

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Константинова Артема Васильевича «Адаптационный потенциал лесных экосистем Российской Федерации в условиях изменений климата», представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

Актуальность диссертационного исследования определяется тем, что изменение климата является важнейшим глобальным вызовом XXI века, решение проблематики которого требует комплексного междисциплинарного подхода, охватывающего широкий спектр экологических, экономических и социальных аспектов устойчивого развития. Природные объекты, включая леса, различаются, на фоне региональных природно-экологических особенностей, по характеру и степени их уязвимости к неблагоприятным последствиям изменений климата, что необходимо учитывать при разработке и реализации комплекса мер по предотвращению и нейтрализации неблагоприятных последствий изменения климата или сведению их к минимально возможному уровню. Такие адаптационные меры должны обеспечиваться на долгосрочной основе с учетом региональных особенностей, а также масштабности и глубины их воздействия на различные аспекты функционирования секторов экономики.

В настоящее время решение данных вопросов в Российской Федерации находится на этапе становления, что требует, как с теоретической, так и с практической точек зрения, уточнения ключевых положений адаптационной стратегии лесного хозяйства с учетом произошедших и прогнозируемых изменений климата, научного обоснования системы устойчивого управления лесными ресурсами в условиях климатической нестабильности, развития практика планирования, реализации и контроля за осуществлением мер по адаптации лесного хозяйства к климатическим изменениям на разных уровнях государственного управления.

В связи с этим, предложенная автором тематика диссертационной работы, целевые установки и решаемые задачи исследований, обоснованы и соответствуют современным векторам и приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации, предусмотренных Указом Президента Российской Федерации от 4 ноября 2020 года №666 в отношении сокращения выбросов парниковых газов, Стратегией социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.10.2021г.), Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2016 №642), другими стратегическими документами, направленными на реализацию положений климатической повестки в Российской Федерации.



**Научная новизна диссертационного исследования.** Автором на основе детального анализа большого объема экспериментального и статистического материала раскрыты причинно-следственные связи между климатическими изменениями и динамикой состояния лесных экосистем за два 30-летних периода. Представлена оригинальная концепция и разработана методика комплексной оценки адаптационных возможностей лесных экосистем на основе индекса динамики абиотических факторов и индекса уязвимости, которая является научной основой для определения устойчивости лесов и региональной кластеризации их адаптационного потенциала, дифференциации лесоуправления и комплекса мер по адаптации лесного хозяйства, а также прогноза динамики лесов в связи с климатическими изменениями и ущерба, вызванного ими. В диссертации фактически впервые, в едином системном подходе, выполнено научно-теоретическое обоснование методологических положений оценки ситуации и практических решений по адаптации лесов и лесного хозяйства к текущим и прогнозируемым изменениям климата.

**Практическая значимость результатов диссертационного исследования.** Предложенный автором сценарный подход к формированию комплексов управленческих решений на основе оценки адаптационного потенциала лесов позволят перейти на научно-обоснованное формирование региональных планов адаптации климатических изменений, разработка которых предусмотрена Национальным планом мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года (утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 25.12.2019 г. №3183-р). Кроме того, результаты диссертационного исследования фактически используются при подготовке нормативных правовых актов в сфере государственной климатической политики (внесены изменения в приказ Минприроды России от 20.12.2017 года №692 в части корректировки типовой формы и состава лесного плана субъекта Российской Федерации).

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций диссертационного исследования** подтверждается значительным объёмом выполненных работ и основывается на системном исследовании исходных данных за два периода климатической нормы по ВМО с применением комплекса корректных методов их статистической обработки.

**Структура и объём диссертации.** Диссертационная работа изложена на 357 страницах и состоит из введения, семи глав, заключения и приложений на 101 странице. Список литературы включает 355 наименований.

**Во Введении** (стр.4-10) представлена общая характеристика диссертационной работы, обоснована её актуальность, раскрыты цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, а также сформулированы положения, выносимые на защиту.



