-57.

Майсак О.С. SWOT-анализ: объект, факторы, стратегии. Проблема поиска связей между факторами / О.С. Майсак // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 1 (21). – С. 151-157. – ISSN 2074-1707.

Максимов С.А. К теории динамики популяции непарного шелкопряда на Урале / С.А. Максимов, В.Н. Марущак // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 9 (88). – С. 13-16.

Малинин В.Н. О потеплении Арктики 20-40-х годов / В.Н. Малинин, П.А. Вайновский, Ю.В. Митина // Труды II Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология : достижения и перспективы развития». – Санкт-Петербург, 2018. – С. 442-446.

Малюков С.В. Пути предупреждения пожаров / С.В. Малюков, И.Н. Журавлев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – 2014. – Т. 2. – № 3-4 (8-4). – С. 98- 102. – DOI: 10.12737/4348

Мандель И.Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 176 с.

Марков Ю.Г. Экология и этика: ориентиры цивилизационных перемен / Ю.Г. Марков // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. – 2011. – № 96. – С. 1-255.

Маслов А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов / А.Д. Маслов. – М. : Всерос. НИИ лесн. механизации, 2010. – 138 с.

Матвеев С.М. Климатический сигнал в радиальном приросте сосновых древостоев модальных типов леса Воронежской области / С.М. Матвеев // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2017. – № 1. – С. 99-108. – URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (Дата обращения: 01.09.2019)

Матвеев С.М. Цикличность прироста сосновых древостоев Центральной лесостепи в 11-летнем цикле солнечной активности / С.М. Матвеев // Лесной журнал. – 2005. – № 1-2. – С. 15-22.

Матинян Н.Н. Экологический потенциал и антропогенная трансформация почв лесных экосистем русской равнины / Н.Н. Матинян // Отчет о НИР № 96-04-48967 (Российский фонд фундаментальных исследований). – 1996. – 148 с.

МГЭИК, 2013 г. : Резюме для политиков. Содержится в публикации Изменение климата, 2013 г.: Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению

климата / Т.Ф. Стоккер, Д. Цинь, Дж.-К. Платтнер, М. Тигнор, С.К. Аллен, Дж. Бошунг, А. Науэлс, Ю. Ся, В. Бекс и П.М. Мидглей (редакторы). – Кембридж Университи Пресс, Кембридж, Соединенное Королевство, и Нью-Йорк, США. – 153 с.

МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. – МГЭИК, Женева, Швейцария. – 163 стр.

Международная конференция «Влияние изменения климата на бореальные и умеренные леса». Россия, Екатеринбург, 5-10 июня 2006 г. / Е.Н. Муратова [и др.] // Лесоведение. – 2007. – № 1. – С. 74-76.

Меланхолин П.Н. Изменение видового разнообразия травяно-кустарничкового яруса при различных антропогенных нагрузках на лесные экосистемы / П.Н. Меланхолин // Лесоведение. – 2006. – № 6. – С. 52-58.

Мелешко В.П. Изменения гидрологического цикла в Северной Евразии, обусловленные потеплением климата / В.П. Мелешко // Вычислительные технологии. – 2006. – Т.11. – № 55. – С. 29-38.

Мелешко В.П. Какое влияние на гидрологический режим и вечную мерзлоту в Северной Евразии может оказать глобальное потепление климата на 2° С? / В.П. Мелешко, В.А. Говоркова, Т.В. Павлова // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2007. – № 556. – С. 29-40.

Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / ред. С.М. Семенов. – М. : НИЦ «Планета», 2012. – 512 с.

Мещерская А.В. Мониторинг толщины снежного покрова в основной зернопроизводящей зоне бывшего СССР за период инструментальных наблюдений / А.В. Мещерская, И.Г. Белянкина, М.П. Голод // Известия РАН. Серия Географическая. – 1995. – № 4. – С. 101-110.

Мильков Ф.Н. Физическая география СССР / Ф.Н. Мильков, Н.А. Гвоздецкий. – М. : Мысль, 1976. – 448с.

Минин А.А. Корреляционные связи некоторых фенологических явлений / А.А. Минин, С.М. Горбунов. – Известия РГО. – 1995. – Т. 127. – Вып. 1. – С. 5-15.

Миронов А.Г. Динамика лесных экосистем юга Средней Сибири в условиях изменяющегося климата и активации биотического воздействия: специальность 03.00.16 «Экология» : автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / А.Г. Миронов. – Красноярск, 2007. – 23 с.

Митрофан Кузьмич Турский: Материалы к биобиблиографии / сост.: В. К. Хлюстов, Н. В. Дунаева, И. Д. Моисеева. – М. : Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. – 75 с.

Моделирование эволюции ледяного покрова Мирового океана в XX и XXI веках / В.М. Катцов [и др.] // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 43. – № 2. – С. 165-181.

Мозолевская Е.Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е.Г. Мозолевская, О.А. Катаев, Э.С. Соколова. – М. : Лесн. пром-сть, 1984. – 152 с.

Моисеев Н.А. Организация устойчивого пользования и управления лесами в рыночных условиях: первоочередные проблемы экономики лесного хозяйства / Н.А. Моисеев // Лесное хозяйство. – 2002. – № 4. – С. 2-4.

Моисеев П.А. Влияние изменения климата на формирование поколений ели сибирской в подгольцовых древостоях южного Урала / П.А. Моисеев // Экология. – 2004. – № 3. – С. 163-171.

Моисеев П.А. Изменение климата и динамика древостоев на верхнем пределе их произрастания в горах Северного Урала / П.А. Моисеев, А.А. Бартыш, З.Я. Нагимов // Экология. – 2010. – № 6. – С. 432-443.

Морозов Г.Ф. Памяти А.Н. Соболева / Г.Ф. Морозов // Лесопром. вестн. – 1911. – № 51. – С. 565-567.

Мохов И.И. Оценки возможных региональных изменений гидрологического режима в XXI веке на основе глобальных климатических моделей / И.И. Мохов,

В.А. Семенов, В.Ч. Хон // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2003. – Т.39. – №2. – С. 150-165.

Мусолин Д.Л. Фенологические сдвиги у насекомых как реакция на современное потепление климата / Д.Л. Мусолин, А.Х. Саулич // VII Чтения памяти О. А. Катаева. Вредители и болезни древесных растений России: матер. междунар. конф., 2013 г. – Санкт-Петербург, 2013. – С. 62-63.

Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2008 гг. – М., 2010. – Ч. 1. – 363 с.

Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2009 гг. – М., 2011. – Ч. 2. – 392 с.

Немцев С.Н. Проблемы повышения устойчивости сельского хозяйства Ульяновской области в плане адаптации к современным климатическим изменениям / С.Н. Немцев, Р.Б. Шарипова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2018. – №2-2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-povysheniya-ustoychivosti-selskogo-hozyaystva-ulyanovskoy-oblasti-v-plane-adaptatsii-k-sovremennym-klimaticheskim> (дата обращения: 04.05.2020).

Нестеров Н.С. О влиянии леса на силу и направление ветра: Доклад в Московском лесном обществе 29 окт. 1907 г. / Н.С. Нестеров. – М. : типо-лит. т-ва И. Н. Кушнерев и К, 1908. – 11 с. – (Отг. из журн. «Лесопром. вестн.» – 1908. – № 8, 9).

Нестеров Н.С. Очерки по лесоведению / Н.С. Нестеров. – Посмертное изд. – М.; Л. : Гослестехиздат, 1933. – 247 с.

Носкова Н. Е. Особенности генеративных процессов у сибирских видов хвойных в связи с климатическими изменениями / Н.Е. Носкова, Л.И. Романова,

И.Н. Третьякова // Вестник Томского государственного университета. – 2004. – № 10. – С.78-81.

О колебаниях глобального климата за последние 150 лет / Н.М. Даценко [и др.] // Докл. РАН. – 2004. – Т. 399. – № 2. – С. 253-256.

Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Ленинградской области в 2013 году и прогноз лесопатологической ситуации на 2014 год / Под ред. Ганаиной Т.В. – СПб. : Центр защиты леса Ленинградской области, Филиал ФГУ «Рослесозащита», 2014. – 115 с.

Олдендерфер М.С. Кластерный анализ / М.С. Олдендерфер, Р.К. Блэшфилд // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер. с англ. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

Олссон Р. Бореальные леса и изменение климата / Р. Олссон // Устойчивое лесопользование. – 2011. – № 3. – С. 23-38.

Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России / Булыгина О.Н. [и др.] // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394 (Электронный ресурс). – URL : <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation#описание-массива-данных> (Дата обращения: 07.08.2019).

Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России / Булыгина О.Н. [и др.]. – Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485 (Электронный ресурс) –URL :<http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных> (Дата обращения: 07.08.2019).

Особенности климатических изменений аридной территории Российской Федерации / Е.А. Колчин [и др.] // Геология, география и глобальная энергия. – 2017. – № 4 (67). – С. 113-122.

Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / В. М. Катцов, Н. В. Кобышева, В. П. Мелешко и др. ; под ред. д.ф.-м.н. В.М. Катцова, д.э.н., проф. Б.Н. Порфирьева ; Федер. служба по

гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – Москва : Д'АРТ : Главная геофизическая обсерватория, 2011. – 252 с.

Оценка роли насекомых и дендропатогенных организмов в усыхании древостоев Ленинградской области и республики Татарстан / А.В. Селиховкин [и др.] // Лесоведение. – 2016. – № 2. – С. 83-95.

Оценка уязвимости социально-экономического развития Арктической территории России / В.Л. Бабурин [и др.] // Вестник Московского университета. – Серия. География. – 2016. – № 6. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-uyazvimosti-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-arkticheskoy-territorii-rossii> (Дата обращения: 04.05.2020).

Оценка экономических последствий, наблюдаемых и ожидаемых климатических изменений с учетом долгосрочных прогнозных сценариев развития лесного сектора / А.В. Константинов [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2017. – № 4 (28). – С. 257-274.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории РФ (2008) (Электронный ресурс). – URL : <http://www.worldwarming.info/modules.html?name=Content&pa=showpage&pid=19&page=5> (Дата обращения: 13.11.2019).

Павлов И.Н. Динамика посевных качеств семян *Larix sibirica* Ledeb. В насаждениях юга Сибири с 1936 по 2000 гг. / И.Н. Павлов, А.Г. Миронов // ХБЗ., 2003. – №1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-posevnyh-kachestv-semyan-larix-sibirica-ledeb-v-nasazhdeniyah-yu-g-a-sibiri-s-1936-po-2000-gg> (Дата обращения: 04.06.2020).

Парри М. Изменение Климата, 2007: Последствия, адаптация и уязвимость / М. Парри [и др.]. – Женева : МГЭИК, 2007. – 105 с.

Переведенцев Ю.П. Особенности проявления современного глобального потепления климата в различных регионах северного полушария в последние десятилетия / Ю.П. Переведенцев, Ш.М. Шанталинский // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. – 2008. – Вып. 2. – С. 3-14.

Петин А.Н. Оценка влияния опасных гидрометеорологических явлений на природу и хозяйство Белгородской области / А.Н. Петин, М.В. Брыкалова // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 4 – С. 109-113.

Писаренко А. И. Какая лесная политика нужна России? / А.И. Писаренко, В.В. Страхов // Лесное хозяйство. – 2006. – № 2. –С. 2-5.

Писаренко А.И. Лесное хозяйство России: национальное и глобальное значение / А.И. Писаренко, В.В. Страхов. – М. : МГУЛ, 2011. – 600 с.

Планета Земля (Электронный ресурс). – URL:<https://zemplj.ru/tajga.html> (Дата обращения: 14.09.2019)

Пожарная опасность в природных условиях / М.А. Софронов [и др.]. – Красноярск : Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2005. – 330 с.

Попова В.В. Региональная структура колебаний температуры приземного воздуха в северной Евразии во второй половине XX – начале XXI веков / В.В. Попова, А.Б. Шмакин // Известия РАН. ФАО. – 2010. – Т. 46. – № 2. – С. 161-175.

Порфирьев Т.В. Переход России к инновационной стратегии развития: фактор климатических рисков / Т.В. Порфирьев // Россия в окружающем мире. – 2009. – № 12. – С. 49-75.

Последствия возможного потепления климата в XXI веке на севере Евразии / Кислов А.В. [и др.] // Вестник Московского университета. Серия : География. – 2011. – № 3. – С. 3-8.

Постолов В.Д. Лесистость территории и ее оптимальность для условий ЦЧО / В.Д. Постолов, Е.В. Недикова, Н.А. Крюкова // Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации. – 2005. – № 2(15). – С. 95-96.

Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 16 сентября 2016 г. № 480 «Об утверждении порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования» (с изменениями на 27 февраля 2020 года) (Электронный ресурс). – URL :<http://docs.cntd.ru/document/420377904> (Дата обращения: 12.09.2019)

Приказ МПР РФ от 5 апреля 2017 года N 156 «Об утверждении Порядка осуществления государственного лесопатологического мониторинга». –URL: <http://docs.cntd.ru/document/456058836> (Дата обращения 09.09.2019).

Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления климата XXI века / А.В. Кислов [и др.]. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 292 с.

Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года. – URL : <http://www.fao.org/3/i3020r/i3020r00.pdf> (Дата обращения: 12.09.2019).

Прохоров В.П. К вопросу об определении стадий рекреационной дигрессии сосновых насаждений по величине радиального прироста / В.П. Прохоров // Экологические проблемы Севера. – Архангельск : Изд-во АГТУ, 2004. – Вып. 7. – С. 16-18.

Прыгов Е.В. Изменение напочвенного покрова сосняков черничных под влиянием искусственного вытаптывания / Е.В. Прыгов, П.А. Феклистов // Экологические проблемы Севера. – Архангельск: СОЛТИ, 2001. – С. 176-178.

Пугачевский А.В. Принципы и пути адаптации лесного хозяйства к изменению климата / А.В. Пугачевский, М.В. Ермохин. –(Электронный ресурс). – URL :<http://greenpressa.ru/forum/viewtopic.php?f=7&t=2218> (Дата обращения: 25.03.2019).

Путырский В.Е. Динамика количественных характеристик экстремальных атмосферных осадков на территории Российской Федерации / В.Е. Путырский, А.В. Кукушкина // Природообустройство. – 2019. – № 3. – С. 115-120.

Работнов Т.А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии / Т.А. Работнов // Проблемы ботаники. – 1950. – Т. 1. – С. 465-483.

Радцевич Г.А. Исследование тенденций изменения климата на европейской части Российской Федерации за длительный период / Г.А. Радцевич, А.А. Черемисинов, А.Ю. Черемисинов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – №4 (55). – С. 30-40.

Развитие технологии вероятностного прогнозирования регионального климата на территории России и построение на ее основе сценарных прогнозов изменения климатических воздействий на секторы экономики. Часть 1: постановка задачи и численные эксперименты / В.М. Катцов [и др.] // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2016. – № 583. – С. 7-29.

Размножение короеда-типографа и других дендропатогенных организмов в лесах Карельского перешейка / А.В. Селиховкин [и др.] // Лесоведение. – 2018. – № 6. – С. 426-433.

Разработка сценариев адаптации системы ведения лесного хозяйства в управляемых лесах Северо-Запада европейской части России в связи с ожидаемым изменением климата : отчет о НИР (промежуточ.) / ФБУ «СПбНИИЛХ»; рук. Константинов А.В. ; исполн.: Королева Т.С., Васильев О.И., Сергиенко В.Г., Корныльева Ю.А., Кушнир Е.А. – СПб., 2014. – 270 с. – Библиогр.: с. 235-270. – № ГР 01201459231.

Разработка сценариев адаптации системы ведения лесного хозяйства в управляемых лесах Северо-Запада европейской части России в связи с ожидаемым изменением климата : отчет о НИР (промежуточ.) / ФБУ «СПбНИИЛХ» ; рук. Константинов А.В. ; исполн.: Королева Т.С., Васильев О.И., Сергиенко В.Г., Корныльева Ю.А., Кушнир Е.А. – СПб., 2015. – 255 с. – Библиогр.: с. 182-206. – № ГР 01201459231.

Раковская Э.М. Физическая география России. В 2 ч. / Э.М. Раковская, М.И. Давыдова. – М. : 2001. – Ч.1 – 288с. – Ч.2. – 304с.

Рамочная конвенция Организации Объединённых Наций об изменении климата от 9 мая 1992 г. (Электронный ресурс). – URL : https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml (Дата обращения: 12.11.2019).

Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2011 г. № 730-р «Комплексный план реализации Климатической доктрины Российской

Федерации на период до 2020 года» (Электронный ресурс). – URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/kpr.pdf> (Дата обращения: 18.11.2019).

Репшас Э.А. Особенности дигрессии и регрессии рекреационных лесов Литовской ССР / Э.А. Репшас // Рекреационное лесопользование в СССР. – М. : Наука, 1983. – С. 37-54.

Реуцкая В.В. Воздействие рекреационных нагрузок на лесные экосистемы Усманского бора / В.В. Реуцкая, А.В. Гапоненко // Вестник АГАУ. – 2015. – №9 (131). – С. 82-86.

Рихтер Г.Д. Роль снежного покрова в физико-географическом процессе / Г.Д. Рихтер // Тр. Института географии АН СССР. – Т. 40. – М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1948. – 171 с.

Ричмонд Дж. Кордильерский ледниковый покров северных Скалистых гор и четвертичная история Колумбийского плато / Дж.Ричмонд, Р. Фриксел, Дж.Нефф // Четвертичный период в США. – М. : Мир. – 1968. – С. 286-304.

Рожков А.А. Устойчивость лесов / А.А. Рожков, В.Т. Козак. – М. : Агропромиздат, 1989. – 239 с.

Россия и сопредельные страны: природоохранные, экономические и социальные последствия изменения климата. WWF России, OXFAM. – М., 2008. – 64 с.

Рудинский М.Г. Возобновление лиственницы на северном пределе распространения / М.Г. Рудинский // Современные проблемы науки и образования, 2014. – № 6 (Электронный ресурс) – URL : <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15687>

Руководящий документ РД 52.27.724 – 2019. Наставления по краткосрочным прогнозам погоды краткосрочного назначения. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – М. : ФГБУ «Гидрометцентр России», 2019. – 66 с.

Русакова Ю.А. Климатическая доктрина Российской Федерации и решение проблем изменения глобального климата / Ю.А. Русакова // Вестник МГИМО Университета. – 2015. – С. 66-72.

Русецкая Г.Д. Устойчивое управление, экологические законы и проблемы лесных систем / Г.Д. Русецкая // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2015. – Т. 25. – №3. – С. 408-415. – DOI : 10.17150/1993-3541.2015.25(3).408-415.

Сазонов В.Ф. Понятие гомеостаза / В.Ф. Сазонов// Кинезиолог, 2009-2018 (Электронный ресурс). – URL :<http://kineziolog.su/content/ponyatie-gomeostaza> (Дата обращения: 15.11.2019)

Свирижев Ю.М. Устойчивость биологических сообществ / Ю.М. Свирижев, Д.О. Логофет. – М. : Наука, 1978. – 352 с.

Сводная статистика Лесных пожаров в Российской Федерации (Электронный ресурс). – URL : <https://www.wiki-fire.org/Сводная-статистика-лесных-пожаров-в-РФ.ashx> (Дата обращения: 15.08.2019).

Семёнов М.А. Прогноз адаптивных приспособлений в лесном хозяйстве в связи с возможными климатическими изменениями / А.М. Семёнов, А.А. Высоцкий, В.И. Пащенко / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 5 (371). – С. 57-69.

Сергиенко В.Г. Динамика границ лесорастительных зон России в условиях изменения климата / В.Г. Сергиенко // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2015. – № 1. – С. 5-19.

Сергиенко В.Г. Прогноз влияния изменения климата на разнообразие природных экосистем и видов флористических и фаунистических комплексов биоты России / В.Г. Сергиенко, А.В. Константинов // Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. – 2016. – № 2. – С. 29-44.

Серебрянников М.Г. Выявление скрытых периодичностей / М.Г. Серебрянников, А.А. Первозванский. – М. : Наука, 1965. – 244 с.

Сидорова И.П. Оценка возможных изменений водных ресурсов Восточно-Европейской равнины в XXI веке / И.П. Сидорова // Вода: химия и экология. – 2009. – № 5. – С. 1-6. – URL : <https://rucont.ru/efd/541938> (Дата обращения: 13.02.2020).

Снакин В.В. Глобальные изменения климата: прогнозы и реальность / В.В. Снакин // Жизнь Земли. – 2019. – Т. 41. – № 2. – С. 148-164.

Снегозапасы и продолжительность залегания снежного покрова в России / А.Н. Кренке [и др.] // Криосфера Земли. – 2000. – Т. 4. – № 4. – С. 32-44.

Соколов А.С. Фитоиндикация антропогенной трансформации дубовых лесов под влиянием рекреационной нагрузки (на примере белорусского полесья) / А.С. Соколов // Здоровая окружающая среда – основа безопасности регионов : матер. перв. междунар. эколог. фор. в Рязани. – 2017. – С. 160-164.

Солнцев Г.К. Эколого-экономические аспекты использования горных лесов в рекреационных целях / Г.К. Солнцев [и др.] // Лесное хозяйство Северного Кавказа: сб. науч. тр. – М.: 1996. – Вып. 22. – С. 12-19.

Среднемесячная относительная влажность воздуха. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Электронный ресурс). – URL: <http://meteo.ru/data/790-srednemesyachnaya-otnositelnaya-vlazhnost-vozdukha> (Дата обращения: 07.08.2019).

Старовозрастные леса как глобальный сток углерода / С. Луиссар [и др.] // Устойчивое лесопользование. – 2018. – № 4 (58). – С. 32-35.

Сукцессия автотрофная и гетеротрофная (Электронный ресурс). – URL : <https://allrefrs.ru/1-33640.html> (Дата обращения: 12.09.2019).

Суховольский В.Г. Моделирование рисков воздействия насекомых на лесные насаждения при возможных климатических изменениях / В.Г. Суховольский, А.В. Ковалев, Е.Н. Пальникова, О.В. Тарасова // Компьютерные исследования и моделирование. – 2016. – Т. 8. – № 2. – С. 241-253.

Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы).

Издание 2-е, доп. / А.З. Швиденко [и др.]. – М. : Федеральное агентство лесного хозяйства, 2008. – 886 с.

Тарасов М. Вопросы изменения климата и сохранения биоразнообразия в экологических рекомендациях по лесоуправлению и лесопользованию и деятельности концерна «Метсэлиитто» / М. Тарасов, А. Шорохов // Устойчивое лесопользование. – 2009. – № 3 (22). – С. 32-40.

Толстых Ю.И. Современные подходы к категории «Адаптационный потенциал» / Ю.И. Толстых // Известия ТулГУ. Гуманитарные науки. – 2011. – № 1. – С.493-496.

Традиционное суеверие: старый лес не поглощает углекислый газ и не выделяет кислород / Первый лесопромышленный портал. – 2006 (Электронный ресурс). – URL: <http://www.wood.ru/ru/loa386.html> (Дата обращения: 08.08.2019).

Третьяков Н.В. Методика учета среднего и текущего прироста древостоя / Н.В. Третьяков // Вопросы лесной таксации. – 1937. – С. 3-18.

Трофимов В.Н. Вспышка массового размножения короеда типографа (*Ips tyrographus* (L.)) в Подмосковье в 2009-2014 гг. / В.Н. Трофимов, О.В. Трофимова // Актуальные проблемы биологической и химической экологии: сборник материалов V международной научно-практической конференции. – Москва, 2016. – С. 185-191.