**В главе 1 «Проблема адаптации лесов и лесной отрасли в условиях изменений климата и интенсивного антропогенного воздействия»** (стр. 11-45) представлен обзор имеющихся результатов исследований в части наблюдающихся и прогнозируемых климатических изменений в мире и на территории Российской Федерации. Автором дана достаточно полная оценка результатов исследований, характеризующих изменение и прогноз основных элементов климатической системы в региональном разрезе. Научный интерес представляют анализ наблюдаемой динамики лесов основных лесообразующих пород, их состава, структуры, продуктивности, особенно на северных и южных границах распространения, под влиянием климатических изменений. В целом, следует отметить достаточную степень охвата литературных источников по теме исследования, характеризующих современное состояние проблемного поля, связанного с адаптацией лесных экосистем и лесного сектора экономики к климатическим изменениям.

В главе рассматриваются дискуссионные подходы к определению таких ключевых теоретических дефиниций как «устойчивость», уязвимость» и «адаптация» экосистем. Автор справедливо отмечает, что воздействие изменений климата проявляется, в зависимости от уязвимости экосистемы, в ответной реакция «в виде адаптивной способности, т.е. способности системы приспособляться к изменению климата...». По его мнению, в результате воздействий увеличивается уязвимость лесов и появляются новые риски снижения устойчивости и ухудшения состояния экосистем, что необходимо учитывать при выработке стратегии, направленной на предотвращение и купирование негативных последствий климатических изменений, как в лесных экосистемах, так и в лесном хозяйстве. Формулируя собственное представление об адаптационном потенциале лесов, диссертант приходит к выводу о том, что потенциал «состоит в способности лесных экосистем приспособляться 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», то есть, трактуя его более расширительно, чем принято некоторыми экспертами, считающими, что потенциал реализуется только через поддержание экосистемных функций.

Изложенные теоретические обобщения стали основой авторской методики оценки адаптационного потенциала лесных экосистем в условиях изменения климата.

**В главе 2 «Материалы, методы и объекты исследований»** (стр. 46-75) представлены сведения о концепции диссертационной работы, которая заключается в выявлении признаков нестабильности лесных экосистем, связанных с климатическими изменениями и возрастанием антропогенной нагрузки, их оценке, моделировании и разработке системы мер по повышению адаптационного потенциала. Для решения поставленных задач обоснованно применен комплексный методический подход к организации исследований, сочетающий полевые (рекогносцировочное обследование



насаждений с закладкой постоянных и временных пробных площадей в наиболее типичных/ключевых участках леса) и камеральные работы по анализу и обобщению данных. При сборе материала использовались апробированные методики, что, в совокупности со значительным объёмом экспериментального материала и применением современных методов его статистической обработки, позволило получить репрезентативные выводы. В качестве основных территорий для отработки методических подходов к исследованиям выбраны леса Северо-Западного и Центрально-Черноземного регионов европейской части России, которые, с привлечением отраслевых баз данных, удачно дополнены изучением структуры, состояния и динамики лесного фонда еще в 24-х модельных регионах страны.

Для анализа основных климатических параметров были приняты рекомендации Всемирной метеорологической организации, которые исследовались за два последовательных 30-летних периода.

Предложена концептуальная схема алгоритма оценки адаптационного потенциала лесных экосистем, которая базируется на определении двух индексов – индекса динамики абиотических факторов ( $I_{af}$ ) и индекса уязвимости региональных лесных экосистем ( $I_{лэ}$ ). В целях определения индексов предложен состав критериев, характеризующих климатические условия (средние годовая температура и относительная влажность воздуха, годовые сумма осадков и количество опасных метеорологических явлений, средняя высота снежного покрова, годовое количество лесных пожаров) и подверженность лесов неблагоприятным изменениям климата (лесистость территории, изменение площади погибших насаждений под воздействием лесопатологических факторов, изменение площади погибших насаждений под воздействием лесопатологических факторов, изменение площади погибших насаждений под воздействием лесных пожаров, продуктивность лесов, запас насаждений). Однако, вызывает сомнение необходимость включения в состав критериев по индексу  $I_{af}$  данных о годовом количестве лесных пожаров, который имеет косвенное отношение к метеорологическим показателям и фактически коррелирует с площадью погибших насаждений, включаемых в расчет индекса  $I_{лэ}$ .

В качестве замечания также следует отметить недостаточную обоснованность выделения 24-х модельных регионов. С одной стороны, автор сообщает о том, что подбор модельных регионов обусловлен лесорастительным районированием, а с другой - повышенной уязвимостью к изменению климата и возрастающей антропогенной нагрузкой.

**Глава 3 «Комплекс абиотических факторов, определяющих состояние лесных экосистем»** (стр. 76-145) содержит результаты исследования больших массивов данных, характеризующих климатические факторы (средняя температур, влажность воздуха, высота снежного покрова, количество атмосферных осадков) и логично продолжает главу 2 в части анализа и обобщения данных для последующей оценки адаптационного потенциала лесных экосистем. Для анализа динамики состояния



окружающей среды критерии выделены совершенно обоснованно, с учетом рекомендаций ВМО, которые, учитывая значительное варьирование в территориальном и временном аспектах, дифференцированы по модельным регионам и временным периодам.

Анализируя динамику выбранных критериев в субъектах Российской Федерации в периоды с 1966-1990 и 1991-2018 годы, автор приходит к выводу об их устойчивом изменении, что согласуется с имеющимися данными в научной литературе и национальных докладах по исследуемому вопросу. Так, с высоким уровнем вероятности подтверждается увеличение среднегодовых температур, которое прослеживается для всех исследованных регионов. При этом результаты оценки динамики среднегодового количества атмосферных осадков в указанные периоды характеризуются как разнонаправленные, отражающие потенциальную контрастность климатических условий.

Для большей части исследуемых модельных регионов характерны снижение относительной влажности атмосферного воздуха, а также тенденция к увеличению среднегодовых значений высоты снежного покрова. Динамика количества опасных гидрометеорологических явлений демонстрирует разнонаправленные тенденции, которые автор объясняет нелинейными зависимостями в климатической системе.

Изложенный материал обширен, логично выстроен, грамотно и глубоко проанализирован. Для большей убедительности выводов при анализе метеорологических показателей было бы правильно в автореферате привести теоретические значения  $t$ -Стюдента. Не понятно, что означает критерий  $t$  и как устанавливалась достоверность различий между сравниваемыми вариантами?

**В главе 4 «Динамика уровней адаптационного потенциала комплексов лесных экосистем регионов Российской Федерации (анализ ключевых характеристик (критериев))» (стр. 146-171) системно изложены результаты, характеризующие подверженность лесов к изменениям и их уязвимость к неблагоприятным воздействиям, в исследуемых модельных регионах, в том числе дифференцированно в отношении лесистости, изменения площадей погибших лесных насаждений под воздействием вредных организмов, лесных пожаров, динамики продуктивности древесных пород, площади спелых и перестойных древесных насаждений, смещения географических ареалов распространения древесных пород.**

Анализ обширных данных литературных источников, выполненный автором, показал значительное уменьшение общей площади земель лесного фонда и земель, занятых лесной растительностью, за период с 1925 по 2004 гг. При этом убедительно показано, что динамика лесистости существенно различается в региональном отношении по причине влияния факторов как природного, так и антропогенного происхождения. Доказано, что в период 2010-2018 гг., из выбранных модельных регионов, наибольшее сокращение



лесистости наблюдается в Камчатском, Красноярском и Забайкальском краях, Ненецком автономном округе, Ростовской области.

С достаточной степенью достоверности установлено увеличение площадей погибших насаждений под воздействием неблагоприятных факторов. Выраженное практическое значение имеют выводы о корреляции между климатическими параметрами (прежде всего, средней температурой воздуха) и лесными пожарами, что создает возможности для разработки прогностических моделей лесопожарной ситуации, в том числе связанной с изменением климата.