Убугунов В.В. Глобальное потепление и некоторые его экосистемные следствия / В.В. Убугунов, А.И. Куликов // Вестник Бурятского научного центра Сибирского отделений Российской Академии. – 2013. – № 4(12). – С. 243-258.

Урманцев Ю.А. Природа адаптации (системная экспликация) / Ю.А. Урманцев // Вопросы философии. – 1998. – № 12. – С. 21-36.

Факторный анализ многолетней динамики глобального термического режима приземного слоя воздуха / М.А. Верещагин [и др.] // Известия РАН. Серия географическая. – 2004. – № 5. – С. 34-41.

Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж. О. Ким [и др.]. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

Федеральный закон №113-ФЗ «О гидрометеорологической службе» от 19.07.1998 (в ред. от 21.11.2011) // Консультант Плюс: Официальный сайт компании «КонсультантПлюс» / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL : <http://base.consultant.ru/cons/CGI/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=121978>. (Дата обращения: 27.03.2015).

Федеральный закон от 19 июля 1998 г. № 113-ФЗ «О гидрометеорологической службе» (ред. от 04.05.2018) (Электронный ресурс). – URL : <https://official-document.ru/zakon-o-gidrometeorologicheskoy-sluzhbe/> (Дата обращения: 15.10.2019)

Федоров В.М. Политика в области климата и вопросы национальной безопасности Российской Федерации / В.М. Федоров // Политика и общество. – 2017. – № 12. – С. 80-89.

Халикова О.В. Влияние рекреации на состояние почвенного покрова черноморского побережья России / О.В. Халикова, Р.Р. Исяньюлова // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2019. – Т. 23. – № 6. – С. 51-59.

Хантемиров Р.М. Изменения климата и формирование возрастных поколений лиственницы на полярной границе леса на Ямале / Р.М. Хантемиров, А.Ю. Сурков, Л.А. Горланова // Экология. – 2008. – № 5 – С. 323-328.

Харитоненко Б.Я. Динамика фитоценоза в рекреационных лесах дуба черешчатого на Северном Кавказе / Б.Я. Харитоненко, И.В. Анненкова // Экологические основы ведения хозяйства в горных лесах. – Сочи : НИИГорлесэкол, 1994. – С. 95-101.

Харук В.И. Древесная растительность экотона лесотундры Западного Саяна и климатические тренды / В.И. Харук, М.Л. Двинская, С.Т. Им // Экология. – 2008. – № 1. – С. 10-15.

Харук В.И. Лиственничники лесотундры и климатические тренды / В.И. Харук // Экология. – 2006. – № 5. – С. 323-331.

Цветков В. На северном пределе / В. Цветков, Б. Семенов // Лесной бюллетень. – 2000. – № 13 (Электронный ресурс). – URL : <http://old.forest.ru/rus/bulletin/13/8.html> (Дата обращения: 01.05.2019).

Цепляев В.П. Лесное хозяйство СССР : (Основные итоги лесохоз. деятельности). – Москва : Лесная пром-сть, 1965. – 408 с.

Чебакова Н.М. Перераспределение растительных зон и популяций лиственницы сибирской и сосны обыкновенной в Средней Сибири при потеплении климата / Н.М. Чебакова, Дж. Рейфельдт, Е.И. Парфенова // Сибирский экологический журнал. – 2003. – № 6. – С. 677-686.

Человек начала верхнего палеолита с Маркиной горы (Электронный ресурс). – URL : <https://www.liveinternet.ru/users/3395230/post171311946/> (Дата обращения: 06.11.2019).

Шамин С.И. Сведения о неблагоприятных условиях погоды и опасных гидрометеорологических явлениях, нанесших социальные и экономические потери на территории России / С.И. Шамин, Л.К. Бухонова, А.Т. Санина // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019621326 (Электронный ресурс). – URL : <http://meteo.ru/data/310-neblagopriyatnye-usloviya-pogody-nanjosshie-ekonomicheskie-poteri> (Дата обращения: 27.03.2015-2019).

Шамин С.И. Основные тенденции изменения частоты появления опасных гидрометеорологических явлений на территории российской федерации / С.И. Шамин, А.Т. Санина // Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных. – 2018. – № 183. – С. 42-50.

Шац М.М. Основные тенденции и последствия динамики современного климата севера / М.М. Шац, Ю.Б. Скачков // Климат и природа. – 2017. – № 1 (22). – С. 3-15.

Шварцман Ю.Г. Изменения климата и их влияние на окружающую природную среду Европейского Севера России / Ю.Г. Шварцман, И.Н. Болотов, С.А. Игловский // Изменение окружающей среды и климата. Природные и

связанные с ними техногенные катастрофы. – Т. VI. Изменение климата: влияние наземных и земных факторов. – М. : ИФА РАН, 2008. – С. 80-98.

Шихов А.Н. Комплексный мониторинг и оценка геоэкологических последствий опасных гидрометеорологических явлений на территории уральского Прикамья / А.Н. Шихов. – Диссертация ... кандидата географических наук : 25.00.36 / н. (Приволж.) федер. ун-т. Пермь, 2013. – 217 с.

Шиятов С.Г. Вертикальный и горизонтальный сдвиги верхней границы редколесий и сомкнутых лесов в XX столетии на Полярном Урале / С.Г. Шиятов, М.М. Терентьев, В.В. Фомин, Н.Е. Циммерманн // Экология. – 2007. – № 4. – С. 243-248.

Шиятов С.Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Приполярного Урала под влиянием современных изменений климата / С.Г. Шиятов. – Екатеринбург, 2009. – 215 с.

Шиятов С.Г. Колебания климата и возрастная структура древостоев лиственничных редколесий в горах полярного Урала / С.Г. Шиятов // Растительность тундр и пути ее освоения. – Л. : Наука, 1967. – С. 271-278.

Шиятов С.Г. Опыт исследования старых фотоснимков для изучения смен лесной растительности на верхнем пределе ее произрастания / С.Г. Шиятов // Флористические и геоботанические исследования на Урале. – Свердловск : Наука, 1983. – С. 76-109.

Шматков Н. Национальная лесная политика: общие подходы к разработке и международный опыт / Н. Шматков, Е. Куликова // Устойчивое лесопользование. – 2012. – № 1 (30). – С. 2-9.

Шнитников А.В. Ритмы в природе и общественные пути их изучения / А.В. Шнитников // Ритмичность явлений природы: чтения памяти академика Л.С. Берга, 16-18 марта 1971 г. – Л. : Гидрометеорологическое из-во, 1971. – С. 3-7.

Шутов И.В. Лесная политика в условиях меняющегося климата / И.В. Шутов, Б.Н. Рябинин // Лесная газета. – № 66. – 2008 г.

Щуров В.И. Влияние климата и рельефа на популяции чужеродных видов насекомых-фитофагов (Insecta: Lepidoptera, Heteroptera) в горах северо-западного Кавказа / В.И. Щуров, А.С. Замотайлов, А.В. Щурова // Биологическое разнообразие Кавказа и юга России : Матер. XXII междунар. науч. конф. – Махачкала, 2020. – С. 399-408.

Энерго- и массообмен и продуктивность основных экосистем Сибири (по результатам измерений методом турбулентных пульсаций). 2. Углеродный обмен и продуктивность / Н.М. Чебакова [и др.] // Известия РАН. Серия Биологическая. – 2004. – № 1. – С. 65.

Эшби У.Р. Введение в кибернетику / У.Р. Эшби. – М. : ИЛ, 1959. – 430 с.

Яблоков А.В. Эволюционное учение / А.В. Яблоков, А.Г. Юсуфов. – М. : Высшая школа, 1989. – 335 с.

Якушкина Н.И. Физиология растений / Н.И. Якушкина. – М. : Просвещение, 1980. – 303 с.

Ярмишко В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере / В. Т. Ярмишко. – Санкт-Петербург : Изд-во НИИ химии С.-Петерб. гос. ун-та, 1997. – 210 с.

About the WCRP CMIP5 Multi-Model Dataset Archive at PCMDI (Электронный ресурс). – URL : http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php – (Дата обращения 13.11.2019).

Adaption, migration or extirpation: climate change outcome for tree populations / S.N. Aitken [et al] // Evolutionary Applications. – 2008. – Vol. 1:1. – P. 95-111.

Adaption, migration or extirpation: climate change outcome for tree populations / S.N. Aitken [et al] // Evolutionary Applications. – 2008. – № 1. – P. 95-111.

Arctic Research Consortium of the United States. – 2005 (Электронный ресурс). – URL : www.arcus.org (Дата обращения: 10.02.2019).

Batlori E. Regional tree line dynamics in response to global change in the Pyrenees / E. Batlori, E. Gutierrez // *Journal of Ecology*. – 2008. – Vol. 96. – № 6. – P. 1275-1288.

Bonan G.B. Forests and climate change: Forcings, feedbacks and climate benefits of forests / G.B. Bonan // *Science*. – 2008. – Vol. 320:5882. – P. 1444-1449.

Boreal forest health and global change / S. Gauthier [et al] // *Science*. – 2015. – Vol. 349. – Issue 6259. – P. 819-821.

Chapman W. Simulations of Arctic Temperature and Pressure by Global Coupled Models / W. Chapman, J. Walsh // *Journal of Climate*. – 2007. – Vol. 20. – № 4. – P. 609-632.

Climate Change and Land Resources of Russia / A.S. Isaev, V.S. Stolbovoi, V.M. Kotlyakov, S. Nilsson, I. McCallum. – Vena : IIASA, 2004. – P. 167-178.

Climate-induced boreal change: Predictions versus current observations / Soja A.J. [et al] // *Global and Planetary Change*. – 2007. – Vol. 56. – P. 274-296.

Climatic unpredictability and parasitism of caterpillars: Implications of global warming / Stireman J.O. [et al] // *PNAS*. – 2005. – Vol. 102:48. – P. 17384-17387.

Coiman R.A. Comparison of climate feedbacks in general circulation models / R.A. Coiman // *Climate Dynamics*. – 2003. – Vol.20. – P.865-873.

Colombo S.J. Ontario's Forests and Forestry in a Changing Climate; Research Report; Applied Research and Development / S.J. Colombo. – Ontario, Canada : Ontario Forest Research Institute, 2008. – 5 p.

Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / M. Parry [et al]. – UK : University Press, 2007. – 976 p.

Denton G.H. Holocene glacial and tree-line variation in the White River valley and Skolai Pass, Alaska and Yukon Territory / G.H. Denton, W. Karlen / *Quant. Res.* – 1977. – № 7. – P. 63-111.

Ecosystem responses to recent climate change and fire disturbance at northern high latitudes: observations and model results contrasting northern Eurasia and North America

/ Goetz S.J. [et al] // Environmental Research letters. – 2007. – Vol. 2:4, 2(045031):9. – P. 148-159.

Edwards M.E. Structurally novel biomes: A response to past warming in Beringia / M.E. Edwards // Ecology. – 2005. – № 86. – P. 1696-1703.

Farmer R.E. Ecophysiology of Temperate and Boreal Zone Forest Trees / R.E. Farmer, Jr. Seed. – Florida: Publ. St. Lucie Press, Delray Beach. – 1997. – 253 p.

Fire as the dominant driver of central Canadian boreal forest carbon balance / Bond-Lamberty B. [et al] // Nature. – 2007. – Vol. 450:7166. – P. 89.

Gamache I. Latitudinal response of subarctic tree lines to recent climate change in eastern Canada / I. Gamache, S. Payette // Journal of Biogeography. – 2005. – № 32. – P. 849-862.

Girardin M.P. Response of tree growth to a changing climate in boreal central Canada: A comparison of empirical, process-based, and hybrid modelling approaches / M.P. Girardin // Ecological modeling. – 2008. – Vol. 213:2. – P. 209-228.

Grigoriev A. Boreal forest and climate change – a Russian perspective / A. Grigoriev (Электронный ресурс). – 2009. – URL: vwww.airclim.org (Дата обращения: 01.09.2019).

Harsch M.A. Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming / M.A. Harsch, P.E. Hulme, M.S. McGlone, R.P. Dunca // Ecology Letters. – 2009. – № 12. – P. 1040-1049.

Hawkins B.A. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness / B.A. Hawkins [et al] // Ecology. Ecological Society of America. – 2003. – Vol. 84. – P. 3105-3117.

Hurrell J.W. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation / J.W. Hurrell // Science. – 1995. – Vol. 269. – P. 676-679.

Impact of Climate Change on Forest Work : Conclusions and recommendations // Workshop held on 11 November 2013. – Palais des Nations, Geneva (Электронный ресурс). – URL :

http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/workshops/2013/Climate_change_and_Forest_Work/Final_Conclusions_and_Recommendations_light.pdf. (Дата обращения: 30.06.2019).

Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest / M. Flannigan [et al] // *Global Change Biology*. – 2009. – Vol. 15:3. – P. 549-560.

IPCC Fourth Assessment Report, Climate Change 2007 (AR4). – IPCC, Geneva, Switzerland, 2007. – 104 p.

IPCC Second Assessment Report, Climate Change 1996 (TAR). – IPCC, Geneva, Switzerland, 1996. – 151 p.

IPCC Third Assessment Report, Climate Change 2001 (TAR). – IPCC, Geneva, Switzerland, 2001. – 220 p.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. – 1535 p.

IPCC, 2014c: Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. – P. 688.

Jakubos B. Invasion of subalpine meadows by lodgepole pine in Yellowstone National Park, Wyoming, U.S.A. / B. Jakubos, W.H. Romme // *Arctic and Alpine Res.* – 1993. – № 25. – P. 382-390.

Jones P.D. Surface air temperature and its changes over the past 150 years / P.D. Jones, M.T. New, D.E. Parker, S. Marthin, I.G. Rigor // *Reviews of Geophysics*. – 1999. – Vol.37. – P.173-199.

Kane E.S. Patterns of Total Ecosystem Carbon Storage with Changes in Soil Temperature in Boreal Black Spruce Forests / E.S. Kane, J.G. Vogel // *Ecosystems*, 2009. – Vol. 12:2. – Pp. 322–335.

Kang S. Simulating effects of fire disturbance and climate change on boreal forest productivity and evapotranspiration / S. Kang // *Science of the Total Environment*. – 2006. – № 362. – P. 85-102.

Kasischke E.S. Recent changes in the fire regime across the North American boreal region - Spatial and temporal patterns of burning across Canada and Alaska / E.S. Kasischke, M.R. Turetsky // *Geophysical Research Letters*. – 2006. – Vol. 33:9, L09703. – P. 1-5.

Kearney M.S. Recent seedling establishment at timberline in Jasper National Park, Alberta / M.S. Kearney // *Canada. J. Botany*. – 1982. – № 60. – P. 2282-2287.

Keskitalo E.C.H. How Can Forest Management Adapt to Climate Change? Possibilities in Different Forestry Systems / E.C.H. Keskitalo // *Forests*. – 2011. – Vol. 2. – N 1. – P. 415-430.

Kirilenko A.P. Climate change impacts on forestry / A.P. Kirilenko, R.A. Sedjo // *PNAS*. – 2007. – № 104. – P. 19697-19702.

Kokorin A.O. Changing of the climate / A.O. Kokorin, Ye.V. Smirnova, D.G. Zamolodchikov. – M. : World Wildlife Fund (WWF), 2013. – 220p.

Kullman L. Neoglacial climate control of subarctic *Picea abies* stand dynamics and range limit in Northern Sweden / L. Kullman, O. Engelmark // *Arc. Alp.Res.* – 1997. – № 3. – P. 315-326.

Kullman L. Post Little Ice Age tree line rise and climate warming in the Swedish Scandes: a landscape ecological perspective / L. Kullman, L. Oberg // *Journal of Ecology*. – 2009. – Vol. 97:3. – P. 415-429.

Kullman L. Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes / L. Kullman // *Journal of Ecology*. – 2002. – Vol. 90. – P. 68-77.

Lavoie C. Black spruce growth forms as a records of a changing winter environment at treeline, Quebec, Canada / C. Lavoie, S. Payette // *Arc. Alp. Res.* – 1992. – № 24. – P. 315-326.

Lloyd A.H. Ecological histories from Alaskan tree lines provide insight into future change/ A.H. Lloyd // *Ecology*. – 2005. – № 86. – P. 1687-1695.

Lloyd A.H. Holocene dynamic of treeline forest in the Sierra Nevada / A.H. Lloyd, L.J. Graumlich // *Ecology*. – 1997. – № 78. – P. 1199-1210.

Lorenz E. WMO: World Meteorological Organization. The Physical Basis of Climate and Climate Modelling / E. Lorenz // GARP Publications, 1975. – № 16. – P. 132-136.

Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change / Kurz, W.A. [et al] // *Nature*. – 2008. – Vol. 452:7190. – P. 987-990.

Myneni R.B. Increased plant growth in the northern high latitudes from to 1991 / R.B. Myneni // *Nature*. – 1997. – № 6626. – P. 698-702.

Razuvaev V.N. Variations in snow characteristics over the Russian territory in recent decades / V.N. Razuvaev, O.N. Bulygina // *Proc. of the 1st Asia CliC Symposium, 20-22 April 2006. – Yokohama, Japan, 2006. – P. 35-38.*

Root T.L. Fingerprints of global warning on wild animals and plants / T.L. Root, J.T. Price, K.R. Hall // *Nature*. – 2003. – № 421. – P. 57-60.

Russell G.L. A coupled atmosphere-ocean model for transient climate change studies / G.L. Russell, J.R. Miller, D. Rind // *Atmosphere-Ocean*. – 1995. – Vol.33. – P. 683-730.

Smit B. Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. In *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability* / B. Smit, O. Pilifosova // *Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* / J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A.

Leary, D.J. Dokken, K.S. White. – Cambridge, UK : Cambridge University Press, 2001. – P. 877-912.

Smit B. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environ / B. Smit, J. Wandel // Change*. – 2006. – № 16. – P. 282-292.

Soden B.J. An assessment of climate feedbacks in coupled ocean-atmosphere models / B.J. Soden, I.M. Held // *Journal of Climate*. – 2006. – Vol.19. – P. 3354-3360.

Soja A.J. Climate induced boreal forest change: Predictions versus current observations / Soja A.J. [et al] // *Global and Planetary Change*. – 2007. – V. 56. – №3-4. – P. 274-296.

Spiecker H. Growth trends in European forest – Do we have sufficient knowledge? / H. Spiecker // *Causes and consequences of acceleration tree growth in Europe*. – 1999. – № 27. – P. 157-169.

Sukhinin A.I. Dynamics of the forest fire situation in the Asian part of Russia during the fire season of 2003 (April-September) / A.I. Sukhinin // *International Forest Fire News*. – 2004. – № 29. – P. 113-118.

Sweingruber F.H. Tree rings and environment / F.H. Sweingruber // *Dendroecoljgy*. Bern-Stuttgart-Vienna: Paul Haupt Publishers, 1996. – 609 p.

Taylor A.H. Forest expansion and climate change in the mountain hemlock (*Tsuga mertensiana*) zone, Lassen Volcanic National Park, California, U.S.A. / A.H. Taylor // *Arctic and Alpine Res*. – 1999. – № 2. – P. 207-216.

Vajda A. Feedback processes between climate, surface and vegetation at the northern climatological treeline (Finnish Lapland) / A. Vajda, A. Venalainen // *Boreal Environment Research*. – 2005. – Vol. 10:4. – P. 299-314.

Volney W.J.A. Spruce budworm (*Choristoneura* spp.) biotype reactions to forest and climate characteristics / W.J.A. Volney, R.A. Fleming // *Global Change Biology*. – 2007. – Vol. 13:8. – P. 1630-1643.

Weisberg A. Spatial variation in tree seedling and krummholz growth in the forest-tundra ecotone of Rocky Mountain National Park, Colorado / A. Weisberg, E.G. Sreiner // *Arc. Alp.Res.* – 1995. – № 2. – P. 40-49.

Woodward A. Climate, geography, and tree establishment in subalpine meadows of the Olympic Mountains, Washington, U.S.A. / A. Woodward, E.G. Schreiner, D.G. Silsbee // *Arctic and Alpine Res.* – 1995. – № 27. – P. 217-225.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1 – Показатели среднегодовых температур в исследуемых регионах за период с 1961 по 2018 гг., °С

Федеральный округ, субъект РФ	Среднегодовая температура воздуха в период									
	с 1961 по 1970 гг.	с 1971 по 1980 гг.	с 1981 по 1990 гг.	с 1991 по 2000 гг.	с 2001 по 2010 гг.	с 2011 по 2018 гг.	с 1966 по 1990 гг.	с 1990 по 2018 гг.	с 2009 по 2013 гг.	с 2014 по 2018 гг.
Северо-Западный федеральный округ										
Архангельская область (22550 Архангельск)	0,4	0,8	1,2	1,2	1,8	2,6	0,8	1,8	1,9	2,8
Ленинградская область (26063 Санкт-Петербург)	4,5	5	5,4	5,7	6,2	6,8	5	6,2	6,2	6,9
Новгородская область (26275 Старая Русса)	4,8	5,2	5,4	5,9	6,4	7,0	5,2	6,4	6,6	7,2
Республика Карелия (22820 Петрозаводск)	2,1	2,5	2,8	3,1	3,5	4,2	2,5	3,6	3,5	4,3
Республика Коми (23804 Сыктывкар)	0,3	0,5	1,02	1,2	1,8	2,2	0,6	1,7	1,8	2,2
Ненецкий автономный округ (23205 Нарьян-Мар)	-4,1	-3,9	-3,3	-3,2	-2,6	-1,3	-3,8	-2,5	-2,2	-1,3
Центральный федеральный округ										
Брянская область (26898 Брянск)	4,9	5,2	5,6	6,1	6,8	7,1	5,2	6,6	6,9	7,2
Воронежская область (34123 Воронеж)	5,8	6	6,4	6,6	7,6	8	6,1	7,3	7,8	8,1
Южный федеральный округ										
Ростовская область (34730 Ростов-на-Дону)	9,7	9,6	9,7	9,5	10,5	10,8	9,7	10,2	10,8	11

Федеральный округ, субъект РФ	Среднегодовая температура воздуха в период										
	с 1961 по 1970 гг.	с 1971 по 1980 гг.	с 1981 по 1990 гг.	с 1991 по 2000 гг.	с 2001 по 2010 гг.	с 2011 по 2018 гг.	с 1966 по 1990 гг.	с 1990 по 2018 гг.	с 2009 по 2013 гг.	с 2014 по 2018 гг.	
Приволжский федеральный округ											
Нижегородская область (27459 Нижний Новгород)	3,6	4	4,4	4,6	5,4	5,6	4	5,2	5,5	5,7	
Уральский федеральный округ											
Тюменская область (28367 Тюмень)	1	1,1	1,9	2,1	2,5	2,6	1,3	2,3	2,2	2,5	
Ханты-Мансийский АО (23933 Ханты-Мансийск)	-1,8	-1,9	-0,8	-0,9	-0,6	-0,1	-1,5	-0,5	-0,9	-0,1	
Сибирский федеральный округ											
Забайкальский край (30758 Чита)	-2,9	-2,8	-2,1	-1,3	-1	-0,7	-2,6	-1	-1,6	-0,2	
Иркутская область (30710 Иркутск)	-0,3	-0,1	0,5	1,3	1,2	1,4	0,1	1,3	0,6	1,7	
Омская область (28698 Омск)	1,1	1,1	1,9	1,9	2,4	2,4	1,4	2,2	1,8	2,5	
Алтайский край (29838 Барнаул)	1,8	1,7	2,4	2,7	2,8	2,7	1,4	2,2	1,9	2,9	
Красноярский край (20891 Хатанга)	-13,4	-13,7	-12,7	-12,7	-11,9	-10,7	-13,3	-11,9	-10,9	-10,8	
Красноярский край (23472 Туруханск)	-7,2	-7,1	-5,9	-6	-5,9	-4,4	-6,7	-5,5	-5,5	-4,6	
Красноярский край (29570 Красноярск)	0,5	0,8	1,2	1,8	1,7	2,2	0,8	1,9	1	2,5	