Следует отметить выводы диссертационного исследования в части динамики продуктивности древостоев за 60-летний период наблюдений, утверждающих, что во всех хозяйствах различных возрастных групп, во всех географических районах страны, кроме Дальнего Востока, в период с 1960 по 2018 гг. наблюдается увеличение их продуктивности. Причем наиболее заметно продуктивность хвойных древостоев повышается в более южных лесорастительных зонах, а лиственных – примерно одинаково вне зависимости от зонального фактора. Видимо, вполне оправдано такую положительную динамику объяснить благоприятным воздействием наблюдаемых климатических изменений.

Интересные научные выводы получены в отношении изменения ареалов распространения древесных пород в изучаемых модельных регионах и прогнозных оценок изменения состава лесной растительности, вызываемых динамикой тепловых и влажностных факторов. Установлено, что для лесных экосистем Северо-Западного федерального округа (Архангельская область, Ленинградская область, Республика Карелия, Республика Коми) и центральных областей европейской части России характерно продвижение древесных пород на север. В Ненецком автономном округе прогнозируется появление новых видов, которые ранее произрастали южнее. На юге России, на фоне повышения аридности климата и возрастания антропогенной нагрузки, нарастают процессы обезлесивания. При этом автор приходит к заключению, что существенные изменения в лесах России можно ожидать только в долгосрочной перспективе, за пределами двадцатилетнего горизонта прогнозного периода.

Очень удачны для восприятия результатов анализа разработанные автором картосхемы, демонстрирующие изменение изучаемых критериев уязвимости лесов к неблагоприятным воздействиям в исследуемых модельных регионах. Вместе с тем, на наш взгляд, хотя это и не мешает восприятию текста, было бы целесообразно при изложении материала пользоваться более современной специальной терминологией, установленной лесным законодательством (например, земли, занятые лесной растительностью вместо «покрытые лесом»; вредные лесные организмы вместо «фитоболезни и энтомовредители» и т.п.).

К главе имеются следующие замечания:



1. В отношении некоторых ключевых характеристик (критериев) автором не выявлено значимых динамических характеристик. Рассматривался ли вопрос об их исключении из последующего анализа адаптационного потенциала лесных экосистем субъектов Российской Федерации?

2. Материалы пункта 4.6 не позволяют с достаточной ясностью установить на основании каких данных сделан вывод о том, что «радикальных изменений лесных экосистем под влиянием изменения климата в ближайшие 20 лет в России не ожидается»?

3. Вызывает сомнение утверждение автора, что динамика площади спелых и перестойных лесов обусловлена климатическими изменениями. На наш взгляд, данная ситуация в большей степени определяется характером использования лесов и ведением лесного хозяйства.

4. Не совсем понятны основания для утверждения, что в перспективе «возможно нарастание скорости усыхания елово-пихтовых лесов Дальнего Востока и Европейского Севера и повышенный отпад в кедровых лесах Сибири».

**В главе 5 «Основные результаты авторского кластерного и математико-статистического анализа адаптационного потенциала лесных экосистем субъектов Российской Федерации» (стр. 172-243), в ее первой части, представлены результаты полевых исследований по изучению динамики лесных экосистем, выполненных автором в Новгородской и Воронежской областях.**

Для опытных объектов, расположенных в Новгородской области, автор отмечает наличие изменений всех основных таксационных показателей исследованных насаждений, и связывает их с возможной динамикой климатических условий и усилением антропогенной нагрузки. В условиях Воронежской области наблюдается тренд возрастания аридности климата, частоты и интенсивности засух в совокупности с периодическими пожарами, которые препятствуют произрастанию дуба в условиях лесостепи.

Апробация предложенной методики проведена автором на примере Воронежской и Новгородской областей. Показано, что в Воронежской области в период с 1961 по 2019 годы имеет место возрастание негативных процессов, постепенно усиливающих деградацию лесов. Особо значимое снижение их адаптационного потенциала наблюдается с 1981 г., статус которого с начала текущего века классифицирован автором как «деградирующий комплекс лесных экосистем». Основными абиотическими факторами, определяющими такую динамику, названы рост среднегодовых температур (с 5,8 до 8°C) и снижение относительной влажности воздуха. В Новгородской области состояние комплекса оценено как «стабильный комплекс лесных экосистем» с высоким уровнем адаптационного потенциала. Наблюдаемое с 90-х годов прошлого века снижение устойчивости лесов, по результатам расчетов автора, вызвано ростом среднегодовых температур.



Выполненные, на основе разработанной методики, оценки адаптационного потенциала лесов показывают, что во всех регионах страны выявлены нарушения биологической устойчивости лесных экосистем. К наиболее уязвимым отнесены леса севера СЗФО, УФО, юга ЦФО, СФО и Дальнего Востока. Сделан совершенно правильный вывод о необходимости формирования дифференцированного подхода и мер по адаптации лесных экосистем к изменениям климата с учетом выявленных различий их реакций на климатические изменения. При этом, на наш взгляд, не совсем оправдано экстраполировать результаты по нескольким модельным регионам на леса всего федерального округа, имеющих большой спектр зонально-типологических особенностей, особенно, если его территория вытянута в меридиональном направлении (например, УрФО).

Значительный интерес представляют результаты корреляционно-регрессионного анализа в системе «климат – состояние лесных экосистем». Для большинства модельных регионов отмечается наличие как минимум значительной или умеренной корреляционной связи между состоянием лесных экосистем и динамикой температуры, количества осадков, относительной влажности, количества опасных метеорологических явлений и высоты снежного покрова.

Замечания:

1. Почему при обсуждении результатов анализа адаптационного потенциала лесных экосистем субъектов Российской Федерации автор не обращается к данным, полученным в ходе полевых наблюдений на постоянных пробных площадях, заложенных в Новгородской и Воронежской областях?

2. Имея солидный, статистически обработанный материал о корреляционных зависимостях между состоянием лесных экосистем и динамикой климатических параметров, автор не приводит анализа механизмов возникновения обнаруженных зависимостей, что несколько снижает его ценность.

3. Не совсем понятно, что имеет ввиду автор, говоря на стр. 222 диссертации о высоких темпах роста деструктивных процессов в лесных экосистемах «...в зонах переходов от одних лесорастительных условий к другим»?

4. Не очень удачным является термин «региональные системы», который достаточно часто и неоднозначно использует автор, подразумевая под ним то «региональные системы лесного хозяйства», то вообще нечто неопределённое, возможно региональные экосистемы?

5. Не получила должного обоснования дифференциация региональных лесных экосистем по трем группам «стабильных», «не стабильных» и «деградующих». Каков практический смысл в таком разделении?

**В главе 6 «Сценарный подход к системе ведения лесного хозяйства в условиях изменения климата для различных лесорастительных зон Российской Федерации» (стр. 244-278) представлены результаты**



кластеризации изучаемых региональных лесных экосистем с целью выделения их комплексов со схожими траекториями развития и состояния, что, в свою очередь, позволяет оптимизировать многовариантность управленческих решений и диапазон адаптационных мер.

По итогам кластерного анализа за период с 2011 по 2019 годы, в первый кластер отнесены лесные экосистемы Нижегородской, Ростовской, Магаданской и Амурской областей, имеющие устойчивые во времени индикаторы адаптационного потенциала. Второй кластер объединяет Ленинградскую, Новгородскую, Брянскую, Ростовскую, Омскую, Сахалинскую области, а также Республики Карелия и Коми, Алтайский, Камчатский и Приморский края с неустойчивым состоянием лесов. В третий кластер, с признаками деградации состояния лесов, включены Архангельская, Воронежская, Тюменская и Иркутская области, а также Хабаровский и Красноярский края.