Федеральный округ, субъект РФ	Среднегодовая температура воздуха в период									
	с 1961 по 1970 гг.	с 1971 по 1980 гг.	с 1981 по 1990 гг.	с 1991 по 2000 гг.	с 2001 по 2010 гг.	с 2011 по 2018 гг.	с 1966 по 1990 гг.	с 1990 по 2018 гг.	с 2009 по 2013 гг.	с 2014 по 2018 гг.
Дальневосточный федеральный округ										
Республика (Якутия) (24266 Верхоянск)	-15,7	-15,3	-14,8	-14,6	-13,8	-13,3	-15,3	-13,9	-13,7	-13,1
Республика (Якутия) (24944 Олекминск)	-6,5	-6,7	-5,8	-6	-5,7	-5,5	-6,4	-5,7	-6,2	-5,1
Камчатский край (32583 Петропавловск-Камчатский)	2,3	2,1	2,7	2,8	3	3,5	2,4	3	3,3	3,5
Магаданская область (25913 Магадан)	-3,7	-3,3	-3	-2,7	-2,4	-2	-3,3	-2,3	-2,3	-1
Хабаровский край (31735 Хабаровск)	1,5	1,7	2,2	2,4	2,8	2,7	1,8	2,6	2,5	2,8
Сахалинская область (32150 Южно-Сахалинск)	2,1	2,3	2,4	2,9	3	3,3	2,3	3,1	3,4	3,3
Амурская область (31510 Благовещенск)	0,2	0,6	1,3	1,5	2	2,1	0,7	1,9	1,6	2,3

Таблица 2 – Динамика средних значений среднегодовых температур в исследуемых регионах за период с 1966 по 2018 гг., °С

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Архангельская область (22550 Архангельск)								
Среднее значение	0,8	1,2	1,8	2,3	0,8	1,8	1,9	2,8
Ошибка среднего	0,24	0,27	0,28	0,25	0,24	0,18	0,40	0,15
Достоверность различий ²⁴	4,45	3,11	1,48	-	3,37		2,06	
Ленинградская область (26063 Санкт-Петербург)								
Среднее значение	5,0	5,7	6,2	6,6	5,0	6,2	6,2	6,9
Ошибка среднего	0,21	0,24	0,17	0,23	0,21	0,14	0,32	0,27
Достоверность различий	5,23	2,63	1,42	-	4,80		1,68	
Новгородская область (26275 Старая Русса)								
Среднее значение	5,2	5,9	6,4	6,9	5,2	6,4	6,6	7,2
Ошибка среднего	0,2	0,23	0,19	0,25	0,22	0,16	0,31	0,29
Достоверность различий	4,46	2,33	1,24	-	4,93		1,67	
Республика Карелия (22820 Петрозаводск)								
Среднее значение	2,5	3,1	3,5	3,9	2,5	3,6	3,5	4,3
Ошибка среднего	0,22	0,25	0,19	0,26	0,22	0,15	0,38	0,25
Достоверность различий	4,33	2,21	1,28	-	4,15		1,84	
Республика Коми (23804 Сыктывкар)								
Среднее значение	0,6	1,2	1,7	2,0	0,6	1,7	1,8	2,2
Ошибка среднего	0,23	0,31	0,30	0,16	0,23	0,17	0,22	0,21
Достоверность различий	4,95	2,42	0,76	-	3,63		1,44	
Ненецкий автономный округ (23205 Нарьян-Мар)								
Среднее значение	-3,8	-3,2	-2,6	-1,8	-3,8	-2,5	-2,2	-1,3
Ошибка среднего	0,28	0,55	0,44	0,37	0,28	0,3	0,55	0,46

²⁴ Показатель достоверности различий средних значений в первых трех колонках определен при сравнении соответствующих средних значений с средним значением за период 2009-2018 гг. Далее этот показатель указан в объединенных ячейках по сравниваемым периодам

Продолжение таблицы 2

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Достоверность различий	4,29	2,21	1,48		3,17		1,29	
Брянская область (26898 Брянск)								
Среднее значение	5,2	6,1	6,8	7,1	5,2	6,6	6,9	7,2
Ошибка среднего	0,20	0,22	0,19	0,12	0,20	0,13	0,13	0,19
Достоверность различий	7,87	3,99	1,24	-	5,65		1,29	
Воронежская область (34123 Воронеж)								
Среднее значение	6,1	6,6	7,6	8,0	6,1	7,4	7,9	8,1
Ошибка среднего	0,20	0,28	0,23	0,16	0,20	0,17	0,28	0,18
Достоверность различий	7,56	4,29	1,38	-	4,90		0,50	
Ростовская область (34730 Ростов-на-Дону)								
Среднее значение	9,7	9,5	10,5	10,9	9,7	10,2	10,8	11,0
Ошибка среднего	0,17	0,28	0,26	0,18	0,17	0,18	0,34	0,16
Достоверность различий	4,86	4,15	1,24	-	2,2		0,41	
Нижегородская область (27459 Нижний Новгород)								
Среднее значение	4,0	4,6	5,4	5,6	4,0	5,2	5,5	5,7
Ошибка среднего	0,19	0,27	0,18	0,13	0,19	0,15	0,20	0,18
Достоверность различий	6,82	3,20	0,76	-	4,9		0,91	
Тюменская область (28367 Тюмень)								
Среднее значение	1,3	2,0	2,5	2,4	1,3	2,3	2,2	2,5
Ошибка среднего	0,21	0,29	0,26	0,18	0,21	0,15	0,28	0,23
Достоверность различий	3,87	1,00	0,34	-	4,04		0,91	
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (23933 Ханты-Мансийск)								
Среднее значение	-1,5	-0,9	-0,5	-0,5	-1,5	-0,5	-0,9	-0,1
Ошибка среднего	0,24	0,38	0,39	0,33	0,24	0,21	0,49	0,42
Достоверность различий	2,46	0,75	0,11	-	3,01		1,20	

Продолжение таблицы 2

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Забайкальский край (30758 Чита)								
Среднее значение	-2,6	-1,3	-1,0	-0,9	-2,6	-1,0	-1,6	-0,2
Ошибка среднего	0,14	0,17	0,28	0,27	0,14	0,14	0,25	0,15
Достоверность различий	5,49	1,11	0,17	-	7,99		4,83	
Иркутская область(30710 Иркутск)								
Среднее значение	0,0	1,2	1,2	1,2	0,0	1,3	0,6	1,7
Ошибка среднего	0,14	0,21	0,29	0,31	0,14	0,15	0,37	0,38
Достоверность различий	3,28	0,26	0,09	-	5,96		2,03	
Омская область (28698 Омск)								
Среднее значение	1,4	1,9	2,4	2,2	1,4	2,2	1,8	2,5
Ошибка среднего	0,21	0,30	0,24	0,22	0,21	0,15	0,30	0,24
Достоверность различий	2,73	0,64	0,68	-	3,43		1,85	
Алтайский край (29838 Барнаул)								
Среднее значение	2,0	2,7	2,8	2,4	2,0	2,7	1,9	2,9
Ошибка среднего	0,20	0,29	0,34	0,35	0,20	0,18	0,47	0,45
Достоверность различий	1,08	0,61	0,80	-	2,82		1,47	
Красноярский край (20891 Хатанга)								
Среднее значение	-13,3	-12,7	-11,9	-10,8	-13,3	-11,9	-10,9	-10,8
Ошибка среднего	0,22	0,30	0,32	0,21	0,22	0,23	0,37	0,23
Достоверность различий	8,02	5,15	2,92	-	4,42		0,16	
Красноярский край (23472 Туруханск)								
Среднее значение	-6,7	-6,0	-5,9	-5,0	-6,7	-5,5	-5,4	-4,5
Ошибка среднего	0,26	0,36	0,38	0,49	0,26	0,25	0,81	0,56
Достоверность различий	3,09	1,62	1,48	-	3,35		0,91	
Красноярский край (29570 Красноярск)								
Среднее значение	0,8	1,8	1,7	1,7	0,8	1,9	1,0	2,5
Ошибка среднего	0,20	0,31	0,40	0,44	0,20	0,2	0,58	0,49
Достоверность различий	1,86	0,17	0,04	-	3,67		2,04	

Продолжение таблицы 2

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Республика Саха (Якутия) (24266 Верхоянск)								
Среднее значение	-15,3	-14,6	-13,8	-13,4	-15,3	-13,9	-13,7	-13,1
Ошибка среднего	0,21	0,22	0,33	0,23	0,21	0,18	0,26	0,34
Достоверность различий	6,03	3,73	0,94	-	4,81		1,40	
Республика Саха (Якутия) (24944 Олекминск)								
Среднее значение	-6,3	-6,0	-5,7	-5,6	-6,3	-5,7	-6,1	-5,1
Ошибка среднего	0,25	0,33	0,33	0,34	0,25	0,19	0,51	0,34
Достоверность различий	1,72	0,85	0,19	-	1,99		1,68	
Камчатский край (32583 Петропавловск-Камчатский)								
Среднее значение	2,4	2,8	3,0	3,4	2,4	3,0	3,3	3,5
Ошибка среднего	0,11	0,18	0,14	0,13	0,11	0,11	0,11	0,24
Достоверность различий	5,84	2,83	2,06	-	4,32		1,05	
Магаданская область (25913 Магадан)								
Среднее значение	-3,3	-2,7	-2,4	-1,9	-3,3	-2,3	-2,3	-1,5
Ошибка среднего	0,13	0,27	0,18	0,24	0,13	0,15	0,10	0,42
Достоверность различий	5,18	2,19	1,70	-	4,77		1,72	
Хабаровский край (31735 Хабаровск)								
Среднее значение	1,8	2,4	2,8	2,6	1,8	2,6	2,5	2,8
Ошибка среднего	0,15	0,13	0,22	0,11	0,15	0,10	0,07	0,18
Достоверность различий	4,53	1,64	0,48	-	4,42		1,86	
Сахалинская область (32150 Южно-Сахалинск)								
Среднее значение	2,3	2,9	3,0	3,4	2,3	3,1	3,4	3,3
Ошибка среднего	0,13	0,16	0,19	0,15	0,13	0,10	0,18	0,25
Достоверность различий	5,41	2,09	1,33	-	4,73		0,52	

Окончание таблицы 2

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Приморский край (31960 Владивосток)								
Среднее значение	4,2	5,0	5,2	5,0	4,2	5,1	4,5	5,4
Ошибка среднего	0,12	0,12	0,19	0,17	0,12	0,10	0,11	0,13
Достоверность различий	3,66	0,03	0,81	-	5,57		5,10	
Амурская область (31510 Благовещенск)								
Среднее значение	0,7	1,5	2,0	2,0	0,7	1,9	1,6	2,3
Ошибка среднего	0,18	0,13	0,25	0,22	0,18	0,12	0,28	0,26
Достоверность различий	4,50	1,69	0,10	-	5,48		1,94	

Таблица 3 – Среднегодовое количество осадков в исследуемых регионах за период с 1966 по 2018 гг., мм

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.	2009 - 2013 гг.	2014 - 2018 гг.
Северо-Западный федеральный округ										
Архангельская область (22550 Архангельск)	516,2	534,5	574,5	626,6	621,1	622,1	546,8	623,3	551,4	621,9
Ленинградская область (26063 Санкт-Петербург)	759,8	680,9	708,3	650,6	686,3	760,6	645,1	667,3	756,5	668,3
Новгородская область (26275 Старая Русса)	764,5	693,8	718,6	671,4	698,9	744,5	725,5	704,9	722,5	732,5
Республика Карелия (22820 Петрозаводск)	642,8	527,2	581,8	594,3	628,3	601	572,1	608,3	585,9	633,6
Республика Коми (23804 Сыктывкар)	531,6	493,3	613,7	601,1	643,1	685,9	549,1	640,4	631,1	712,4
Ненецкий автономный округ (23205 Нарьян-Мар)	395,8	432,9	451,3	501,3	554,3	486,2	432,8	515,9	490,5	498,3
Центральный федеральный округ										
Брянская область (26898 Брянск)	639,4	638,4	665,5	689,7	694,8	608,3	648,1	668,2	710,2	547,2
Воронежская область (34123 Воронеж)	562	571	618,9	545,9	579,5	606,1	588,4	575,1	574,1	593,6
Южный федеральный округ										
Ростовская область (34730 Ростов-на-Дону)	413,3	500	544,8	631,3	610,6	584	504,1	610,4	530,5	632,4
Приволжский федеральный округ										
Нижегородская область (27459 Нижний Новгород)	563,3	658,7	634,7	657,5	655,5	686,2	630	668,5	660,4	669,5

Продолжение таблицы 3

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.	2009 - 2013 гг.	2014 - 2018 гг.
Уральский федеральный округ										
Тюменская область (28367 Тюмень)	487,8	457,1	482,6	475,6	489,9	453,1	475,1	472,7	418,6	469,3
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (23933 Ханты-Мансийск)	534	595,3	520,6	545,7	525,8	550,8	553,1	540	486,4	569,6
Сибирский федеральный округ										
Забайкальский край (30758 Чита)	363,8	307,3	390,9	345,2	311,3	312,6	352	323	350,3	290,8
Иркутская область (30710 Иркутск)	454,4	455,4	463	496,5	477,3	428,6	464,4	470,2	470,2	439,6
Омская область (28698 Омск)	392	394	408,4	394,2	442,8	416,5	399,4	417,9	412,5	429,2
Алтайский край (29838 Барнаул)	460,7	390,1	424,2	439,6	431,6	456,7	415,9	441,6	415,5	487,6
Красноярский край (20891 Хатанга)	296,8	242,7	267,8	283,4	278,6	283,3	263,6	281,6	267,9	311,3
Красноярский край (23472 Туруханск)	491,4	556,4	567,1	594,8	628,1	630,1	547,7	616,8	569,7	662,3
Красноярский край (29570 Красноярск)	531,8	451,8	469	475,2	517,6	513,9	474,7	501,4	508,1	530,5

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.	2009 - 2013 гг.	2014 - 2018 гг.
Дальневосточный федеральный округ										
Республика Саха (Якутия) (24266 Верхоянск)	200,4	175,3	165,3	179,3	196,9	194,6	176,3	189,9	174,7	213,5
Республика Саха (Якутия) (24944 Олекминск)	314	325,2	308,3	314,4	349,5	353,5	316,2	338,1	380,5	307,2
Камчатский край (32583 Петропавловск-Камчатский)	1339,8	1427,3	1235,5	1136,1	1189,7	1225,5	1333,1	1180,8	1149,8	1235,22
Магаданская области (25913 Магадан)	567,4	510,8	565,8	509,9	607,2	649,4	544,1	584,5	643,2	631,1
Хабаровский край (31735 Хабаровск)	655,4	648,7	739	672,6	631,2	765,9	686,2	684,3	782,38	772,64
Сахалинская область (32150 Южно-Сахалинск)	942	834,6	827,8	870,24	896,64	901,1	853,4	888,5	1055,28	848,78
Приморский край (31960 Владивосток)	768	824,7	836,5	867,66	838,61	891,5	817,8	864,1	870,06	897,6
Амурская область (31510 Благовещенск)	592,2	571,1	550,6	569,46	532,28	552,3	567,1	551,3	641,88	499,48

Таблица 4 – Динамика значений среднегодового количества осадков в исследуемых регионах за период с 1966 по 2018 гг., мм

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Архангельская область (22550 Архангельск)								
Среднее значение	546,8	626,6	621,1	631,8	546,8	623,3	628,9	634,7
Ошибка среднего	15,6	30,0	27,0	30,6	15,6	17,3	50,5	40,8
Достоверность различий ²⁵	2,47	0,12	0,26	-	3,29		0,09	
Ленинградская область (26063 Санкт-Петербург)								
Среднее значение	645,1	622,9	694,8	712,4	645,1	667,3	756,5	668,3
Ошибка среднего	14,0	31,8	32,3	42,5	14,0	21,7	45,3	71,5
Достоверность различий	1,50	1,69	0,33	-	0,86		1,04	
Новгородская область (26275 Старая Русса)								
Среднее значение	725,5	671,4	698,9	744,5	725,5	704,9	722,5	732,5
Ошибка среднего	13,5	29,8	22,1	29,8	16,1	19,5	39,7	46,8
Достоверность различий	2,53	1,49	0,33	-	1,66		1,28	
Республика Карелия (22820 Петрозаводск)								
Среднее значение	572,1	594,3	628,3	609,8	572,1	608,3	633,6	585,9
Ошибка среднего	19,1	18,0	24,2	30,7	19,1	14,8	31,5	54,4
Достоверность различий	1,04	0,44	0,47	-	1,50		0,76	

²⁵ Показатель достоверности различий средних значений в первых трех колонках определен при сравнении соответствующих средних значений с средним значением за период 2009-2018 гг. Далее этот показатель указан в объединенных ячейках по сравниваемым периодам.

Продолжение таблицы 4

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Республика Коми (23804 Сыктывкар)								
Среднее значение	549,1	601,1	643,1	671,8	549,1	640,4	631,1	712,4
Ошибка среднего	17,8	17,0	26,6	33,5	17,8	16,0	59,6	25,7
Достоверность различий	3,23	1,88	0,67	-	3,81		1,25	
Ненецкий автономный округ (23205 Нарьян-Мар)								
Среднее значение	432,8	501,3	554,3	494,4	432,8	515,9	490,5	498,3
Ошибка среднего	17,6	23,1	21,6	21,1	17,6	14,0	34,9	27,8
Достоверность различий	2,24	0,22	1,98	-	3,7		0,17	
Брянская область (26898 Брянск)								
Среднее значение	648,1	689,7	694,8	628,7	648,1	668,2	710,2	547,2
Ошибка среднего	19,7	32,4	18,8	37,7	19,7	19,0	23,7	50,0
Достоверность различий	0,46	1,23	1,57	-	0,74		2,95	
Воронежская область (34123 Воронеж)								
Среднее значение	588,4	546,0	579,5	583,8	588,4	575,1	574,1	593,6
Ошибка среднего	21,7	25,4	29,2	42,6	21,7	19,6	69,0	57,9
Достоверность различий	0,10	0,76	0,08	-	0,45		0,22	
Ростовская область (34730 Ростов-на-Дону)								
Среднее значение	504,0	631,3	610,6	581,5	504,0	610,4	530,5	632,4
Ошибка среднего	24,0	30,9	52,5	36,8	24,0	24,8	32,5	61,1
Достоверность различий	1,76	1,04	0,45	-	3,08		1,47	

Продолжение таблицы 4

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Нижегородская область (27459 Нижний Новгород)								
Среднее значение	630,0	657,5	665,5	665,0	630,0	668,5	660,4	669,5
Ошибка среднего	20,0	29,0	22,6	29,7	20,0	15,4	42,2	46,7
Достоверность различий	0,97	0,18	0,01	-	1,52		0,14	
Тюменская область (28367 Тюмень)								
Среднее значение	473,4	475,6	489,9	443,9	473,4	474,2	418,6	469,3
Ошибка среднего	14,2	19,9	32,3	18,0	14,2	14,5	19,1	27,7
Достоверность различий	1,29	1,18	1,24	-	0,04		1,51	
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (23933 Ханты-Мансийск)								
Среднее значение	553,1	545,7	525,8	528,0	553,1	540,0	486,4	569,6
Ошибка среднего	18,3	21,0	31,0	43,8	18,3	19,3	50,7	72,1
Достоверность различий	0,53	0,36	0,04	-	0,49		0,94	
Забайкальский край (30758 Чита)								
Среднее значение	352,0	343,2	311,3	320,5	352,0	323,0	350,3	290,8
Ошибка среднего	19,8	22,5	31,2	22,8	19,8	15,6	39,7	18,0
Достоверность различий	1,04	0,71	0,24	-	1,15		1,36	
Иркутская область (30710 Иркутск)								
Среднее значение	464,4	496,5	477,3	430,6	464,4	470,2	421,6	439,6
Ошибка среднего	15,6	32,6	26,6	24,1	15,6	17,3	30,5	40,6
Достоверность различий	1,18	1,62	1,30	-	0,25		0,35	

Продолжение таблицы 4

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Омская область (28698 Омск)								
Среднее значение	399,4	394,2	442,8	420,9	399,4	417,9	412,5	429,2
Ошибка среднего	14,6	26,0	32,1	31,4	14,6	16,5	56,5	34,6
Достоверность различий	0,62	0,65	0,49	-	0,84		0,25	
Алтайский край (29838 Барнаул)								
Среднее значение	415,9	439,6	431,6	451,6	415,9	441,6	415,5	487,7
Ошибка среднего	14,7	22,8	20,4	20,1	14,7	12,7	30,1	15,9
Достоверность различий	1,43	0,40	0,70	-	1,32		2,12	
Красноярский край (20891 Хатанга)								
Среднее значение	263,6	283,4	278,6	289,6	263,6	281,6	267,9	311,3
Ошибка среднего	9,2	14,2	16,0	20,6	9,2	9,9	34,4	22,0
Достоверность различий	1,16	0,25	0,42	-	1,34		1,06	
Красноярский край (23472 Туруханск)								
Среднее значение	547,7	594,8	628,1	616,0	547,7	616,8	569,7	662,3
Ошибка среднего	18,8	36,0	37,4	35,8	18,8	20,7	50,3	46,7
Достоверность различий	1,69	0,42	0,23	-	2,47		1,35	
Красноярский край (29570 Красноярск)								
Среднее значение	474,7	475,2	517,6	519,3	474,7	501,4	508,1	530,5
Ошибка среднего	16,8	22,0	14,9	26,0	16,8	13,0	44,2	31,9
Достоверность различий	1,44	1,29	0,06	-	1,26		0,41	

Продолжение таблицы 4

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Республика Саха (Якутия) (24266 Верхоянск)								
Среднее значение	176,3	179,3	197,0	194,1	176,3	190,0	174,7	213,5
Ошибка среднего	8,6	12,8	13,5	14,2	8,6	8,1	11,5	24,1
Достоверность различий	1,07	0,78	0,14	-	1,15		1,45	
Республика Саха (Якутия) (24944 Олекминск)								
Среднее значение	316,2	314,4	349,5	343,9	316,2	338,1	380,5	307,2
Ошибка среднего	13,2	19,1	21,0	27,5	13,2	13,9	43,7	28,6
Достоверность различий	0,91	0,88	0,16	-	1,15		1,40	
Камчатский край (32583 Петропавловск-Камчатский)								
Среднее значение	1333,1	1136,2	1157,2	1192,5	1333,1	1169,2	1149,8	1235,2
Ошибка среднего	55,2	101,4	75,1	72,1	55,2	49,9	81,7	125,6
Достоверность различий	1,55	0,45	0,34	-	2,2		0,57	
Магаданская область (25913 Магадан)								
Среднее значение	544,1	509,9	607,2	637,2	544,1	584,5	643,2	631,1
Ошибка среднего	23,7	45,8	46,6	31,2	23,7	26,9	51,0	41,9
Достоверность различий	2,38	2,30	0,53	-	1,13		0,18	
Хабаровский край (31735 Хабаровск)								
Среднее значение	686,2	672,6	631,2	777,5	686,2	684,5	782,4	772,6
Ошибка среднего	28,1	42,8	49,1	22,8	28,1	25,9	30,5	37,4
Достоверность различий	2,52	2,16	2,70	-	0,04		0,20	

Окончание таблицы 4

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Сахалинская область (32150 Южно-Сахалинск)								
Среднее значение	853,4	870,2	896,6	952,0	853,4	888,5	1055,3	848,8
Ошибка среднего	32,2	38,0	60,1	49,4	32,2	27,4	49,1	57,0
Достоверность различий	1,67	1,31	0,71	-	0,83		2,75	
Приморский край (31960 Владивосток)								
Среднее значение	817,8	844,6	838,6	883,8	817,8	856,3	870,1	897,6
Ошибка среднего	44,01	72,99	41,45	62,87	44,01	35,54	94,63	93,48
Достоверность различий	0,86	0,41	0,60	-	0,68		0,21	
Амурская область (31510 Благовещенск)								
Среднее значение	567,1	569,5	532,3	570,7	567,1	551,3	641,9	499,5
Ошибка среднего	20,4	24,0	39,6	42,3	20,4	21,4	58,5	45,9
Достоверность различий	0,08	0,03	0,66	-	0,54		1,91	

Таблица 5 – Динамика относительной влажности воздуха в исследуемых регионах за период с 1966 по 2018 гг., %

Федеральный округ, субъект РФ	Средняя относительная влажность воздуха в период с									
	1966 по 1970 гг.	1971 по 1980 гг.	1981 по 1990 гг.	1991 по 2000 гг.	2001 по 2010 гг.	2011 по 2018 гг.	1966 по 1990 гг.	1990 по 2018 гг.	2009 по 2013 гг.	2014 по 2018 гг.
Северо-Западный федеральный округ										
Архангельская область (22550 Архангельск)	78,7	79	80	79,9	80,6	80,5	79,3	80,3	79,5	81,8
Ленинградская область (26063 Санкт-Петербург)	78,7	77,4	77,3	77,9	78,2	76,2	77,6	77,5	77,2	75,7
Новгородская область (26275 Старая Русса)	78,8	77,9	77,2	80,3	78,8	77,1	77,9	78,7	77,8	76,9
Республика Карелия (22820 Петрозаводск)	79,0	78,9	79,7	81,4	79,7	79,9	79,3	80,4	80,7	79,6
Республика Коми (23804 Сыктывкар)	76,5	78,2	77,3	77,5	77,6	79,1	77,5	78,0	76,6	80,2
Ненецкий автономный округ (23205 Нарьян-Мар)	80,7	81,8	82,3	81,8	79,4	80,2	81,8	80,5	79,5	80,7
Центральный федеральный округ										
Брянская область (26898 Брянск)	78,3	78,4	78,2	76	75,9	76,4	78,3	76,1	78,9	74,2
Воронежская область (3423 Воронеж)	73,6	74,7	74,8	73,9	72,4	72,1	74,5	72,8	71,7	71,3
Южный федеральный округ										
Ростовская область (34730 Ростов-на-Дону)	74,5	73,8	74,4	74,8	72,2	69,7	74,2	72,4	72,2	69,3
Приволжский федеральный округ										
Нижегородская область: (27459 Нижний Новгород)	74	76,1	76,1	76,1	75,5	74,4	75,7	75,4	74,4	73,7
Уральский федеральный округ										
Тюменская область: (28367 Тюмень)	72,4	72,8	73,3	72,5	72,8	72,3	72,9	72,5	71,8	72,2
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (23933 Ханты-Мансийск)	77,3	76,9	77	77,2	76,1	77	77	76,8	76,3	77,4

Федеральный округ, субъект РФ	Средняя относительная влажность воздуха в период с									
	1966 по 1970 гг.	1971 по 1980 гг.	1981 по 1990 гг.	1991 по 2000 гг.	2001 по 2010 гг.	2011 по 2018 гг.	1966 по 1990 гг.	1990 по 2018 гг.	2009 по 2013 гг.	2014 по 2018 гг.
Сибирский федеральный округ										
Забайкальский край (30758 Чита)	65,4	64,9	65,9	64,1	63,4	61,1	65,4	63,0	64	59,5
Иркутская область (30710 Иркутск)	71,9	71,9	73,1	72,1	71	69,2	72,4	70,9	70,7	68,4
Омская область (28698 Омск)	72,1	71,9	71,6	70,6	71,9	71,3	71,8	71,3	71,6	71
Алтайский край (29838 Барнаул)	70,5	71,7	72,1	70,2	70,2	70,7	71,6	70,3	69	72
Красноярский край(20891 Хатанга)	75,8	77,4	77,1	79,2	77,4	79,9	76,9	78,8	78,4	80,4
Красноярский край(23472 Туруханск)	72,3	74,5	73,7	74	73,8	72,6	73,7	73,5	71,6	73,5
Красноярский край(29570 Красноярск)	66,6	66,1	67,3	68,2	70,3	70,9	66,7	69,7	71	71
Дальневосточный федеральный округ										
Республика Саха (Якутия) (24266 Верхоянск)	69,1	69,5	67,9	67,7	70,8	71,2	68,8	69,8	69,8	72
Республика Саха (Якутия) (24944 Олекминск)	71	71,7	71	70,5	74,3	74,4	71,3	73	75,8	73,8
Камчатский край (32583 Петропавловск-Камчатский)	80,6	74,5	73,5	74,6	75	70,6	75,3	73,6	74,1	68,9
Магаданская область (25913 Магадан)	71,8	69,9	71,6	71	74,6	71	71	72,3	73,2	69,6
Хабаровский край (31735 Хабаровск)	70,3	69,1	69,4	70	67,0	68,2	69,5	68,4	70	66,6
Сахалинская область (32150 Южно-Сахалинск)	80	78,8	82,1	81,2	81,3	79,3	80,4	80,7	81,8	77,6
Приморский край(31960 Владивосток)	70,6	70,7	70,9	70,8	70,4	72	70,8	71	73,3	70,8
Амурская область(31510 Благовещенск)	71,5	71	68,7	67,7	64,6	63,4	70,1	65,4	66,3	61,6

Таблица 6 – Динамика средних значений относительной влажности в исследуемых регионах за период с 1966 по 2018 гг., %

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Архангельская область (22550 Архангельск)								
Среднее значение	79,3	79,9	80,6	80,7	79,3	80,3	79,5	81,8
Ошибка среднего	0,2	0,4	0,4	0,6	0,2	0,3	0,9	0,4
Достоверность различий ²⁶	2,08	1,11	0,08	-	2,71		2,43	
Ленинградская область (26063 Санкт-Петербург)								
Среднее значение	77,6	77,9	78,2	76,4	77,6	77,5	77,2	75,7
Ошибка среднего	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,8
Достоверность различий	2,03	2,06	2,60	-	0,21		1,63	
Новгородская область (26275 Старая Русса)								
Среднее значение	77,9	80,3	78,8	77,1	77,9	78,9	77,8	76,9
Ошибка среднего	0,4	0,3	0,3	-	0,2	0,3	0,4	0,6
Достоверность различий	2,29	0,21	2,65	-	0,31		0,74	
Республика Карелия (22820 Петрозаводск)								
Среднее значение	79,3	81,4	79,7	80,1	79,3	80,4	80,7	79,6
Ошибка среднего	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,7
Достоверность различий	1,75	2,03	0,75	-	2,72		1,48	
Республика Коми (23804 Сыктывкар)								
Среднее значение	77,5	77,5	77,6	78,4	77,5	78,0	76,6	80,2
Ошибка среднего	0,4	0,4	0,5	0,8	0,4	0,3	0,7	0,8
Достоверность различий	1,04	1,07	0,85	-	0,96		3,40	
Ненецкий автономный округ (23205 Нарьян-Мар)								
Среднее значение	81,8	81,8	79,4	80,1	81,8	80,5	79,5	80,7
Ошибка среднего	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	0,7
Достоверность различий	3,18	2,62	1,47	-	3,23		1,40	

²⁶ Показатель достоверности различий средних значений в первых трех колонках определен при сравнении соответствующих средних значений со средним значением за период 2009-2018 гг. Далее этот показатель указан в объединенных ячейках по сравниваемым периодам.

Продолжение таблицы 6

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Брянская область (26898 Брянск)								
Среднее значение	78,3	76,0	75,9	76,5	78,3	76,1	78,9	74,2
Ошибка среднего	0,3	0,5	0,9	1,0	0,3	0,5	0,9	0,9
Достоверность различий	1,70	0,50	0,44	-	3,71		3,73	
Воронежская область (34123 Воронеж)								
Среднее значение	74,5	73,9	72,3	71,5	74,5	72,8	71,7	71,3
Ошибка среднего	0,5	0,4	0,9	0,9	0,5	0,5	1,1	1,6
Достоверность различий	3,00	2,37	0,68	-	2,69		0,19	
Ростовская область (34730 Ростов-на-Дону)								
Среднее значение	74,2	74,7	72,2	70,8	74,2	72,4	72,2	69,3
Ошибка среднего	0,6	0,8	0,9	1,0	0,6	0,6	1,3	1,2
Достоверность различий	3,02	3,10	1,10	-	2,09		1,66	
Нижегородская область (27459 Нижний Новгород)								
Среднее значение	75,7	76,1	75,5	74,0	75,7	75,4	74,4	73,7
Ошибка среднего	0,4	0,4	0,7	0,6	0,4	0,4	0,8	1,1
Достоверность различий	2,14	2,71	1,60	-	0,46		0,57	
Тюменская область (28367 Тюмень)								
Среднее значение	72,9	72,5	72,8	72,0	72,9	72,5	71,8	72,2
Ошибка среднего	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	0,3	0,7	0,2
Достоверность различий	1,73	0,84	1,10	-	0,77		0,48	
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (23933 Ханты-Мансийск)								
Среднее значение	77,0	77,2	76,1	76,9	77,0	76,8	76,3	77,4
Ошибка среднего	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,2	0,4	0,5
Достоверность различий	0,30	0,73	1,55	-	0,60		1,78	
Забайкальский край (30758 Чита)								
Среднее значение	65,4	64,1	63,4	61,8	65,4	63,0	64,0	59,5
Ошибка среднего	0,4	0,5	0,5	0,8	0,4	0,4	0,3	0,7
Достоверность различий	3,93	2,40	1,65	-	4,24		5,90	

Продолжение таблицы 6

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Иркутская область (30710 Иркутск)								
Среднее значение	72,4	72,1	71,0	69,6	72,4	70,9	70,7	68,4
Ошибка среднего	0,2	0,4	0,4	0,5	0,2	0,3	0,5	0,5
Достоверность различий	4,94	4,11	2,24	-	3,67		3,28	
Омская область (28698 Омск)								
Среднее значение	71,8	70,6	71,9	71,3	71,8	71,3	71,6	71,0
Ошибка среднего	0,4	1,0	0,6	0,6	0,4	0,4	0,9	0,8
Достоверность различий	0,74	0,61	0,72	-	0,94		0,55	
Алтайский край (29838 Барнаул)								
Среднее значение	71,6	70,2	70,2	70,5	71,6	70,3	69,0	72,0
Ошибка среднего	0,4	0,8	0,5	0,8	0,4	0,4	1,0	0,8
Достоверность различий	1,21	0,29	0,29	-	2,08		2,18	
Красноярский край (20891 Хатанга)								
Среднее значение	76,9	79,2	77,4	79,4	76,9	78,8	78,4	80,4
Ошибка среднего	0,3	0,8	0,6	0,6	0,3	0,4	0,6	0,9
Достоверность различий	3,52	0,16	2,42	-	3,35		1,83	
Красноярский край (23472 Туруханск)								
Среднее значение	73,7	74,0	73,8	72,5	73,7	73,5	71,6	73,5
Ошибка среднего	0,4	0,6	0,4	0,7	0,4	0,4	0,9	1,0
Достоверность различий	1,41	1,62	1,53	-	0,28		1,38	
Красноярский край (29570 Красноярск)								
Среднее значение	66,7	68,2	70,3	71,0	66,7	69,7	71,0	71,0
Ошибка среднего	0,3	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,5	0,7
Достоверность различий	8,28	4,35	1,17	-	6,68		0,09	

Продолжение таблицы 6

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Республика Саха (Якутия) (24266 Верхоянск)								
Среднее значение	68,8	67,7	70,8	70,9	68,8	69,8	69,8	72,0
Ошибка среднего	0,3	0,6	0,3	0,5	0,3	0,4	0,1	0,7
Достоверность различий	3,65	4,21	0,15	-	1,97		3,08	
Республика Саха (Якутия) (24944 Олекминск)								
Среднее значение	71,3	70,5	74,3	74,8	71,3	73,0	75,8	73,8
Ошибка среднего	0,4	1,4	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5
Достоверность различий	5,64	2,87	0,59	-	2,31		2,60	
Камчатский край (32583 Петропавловск-Камчатский)								
Среднее значение	75,3	74,6	75,0	71,5	75,3	73,6	74,1	68,9
Ошибка среднего	0,9	0,6	0,2	1,0	0,9	0,5	0,9	0,3
Достоверность различий	2,92	2,65	3,51	-	1,69		5,24	
Магаданская область (25913 Магадан)								
Среднее значение	71,0	71,0	74,6	71,4	71,0	72,3	73,2	69,6
Ошибка среднего	0,4	0,7	0,5	0,9	0,4	0,5	0,8	1,2
Достоверность различий	0,39	0,29	3,08	-	1,89		2,46	
Хабаровский край (31735 Хабаровск)								
Среднее значение	69,5	70,0	67,0	68,3	69,5	68,4	70,0	66,6
Ошибка среднего	0,4	0,4	0,8	0,8	0,4	0,5	0,8	0,9
Достоверность различий	1,39	2,00	1,15	-	1,73		2,90	
Сахалинская область (32150 Южно-Сахалинск)								
Среднее значение	80,4	81,2	81,3	79,7	80,4	80,7	81,8	77,6
Ошибка среднего	0,4	0,6	0,3	0,8	0,4	0,4	0,3	0,9
Достоверность различий	0,76	1,39	1,89	-	0,59		4,66	
Приморский край (31960 Владивосток)								
Среднее значение	70,8	70,8	70,4	72,0	70,8	71,0	73,3	70,8
Ошибка среднего	0,3	0,4	0,4	0,7	0,3	0,3	0,6	0,9
Достоверность различий	1,71	1,67	2,01	-	0,50		2,28	

Окончание таблицы 6

Федеральный округ, субъект РФ	1966 - 1970 гг.	1971 - 1980 гг.	1981 - 1990 гг.	1991 - 2000 гг.	2001 - 2010 гг.	2011 - 2018 гг.	1966 - 1990 гг.	1990 - 2018 гг.
Амурская область (31510 Благовещенск)								
Среднее значение	70,1	67,7	64,6	64,0	70,1	65,4	66,3	61,6
Ошибка среднего	0,5	0,6	0,5	1,0	0,5	0,5	1,1	0,7
Достоверность различий	5,59	3,23	0,61	-	6,75		3,61	

Таблица 7 – Количество опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ) в исследуемых регионах (1991-2018 гг.)

Год	Архангельская область	Ленинградская область	Новгородская область	Республика Карелия	Республика Коми	Ненецкий автономный округ	Брянская область	Воронежская область	Ростовская область	Нижегородская область	Тюменская область	Ханты-Мансийский АО – Югра	Забайкальский край	Иркутская область	Омская область	Алтайский край	Красноярский край	Республика Саха (Якутия)	Камчатский край	Магаданская область	Хабаровский край	Сахалинская область	Приморский край	Амурская область	Всего за год
1991	10	16	9	10	13	10	13	14	19	14	7	6	13	6	11	10	30	2	11	2	5	19	15	-	265
1992	2	-	1	2	1	1	-	-	4	2	9	3	9	5	4	15	28	3	-	5	1	15	5	-	115
1993	1	2	-	-	6	-	1	1	3	1	9	9	4	4	17	17	49	1	11	5	6	29	12	2	190
1994	3	8	3	1	2	1	2	3	4	5	6	3	19	3	6	9	20	2	4	4	6	44	29	2	189
1995	2	5	2	6	6	1	1	7	6	2	0	1	7	4	8	18	27	3	25	7	5	34	3	2	182
1996	1	5	4	1	6	2	-	2	18	6	2	0	9	2	9	17	15	10	17	4	6	36	22	4	198
1997	2	1	1	2	5	-	1	2	9	5	1	0	7	1	2	16	4	2	15	1	14	36	14	11	152
1998	5	9	2	3	2	5	8	7	16	13	4	0	19	4	5	23	5	4	2	3	8	5	2	5	159
1999	6	8	3	3	3	1	3	1	5	4	1	1	16	1	2	22	16	5	11	2	7	24	9	1	155
2000	6	5	3	3	2	-	4	1	7	6	6	6	14	1	6	24	3	2	1	3	4	32	24	8	171
2001	2	5	1	3	1	1	1	1	6	5	1	0	30	9	2	49	22	15	7	3	15	18	20	4	221

Год	Архангельская область	Ленинградская область	Новгородская область	Республика Карелия	Республика Коми	Ненецкий автономный округ	Брянская область	Воронежская область	Ростовская область	Нижегородская область	Тюменская область	Ханты-Мансийский АО – Югра	Забайкальский край	Иркутская область	Омская область	Алтайский край	Красноярский край	Республика Саха (Якутия)	Камчатский край	Магаданская область	Хабаровский край	Сахалинская область	Приморский край	Амурская область	Всего за год
2002	3	4	1	2	2	2	2	3	6	4	2	1	30	7	1	30	39	5	7	1	4	23	27	13	219
2003	2	2	2	1	4	5	4	5	15	3	1	0	24	5	1	22	47	2	13	5	6	39	16	3	227
2004	1	1	2	-	1	4	3	3	7	7	2	2	23	1	5	36	57	9	19	1	5	74	9	5	277
2005	2	2	1	1	1	-	9	10	16	12	3	4	33	6	4	48	41	5	14	0	8	57	18	10	305
2006	1	3	2	2	10	1	3	21	16	12	14	9	22	10	31	45	31	1	6	9	9	22	7	6	293
2007	6	4	3	-	1	-	7	19	9	11	5	2	28	10	9	86	12	3	6	1	11	12	30	10	285
2008	-	2	1	1	-	-	1	10	11	8	0	1	36	12	2	27	26	7	9	4	3	28	0	11	200
2009	5	-	2	1	-	-	2	4	13	16	3	0	14	9	18	33	27	4	6	7	33	33	28	2	260
2010	-	4	1	-	-	-	11	14	15	19	14	6	18	11	14	57	43	3	2	4	15	64	0	3	318
2011	1	1	1	2	1	-	3	6	3	5	4	-	17	4	6	29	33	9	1	1	11	38	7	3	186
2012	2	1	2	2	2	-	4	18	8	8	3	1	37	7	8	40	16	8	9	1	19	31	14	1	242

Год	Архангельская область	Ленинградская область	Новгородская область	Республика Карелия	Республика Коми	Ненецкий автономный округ	Брянская область	Воронежская область	Ростовская область	Нижегородская область	Тюменская область	Ханты-Мансийский АО – Югра	Забайкальский край	Иркутская область	Омская область	Алтайский край	Красноярский край	Республика Саха (Якутия)	Камчатский край	Магаданская область	Хабаровский край	Сахалинская область	Приморский край	Амурская область	Всего за год
2013	-	4	2	1	-	4	3	4	6	5	3	7	19	10	6	52	29	5	8	3	12	56	10	7	261
2014	4	-	1	1	1	2	1	3	31	6	3	3	3	12	3	81	13	8	2	3	17	40	6	1	244
2015	1	3	1	1	-	-	3	9	6	10	1	5	11	16	3	43	18	2	2	1	13	39	10	5	203
2016	2	2	2	8	-	-	3	2	23	6	6	1	11	14	8	32	8	2	7	3	1	25	13	19	198
2017	1	-	1	1	1	-	1	1	9	7	9	1	13	18	4	57	21	2	5	1	2	29	12	6	202
2018	1	2	2	-	2	-	4	5	7	2	3	9	18	6	3	50	19	9	9	0	18	27	19	6	221
Всего	72	99	56	58	73	40	98	176	298	204	122	81	504	198	198	988	699	133	229	84	264	929	381	150	

Таблица 8 – Динамика опасных метеорологических явлений (ОМЯ) в исследуемых регионах за период с 1991 по 2018 гг.

Федеральный округ, субъект РФ	Количество опасных метеорологических явлений в период с 1991 по 2000 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2001 по 2010 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2010 по 2018 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2009 по 2013 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2014 по 2018 гг.
Архангельская область					
Среднее значение	3,8	2,2	1,7	1,6	1,8
Ошибка среднего	0,92	0,63	0,52	0,93	0,58
Достоверность различий	2,00	0,61	-	0,18	
Ленинградская область					
Среднее значение	5,9	2,7	1,7	2,0	1,4
Ошибка среднего	1,48	0,50	0,50	0,84	0,60
Достоверность различий	2,69	1,43	-	0,58	
Новгородская область					
Среднее значение	28	16	13	8	9
Ошибка среднего	1,36	0,7	0,61	1,1	0,8
Достоверность различий	2,35	1,54	0,73	0,77	
Республика Карелия					
Среднее значение	3,1	1,1	1,7	1,2	2,2
Ошибка среднего	0,92	0,31	0,73	0,37	1,46
Достоверность различий	1,19	0,75	-	0,66	
Республика Коми					
Среднее значение	4,6	2,0	0,7	0,6	0,8
Ошибка среднего	1,12	0,97	0,26	0,40	0,37
Достоверность различий	3,40	1,30	-	0,37	

Федеральный округ, субъект РФ	Количество опасных метеорологических явлений в период с 1991 по 2000 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2001 по 2010 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2010 по 2018 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2009 по 2013 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2014 по 2018 гг.
Ненецкий автономный округ					
Среднее значение	2,1	1,3	0,6	0,8	0,4
Ошибка среднего	0,99	0,58	0,43	0,80	0,40
Достоверность различий	1,39	0,97	-	0,45	
Брянская область					
Среднее значение	3,3	4,3	3,5	4,6	2,4
Ошибка среднего	1,32	1,11	0,90	1,63	0,60
Достоверность различий	0,13	0,56	-	1,27	
Воронежская область					
Среднее значение	3,8	9,0	6,6	9,2	4,0
Ошибка среднего	1,37	2,23	1,74	2,87	1,41
Достоверность различий	1,26	0,85	-	1,63	
Ростовская область					
Среднее значение	9,1	11,4	12,1	9,0	15,2
Ошибка среднего	1,96	1,31	2,78	2,21	5,00
Достоверность различий	0,88	0,23	-	1,13	
Нижегородская область					
Среднее значение	5,8	9,7	8,4	10,6	6,2
Ошибка среднего	1,40	1,66	1,67	2,91	1,28
Достоверность различий	1,20	0,55	-	1,38	

Федеральный округ, субъект РФ	Количество опасных метеорологических явлений в период с 1991 по 2000 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2001 по 2010 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2010 по 2018 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2009 по 2013 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2014 по 2018 гг.
Тюменская область					
Среднее значение	4,5	4,5	4,9	5,4	4,4
Ошибка среднего	1,07	1,64	1,22	2,16	1,40
Достоверность различий	0,25	0,20	-	0,39	
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра					
Среднее значение	2,9	2,5	3,3	2,8	3,8
Ошибка среднего	0,99	0,95	1,02	1,53	1,50
Достоверность различий	0,28	0,57	-	0,47	
Забайкальский край					
Среднее значение	11,7	25,8	16,1	21,0	11,2
Ошибка среднего	1,67	2,16	2,77	4,09	2,42
Достоверность различий	1,36	2,76	-	2,06	
Иркутская область					
Среднее значение	3,1	8,0	10,7	8,2	13,2
Ошибка среднего	0,57	1,04	1,41	1,24	2,06
Достоверность различий	5,01	1,54	-	2,08	
Омская область					
Среднее значение	7,0	8,7	7,3	10,4	4,2
Ошибка среднего	1,44	3,08	1,60	2,40	0,97
Достоверность различий	0,14	0,40	-	2,40	

Федеральный округ, субъект РФ	Количество опасных метеорологических явлений в период с 1991 по 2000 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2001 по 2010 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2010 по 2018 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2009 по 2013 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2014 по 2018 гг.
Алтайский край					
Среднее значение	17,1	43,3	47,4	42,2	52,6
Ошибка среднего	1,59	5,89	4,94	5,38	8,21
Достоверность различий	5,83	0,53	-	1,06	
Красноярский край					
Среднее значение	19,7	34,5	22,7	29,6	15,8
Ошибка среднего	4,55	4,22	3,28	4,38	2,35
Достоверность различий	0,53	2,21	-	2,78	
Республика Саха (Якутия)					
Среднее значение	3,4	5,4	5,2	5,8	4,6
Ошибка среднего	0,82	1,30	0,95	1,16	1,60
Достоверность различий	1,43	0,12	-	0,61	
Камчатский край					
Среднее значение	9,7	8,9	5,1	5,2	5,0
Ошибка среднего	2,54	1,58	0,99	1,59	1,38
Достоверность различий	1,68	2,04	-	0,09	
Магаданская область					
Среднее значение	3,6	3,5	2,4	3,2	1,6
Ошибка среднего	0,56	0,92	0,65	1,11	0,60
Достоверность различий	1,39	0,97	-	1,26	

Федеральный округ, субъект РФ	Количество опасных метеорологических явлений в период с 1991 по 2000 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2001 по 2010 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2010 по 2018 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2009 по 2013 гг.	Количество опасных метеорологических явлений в период с 2014 по 2018 гг.
Хабаровский край					
Среднее значение	6,2	10,9	14,1	18,0	10,2
Ошибка среднего	1,05	2,79	2,87	4,00	3,65
Достоверность различий	2,59	0,80	-	1,44	
Сахалинская область					
Среднее значение	27,4	37,0	38,2	44,4	32,0
Ошибка среднего	3,69	6,67	4,01	6,59	3,13
Достоверность различий	1,98	0,15	-	1,70	
Приморский край					
Среднее значение	13,5	15,5	11,9	11,8	12,0
Ошибка среднего	2,91	3,53	2,41	4,65	2,12
Достоверность различий	0,42	0,84	-	0,04	
Амурская область					
Среднее значение	3,5	6,7	5,3	3,2	7,4
Ошибка среднего	1,14	1,25	1,67	1,02	3,04
Достоверность различий	0,89	0,67	-	1,31	

Таблица 9 – Динамика снежного покрова в исследуемых регионах за период 1966-2018 гг., мм

Федеральный округ, субъект РФ	Средняя высота снежного покрова в период									
	1966- 1970 гг.	1971- 1980 гг.	1981- 1990 гг.	1991- 2000 гг.	2001- 2010 гг.	2011- 2018 гг.	1966- 1990 гг.	1990- 2018 гг.	2009- 2013 гг.	2014- 2018 гг.
Северо-Западный федеральный округ										
Архангельская область (22550 Архангельск)	36,1	22,8	31,7	33,9	27,1	27,6	30,2	27,9	26,9	28,1
Ленинградская область (26063 Санкт-Петербург)	19,6	14,2	18,3	11,5	15,1	15,2	17,4	13,8	26,3	8,4
Новгородская область (26275 Старая Русса)	18,9	15,4	21,5	19,7	23,1	24,1	18,6	22,3	22,7	23,5
Республика Карелия (22820 Петрозаводск)	18,2	16,4	29,2	24,4	24,6	22,1	21,3	23,8	30,6	15,9
Республика Коми (23804 Сыктывкар)	29,4	47,5	46,9	46,4	42,9	42,7	41,3	44,1	40,3	44,2
Ненецкий автономный округ (23205 Нарьян- Мар)	28,8	39,2	35,1	42,2	42,8	37,3	34,4	41,0	32,8	42,2
Центральный федеральный округ										
Брянская область (26898 Брянск)	15,7	17,3	18,3	16,9	20,7	19,9	17,1	19,1	28,5	14,6
Воронежская область (34123 Воронеж)	17,1	14,5	14,9	16,1	20,6	17,1	15,5	18,0	17,9	19,2
Южный федеральный округ										
Ростовская область (34730 Ростов-на-Дону)	8,9	6,9	11,3	10,9	8,8	8	9,1	9,3	6,3	9,6
Приволжский федеральный округ										
Нижегородская область: (27459 Нижний Новгород)	29,8	22,9	24,9	25,4	22,3	33,1	26	26,5	35,7	27,5

Продолжение таблицы 9

Федеральный округ, субъект РФ	Средняя высота снежного покрова в период									
	1966- 1970 гг.	1971- 1980 гг.	1981- 1990 гг.	1991- 2000 гг.	2001- 2010 гг.	2011- 2018 гг.	1966- 1990 гг.	1990- 2018 гг.	2009- 2013 гг.	2014- 2018 гг.
Уральский федеральный округ										
Тюменская область: (28367 Тюмень)	23,0	24,7	26,1	29,5	28,6	29,9	24,6	29,3	29,6	29,8
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (23933 Ханты- Мансийск)	26,9	35,7	31,4	34,5	35,9	35,8	31,4	35,4	35,2	35,5
Сибирский федеральный округ										
Забайкальский край (30758 Чита)	5,7	3,9	4,6	5,7	8,1	6,5	4,7	6,8	9,4	5,1
Иркутская область (30710 Иркутск)	22,0	16,7	17,4	21,5	18,2	22,2	18,7	20,5	18,5	23,6
Омская область (28698 Омск)	14,6	22,4	27,6	27,3	29,2	33,9	21,5	29,8	28,5	34,4
Алтайский край (29838 Барнаул)	17,2	24,0	30,8	31,6	32,4	29,8	24,0	31,4	34,0	27,6
Красноярский край (20891 Хатанга)	16,3	18,5	29,1	28,5	28,7	28,6	21,3	28,6	29,4	28,7
Красноярский край (23472 Туруханск)	50,2	55,5	57,0	69,2	69,6	65,3	54,2	68,3	52,3	70,7
Красноярский край (29570 Красноярск)	13,5	14,1	10,1	15,8	16,4	19,4	12,6	17,0	22,1	20,8
Дальневосточный федеральный округ										
Республика Саха (Якутия) (24266 Верхоянск)	17,5	15,9	16,0	15,8	19,5	19,8	16,5	18,2	17,2	21,5
Республика Саха (Якутия) (24944 Олекминск)	29,8	32,8	33,0	28,7	31,8	31,1	31,8	30,5	30,3	30,8

Федеральный округ, субъект РФ	Средняя высота снежного покрова в период									
	1966- 1970 гг.	1971- 1980 гг.	1981- 1990 гг.	1991- 2000 гг.	2001- 2010 гг.	2011- 2018 гг.	1966- 1990 гг.	1990- 2018 гг.	2009- 2013 гг.	2014- 2018 гг.
Камчатский край (32583 Петропавловск- Камчатский)	40,2	55,4	67,0	78,9	84,8	87,3	54,2	83,4	76,7	89,9
Магаданская области (25913 Магадан)	13,4	11,9	24,0	24,1	26,0	24,0	16,4	24,7	25,6	22,8
Хабаровский край (31735 Хабаровск)	7,7	7,5	11,0	14,0	13,0	20,8	8,7	15,6	21,3	19,7
Сахалинская область (32150 Южно- Сахалинск)	36,8	29,8	31,4	34,9	40,4	47,4	32,7	40,4	51,6	43,5
Приморский край (31960 Владивосток)	4,8	5,0	4,6	3,9	8,5	3,7	4,8	5,5	5,9	4,0
Амурская область (31510 Благовещенск)	8,3	9,5	7,0	10,3	11,1	10,3	8,3	10,6	16,8	6,9

Таблица 10 – Динамика снежного покрова в исследуемых регионах за период с 1966 по 2018 гг., мм

Федеральный округ, субъект РФ	Средняя высота снежного покрова в период с 1966 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2000 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2001 по 2010 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2010 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1961 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова период с 2009 по	Средняя 1981 высота снежного покрова в период с 2014 по 2018 гг.
Архангельская область								
Среднее значение	30,2	33,9	27,1	27,5	30,2	29,7	28,1	26,9
Ошибка среднего	2,28	1,72	2,33	1,12	2,28	1,23	1,35	1,91
Достоверность различий ²⁷	1,08	3,11	0,12	-	0,20		0,51	
Ленинградская область								
Среднее значение	17,4	11,5	15,1	17,4	17,4	13,8	26,3	8,4
Ошибка среднего	1,41	1,88	3,37	4,79	1,41	1,89	7,85	1,28
Достоверность различий	0,00	1,14	0,39	-	1,51		2,86	
Новгородская область								
Среднее значение	18,9	19,7	23,1	24,1	18,9	22,3	22,7	23,4
Ошибка среднего	1,22	1,63	2,98	5,06	1,96	2,1	6,55	1,55
Достоверность различий	0,35	1,56	0,69	-	1,69		2,94	
Республика Карелия								
Среднее значение	21,3	24,4	24,6	23,3	21,3	23,8	30,6	15,9
Ошибка среднего	1,65	1,74	2,27	2,73	1,65	1,34	2,31	1,03
Достоверность различий	0,62	0,35	0,39	-	1,20		5,81	

²⁷ Показатель достоверности различий средних значений в первых трех колонках определен при сравнении соответствующих средних значений с средним значением за период 2009-2018 гг. Далее этот показатель указан в объединенных ячейках по сравниваемым периодам.

Федеральный округ, субъект РФ	Средняя высота снежного покрова в период с 1966 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2000 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2001 по 2010 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2010 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1961 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова период с 2009 по	Средняя 1981 высота снежного покрова в период с 2014 по 2018 гг.
Республика Коми								
Среднее значение	41,3	46,4	42,9	42,3	41,3	44,1	40,3	44,2
Ошибка среднего	2,76	2,85	2,52	1,32	2,76	1,41	1,42	1,98
Достоверность различий	0,34	1,32	0,21	-	0,92		1,61	
Ненецкий автономный округ								
Среднее значение	34,4	42,2	42,8	37,5	34,4	41,0	32,8	42,2
Ошибка среднего	1,38	1,59	1,84	2,56	1,38	1,23	3,39	2,67
Достоверность различий	1,08	1,54	1,68	-	3,58		2,17	
Брянская область								
Среднее значение	17,1	16,9	20,7	21,6	17,1	19,1	28,5	14,6
Ошибка среднего	1,47	2,27	2,39	3,65	1,47	1,60	3,69	4,70
Достоверность различий	1,14	1,09	0,20	-	0,95		2,33	
Воронежская область								
Среднее значение	15,5	16,1	20,6	18,6	15,5	18,0	17,9	19,2
Ошибка среднего	1,40	1,49	3,09	2,57	1,40	1,48	3,50	4,16
Достоверность различий	1,05	0,83	0,49	-	1,22		0,23	
Ростовская область								
Среднее значение	9,1	10,9	8,8	7,9	9,1	9,3	6,3	9,6
Ошибка среднего	1,28	2,28	0,75	0,97	1,28	0,92	0,73	1,53
Достоверность различий	0,70	1,19	0,68	-	0,14		1,94	

Федеральный округ, субъект РФ	Средняя высота снежного покрова в период с 1966 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2000 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2001 по 2010 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2010 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1961 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова период с 2009 по	Средняя 1981 высота снежного покрова в период с 2014 по 2018 гг.
Нижегородская область								
Среднее значение	26,0	25,4	22,3	31,6	26,0	26,5	35,7	27,5
Ошибка среднего	1,64	4,84	2,67	2,96	1,64	2,29	5,06	2,34
Достоверность различий	1,65	1,09	2,32	-	0,18		1,48	
Тюменская область								
Среднее значение	24,6	29,5	28,6	29,7	24,6	29,3	29,6	29,8
Ошибка среднего	1,01	1,91	2,45	1,92	1,01	1,17	3,74	1,59
Достоверность различий	2,33	0,07	0,34	-	3,03		0,04	
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра								
Среднее значение	31,4	34,5	35,9	35,4	31,4	35,4	35,2	35,5
Ошибка среднего	1,67	1,98	1,56	1,05	1,67	0,94	1,54	1,61
Достоверность различий	2,03	0,39	0,29	-	2,10		0,12	
Забайкальский край								
Среднее значение	4,7	5,7	8,1	7,2	4,7	6,8	9,4	5,1
Ошибка среднего	0,41	0,52	0,87	0,89	0,41	0,47	0,58	0,92
Достоверность различий	2,59	1,50	0,70	-	3,35		3,96	
Иркутская область								
Среднее значение	18,7	21,5	18,2	21,0	18,7	20,5	18,5	23,6
Ошибка среднего	0,77	1,16	0,78	1,26	0,77	0,68	1,57	1,16
Достоверность различий	1,59	0,25	1,90	-	1,78		2,63	

Федеральный округ, субъект РФ	Средняя высота снежного покрова в период с 1966 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2000 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2001 по 2010 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2010 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1961 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова период с 2009 по	Средняя 1981 высота снежного покрова в период с 2014 по 2018 гг.
Омская область								
Среднее значение	21,5	27,3	29,2	31,5	21,5	29,8	28,5	34,4
Ошибка среднего	1,28	1,63	2,93	2,07	1,28	1,32	3,44	1,76
Достоверность различий	4,08	1,57	0,64	-	4,54		1,52	
Алтайский край								
Среднее значение	24,0	31,6	32,4	30,8	24,0	31,4	34,0	27,6
Ошибка среднего	1,68	1,30	2,49	2,41	1,68	1,27	2,65	3,73
Достоверность различий	2,32	0,28	0,45	-	3,50		1,41	
Красноярский край (20891 Хатанга)								
Среднее значение	21,3	28,5	28,7	29,0	21,3	28,6	29,4	28,7
Ошибка среднего	1,68	2,63	1,60	1,92	1,68	1,22	2,97	2,78
Достоверность различий	3,03	0,15	0,14	-	3,51		0,17	
Красноярский край (23472 Туруханск)								
Среднее значение	54,2	69,2	69,6	61,5	54,2	68,3	52,3	70,7
Ошибка среднего	1,74	3,67	4,63	4,17	1,74	2,33	3,73	4,71
Достоверность различий	1,61	1,39	1,31	-	4,83		3,06	
Красноярский край (29570 Красноярск)								
Среднее значение	12,6	15,8	16,4	21,5	12,6	17,0	22,1	20,8
Ошибка среднего	0,99	1,58	2,54	2,10	0,99	1,18	3,56	2,64
Достоверность различий	3,82	2,17	1,54	-	2,87		0,30	

Федеральный округ, субъект РФ	Средняя высота снежного покрова в период с 1966 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2000 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2001 по 2010 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2010 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1961 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова период с 2009 по	Средняя 1981 высота снежного покрова в период с 2014 по 2018 гг.
Республика Саха (Якутия) (24266 Верхоянск)								
Среднее значение	16,5	15,8	19,5	19,4	16,5	18,2	17,2	21,5
Ошибка среднего	0,90	0,99	1,01	1,03	0,90	0,69	1,03	1,21
Достоверность различий	2,10	2,52	0,10	-	1,54		2,67	
Республика Саха (Якутия) (24944 Олекминск)								
Среднее значение	31,8	28,7	31,8	30,5	31,8	30,5	30,3	30,8
Ошибка среднего	1,22	1,78	2,20	1,73	1,22	1,10	2,99	2,11
Достоверность различий	0,62	0,75	0,45	-	0,83		0,16	
Камчатский край								
Среднее значение	54,2	78,9	84,8	83,3	54,2	83,4	76,7	89,9
Ошибка среднего	3,33	8,38	8,83	7,18	3,33	4,77	10,48	10,00
Достоверность различий	3,68	0,40	0,13	-	5,02		0,92	
Магаданская область								
Среднее значение	16,4	24,1	26,0	24,2	16,4	24,7	25,6	22,8
Ошибка среднего	2,10	2,75	3,29	2,38	2,10	1,69	2,82	4,06
Достоверность различий	2,44	0,03	0,45	-	3,08		0,57	
Хабаровский край								
Среднее значение	8,7	14,0	13,0	20,5	8,7	15,6	21,3	19,7
Ошибка среднего	0,77	1,51	1,34	2,24	0,77	1,22	2,57	3,96
Достоверность различий	4,97	2,42	2,88	-	4,75		0,33	

Федеральный округ, субъект РФ	Средняя высота снежного покрова в период с 1966 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2000 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2001 по 2010 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 2010 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1961 по 1990 гг.	Средняя высота снежного покрова в период с 1991 по 2018 гг.	Средняя высота снежного покрова период с 2009 по	Средняя 1981 высота снежного покрова в период с 2014 по 2018 гг.
Сахалинская область								
Среднее значение	32,7	34,9	40,4	47,5	32,7	40,4	51,6	43,5
Ошибка среднего	2,33	4,15	3,54	3,73	2,33	2,46	4,41	5,91
Достоверность различий	3,37	2,27	1,38	-	2,28		1,10	
Приморский край								
Среднее значение	4,8	3,9	8,5	5,0	4,8	5,5	5,9	4,0
Ошибка среднего	0,33	0,74	0,94	0,98	0,33	0,62	1,78	0,84
Достоверность различий	0,15	0,84	2,61	-	0,98		0,94	
Амурская область								
Среднее значение	8,3	10,3	11,1	11,9	8,3	10,6	16,8	6,9
Ошибка среднего	0,55	0,82	1,62	1,88	0,55	0,81	1,67	0,91
Достоверность различий	1,84	0,77	0,31	-	2,34		5,21	

Таблица 11 – Количество лесных пожаров в исследуемых субъектах РФ в период с 1991 г. по 2018 г.

Год	Архангельская область	Ленинградская область	Новгородская область	Республика Карелия	Республика Коми	Брянская область	Воронежская область	Ростовская область	Нижегородская область	Тюменская область	Ханты-Мансийский АО – Югра	Забайкальский край	Иркутская область	Омская область	Алтайский край	Красноярский край	Республика Саха (Якутия)	Камчатский край	Магаданская область	Хабаровский край	Сахалинская область	Приморский край	Амурская область
1991	86	201	17	15	835	127	157	65	233	470	354	269	741	317	41	457	835	48	335	187	20	91	221
1992	86	201	18	15	835	127	235	56	527	139	312	580	899	41	36	669	1027	51	169	216	7	152	404
1993	69	225	66	61	446	144	276	91	282	214	722	655	2670	17	19	1254	1020	78	174	727	87	266	179
1994	456	313	422	668	295	153	955	87	37	422	475	671	2437	87	94	1231	358	51	213	213	13	77	157
1995	98	307	122	371	241	194	693	67	490	552	444	677	1886	103	34	1016	635	68	46	551	30	150	251
1996	91	374	156	349	124	521	572	45	798	472	180	1222	2836	82	231	1049	792	38	112	861	35	185	519
1997	846	269	346	875	611	332	305	98	837	952	315	1200	2010	182	1464	824	191	67	155	385	60	400	234
1998	94	128	124	213	222	135	505	120	418	526	324	1305	1033	114	610	525	543	122	129	1266	350	575	341
1999	554	694	653	1712	494	332	934	66	390	234	311	1416	1619	168	777	1156	414	86	123	811	75	201	426

Продолжение таблицы 11

Год	Архангельская область	Ленинградская область	Новгородская область	Республика Карелия	Республика Коми	Брянская область	Воронежская область	Ростовская область	Нижегородская область	Тюменская область	Ханты-Мансийский АО – Югра	Забайкальский край	Иркутская область	Омская область	Алтайский край	Красноярский край	Республика Саха (Якутия)	Камчатский край	Магаданская область	Хабаровский край	Сахалинская область	Приморский край	Амурская область
2000	653	418	422	470	897	167	366	84	426	406	719	1660	1451	170	316	0	260	86	139	508	175	175	590
2001	805	185	789	753	514	69	583	89	481	452	169	951	1158	218	393	777	596	78	52	808	427	427	438
2002	348	2710	1024	1089	343	979	1546	154	1036	265	144	1217	1740	114	314	538	818	93	95	740	111	311	636
2003	253	326	433	564	306	133	454	79	140	565	846	2512	3248	104	457	1203	587	114	162	1015	656	656	599
2004	342	156	142	137	492	59	202	43	128	1770	1028	714	498	279	518	528	200	30	21	188	232	232	146
2005	311	305	322	514	524	157	454	47	374	292	859	589	831	86	519	375	263	35	33	613	108	108	276
2006	302	2888	955	1157	261	263	307	34	556	1141	346	812	933	278	1241	858	206	43	42	370	203	203	374
2007	54	296	108	106	212	145	880	82	700	167	382	2 053	1 554	91	654	733	81	24	65	570	67	166	267

Продолжение таблица 11

Год																				
2014	119	317	74	2012	2011	2010	2009	2008								Архангельская область	32	154		
	550	159	65	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Ленинградская область	504	241	
	341	265	66	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Новгородская область	104	241
	433	395	55	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Республика Карелия	97	241
	184	597	117	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Республика Коми	154	241
	114	16	33	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Брянская область	241	241
	22	30	45	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Воронежская область	1 408	241
	15	8	28	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Ростовская область	70	241
	219	77	55	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Нижегородская область	197	241
	254	205	702	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Тюменская область	1 580	241
	440	417	1604	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Ханты-Мансийский АО – Югра	210	241
	1120	432	819	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Забайкальский край	1 571	241
	2234	692	884	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Иркутская область	1 893	241
	539	145	584	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Омская область	660	241
	88	28	208	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Алтайский край	1 037	241
	1592	902	2403	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Красноярский край	1 057	241
	306	390	342	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Республика Саха (Якутия)	307	241
	15	32	35	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Камчатский край	24	241
	26	24	68	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Магаданская область	79	241
	454	194	695	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Хабаровский край	550	241
	41	48	85	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Сахалинская область	64	241
	727	154	298	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Приморский край	374	241
	631	147	518	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008								Амурская область	463	241

Год																				
2018	127	34	112	56	2015	56	Архангельская область													
	576	3	189	250	2016	250	Ленинградская область													
	298	23	164	148	2017	148	Новгородская область													
	311	35	149	77	2018	77	Республика Карелия													
	99	189	228	126		126	Республика Коми													
	10	10	2	119		119	Брянская область													
	63	14	7	16		16	Воронежская область													
	13	12	2	10		10	Ростовская область													
	89	39	55	78		78	Нижегородская область													
	128	130	94	84		84	Тюменская область													
	226	387	572	541		541	Ханты-Мансийский АО – Югра													
	815	867	640	1453		1453	Забайкальский край													
	778	1 209	1212	1607		1607	Иркутская область													
	107	285	129	95		95	Омская область													
	184	77	10	94		94	Алтайский край													
	1637	1 609	1458	1016		1016	Красноярский край													
	629	631	157	219		219	Республика Саха (Якутия)													
	19	21	30	17		17	Камчатский край													
	99	26	152	49		49	Магаданская область													
	428	356	286	167		167	Хабаровский край													
	28	44	21	23		23	Сахалинская область													
	418	544	165	242		242	Приморский край													
	429	222	297	516		516	Амурская область													

Таблица 12 – Динамика количества пожаров в исследуемых регионах за период с 1991 по 2018 гг.

Федеральный округ, субъект РФ	Количество пожаров в период с 1991 по 2000 гг.	Количество пожаров в период с 2001 по 2010 гг.	Количество пожаров в период с 2010 по 2018 гг.	Количество пожаров в период с 2009 по 2013 гг.	Количество пожаров в период с 2014 по 2018 гг.
Архангельская область					
Среднее значение	303,3	287,5	197,0	304,4	89,6
Ошибка среднего	93,29	70,50	65,92	115,93	18,69
Достоверность различий ²⁸	0,93	0,94	-	1,83	
Ленинградская область					
Среднее значение	313,0	786,3	249,1	184,6	313,6
Ошибка среднего	50,44	337,03	58,28	34,10	109,72
Достоверность различий	0,83	1,57	-	1,12	
Новгородская область					
Среднее значение	426,5	396,9	238,7	282,6	194,8
Ошибка среднего	89,9	115,7	54,5	38,9	54,5
Достоверность различий	0,95	1,58	-	1,09	
Республика Карелия					
Среднее значение	474,9	506,1	264,2	327,4	201,0
Ошибка среднего	163,89	124,81	59,58	91,64	74,69
Достоверность различий	1,21	1,75	-	1,07	
Республика Коми					
Среднее значение	500,0	343,6	276,0	386,8	165,2
Ошибка среднего	89,76	53,26	67,55	117,72	23,22
Достоверность различий	1,99	0,79	-	1,85	

²⁸ Показатель достоверности различий средних значений в первых двух колонках определен при сравнении соответствующих средних значений с средним значением за период 2009-2018 гг. Далее этот показатель указан в объединенных ячейках по сравниваемым периодам.

Федеральный округ, субъект РФ	Количество пожаров в период с 1991 по 2000 гг.	Количество пожаров в период с 2001 по 2010 гг.	Количество пожаров в период с 2010 по 2018 гг.	Количество пожаров в период с 2009 по 2013 гг.	Количество пожаров в период с 2014 по 2018 гг.
Брянская область					
Среднее значение	223,2	286,9	118,8	186,6	51,0
Ошибка среднего	41,35	86,48	50,58	92,18	26,79
Достоверность различий	1,60	1,68	-	1,41	
Воронежская область					
Среднее значение	499,8	843,8	291,4	558,4	24,4
Ошибка среднего	90,18	166,44	174,81	319,03	9,94
Достоверность различий	1,06	2,29	-	1,67	
Ростовская область					
Среднее значение	77,9	70,2	24,3	38,2	10,4
Ошибка среднего	7,04	11,27	6,81	10,34	2,25
Достоверность различий	5,47	3,49	-	2,63	
Нижегородская область					
Среднее значение	443,8	550,9	263,7	431,4	96,0
Ошибка среднего	76,67	120,18	125,30	235,72	31,96
Достоверность различий	1,23	1,65	-	1,41	
Тюменская область					
Среднее значение	438,7	890,5	504,1	870,2	138,0
Ошибка среднего	72,23	203,55	173,93	261,14	30,39
Достоверность различий	0,35	1,44	-	2,79	
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра					
Среднее значение	415,6	483,6	588,4	743,6	433,2
Ошибка среднего	56,74	99,67	123,66	230,15	61,64
Достоверность различий	1,27	0,66	-	1,30	

Продолжение таблица 12

Федеральный округ, субъект РФ	Количество пожаров в период с 1991 по 2000 гг.	Количество пожаров в период с 2001 по 2010 гг.	Количество пожаров в период с 2010 по 2018 гг.	Количество пожаров в период с 2009 по 2013 гг.	Количество пожаров в период с 2014 по 2018 гг.
Забайкальский край					
Среднее значение	965,5	1199,2	931,4	883,8	979,0
Ошибка среднего	142,26	204,42	113,75	192,74	141,23
Достоверность различий	0,19	1,14	-	0,40	
Иркутская область					
Среднее значение	1758,2	1335,0	1182,2	956,4	1408,0
Ошибка среднего	234,43	258,94	165,06	193,06	244,62
Достоверность различий	2,01	0,50	-	1,45	
Омская область					
Среднее значение	128,1	340,0	387,0	543,0	231,0
Ошибка среднего	27,18	92,48	87,83	124,26	84,28
Достоверность различий	2,82	0,37	-	2,08	
Алтайский край					
Среднее значение	362,2	519,5	94,2	97,8	90,6
Ошибка среднего	148,09	122,29	23,62	41,64	27,77
Достоверность различий	1,79	3,41	-	0,14	
Красноярский край					
Среднее значение	818,1	723,8	1323,6	1184,8	1462,4
Ошибка среднего	128,02	82,04	177,22	343,94	115,77
Достоверность различий	2,31	3,07	-	0,76	
Республика Саха (Якутия)					
Среднее значение	607,5	423,7	436,4	484,4	388,4
Ошибка среднего	96,08	102,28	88,27	153,69	101,43
Достоверность различий	1,31	0,09	-	0,52	

Федеральный округ, субъект РФ	Количество пожаров в период с 1991 по 2000 гг.	Количество пожаров в период с 2001 по 2010 гг.	Количество пожаров в период с 2010 по 2018 гг.	Количество пожаров в период с 2009 по 2013 гг.	Количество пожаров в период с 2014 по 2018 гг.
Камчатский край					
Среднее значение	69,5	53,6	27,7	35,0	20,4
Ошибка среднего	7,83	9,80	4,05	6,36	2,60
Достоверность различий	4,74	2,44	-	2,12	
Магаданская область					
Среднее значение	159,5	109,0	103,4	136,4	70,4
Ошибка среднего	23,99	36,41	37,08	71,05	24,37
Достоверность различий	1,27	0,11	-	0,88	
Хабаровский край					
Среднее значение	572,5	560,8	377,2	416,2	338,2
Ошибка среднего	110,03	80,15	50,82	90,39	51,88
Достоверность различий	1,61	1,93	-	0,75	
Сахалинская область					
Среднее значение	85,2	194,0	38,6	45,8	31,4
Ошибка среднего	33,35	63,81	5,93	10,51	4,70
Достоверность различий	1,38	2,42	-	1,25	
Приморский край					
Среднее значение	227,2	332,1	360,6	302,0	419,2
Ошибка среднего	48,33	56,38	62,22	73,40	101,57
Достоверность различий	1,69	0,34	-	0,94	
Амурская область					
Среднее значение	332,2	385,6	382,5	346,0	419,0
Ошибка среднего	46,92	48,49	47,10	62,51	73,53
Достоверность различий	0,76	0,05	-	0,76	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1 – Лесистость изучаемых субъектов Российской Федерации в 1991-2018 гг., %

Год	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Архангельская область	52,4	52,3	52,4	52,4	52,8	53,0
Ленинградская область	53,1	53,1	53,1	54	54,5	55,6
Новгородская область	63,1	63,1	63,1	63,4	63,7	63,8
Республика Карелия	50,4	50,4	50,4	51,1	51,1	52
Республика Коми	71,4	71,4	71,4	71,6	71,4	71,8
Ненецкий автономный округ	1,6	1,6	1,6	1,1	1,1	1,1
Брянская область	31,4	31,4	31,4	31,6	31,4	32,1
Воронежская область	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Ростовская область	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Нижегородская область	46,1	46,1	46,1	46,5	46,1	47,0
Тюменская область	39	39	39	39	39,5	40,0
Ханты-Мансийский АО – Югра	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5
Забайкальский край	68,5	68,7	68,7	69,0	69,5	69,6
Иркутская область	80,0	79,1	79,1	80,2	80,4	80,4
Омская область	31,4	31,4	31,4	31,5	31,7	31,7
Алтайский край	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,3
Красноярский край	35,6	35,6	35,6	-	-	-
Республика Саха (Якутия)	47,4	47,4	47,4	47,1	46,9	46,7
Камчатский край	56,6	56,6	56,6	56,6	56,6	56,4
Магаданская область	38,3	38,3	38,3	38,3	38,4	38,4
Хабаровский край	61,4	61,4	61,4	66,2	67,8	68,2
Сахалинская область	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7	64,7
Приморский край	74,4	74,4	74,4	75,2	75,8	76,1
Амурская область	62,3	62,3	62,3	62,3	62,9	63,5

2002	2001	2000	1999	1998	1997	Год
54,0	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5	Архангельская область
55,5	55,6	55,8	56	56	56	Ленинградская область
63,7	63,8	63,8	64,1	64,1	64,1	Новгородская область
52,5	52,5	52,2	52,2	52	52	Республика Карелия
71,3	71,3	71,3	71,1	72,1	71,3	Республика Коми
1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	Ненецкий автономный округ
32,9	32,6	32,6	32,6	32,4	32,1	Брянская область
8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,2	Воронежская область
2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	Ростовская область
47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3	Нижегородская область
42,0	41,9	41,1	41,1	40,7	40,7	Тюменская область
53,1	52,5	52	52	52	51,5	Ханты-Мансийский АО – Югра
70,1	70,1	70,1	70,1	69,6	69,6	Забайкальский край
82	82	82	81,1	80,4	80,4	Иркутская область
32,3	31,7	31,7	31,7	31,7	31,7	Омская область
21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	Алтайский край
72,1	72,1	72,1	72,1	72,1	-	Красноярский край
46,7	46,7	46,7	46,7	46,7	46,7	Республика Саха (Якутия)
56,4	56,4	56,4	56,4	56,4	56,4	Камчатский край
36,3	36,3	36,9	38,4	38,4	38,4	Магаданская область
66,2	66,5	67,1	67,5	68,2	68,2	Хабаровский край
65,4	65,4	65,4	65,4	64,8	64,7	Сахалинская область
76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	Приморский край
64,4	63,9	63,9	63,9	63,9	63,9	Амурская область

Продолжение таблицы 1

Год	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
Архангельская область	54	54,1	54,1	54,1	54,1	54,1	54,1
Ленинградская область	56,9	56,5	56,5	56,0	56,1	56,0	55,6
Новгородская область	64,5	64,3	64,3	63,9	64	64,2	63,9
Республика Карелия	52,7	52,7	52,6	52,6	52,7	52,6	52,6
Республика Коми	72,7	72,6	72,6	72,5	72,5	72,7	72,7
Ненецкий автономный округ	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Брянская область	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9	32,9
Воронежская область	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,3	8,3
Ростовская область	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Нижегородская область	48	47,7	47,7	47,7	47,7	48,0	48,0
Тюменская область	43,5	43,2	43,2	42,7	42,7	42,5	42,2
Ханты-Мансийский АО – Югра	53,8	53,5	53,5	53,7	53,7	53,7	53,7
Забайкальский край	68,3	70,2	70,2	70,1	69,9	70,0	70,1
Иркутская область	83,0	83,9	83,9	83,0	83,0	82,5	82
Омская область	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3
Алтайский край	22,6	21,8	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7
Красноярский край	45,1	45,1	45,1	-	-	-	72,1
Республика Саха (Якутия)	51,2	51,3	51,3	49,2	47,8	47,0	46,6
Камчатский край	42,7	57,7	57,7	57,5	57,2	56,7	56,7
Магаданская область	37,5	38	37,5	37,5	37,5	37,5	36,3
Хабаровский край	66,6	66,5	66,5	66,5	66,2	66,2	66,2
Сахалинская область	67,4	66,4	66,4	66,4	65,9	65,4	65,4
Приморский край	77,9	76,9	76,9	76,5	76,1	76,1	76,1
Амурская область	65	64,9	64,9	64,9	64,5	64,4	64,4

Продолжение таблицы 1

2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	Год
54,1	54	54	54	54	54	54,1	Архангельская область
57,1	57,1	57,1	57,1	57,3	57,3	57,3	Ленинградская область
64	63,8	63,5	63,6	63,5	64,4	64,4	Новгородская область
53	52,9	52,9	52,9	52,8	52,8	52,7	Республика Карелия
72,8	72,8	72,8	72,7	72,7	72,7	72,7	Республика Коми
1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	Ненецкий автономный округ
32,8	32,8	32,9	32,9	32,9	33	33	Брянская область
8,1	8,1	8,1	8,1	8	8,1	8,1	Воронежская область
2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	Ростовская область
47,2	46,5	46,6	46,7	46,6	46,6	46,8	Нижегородская область
44	44,2	44,2	44	43,2	43,4	43,5	Тюменская область
53,8	53,9	53,9	53,9	53,9	54	54	Ханты-Мансийский АО – Югра
68,2	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2	68,3	Забайкальский край
82,7	82,8	83	83,1	83	83,1	83,1	Иркутская область
32,3	32,2	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	Омская область
22,7	22,7	22,7	22,6	22,6	22,6	22,6	Алтайский край
45,1	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	45,2	Красноярский край
51	51	50,9	51,1	51,2	51,1	51,2	Республика Саха (Якутия)
42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	Камчатский край
37,4	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4	Магаданская область
66,2	66,2	66,1	66	66	66,4	66,7	Хабаровский край
68	68,1	68,1	67,9	67,8	67,7	67,7	Сахалинская область
77,2	77,3	77,3	77,5	77,6	78	77,9	Приморский край
65,4	65,4	65,4	65,4	65,4	65,3	65	Амурская область

Среднее	2018	2017	Год
53,6	54	54,1	Архангельская область
55,9	57,4	57,3	Ленинградская область
63,8	64,2	64,1	Новгородская область
52,3	53,1	53,1	Республика Карелия
72,2	72,8	72,7	Республика Коми
1,1	1,1	1,1	Ненецкий автономный округ
32,5	32,8	32,8	Брянская область
8,2	8,2	8,2	Воронежская область
2,4	2,4	2,4	Ростовская область
47,1	47,9	47,5	Нижегородская область
42,1	44,1	44,1	Тюменская область
52,9	53,8	53,8	Ханты-Мансийский АО – Югра
69,2	68,3	68,3	Забайкальский край
81,9	82,5	82,5	Иркутская область
32,03	32,3	32,3	Омская область
22,0	22,9	22,7	Алтайский край
45,2	45,1	45,1	Красноярский край
48,8	50,7	51	Республика Саха (Якутия)
51,7	42,7	42,7	Камчатский край
37,6	37,4	37,4	Магаданская область
66,1	66,4	66,4	Хабаровский край
66,2	68	68	Сахалинская область
76,5	77,2	77,2	Приморский край
64,3	65,3	65,3	Амурская область

Таблица 2 – Динамика средних значений лесистости изучаемых субъектов Российской Федерации
в 1991-2018 гг., %

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Лесистость в период с 2001 по 2010 гг.	Лесистость в период с 2009 по 2018 гг.	Лесистость в период с 2009 по 2013 гг.	Лесистость в период с 2014 по 2018 гг.
Архангельская область					
Среднее значение	52,9	54,0	54,0	54,0	54,0
Ошибка среднего	0,17	0,06	0,02	0,02	0,02
Достоверность различий ²⁹	6,49	0,16	-	0,63	
Ленинградская область					
Среднее значение	54,7	56,2	57,2	57,2	57,2
Ошибка среднего	0,41	0,19	0,05	0,08	0,06
Достоверность различий	5,95	5,10	-	0,20	
Новгородская область					
Среднее значение	63,6	64,1	64	64,1	63,9
Ошибка среднего	0,39	0,25	0,08	0,06	0,08
Достоверность различий	4,87	5,46	-	0,78	
Республика Карелия					
Среднее значение	51,4	52,6	52,9	52,8	53,0
Ошибка среднего	0,25	0,02	0,05	0,04	0,04
Достоверность различий	5,99	5,17	-	3,77	

²⁹ Показатель достоверности различий средних значений в первых двух колонках определен при сравнении соответствующих средних значений с средним значением за период 2009-2018 гг. Далее этот показатель указан в объединенных ячейках по сравниваемым периодам.

Продолжение таблицы 2

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Лесистость в период с 2001 по 2010 гг.	Лесистость в период с 2009 по 2018 гг.	Лесистость в период с 2009 по 2013 гг.	Лесистость в период с 2014 по 2018 гг.
Республика Коми					
Среднее значение	71,5	72,4	72,7	72,7	72,8
Ошибка среднего	0,09	0,18	0,02	0,00	0,02
Достоверность различий	13,71	2,12	-	4,00	
Ненецкий автономный округ					
Среднее значение	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1
Ошибка среднего	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Достоверность различий	1,96	0,00	-	0	
Брянская область					
Среднее значение	31,9	32,9	32,9	32,9	32,8
Ошибка среднего	0,16	0,03	0,02	0,02	0,02
Достоверность различий	5,93	0,00	-	3,79	
Воронежская область					
Среднее значение	8,3	8,3	8,1	8,1	8,1
Ошибка среднего	0,03	0,03	0,03	0,07	0,02
Достоверность различий	2,63	4,38	-	0	
Ростовская область					
Среднее значение	2,4	2,5	2,4	2,4	2,4
Ошибка среднего	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
Достоверность различий	1,96	6,00	-	0	
Нижегородская область					
Среднее значение	46,7	47,6	47,0	46,9	47,1
Ошибка среднего	0,18	0,12	0,18	0,27	0,27
Достоверность различий	1,28	2,66	-	0,53	

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Лесистость в период с 2001 по 2010 гг.	Лесистость в период с 2009 по 2018 гг.	Лесистость в период с 2009 по 2013 гг.	Лесистость в период с 2014 по 2018 гг.
Тюменская область					
Среднее значение	39,9	42,7	43,8	43,5	44,1
Ошибка среднего	0,29	0,19	0,12	0,13	0,04
Достоверность различий	12,47	4,85	-	4,38	
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра					
Среднее значение	51,7	53,5	53,9	53,9	53,8
Ошибка среднего	0,08	0,14	0,02	0,04	0,02
Достоверность различий	27,75	2,61	-	1,79	
Забайкальский край					
Среднее значение	69,3	69,7	68,2	68,2	68,2
Ошибка среднего	0,18	0,24	0,02	0,02	0,02
Достоверность различий	5,98	6,20	-	0	
Иркутская область					
Среднее значение	80,3	82,8	82,9	83,1	82,7
Ошибка среднего	0,27	0,23	0,08	0,02	0,09
Достоверность различий	9,17	0,17	-	3,67	
Омская область					
Среднее значение	31,6	32,3	32,3	32,4	32,3
Ошибка среднего	0,05	0,06	0,02	0,02	0,03
Достоверность различий	14,74	1,37	-	2,14	
Алтайский край					
Среднее значение	21,2	21,8	22,7	22,6	22,7
Ошибка среднего	0,03	0,14	0,03	0,00	0,04
Достоверность различий	32,78	5,90	-	3,50	

Продолжение таблицы 2

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Лесистость в период с 2001 по 2010 гг.	Лесистость в период с 2009 по 2018 гг.	Лесистость в период с 2009 по 2013 гг.	Лесистость в период с 2014 по 2018 гг.
Красноярский край					
Среднее значение	53,9	56,7	45,2	45,2	45,1
Ошибка среднего	8,16	5,45	0,02	0,02	0,02
Достоверность различий	1,06	2,11	-	1,26	
Республика Саха (Якутия)					
Среднее значение	47,0	48,9	51,0	51,2	50,9
Ошибка среднего	0,10	0,68	0,05	0,02	0,06
Достоверность различий	35,77	3,13	-	3,79	
Камчатский край					
Среднее значение	56,5	54,2	42,7	42,7	42,7
Ошибка среднего	0,03	1,92	0,00	0,00	0,00
Достоверность различий	414,00	5,98	-	0	
Магаданская область					
Среднее значение	38,2	37,2	37,4	37,4	37,4
Ошибка среднего	0,15	0,20	0,01	0,02	0,00
Достоверность различий	5,45	1,16	-	1,00	

Продолжение таблицы 2

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Лесистость в период с 2001 по 2010 гг.	Лесистость в период с 2009 по 2018 гг.	Лесистость в период с 2009 по 2013 гг.	Лесистость в период с 2014 по 2018 гг.
Хабаровский край					
Среднее значение	65,7	66,4	66,3	66,3	66,3
Ошибка среднего	0,97	0,06	0,08	0,15	0,06
Достоверность различий	0,58	1,13	-	0,50	
Сахалинская область					
Среднее значение	64,9	66,2	67,9	67,7	68,0
Ошибка среднего	0,09	0,27	0,07	0,08	0,02
Достоверность различий	26,09	6,10	-	3,90	
Приморский край					
Среднее значение	75,5	76,7	77,5	77,8	77,2
Ошибка среднего	0,25	0,23	0,10	0,10	0,02
Достоверность различий	7,57	3,37	-	5,40	
Амурская область					
Среднее значение	63,1	64,6	65,3	65,2	65,4
Ошибка среднего	0,24	0,12	0,05	0,09	0,02
Достоверность различий	8,74	5,24	-	1,48	

Таблица 3 – Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей
(1991-2018 гг.), тыс. га

Год	Архангельская область	Ленинградская область	Новгородская область	Республика Карелия	Республика Коми	Брянская область	Воронежская область	Ростовская область	Нижегородская область	Тюменская область	Ханты-Мансийский АО – Югра	Забайкальский край	Иркутская область	Омская область	Алтайский край	Красноярский край	Республика Саха (Якутия)	Камчатский край	Магаданская область	Хабаровский край	Сахалинская область	Приморский край	Амурская область	
1991	-	0,019	-	-	-	0,039	0,021	-	-	3,775	-	-	5	-	0,635	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	0,020	-	-	-	0,009	0,010	-	-	24,545	-	-	12,033	0,151	0,040	0,126	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	0,559	-	-	-	0,014	0,005	-	-	0,019	-	-	0,040	-	-	0,294	-	-	-	0,300	-	-	-	-
1994	0,002	0,018	-	-	-	0,030	0,005	-	-	0,064	-	-	-	-	-	22,708	-	-	-	-	-	-	0,015	-
1995	-	0,183	-	-	-	0,031	0,002	-	-	0,033	-	-	0,111	-	-	73,314	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 3

Год	Архангельская область	Ленинградская область	Новгородская область	Республика Карелия	Республика Коми	Брянская область	Воронежская область	Ростовская область	Нижегородская область	Тюменская область	Ханты-Мансийский АО – Югра	Забайкальский край	Иркутская область	Омская область	Алтайский край	Красноярский край	Республика Саха (Якутия)	Камчатский край	Магаданская область	Хабаровский край	Сахалинская область	Приморский край	Амурская область
2001	0,010	0,538	-	0,007	-	0,516	0,438	0,084	0,318	0,009	-	0,460	0,177	-	-	0,070	-	-	-	-	-	0,004	-
2000	-	0,866	-	0,002	-	0,185	0,015	0,078	0,150	0,010	-	-	12,431	-	-	-	-	-	-	-	0,030	-	0,121
1999	-	0,322	-	-	-	-	0,09	-	0,155	-	-	-	-	-	0,049	-	-	-	-	-	-	-	0,402
1998	-	0,388	-	-	-	-	0,061	0,027	0,072	0,046	0,008	-	0,039	-	-	2,228	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	0,496	-	-	-	0,022	-	0,002	0,014	-	0,723	-	0,470	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	0,373	-	-	-	0,015	0,046	0,105	-	0,007	-	-	4,464	-	-	186,040	-	-	-	-	-	-	0,252

Продолжение таблицы 3

Год	Архангельская область		Ленинградская область		Новгородская область		Республика Карелия		Республика Коми		Брянская область		Воронежская область		Ростовская область		Нижегородская область		Тюменская область		Ханты-Мансийский АО – Югра		Забайкальский край		Иркутская область		Омская область		Алтайский край		Красноярский край		Республика Саха (Якутия)		Камчатский край		Магаданская область		Хабаровский край		Сахалинская область		Приморский край		Амурская область			
2002	1630,785	1,074	145,381	21,713	0,220	0,104	2,450	1,940	-	0,065	-	0,482	0,118	-	0,288	0,201	-	-	-	-	-	-	0,050	0,119	-	-	-	0,003	5,010	-	-	-	-	-	-	-	-	0,276	1,500	0,030	-	-	-	-				
2003	10,142	4,892	3,510	3,054	0,104	2,450	1,940	-	0,062	-	0,549	0,077	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	-	-	-	0,105	12,636	0,119	-	-	0,078	-	22,100	-	-	-	-	-	-	-	-	1,326	0,426	-	-	-	-	-				
2004	1630,785	1,074	145,381	21,713	0,220	0,104	2,450	1,940	-	0,065	-	0,482	0,118	-	0,288	0,201	-	-	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2005	10,142	4,892	3,510	3,054	0,104	2,450	1,940	-	0,062	-	0,549	0,077	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2006	45,845	0,509	0,444	0,130	0,065	0,062	0,062	0,065	-	0,065	-	0,482	0,118	-	0,288	0,201	-	-	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2007	0,024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	44,6534	0,231	0,595	0,455	0,482	0,549	0,077	0,118	-	0,482	-	0,549	0,077	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	30,445	0,017	0,0337	0,705	0,118	0,077	0,020	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	42,962	0,039	0,001	0,025	0,201	0,020	0,020	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16,280	0,261	0,310	0,225	0,288	0,704	0,099	0,201	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	95,325	0,081	0,079	0,027	0,201	0,099	0,099	0,201	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	0,020	0,704	0,099	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4,538	0,202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23,100	0,120	0,111	-	0,050	0,105	12,636	0,119	-	0,050	0,105	12,636	0,119	-	0,050	0,105	12,636	0,119	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	78,771	23,783	32,521	0,496	0,119	12,636	0,119	0,119	-	0,119	12,636	0,119	0,119	-	0,119	12,636	0,119	0,119	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	23,445	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	38,747	0,170	0,395-	1,276	0,003	0,078	0,078	0,003	-	0,003	0,078	0,078	0,003	-	0,003	0,078	0,078	0,003	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	150,049	-	-	0,600	5,010	-	-	5,010	-	5,010	-	-	-	-	5,010	-	-	-	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,498	-	15,500	-	-	22,100	22,100	-	-	-	22,100	22,100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	339,735	5,719	8,618	2,113	0,276	1,326	1,326	0,276	-	0,276	1,326	1,326	0,276	-	0,276	1,326	1,326	0,276	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	1,990	-	-	-	1,500	0,426	0,426	1,500	-	1,500	0,426	0,426	1,500	-	1,500	0,426	0,426	1,500	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	213,748	213,748	-	0,126	0,030	-	-	0,030	-	0,030	-	-	-	-	0,030	-	-	-	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1,688	-	-	1,242	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,111	32,521	0,119	-	-	0,395-	-	15,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Всего	2018	2017	2016	2015	2014	2013	Год	
							Архангельская область	Ленинградская область
6588,919	-	1,480	3,128	4,117	7,425	7,882	Новгородская область	
55,665	1,079	3,380	1,926	3,120	3,270	2,352	Республика Карелия	
462,2	12,800	7,000	49,500	8,200	62,00	81,800	Республика Коми	
63,139	0,782	0,030	0,023	0,251	0,428	1,669	Брянская область	
0,581	0,488	0,009	-	0,004	0,020	0,013	Воронежская область	
165,912	0,169	6,163	4,691	6,960	19,215	29,319	Ростовская область	
486,8097	0,159	31,708	34,489	36,175	50,295	50,182	Нижегородская область	
434,099	-	21,265	24,740	22,620	33,637	35,742	Тюменская область	
182,279	0,435	9,821	10,925	21,464	31,684	22,312	Ханты-Мансийский АО – Югра	
2260,441	0,005	333,267	334,590	330,236	418,47	378,474	Забайкальский край	
20,136	-	0,940	0,940	0,940	1,043	1,097	Иркутская область	
64,177	-	0,058	0,772	-	-	0,040	Омская область	
1005,984	9,604	112,175	46,533	44,774	70,999	139,600	Алтайский край	
2827,254	-	33,000	20,350	810,178	1359,9	579,765	Красноярский край	
814,302	-	4,187	16,879	397,902	124,38	42,098	Республика Саха (Якутия)	
2811,713	43,335	369,436	848,408	77,801	99,859	148,565	Камчатский край	
881,41	0,134	135,365	139,190	139,190	139,48	24,803	Магаданская область	
0,739	0,043	-	-	-	-	-	Хабаровский край	
0,454	-	0,454	-	-	-	-	Сахалинская область	
536,506	0,635	11,279	12,779	8,815	2,893	3,149	Приморский край	
180,038	-	-	-	0,447	1,078	-	Амурская область	
427,656	-	-	-	31,684	22,312	23,845		
8,532	0,004	0,239	0,229	0,330	0,425	0,455		

Таблица 4 – Динамика средних значений площадей лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га

Федеральный округ, субъект РФ	Площадь погибших насаждений в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2001 по 2010 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2018 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2013 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2014 по 2018 гг.
Архангельская область					
Среднее значение	н/д	649,3	314,9	626,7	3,2
Ошибка среднего	-	254,9	202,8	369,5	1,2
Достоверность различий ³⁰	-	1,03	-	1,69	
Ленинградская область					
Среднее значение	0,32	3,4	2,6	2,592	2,555
Ошибка среднего	0,09	0,7	0,3	0,4	0,5
Достоверность различий	7,8	0,9	-	0,06	
Новгородская область					
Среднее значение	н/д	н/д	35,7	80,3	46,5
Ошибка среднего	-	-	15,6	17,8	9,3
Достоверность различий	-	-	0,1	0,22	
Республика Карелия					
Среднее значение	н/д	4,9	1,6	2,9	0,3
Ошибка среднего	-	4,6	0,7	1,13	0,14
Достоверность различий	-	0,73	-	2,28	

³⁰ Показатель достоверности различий средних значений в первых двух колонках определен при сравнении соответствующих средних значений с средним значением за период 2009-2018 гг. Далее этот показатель указан в объединенных ячейках по сравниваемым периодам.

Продолжение таблицы 4

Федеральный округ, субъект РФ	Площадь погибших насаждений в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2001 по 2010 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2018 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2013 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2014 по 2018 гг.
Республика Коми					
Среднее значение	н/д	0,02	0,08	0,012	0,1
Ошибка среднего	-	0,01	0,07	0,00	0,12
Достоверность различий	-	0,89	-	0,99	
Брянская область					
Среднее значение	0,04	6,2	15,3	28,3	7,4
Ошибка среднего	0,02	5,7	4,3	0,9	3,2
Достоверность различий	3,56	1,27	-	6,36	
Воронежская область					
Среднее значение	0,028	15,7	41,8	52,9	30,6
Ошибка среднего	0,01	6,41	5,88	4,98	8,25
Достоверность различий	7,10	3,00	-	2,33	
Ростовская область					
Среднее значение	0,05	22,1	37,2	46,5	25,6
Ошибка среднего	0,02	8,83	4,21	3,22	2,78
Достоверность различий	8,82	1,54	-	4,93	
Нижегородская область					
Среднее значение	0,1	4,8	15,2	15,6	14,7
Ошибка среднего	0,03	1,93	2,93	3,14	5,36
Достоверность различий	5,16	2,96	-	0,12	

Продолжение таблицы 4

Федеральный округ, субъект РФ	Площадь погибших насаждений в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2001 по 2010 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2018 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2013 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2014 по 2018 гг.
Тюменская область					
Среднее значение	3,6	16,6	213,9	144,5	283,3
Ошибка среднего	3,03	9,53	52,60	68,89	72,75
Достоверность различий	3,99	3,69	-	1,39	
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра					
Среднее значение	0,4	2,1	1,4	1,8	0,9
Ошибка среднего	0,36	0,69	0,17	0,17	0,03
Достоверность различий	2,65	1,01	-	4,64	
Забайкальский край					
Среднее значение	н/д	6,9	3,7	5,4	0,4
Ошибка среднего	-	2,98	2,16	2,98	0,36
Достоверность различий	-	0,87	-	1,66	
Иркутская область					
Среднее значение	4,3	33,4	77,8	98,8	56,8
Ошибка среднего	1,87	9,64	12,94	15,68	16,95
Достоверность различий	5,62	2,75	-	1,82	
Омская область					
Среднее значение	н/д	5,9	311,5	116,0	555,9
Ошибка среднего	-	5,82	165,41	115,93	325,49
Достоверность различий	-	1,85	-	1,27	

Продолжение таблицы 4

Федеральный округ, субъект РФ	Площадь погибших насаждений в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2001 по 2010 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2018 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2013 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2014 по 2018 гг.
Алтайский край					
Среднее значение	0,2	20,8	80,7	36,61	135,8
Ошибка среднего	0,20	7,79	41,23	3,54	91,42
Достоверность различий	1,95	1,43	-	1,08	
Красноярский край					
Среднее значение	47,5	90,9	220,6	153,3	287,8
Ошибка среднего	30,00	31,55	74,94	2,30	151,68
Достоверность различий	2,14	1,59		0,89	
Республика Саха (Якутия)					
Среднее значение	н/д	31,2	84,3	57,9	110,7
Ошибка среднего	-	23,22	19,50	24,48	27,65
Достоверность различий	-	1,75	-	1,43	
Камчатский край					
Среднее значение	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Ошибка среднего	-	-	-	-	-
Достоверность различий	-	-	-	-	

Продолжение таблицы 4

Федеральный округ, субъект РФ	Площадь погибших насаждений в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2001 по 2010 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2018 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2013 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2014 по 2018 гг.
Магаданская область					
Среднее значение	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Ошибка среднего	-	-	-	-	-
Достоверность различий	-	-	-		
Хабаровский край					
Среднее значение	н/д	53,9	12,1	16,9	7,3
Ошибка среднего	-	36,40	4,41	8,37	2,37
Достоверность различий	-	1,14	-	1,12	
Сахалинская область					
Среднее значение	н/д	17,5	28,9	43,0	0,8
Ошибка среднего	-	10,77	12,56	14,00	0,32
Достоверность различий	-	0,69	-	3,02	

Федеральный округ, субъект РФ	Площадь погибших насаждений в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2001 по 2010 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2018 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2013 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2014 по 2018 гг.
Приморский край					
Среднее значение	н/д	75,1	28,1	28,8	26,9
Ошибка среднего	-	43,99	3,32	5,36	4,69
Достоверность различий	-	1,07	-	0,25	
Амурская область					
Среднее значение	0,2	1,1	0,4	0,5	0,2
Ошибка среднего	0,08	0,21	0,09	0,13	0,07
Достоверность различий	1,61	3,11	-	1,93	

Таблица 5 – Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га

Год				
1991	0,131	0,372	0,117	0,173
1992	0,754	6,541	2,566	0,034
1993	-	2,487	1,584	-
1994	0,110	0,02	0,124	0,03
	0,286	0,739	0,934	0,986
	0,087	0,138	0,035	0,012
	0,135	0,178	0,063	0,228
	2,967	0,845	0,025	1,591
	0,012	0,251	0,086	0,046
	28,776	7,676	0,123	7,205
	6,716	1,316	5,250	1,321
	3,250	3,183	5,0	0,136
	35,756	34,069	57,677	21,010
	0,137	0,084	0,017	3,453
	0,011	0,100	0,056	0,098
	116,650	56,276	21,453	4,900
	0,111	137,998	0,089	0,249
	7,291	0,279	1,874	2,661
	0,002	10,721	3,009	80,690
	6,958	20,222	11,290	43,309
	1,500	0,956	1,558	1,123
	0,002	1,234	1,245	0,312
	0,878	7,535	4,865	1,123
	212,52	290,773	117,456	170,69

Продолжение таблицы 5

1998	1997	1996	1995	Год
3,122	2,569	0,176	0,266	Архангельская область
0,791	1,760	1,179	1,483	Ленинградская область
1,44	1,58	0,87	-	Новгородская область
0,048	1,708	0,167	0,204	Республика Карелия
1,296	18,893	0,103	0,262	Республика Коми
0,073	0,101	0,125	0,08	Брянская область
0,18	0,504	0,485	0,792	Воронежская область
1,429	0,016	0,406	5,074	Ростовская область
2,334	0,83	2,62	0,263	Нижегородская область
1,402	0,567	1,093	0,249	Тюменская область
1,142	1,141	2,224	2,392	Ханты-Мансийский АО – Югра
74,972	26,487	42,132	2,422	Забайкальский край
3,325	11,895	117,923	6,085	Иркутская область
0,108	0,372	0,116	0,030	Омская область
0,082	103,328	0,026	0,007	Алтайский край
6,216	12,863	42,983	2,477	Красноярский край
2,001	0,064	0,090	0,163	Республика Саха (Якутия)
25,086	1,957	0,222	0,355	Камчатский край
2,082	0,787	0,405	0,443	Магаданская область
20,937	1,548	1,014	6,673	Хабаровский край
36,626	4,588	0,033	0,035	Сахалинская область
18,505	0,179	0,002	0,420	Приморский край
1,189	2,753	10,679	3,014	Амурская область
202,946	194,91	224,203	33,181	Всего за год

Продолжение таблицы 5

	2002	2001	2000	1999	Год
0,993	1,509	8,467	1,154	Архангельская область	
8,516	0,244	0,783	10,337	Ленинградская область	
2,4	0,56	1,23	3,47	Новгородская область	
0,658	0,822	1,481	3,19	Республика Карелия	
2,173	4,124	142,522	2,717	Республика Коми	
0,513	0,043	0,035	0,097	Брянская область	
0,511	0,092	0,017	0,053	Воронежская область	
0,868	3,326	0,031	0,796	Ростовская область	
3,858	0,776	0,295	2,454	Нижегородская область	
0,072	0,522	0,888	0,926	Тюменская область	
0,826	1,015	14,08	2,318	Ханты-Мансийский АО – Югра	
7,079	12,658	44,432	4,845	Забайкальский край	
3,679	7,429	1,604	11,436	Иркутская область	
0,117	0,637	0,203	0,489	Омская область	
0,722	0,138	8,870	11,090	Алтайский край	
3,612	8,728	1,496	43,182	Красноярский край	
52,116	0,820	3,714	3,624	Республика Саха (Якутия)	
61,313	8,400	321,142	55,258	Камчатский край	
2,752	0,954	0,034	0,009	Магаданская область	
6,784	7,110	11,854	39,357	Хабаровский край	
1,754	0,131	0,052	0,812	Сахалинская область	
4,030	2,245	0,154	0,245	Приморский край	
25,316	4,029	21,217	5,381	Амурская область	
188,262	65,752	583,371	199,77	Всего за год	

2006	2005	2004	2003	Год
1,318	0,838	3,715	1,922	Архангельская область
4,465	0,869	1,125	1,422	Ленинградская область
1,2	0,79	1,25	1,5	Новгородская область
0,891	1,346	0,735	1,7	Республика Карелия
0,811	2,693	3,999	0,797	Республика Коми
0,095	0,079	0,195	0,319	Брянская область
0,052	0,052	0,068	0,078	Воронежская область
0,393	0,114	0,785	0,202	Ростовская область
0,606	0,216	0,633	0,335	Нижегородская область
9,32	2,278	15,431	0,216	Тюменская область
4,870	9,831	11,267	19,553	Ханты-Мансийский АО – Югра
3,417	5,829	10,906	141,146	Забайкальский край
26,338	21,366	5,358	47,516	Иркутская область
0,626	0,271	2,686	0,082	Омская область
7,835	1,622	0,329	0,812	Алтайский край
8,206	0,171	1,141	4,232	Красноярский край
2,058	345,021	0,402	40,105	Республика Саха (Якутия)
0,194	1,488	12,000	25,058	Камчатский край
0,781	0,707	0,031	23,673	Магаданская область
6,635	4,368	9,475	7,823	Хабаровский край
0,028	0,426	0,012	7,535	Сахалинская область
0,412	0,509	0,821	29,423	Приморский край
44,508	7,334	2,134	34,116	Амурская область
123,859	407,428	83,248	388,065	Всего за год

Год	2007	2008	2009	2010
Архангельская область	1,058	0,120	0,18	14,103
Ленинградская область	0,636	1,283	0,264	0,245
Новгородская область	0,53	0,3	1,3	6,2
Республика Карелия	0,399	0,364	1,553	6,156
Республика Коми	1,464	1,348	0,407	20,266
Брянская область	0,122	0,336	0,749	1,973
Воронежская область	1,556	1,524	1,215	17,81
Ростовская область	1,151	0,578	0,324	1,574
Нижегородская область	0,188	0,046	0,156	146,835
Тюменская область	0,357	2,018	2,679	5,455
Ханты-Мансийский АО – Югра	2,611	3,172	3,841	3,530
Забайкальский край	92,504	42,298	44,02	43,998
Иркутская область	23,272	14,067	11,878	11,676
Омская область	0,086	0,913	1,171	2,675
Алтайский край	0,091	0,148	0,676	10,677
Красноярский край	6,752	18,268	1,693	1,183
Республика Саха (Якутия)	2,458	2,176	3,912	2,461
Камчатский край	2,421	1,400	1,277	0,254
Магаданская область	1,967	3,651	191,339	89,360
Хабаровский край	22,188	6,786	11,569	4,879
Сахалинская область	0,799	1,804	0,028	0,280
Приморский край	0,273	1,919	0,163	0,718
Амурская область	4,393	3,232	7,497	3,558
Всего за год	166,746	107,451	286,591	388,666

Год	2011	2012	2013	2014
Архангельская область	76,517	0,549	4,868	0,415
Ленинградская область	0,101	0,023	0,094	0,554
Новгородская область	2,800	0	0	1,500
Республика Карелия	4,091	0,197	13,007	2,733
Республика Коми	50,800	1,304	31,721	1,375
Брянская область	0,023	0,042	0,023	0,245
Воронежская область	0,021	0,017	0,013	0,154
Ростовская область	1,884	0,898	0,15	0,295
Нижегородская область	10,308	0,004	0,858	0,197
Тюменская область	5,027	2,371	1,749	1,417
Ханты-Мансийский АО – Югра	4,637	5,968	13,428	13,795
Забайкальский край	29,192	35,569	31,883	26,721
Иркутская область	10,988	12,584	9,711	11,474
Омская область	2,874	1,819	1,148	1,857
Алтайский край	0,122	0,418	0,0001	0,215
Красноярский край	21,139	78,089	18,409	28,001
Республика Саха (Якутия)	4,918	1,214	229,613	232,725
Камчатский край	1,061	0,194	0,299	0,159
Магаданская область	0,388	1,485	0,057	0,146
Хабаровский край	16,391	5,732	2,527	2,440
Сахалинская область	0,355	0,495	0,063	0,064
Приморский край	0,164	0,054	0	0
Амурская область	1,733	1,092	0,577	36,161
Всего за год	242,734	150,118	360,198	361,143

Всего	2018	2017	2016	2015	Год
127,423	0,913	0,85	0,475	0,533	Архангельская область
46,715	0,393	0,103	0,075	0,075	Ленинградская область
35,910	1,300	0	0,900	0	Новгородская область
44,130	1,931	0,086	0,299	0,08	Республика Карелия
308,044	0,696	11,914	2,746	0,668	Республика Коми
6,402	0,004	0,035	0,001	0,822	Брянская область
26,06	0,087	0,156	0,006	0,013	Воронежская область
29,326	0,246	2,871	0,244	0,243	Ростовская область
174,495	0,09	0,066	0,04	0,092	Нижегородская область
99,716	0,411	0,367	0,438	0,683	Тюменская область
162,274	4,076	2,870	11,56	7,524	Ханты-Мансийский АО – Югра
878,643	27,905	23,893	48,576	44,19	Забайкальский край
540,597	0,312	8,558	4,714	8,897	Иркутская область
28,764	4,570	0,585	0,483	1,155	Омская область
147,899	0,115	0,22	0,031	0,060	Алтайский край
722,674	158,626	19,253	28,517	8,158	Красноярский край
4275,011	3183,747	8,547	1,718	12,897	Республика Саха (Якутия)
535,713	2,896	0,147	0,1	0,927	Камчатский край
489,649	73,954	0,071	0,081	0,070	Магаданская область
729,835	449,059	0,012	1,106	1,789	Хабаровский край
62,552	0,88	0,549	0,040	0,026	Сахалинская область
183,563	120,501	0	0,033	0	Приморский край
535,713	2286,049	7,549	0,737	0,884	Амурская область
	6317,461	88,702	102,02	89,786	Всего за год

Таблица 6 – Динамика гибели лесных насаждений от лесных пожаров (1991-2018 гг.)

Федеральный округ, субъект РФ	Площадь погибших насаждений в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2001 по 2010 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2018 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2013 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2014 по 2018 гг.
Архангельская область					
Среднее значение	1,7	2,6	9,9	19,2	0,6
Ошибка среднего	0,83	1,32	7,52	14,54	0,10
Достоверность различий ³¹	1,09	0,96	-	1,28	
Ленинградская область					
Среднее значение	2,6	1,9	0,2	0,1	0,2
Ошибка среднего	1,03	0,83	0,05	0,05	0,10
Достоверность различий	2,35	2,05	-	0,87	
Новгородская область					
Среднее значение	1,8	1,6	1,4	2,06	0,74
Ошибка среднего	0,78	0,65	0,89	0,9	0,5
Достоверность различий	2,25	1,89	-	0,67	
Республика Карелия					
Среднее значение	0,7	1,5	3,0	5,0	1,0
Ошибка среднего	0,34	0,54	1,28	2,25	0,55
Достоверность различий	1,74	1,12	-	1,72	
Республика Коми					
Среднее значение	16,9	3,8	12,2	20,9	3,5
Ошибка среднего	14,08	1,87	5,44	9,53	2,14
Достоверность различий	0,31	1,46	-	1,78	

³¹ Показатель достоверности различий средних значений в первых двух колонках определен при сравнении соответствующих средних значений со средним значением за период 2009-2018 гг. Далее этот показатель указан в объединенных ячейках по сравниваемым периодам.

Продолжение таблицы 6

Федеральный округ, субъект РФ	Площадь погибших насаждений в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2001 по 2010 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2018 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2013 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2014 по 2018 гг.
Брянская область					
Среднее значение	0,1	0,4	0,4	0,6	0,2
Ошибка среднего	0,01	0,18	0,20	0,38	0,16
Достоверность различий	1,55	0,19	-	0,83	
Воронежская область					
Среднее значение	0,3	2,3	1,9	3,8	0,1
Ошибка среднего	0,08	1,74	1,77	3,51	0,03
Достоверность различий	0,95	0,14	-	1,06	
Ростовская область					
Среднее значение	1,3	0,9	0,9	1,0	0,8
Ошибка среднего	0,51	0,30	0,30	0,34	0,52
Достоверность различий	0,76	0,14	-	0,30	
Нижегородская область					
Среднее значение	0,9	15,4	15,9	31,6	0,1
Ошибка среднего	0,35	14,61	14,59	28,87	0,03
Достоверность различий	1,02	0,02	-	1,09	
Тюменская область					
Среднее значение	4,9	3,8	2,1	3,5	0,7
Ошибка среднего	2,80	1,58	0,59	0,75	0,20
Достоверность различий	0,99	1,05	-	3,62	
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра					
Среднее значение	3,8	6,1	7,1	6,3	8,0
Ошибка среднего	1,29	1,85	1,34	1,84	2,10
Достоверность различий	1,79	0,47	-	0,60	

Продолжение таблицы 6

Федеральный округ, субъект РФ	Площадь погибших насаждений в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2001 по 2010 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2018 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2013 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2014 по 2018 гг.
Забайкальский край					
Среднее значение	20,7	40,4	35,6	36,9	34,3
Ошибка среднего	8,07	14,22	2,82	3,06	5,04
Достоверность различий	1,74	0,33	-	0,45	
Иркутская область					
Среднее значение	30,1	17,3	9,1	11,4	6,8
Ошибка среднего	11,25	4,14	1,22	0,49	1,95
Достоверность различий	1,86	1,89	-	2,28	
Омская область					
Среднее значение	0,5	0,9	1,8	1,9	1,7
Ошибка среднего	0,33	0,31	0,39	0,36	0,75
Достоверность различий	2,59	1,80	-	0,25	
Алтайский край					
Среднее значение	12,4	2,3	1,3	2,4	0,1
Ошибка среднего	10,19	1,19	1,05	2,08	0,04
Достоверность различий	1,08	0,66	-	1,08	
Красноярский край					
Среднее значение	30,8	5,4	36,3	24,1	48,5
Ошибка среднего	11,39	1,73	15,24	14,11	27,78
Достоверность различий	0,29	2,02	-	0,78	

Продолжение таблицы 6

Федеральный округ, субъект РФ	Площадь погибших насаждений в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2001 по 2010 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2018 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2013 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2014 по 2018 гг.
Республика Саха (Якутия)					
Среднее значение	14,8	45,2	368,2	48,4	687,9
Ошибка среднего	13,70	33,83	314,25	45,30	625,48
Достоверность различий	1,12	1,02	-	1,02	
Камчатский край					
Среднее значение	41,6	11,4	0,7	0,6	0,8
Ошибка среднего	31,55	6,07	0,28	0,23	0,54
Достоверность различий	1,30	1,75	-	0,39	
Магаданская область					
Среднее значение	9,8	31,5	35,7	56,5	14,9
Ошибка среднего	7,94	19,79	20,37	37,83	14,77
Достоверность различий	1,18	0,15	-	1,03	
Хабаровский край					
Среднее значение	16,3	8,8	49,6	8,2	90,9
Ошибка среднего	4,68	1,63	44,42	2,53	89,55
Достоверность различий	0,74	0,92	-	0,92	
Сахалинская область					
Среднее значение	4,7	1,3	0,3	0,2	0,3
Ошибка среднего	3,57	0,73	0,09	0,09	0,17
Достоверность различий	1,25	1,37	-	0,35	
Приморский край					
Среднее значение	2,2	4,1	12,2	0,2	24,1
Ошибка среднего	1,81	2,84	12,04	0,13	24,10
Достоверность различий	0,82	0,66	-	0,99	

Окончание таблицы 6

Федеральный округ, субъект РФ	Площадь погибших насаждений в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2001 по 2010 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2018 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2009 по 2013 гг.	Площадь погибших насаждений в период с 2014 по 2018 гг.
Амурская область					
Среднее значение	5,9	13,6	234,6	2,9	466,3
Ошибка среднего	1,97	4,84	227,97	1,26	454,99
Достоверность различий	1,00	0,97	-	1,02	

Таблица 7 – Динамика средних значений запаса основных лесообразующих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м

Федеральный округ, субъект РФ	Запас в период с 1991 по 2000 гг.	Запас в период с 2001 по 2010 гг.	Запас в период с 2009 по 2018 гг.	Запас в период с 2009 по 2013 гг.	Запас в период с 2014 по 2018 гг.
Архангельская область					
Среднее значение	2148,5	2368,4	2547,4	2525,7	2569,1
Ошибка среднего	1,00	30,79	14,43	26,38	2,27
Достоверность различий ³²	27,58	5,26	-	1,64	
Ленинградская область					
Среднее значение	619,3	728,3	776,1	777,5	774,8
Ошибка среднего	16,59	8,43	3,49	6,09	4,11
Достоверность различий	9,25	5,25	-	0,36	
Новгородская область					
Среднее значение	227,05	282,78	289,25	287,11	291,25
Ошибка среднего	5,78	6,02	4,12	3,98	4,05
Достоверность различий	8,79	1,95	-	1,32	

³² Показатель достоверности различий средних значений в первых двух колонках определен при сравнении соответствующих средних значений со средним значением за период 2009-2018 гг. Далее этот показатель указан в объединенных ячейках по сравниваемым периодам.

Продолжение таблицы 7

Федеральный округ, субъект РФ	Запас в период с 1991 по 2000 гг.	Запас в период с 2001 по 2010 гг.	Запас в период с 2009 по 2018 гг.	Запас в период с 2009 по 2013 гг.	Запас в период с 2014 по 2018 гг.
Республика Карелия					
Среднее значение	886,1	948,0	964,4	959,1	969,7
Ошибка среднего	9,97	1,97	3,14	1,20	5,37
Достоверность различий	7,48	4,43	-	1,93	
Республика Коми					
Среднее значение	2844,1	2830,2	2822,2	2822,8	2821,6
Ошибка среднего	2,04	1,83	3,03	0,66	6,37
Достоверность различий	5,99	2,27	-	0,18	
Ненецкий автономный округ					
Среднее значение	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Ошибка среднего	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
Достоверность различий	1,30	4,78	-	5,72	
Брянская область					
Среднее значение	135,1	195,5	223,7	217,9	229,6
Ошибка среднего	1,84	6,83	5,41	1,65	10,57
Достоверность различий	15,50	3,24	-	1,10	

Продолжение таблицы 7

Федеральный округ, субъект РФ	Запас в период с 1991 по 2000 гг.	Запас в период с 2001 по 2010 гг.	Запас в период с 2009 по 2018 гг.	Запас в период с 2009 по 2013 гг.	Запас в период с 2014 по 2018 гг.
Воронежская область					
Среднее значение	48,8	55,0	57,6	58,5	56,6
Ошибка среднего	0,19	1,56	0,76	1,45	0,12
Достоверность различий	11,20	1,49	-	1,37	
Ростовская область					
Среднее значение	13,8	16,3	18,3	18,5	18,2
Ошибка среднего	0,13	0,72	0,08	0,11	0,02
Достоверность различий	29,64	2,85	-	2,94	
Нижегородская область					
Среднее значение	393,9	457,3	551,7	546,3	557,0
Ошибка среднего	8,62	17,12	3,28	5,41	2,23
Достоверность различий	17,10	5,42	-	1,82	
Тюменская область					
Среднее значение	695,9	803,5	937,5	927,5	947,5
Ошибка среднего	8,68	26,90	4,83	4,12	6,15
Достоверность различий	24,32	4,90	-	2,70	

Федеральный округ, субъект РФ	Запас в период с 1991 по 2000 гг.	Запас в период с 2001 по 2010 гг.	Запас в период с 2009 по 2018 гг.	Запас в период с 2009 по 2013 гг.	Запас в период с 2014 по 2018 гг.
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра					
Среднее значение	3076,7	3096,6	3147,4	3136,9	3158,0
Ошибка среднего	5,26	6,17	10,73	18,48	11,00
Достоверность различий	5,92	4,11	-	0,98	
Забайкальский край					
Среднее значение	2323,6	2409,7	2502,4	2511,6	2493,1
Ошибка среднего	8,94	18,40	3,71	3,51	2,64
Достоверность различий	18,48	4,94	-	4,20	
Иркутская область					
Среднее значение	8752,8	7061,0	8666,0	8735,0	8597,0
Ошибка среднего	20,76	1032,93	28,63	20,56	29,80
Достоверность различий	2,45	1,55	-	3,81	
Омская область					
Среднее значение	362,9	372,7	555,8	481,4	630,2
Ошибка среднего	1,75	2,11	36,92	57,82	4,68
Достоверность различий	5,22	4,95	-	2,57	

Продолжение таблицы 7

Федеральный округ, субъект РФ	Запас в период с 1991 по 2000 гг.	Запас в период с 2001 по 2010 гг.	Запас в период с 2009 по 2018 гг.	Запас в период с 2009 по 2013 гг.	Запас в период с 2014 по 2018 гг.
Алтайский край					
Среднее значение	415,7	470,9	536,2	536,2	536,3
Ошибка среднего	0,35	17,01	0,51	0,96	0,50
Достоверность различий	194,45	3,84	-	0,11	
Красноярский край					
Среднее значение	11522,4	9253,5	11468,4	11489,0	11447,8
Ошибка среднего	41,93	1351,96	10,75	6,03	16,50
Достоверность различий	1,25	1,64	-	2,34	
Республика Саха (Якутия)					
Среднее значение	8181,6	8585,0	8464,2	8533,1	8395,3
Ошибка среднего	574,93	26,11	39,17	56,09	37,21
Достоверность различий	0,49	2,57	-	2,05	
Камчатский край					
Среднее значение	593,2	557,0	730,6	731,1	730,1
Ошибка среднего	31,15	29,15	0,25	0,36	0,10
Достоверность различий	4,41	5,96	-	2,74	

Продолжение таблицы 7

Федеральный округ, субъект РФ	Запас в период с 1991 по 2000 гг.	Запас в период с 2001 по 2010 гг.	Запас в период с 2009 по 2018 гг.	Запас в период с 2009 по 2013 гг.	Запас в период с 2014 по 2018 гг.
Магаданская область					
Среднее значение	337,9	280,4	280,4	280,7	280,1
Ошибка среднего	9,63	0,46	0,16	0,26	0,01
Достоверность различий	5,98	0,01	-	2,42	
Хабаровский край					
Среднее значение	4942,4	4820,0	4814,3	4827,5	4801,1
Ошибка среднего	8,14	9,93	5,37	6,23	1,99
Достоверность различий	13,14	0,51	-	4,04	
Сахалинская область					
Среднее значение	601,3	601,6	612,7	606,9	618,6
Ошибка среднего	0,65	0,54	2,29	0,84	2,40
Достоверность различий	4,81	4,71	-	4,61	
Приморский край					
Среднее значение	1764,2	1752,0	1744,4	1750,9	1738,0
Ошибка среднего	1,59	0,60	2,61	1,63	2,70
Достоверность различий	6,45	2,83	-	4,08	

Окончание таблицы 7

Федеральный округ, субъект РФ	Запас в период с 1991 по 2000 гг.	Запас в период с 2001 по 2010 гг.	Запас в период с 2009 по 2018 гг.	Запас в период с 2009 по 2013 гг.	Запас в период с 2014 по 2018 гг.
Амурская область					
Среднее значение	3631,1	1946,2	1944,3	1949,9	1938,6
Ошибка среднего	1707,83	1,43	2,22	1,58	1,96
Достоверность различий	0,99	0,75	-	4,49	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 1 – Корреляционные зависимости адаптационного потенциала комплексов лесных экосистем регионов и климатических факторов в изучаемых субъектах Российской Федерации в 1991-2018 гг., %

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразующих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991-2018 гг., тыс. га
Архангельская область					
Температура	0,42	-0,02	0,16	0,64	-0,39
Осадки	0,06	0,27	-0,23	0,10	-0,02
Относительная влажность	0,16	0,34	-0,28	0,24	-0,24
Количество опасных метеорологических явлений	-0,23	0,80	-0,15	-0,33	0,21
Высота снежного покрова	-0,35	-0,35	0,05	-0,47	0,48
Количество пожаров	0,03	-0,34	0,41	-0,28	0,04
Ленинградская область					
Температура	0,42	0,34	-0,09	0,54	0,48
Осадки	0,30	0,03	-0,51	0,30	0,29
Относительная влажность	-0,26	-0,08	-0,09	-0,27	-0,47
Количество опасных метеорологических явлений	-0,56	-0,30	0,10	-0,61	-0,5
Высота снежного покрова	0,32	0,04	-0,10	0,23	0,05
Количество пожаров	-0,03	0,16	0,58	0,05	0,01

Продолжение таблицы 1

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразую- щих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991- 2018 гг., тыс. га
Республика Карелия					
Температура	0,41	0,09	0,21	0,45	-0,42
Осадки	0,02	-0,13	-0,26	0,07	-0,04
Относительная влажность	-0,59	0,23	-0,19	-0,51	0,51
Количество опасных метеорологических явлений	-0,44	-0,05	-0,22	-0,31	0,41
Высота снежного покрова	-0,19	-0,21	0,36	-0,17	0,13
Количество пожаров	0,11	-0,21	0,20	0,02	-0,00
Республика Коми					
Температура	0,53	-0,16	0,15	-0,57	0,19
Осадки	0,26	0,06	-0,35	-0,43	0,21
Относительная влажность	0,08	0,41	0,04	-0,34	0,33
Количество опасных метеорологических явлений	-0,29	0,60	-0,15	0,20	-0,21
Высота снежного покрова	-0,28	0,25	0,09	0,18	0,10
Количество пожаров	-0,51	-0,32	0,54	0,27	-0,06

Продолжение таблицы 1

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразую- щих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991- 2018 гг., тыс. га
Ненецкий автономный округ					
Температура	-0,06	Н/Д	Н/Д	-0,27	Н/Д
Осадки	-0,28	Н/Д	Н/Д	-0,35	Н/Д
Относительная влажность	0,05	Н/Д	Н/Д	-0,09	Н/Д
Количество опасных метеорологических явлений	0,44	Н/Д	Н/Д	0,52	Н/Д
Высота снежного покрова	-0,11	Н/Д	Н/Д	-0,21	Н/Д
Количество пожаров	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д
Брянская область					
Температура	0,57	0,56	0,35	0,64	0,27
Осадки	0,09	0,02	0,03	-0,26	0,06
Относительная влажность	-0,02	0,50	-0,11	0,17	-0,03
Количество опасных метеорологических явлений	-0,03	0,12	0,29	-0,10	-0,11
Высота снежного покрова	0,31	0,16	0,23	0,19	0,10
Количество пожаров	0,02	-0,02	0,41	-0,22	-0,06

Продолжение таблицы 1

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразую- щих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991- 2018 гг., тыс. га
Воронежская область					
Температура	-0,10	0,56	0,31	0,68	0,01
Осадки	-0,14	0,00	-0,11	-0,10	-0,01
Относительная влажность	0,12	-0,34	-0,41	-0,50	-0,03
Количество опасных метеорологических явлений	0,00	0,25	0,28	0,22	-0,00
Высота снежного покрова	0,18	-0,21	0,20	0,14	-0,42
Количество пожаров	0,53	-0,12	0,30	0,15	-0,46
Ростовская область					
Температура	0,05	0,59	0,13	0,64	-0,48
Осадки	0,07	-0,62	-0,09	-0,37	-0,01
Относительная влажность	-0,24	-0,34	0,13	-0,44	0,36
Количество опасных метеорологических явлений	-0,03	-0,07	-0,26	0,18	-0,24
Высота снежного покрова	-0,12	-0,45	-0,12	-0,31	0,01
Количество пожаров	0,47	-0,30	0,15	-0,66	0,05

Продолжение таблицы 1

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразующ их пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991- 2018 гг., тыс. га
Нижегородская область					
Температура	0,12	0,56	0,14	0,51	0,08
Осадки	0,07	-0,05	-0,37	0,00	-0,18
Относительная влажность	-0,08	-0,37	-0,38	-0,59	-0,41
Количество опасных метеорологических явлений	0,20	0,09	0,50	0,30	0,35
Высота снежного покрова	0,00	0,04	0,08	0,36	0,17
Количество пожаров	0,07	-0,32	0,55	-0,22	0,22
Тюменская область					
Температура	0,28	0,16	-0,24	0,25	-0,19
Осадки	-0,09	-0,02	0,21	-0,22	0,13
Относительная влажность	-0,04	-0,17	-0,35	-0,28	0,15
Количество опасных метеорологических явлений	-0,11	-0,11	0,26	0,04	-0,01
Высота снежного покрова	0,02	0,11	0,01	0,01	0,04
Количество пожаров	0,10	-0,36	0,30	-0,01	-0,11

Продолжение таблицы 1

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразующих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991-2018 гг., тыс. га
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра					
Температура	0,20	0,43	0,22	0,20	-0,09
Осадки	-0,07	-0,29	0,04	0,11	0,09
Относительная влажность	-0,18	0,04	-0,07	-0,04	-0,05
Количество опасных метеорологических явлений	-0,02	-0,38	0,15	-0,09	-0,02
Высота снежного покрова	0,13	-0,10	0,15	0,19	0,03
Количество пожаров	0,31	0,14	0,49	0,27	-0,02
Забайкальский край					
Температура	0,08	0,22	0,20	-0,00	-0,13
Осадки	-0,03	-0,02	-0,05	-0,08	-0,08
Относительная влажность	0,20	0,21	-0,06	-0,39	0,15
Количество опасных метеорологических явлений	0,42	0,35	0,17	0,04	-0,45
Высота снежного покрова	-0,06	-0,41	-0,08	0,20	-0,12
Количество пожаров	0,46	0,36	0,74	-0,12	-0,47

Продолжение таблицы 1

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразую- щих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991- 2018 гг., тыс. га
Иркутская область					
Температура	-0,02	-0,04	-0,05	-0,20	-0,00
Осадки	-0,17	-0,22	0,01	0,03	0,35
Относительная влажность	-0,51	-0,37	0,17	0,25	0,71
Количество опасных метеорологических явлений	0,56	0,51	-0,27	-0,19	-0,70
Высота снежного покрова	-0,22	-0,07	-0,18	0,08	0,04
Количество пожаров	-0,31	-0,23	0,59	0,10	0,29
Омская область					
Температура	0,27	0,04	0,03	0,20	0,06
Осадки	0,10	0,18	-0,21	-0,04	-0,16
Относительная влажность	0,14	0,03	-0,23	-0,01	-0,23
Количество опасных метеорологических явлений	0,02	-0,41	0,02	-0,18	-0,13
Высота снежного покрова	0,18	0,20	0,02	0,31	0,22
Количество пожаров	0,46	-0,12	0,45	0,09	-0,34

Продолжение таблицы 1

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразующих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991-2018 гг., тыс. га
Алтайский край					
Температура	-0,22	0,24	0,22	-0,16	-0,02
Осадки	0,06	0,17	-0,40	0,01	0,14
Относительная влажность	0,05	-0,08	-0,51	0,10	0,44
Количество опасных метеорологических явлений	0,60	0,23	-0,18	0,59	-0,09
Высота снежного покрова	-0,13	0,02	0,10	-0,15	-0,17
Количество пожаров	-0,30	-0,22	0,60	-0,30	-0,04
Красноярский край					
Температура	-0,36	0,34	0,00	0,07	-0,57
Осадки	-0,22	-0,23	-0,16	0,07	-0,18
Относительная влажность	-0,32	0,06	0,20	-0,20	-0,29
Количество опасных метеорологических явлений	-0,18	-0,36	-0,23	-0,23	0,13
Высота снежного покрова	-0,07	-0,11	0,21	0,01	0,11
Количество пожаров	-0,31	0,33	0,56	0,25	-0,63

Продолжение таблицы 1

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразую- щих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991- 2018 гг., тыс. га
Республика Саха (Якутия)					
Температура	0,51	0,12	0,24	0,02	-0,51
Осадки	0,28	-0,26	-0,09	0,25	-0,33
Относительная влажность	0,55	-0,15	0,15	0,17	-0,67
Количество опасных метеорологических явлений	0,03	-0,37	0,25	0,07	-0,05
Высота снежного покрова	0,33	-0,39	0,28	-0,03	-0,50
Количество пожаров	-0,29	-0,33	0,09	-0,28	0,30
Камчатский край					
Температура	-0,46	Н/Д	-0,44	0,42	0,52
Осадки	-0,06	Н/Д	-0,24	0,03	0,15
Относительная влажность	0,60	Н/Д	0,20	-0,57	-0,67
Количество опасных метеорологических явлений	0,44	Н/Д	-0,24	-0,28	-0,42
Высота снежного покрова	0,01	Н/Д	0,03	-0,11	0,07
Количество пожаров	0,55	Н/Д	0,38	-0,52	-0,67

Продолжение таблицы 1

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразую- щих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991- 2018 гг., тыс. га
Магаданская область					
Температура	-0,03	Н/Д	0,27	-0,23	-0,04
Осадки	-0,09	Н/Д	-0,17	-0,33	-0,05
Относительная влажность	-0,32	Н/Д	0,08	-0,29	-0,34
Количество опасных метеорологических явлений	0,15	Н/Д	0,33	0,26	0,38
Высота снежного покрова	0,09	Н/Д	0,03	-0,01	-0,03
Количество пожаров	0,24	Н/Д	0,73	0,45	0,36
Хабаровский край					
Температура	0,01	0,49	0,22	-0,26	0,03
Осадки	0,05	-0,12	0,08	-0,10	0,34
Относительная влажность	-0,19	-0,36	-0,17	0,40	0,14
Количество опасных метеорологических явлений	0,21	0,06	0,23	-0,19	-0,12
Высота снежного покрова	0,13	-0,16	-0,07	-0,18	0,27
Количество пожаров	0,32	0,08	-0,04	0,23	-0,35

Продолжение таблицы 1

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразую- щих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991- 2018 гг., тыс. га
Сахалинская область					
Температура	0,39	0,52	-0,10	0,26	-0,38
Осадки	0,22	0,50	-0,36	0,03	-0,11
Относительная влажность	-0,33	0,24	0,01	-0,66	0,34
Количество опасных метеорологических явлений	0,22	0,59	-0,36	0,05	-0,19
Высота снежного покрова	0,42	0,27	-0,29	0,24	-0,38
Количество пожаров	-0,29	-0,31	0,43	-0,35	0,22
Приморский край					
Температура	-0,10	0,51	0,09	-0,15	-0,08
Осадки	-0,03	0,11	0,08	-0,18	-0,06
Относительная влажность	0,34	-0,08	-0,27	-0,12	-0,26
Количество опасных метеорологических явлений	0,03	0,11	0,07	-0,04	0,03
Высота снежного покрова	0,24	0,22	-0,16	-0,07	-0,15
Количество пожаров	0,32	-0,29	0,27	-0,30	-0,31

Окончание таблицы 1

Федеральный округ, субъект РФ	Лесистость в период с 1991 по 2000 гг.	Площадь лесных насаждений, погибших под воздействием фитоболезней и энтомовредителей (1991-2018 гг.), тыс. га	Площадь лесных насаждений, погибших от лесных пожаров (1991-2018 гг.), тыс. га	Динамика запаса основных лесообразую- щих пород за 1991-2018 гг., млн. куб. м	Динамика площадей спелых и перестойных древостоев в период 1991- 2018 гг., тыс. га
Амурская область					
Температура	0,33	0,34	0,16	-0,10	-0,30
Осадки	-0,03	-0,32	0,09	0,02	0,13
Относительная влажность	-0,64	0,19	-0,30	0,30	0,58
Количество опасных метеорологических явлений	0,26	0,25	0,01	0,15	-0,16
Высота снежного покрова	0,10	-0,01	-0,12	0,18	-0,12
Количество пожаров	0,27	-0,15	0,09	0,05	-0,38
Всего по всем регионам количество значимых корреляций					
Температура	8	5	1	9	8
Осадки	4	1	2	1	
Относительная влажность	5	1	3	8	8
Количество опасных метеорологических явлений	6	2	1	2	4
Высота снежного покрова	1	1		1	4
Количество пожаров	6		14	3	5
Всего по регионам количество значимых корреляций по степеням тесноты	12, 14	3, 6, 1	11, 8, 2	9, 15	18, 10, 1
Всего по всем регионам количество значимых корреляций	26	10	21	24	29