Для каждого из выделенных кластеров разработаны соответствующие сценарии ведения лесного хозяйства в зависимости от адаптационного потенциала лесов, различающиеся типами управленческих мер, их масштабом и направленностью, а также действующими лицами, обеспечивающих их реализацию. Предложенные сценарии имеют выраженную практическую направленность и являются основой для выработки лесоуправленческих решений, изложенных в следующей главе диссертации.

Замечаний по главе нет.

**Глава 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»** (стр. 279-309) содержит в себе результаты прогнозных расчетов возможного ущерба, генерируемого климатическими изменениями, в том числе вследствие увеличения числа лесных пожаров, вспышек массового размножения вредных организмов, сдвигов в породном составе и ареале распространения лесов. Указанные расчеты послужили основой для разработки конкретных комплексов управленческих решений, направленных на усиление адаптационного потенциала лесных экосистем субъектов Российской Федерации. Такие комплексы содержат различные наборы адаптационных мер, которые дифференцированы в зависимости от срока их проведения, продолжительности, масштаба и действующих лиц (исполнителей), представляющих государственный или частный сектор. Разработанная автором типовая схема соотнесения различных типов адаптационных мер с основными рисками, вызываемыми климатическими изменениями, уже активно используется при лесном планировании на уровне субъекта Российской Федерации.

**Замечания:**



1. Учитывалось ли при проведении прогнозных значений ущерба лесному хозяйству влияние собственно климатических изменений? В какой степени показатели ущерба определяют состав и возможность реализации того или иного комплекса управленческих решений?

2. В составе предлагаемых автором комплексов управленческих решений отсутствуют мероприятия по мониторингу и анализу эффективности реализации тех или иных мер, а также соответствующей корректировки, что снижает их практическую ценность.

**Заключение** (стр. 282-289) содержит в себе выводы в отношении поставленных цели и задач исследования и согласуется с положениями, вынесенными автором на защиту.

**Список литературы** (стр. 318-357) включает основные публикации отечественных и зарубежных авторов по теме исследования.

**Приложения** (стр. 358-458) содержат таблицы с результатами исследования динамики абиотических факторов и индикаторов состояния лесных экосистем, а также корреляционного анализа их зависимости.

### **Общее заключение по диссертации**

Диссертационная работа Константинова Артема Васильевича «Адаптационный потенциал лесных экосистем Российской Федерации в условиях изменений климата», является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных автором исследований разработаны положения, выводы и комплексы управленческих решений, направленных на решение крупной научной проблемы, имеющей важное значение для лесного хозяйства.

К достоинствам работы относятся новизна проведенных исследований, большой объём выполненных аналитических работ с применением современных методов статистической обработки.

Возникшие вопросы и высказанные замечания не снижают теоретической и практической значимости диссертации, её завершенности, обоснованности выводов и не влияют на её общую высокую положительную оценку.

Достоверность результатов исследований и обоснованность выдвигаемых научных положений и выводов обеспечивается значительным объёмом исходных данных, полученных с использованием корректных методов, и подтверждается анализом фактического материала с применением методов математической обработки.

Представленная диссертация соответствует пунктам 9-11, 13 и 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а её автор Константинов Артем Васильевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация.



Отзыв подготовил: Мартынюк Александр Александрович, доктор сельскохозяйственных наук по специальности 06.03.03 – Лесоведение и лесоводство, лесные пожары и борьба с ними, старший научный сотрудник, член-корреспондент РАН, директор ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства»; почтовый адрес: 141202, Россия, Московская область, г. Пушкино, ул. Институтская, д. 15, телефон +7 (495) 993-30-54, e-mail: [info@vniilm.ru](mailto:info@vniilm.ru)



« 3 » июня 2022 года

*A.A. Martynuk* А.А. Мартынюк

Подпись руки А.А. Мартынюка заверяю:

