

Министерство науки и высшего
образования Российской Федерации
Уфимский Институт биологии –
обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного
научного учреждения
Уфимского федерального
исследовательского центра Российской
академии наук

450054, г. Уфа, проспект Октября, 69, лит. Е.
Тел./факс: (347) 235-62-47; e-mail: ib@anrb.ru

Утверждаю
ИО Директора УИБ УФИЦ РАН
д-р биол. наук



Д.С. Веселов

«19» октября 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Михайлович Анны Павловны **«ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕК ЕНГАЮ И КЕРДОМАНШОР (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ) В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА»**, представленной на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 – Экология (биологические науки)

Актуальность темы исследования связана с изучением реакции древесной растительности на изменение климата. Горные и высокоширотные районы часто используются в качестве мониторинговых полигонов для исследования ранней реакции растительности на региональное и глобальное изменения климата. Количественный анализ пространственного распределения древесной растительности в горах на верхнем и северном пределе распространения позволяет охарактеризовать процессы,

происходящие в растительных сообществах в ответ на изменения лесорастительных условий. Применение метода наземного фотомониторинга дает возможность получения качественных и количественных оценок изменений видимых элементов ландшафта (Нестеров, Сарычев, 2006; Фомин и др., 2008; Webb, Boyer, Turner, 2010 и др.). Оптимизация подходов и методик к обработке и анализу данных направлена на снижение субъективности при проведении оценок и повышение степени автоматизации определения местоположения границ растительного покрова, количественных оценок величин и динамики изменений.

Актуальность темы исследований сомнений не вызывает.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что:

1. Созданы карты, характеризующие распределение деревьев в экотоне верхней границы древесной растительности в нижнем течении рек Енгаю и Кердоманшор (Полярный Урал) в начале 1960-х годов и 2015 году. Используются географические координаты каждого распознанного на аэро- и космоснимках высокого пространственного разрешения дерева. По сочетанию уровня детализации и пространственного охвата карты превосходят существующие аналоги.

2. Создана картосхема размещения остатков деревьев, произраставших ранее в районе исследований в верхней части экотона верхней границы древесной растительности и погибших в течение средневекового похолодания, продолжавшегося с конца XIII до конца XIX веков. По пространственному охвату и количеству обнаруженных древесных остатков она превосходит существующие аналоги.

3. Разработана методика автоматизированного определения местоположения границы между основными типами фитоценозов (лес, редколесье, редины, тундра с отдельно стоящими деревьями) на основе координат каждого дерева, что позволяет повысить уровень объективности определения положения границы в пространстве и проводить картирование.

4. Предложен подход позволяющий соотносить объекты и структуры на наземной фотографии с участками местности, которые могут быть охарактеризованы набором пространственных данных в виде векторных и растровых геоинформационных слоев. Данный подход расширяет возможности изучения влияния экологических факторов на древесную растительность в экотоне верхней границы леса. Разработана и апробирована методика представления, анализа, автоматизированного аннотирования одно- и многократных фотографий, полученных в районе исследований в шестидесятых годах XX – начале XXI веков.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные в ходе исследований результаты анализа изменений во времени пространственной структуры популяций древесных растений на верхнем переделе их произрастания, с использованием разработанной методики, позволяют получить количественные оценки параметров насаждений. Это характеризует изменение положения деревьев в пространстве, также и динамику изменений местоположения границы леса.

Теоретическая значимость работы состоит в решении задачи формализованного нахождения границ между единицами растительного покрова на основе значений координат деревьев. Предложенная методика позволяет автоматизировать процесс поиска границ между разными типами фитоценозов и снизить его субъективность.

Представлены карты, характеризующие распределение основных типов фитоценозов в начале шестидесятых годов XX и начале XXI веков. Выявлены изменения горизонтальной пространственной структуры популяции лиственницы сибирской в экотоне верхней границы древесной растительности и получены количественные оценки изменения значений площади участков, которые отнесены к лесу, редколесьям, редине и тундре с отдельно стоящими деревьями.

Предложенный подход к представлению, обработке, автоматизированному анализу и аннотированию ландшафтных фотографий и

разработанная на его принципах методика открывают широкие возможности для использования одно- и многократных фотографий для изучения феноменов, обусловленных влиянием экологических факторов на древесную растительность на верхнем пределе произрастания за полувековой период.

Положения, выносимые на защиту:

1. Методика нахождения границ между группами точечных объектов обладает высокой степенью универсальности и позволяет повысить объективность определения местоположения границ. С ее помощью возможно создание картографических материалов, характеризующих пространственное распределение основных типов фитоценозов в экотоне верхней границы древесной растительности.

2. Данные, полученные в результате дешифрирования аэро- и космоснимков высокого пространственного разрешения, свидетельствуют о продвижении деревьев в тундру и увеличении их густоты на ранее облесенных участках района исследований. Установлено почти двукратное увеличение количества деревьев в районе исследований за период с начала 1960-х годов до 2015 года.

3. Созданные карты современного местоположения деревьев и остатков деревьев, погибших в ходе средневекового похолодания, которое продолжалось с конца XIII до конца XIX веков позволили локализовать те участки, которые лиственница сибирская занимала в прошлом, но еще не достигла в настоящем, а также те участки, на которых густота деревьев лиственницы сибирской в современных условиях ниже, чем она была до гибели значительной части популяции, по причине похолодания. Карты основных типов фитоценозов в начале 1960-х годов и в 2015 году, созданные с использованием разработанной методики, позволяют выявлять пространственные закономерности изменения структуры популяции лиственницы сибирской в районе исследований за полувековой период, а также количественно оценить изменение площади участков леса, редколесий, редины и тундры с отдельными деревьями.

4. Методика представления, обработки и анализа однократных и повторных наземных фотографий позволяет формировать у исследователя целостное представление об изучаемом пространстве, соотносить объекты и феномены на фотографии с уровнями действия ведущих экологических факторов, представленных в виде геоинформационных слоев, создавать и дополнять традиционные текстовые описания фотоснимков, переносить данные с фотографии на карту, что открывает для него новые возможности для изучения пространственных закономерностей и взаимосвязей древесной растительности с окружающей средой.

Обоснованность и достоверность диссертационной работы

обеспечивается анализом достаточного по объему фактического материала, применением общенаучных методов, комплексным подходом в получении информации о состоянии и структуре древесных растений в пределах экотона, использованием современных методов обработки, анализа и оценки достоверности данных.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на всероссийской конференции молодых ученых «Экология: сквозь время и расстояние» (Екатеринбург, 2011), международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС-22. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата» (Протвино, 2016), VIII международной научно-практической конференции «Экология речных бассейнов» (Суздаль, 2016), VII международной научно-практической конференции «Экологическое равновесие: структура географического пространства» (Пушкин, 2016), 20th European Scientific Conference of Doctoral Students - PEFnet 2016 (Czech Republic, Brno, 2016), Четвертой международной конференции «Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем» (Уфа, 2017), IX международной научно-практической конференции «Экологическое равновесие: геоэкология, краеведение, туризм» (Пушкин, 2018), IX международной научно-практической конференции «Экология речных бассейнов» (Суздаль, 2018),

XII международной научно-технической конференции «Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса» (Екатеринбург, 2019), международной конференции EuroDendro 2019 (Czech Republic, Brno, 2019), международной научно-практической конференции «Экосистемные услуги и менеджмент природных ресурсов» (Тюмень, 2019), 6th World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (Czech Republic, Prague, 2020), 7th World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (Czech Republic, Prague, 2021).

Оценка содержания диссертационной работы. Диссертация является законченным научным исследованием и состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 4 приложений. Текст диссертации изложен на 146 страницах, содержит 27 рисунков и 3 таблицы. Список литературы состоит из 232 источников, в том числе 109 на иностранных языках.

Во **ВВЕДЕНИИ** (с. 4-14) отражена актуальность работы, степень разработанности темы, цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов исследований, информация о публикациях, структура и объем диссертации.

Цель диссертационной работы – исследование особенностей пространственно-временной динамики популяции лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) в экотоне верхней границы древесной растительности в нижнем течении рек Енгаю и Кердоманшор (Полярный Урал) в условиях изменения климата.

Задачи:

1. Исследовать закономерности изменения пространственного положения деревьев лиственницы сибирской на верхнем пределе ее произрастания на основе количественных данных, характеризующих

местоположение деревьев в прошлом и настоящем, с использованием комплекса оригинальных методик и современных методов пространственного анализа.

2. Разработать методику автоматизированного выделения границ основных типов фитоценозов (лес, редколесье, редины и тундра с отдельно стоящими деревьями) на основе координат деревьев лиственницы сибирской на исследуемой территории и пороговых значений их густоты. Создать с использованием разработанной методики тематические карты размещения деревьев лиственницы сибирской в экотоне верхней границы древесной растительности (ЭВГДР) в нижнем течении рек Енгаю и Кердоманшор (Полярный Урал) в начале 1960-х годов и 2015 году и деревьев, произраставших в верхней части экотона и погибших в течение средневекового похолодания с конца XIII до конца XIX веков.

3. Разработать методику представления, обработки, автоматизированного анализа и аннотирования повторных фотографий, позволяющую устанавливать взаимосвязи между объектами и явлениями, изображенными на фотографиях, и данными, содержащимися в широком спектре геоинформационных слоев: от уровней действия экологических факторов до тематических слоев, характеризующих разные компоненты наземных экосистем.

Глава 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ (с. 15-46) представляет собой обзор литературы. В главе приведены сведения о формировании лесного покрова на верхней границе распространения лесов в горных условиях. Отражены современные подходы к изучению данных вопросов.

В главе 2 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ (с.47-63) представлены сведения о географическом положении района исследований – юго-восточного макросклона горного массива Рай-Из (Полярный Урал) площадью 862,5 га. Особенности климата, рельефа и геологической основы, почвенного покрова, гидрографии, растительного покрова.

Представлены источники исходной информации для оценки изменения пространственного положения деревьев лиственницы в период 1960-2015 гг.

В главе 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАНДШАФТНЫХ ФОТОГРАФИЙ (с. 64-83) представлены результаты и технология пространственного наложения геоинформационных слоев на сектор видимости для автоматизированного или автоматического создания текстовых описаний ландшафтных фотографий. Архивные и авторские фотографии иллюстрируют основные явления в экотоне верхней границы древесной растительности. Представлена характеристика особенностей снегонакопления, влияния ветра (ветровал); ветра и снега (снеговая корразия), особенностей семенного и вегетативного возобновления лиственницы. С учетом почвенно-гидрологических условий описано влияние комплекса экологических факторов на возобновление и рост лиственницы сибирской.

Глава 4 ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПАТТЕРНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ (с. 84-102) содержит результаты исследований на участках, занятых лесом, редколесьями, редианами и тундрой с одиночными деревьями в начале 1960-х годов и в 2015

году. Представлены карты, иллюстрирующие основные этапы трансформации лесной растительности в данном ландшафте.

Установлено, что за указанный период времени площадь участков сомкнутого леса, редколесий и редины увеличилась на 28, 26 и 59 га соответственно. Площадь участков тундры с одиночными деревьями уменьшилась на 113 га, с 586 до 473 га. В процентном выражении площадь сомкнутых лесов, редколесий и редины увеличилась с 3% до 7%, с 10% до 13% и с 7% до 15% соответственно, а площадь участков тундры с одиночными деревьями уменьшилась с 80% до 65%. В данной главе показана работоспособность методики нахождения границ между группами точечных объектов с высокой степенью универсальности, что позволяет повысить объективность определения местоположения границ. Представлены картографические материалы по пространственному распределению основных типов фитоценозов в экотоне верхней границы древесной растительности.

В ЗАКЛЮЧЕНИИ (с. 103-105) в обобщенном виде сформулированы наиболее значимые выводы. Выводы корректны и возражений не вызывают.

К числу основных результатов следует отнести то, что для проведения пространственного анализа распределения основных типов фитоценозов представлен метод выделения границ между ними на основе данных о местоположении деревьев и количественных порогов густоты. Метод отличается высокой степенью универсальности и позволяет повысить степень объективности получаемых результатов, а также оценить особенности продвижения деревьев в тундру и появления деревьев на необлесенных или слабооблесенных участках местности.

На основе проведенных исследований выявлено увеличение площади участков с сомкнутым лесом, редколесьем и рединой на 15%. Это произошло за счет сокращения площади участков тундры с одиночными деревьями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (с. 106-131) составлен корректно. Все работы, упомянутые в тексте диссертации, нашли отражение в списке литературы.

Представлен **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ** (с. 132).

В ПРИЛОЖЕНИЯХ А, Б, В, Г (с. 133-146) приведены аэро- и космоснимки; картосхемы размещения лиственницы сибирской на пробных площадях и гистограммы распределения отдельных таксационных характеристик; ландшафтные фотографии растительности территории исследований.

Замечания и вопросы по диссертационной работе:

По главе 1. **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ.** Данную главу целесообразно было бы структурировать, выделив в ней разделы, связанные: 1) с понятием границ растительного покрова, терминами и определениями; 2) методиками выделения границ; 3) методиками количественной оценки сдвига границ.

По главе 2. **ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ.** В подрисуночные подписи к рис. 2-4 следовало добавить название метеостанции. Из-за отсутствия данного пояснения при анализе данных рисунков требуется искать упоминание метеостанции в тексте.

По главе 3. **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ**

ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАНДШАФТНЫХ ФОТОГРАФИЙ.

1) В подглаве 3.1 «Особенности наземных ландшафтных фотографий для анализа древесной растительности» следовало более подробно раскрыть содержание перечисленных проблем, возникающих при обработке, анализе и представлении ландшафтных фотографий (стр. 64 - 65).

2) При использовании функции топологического наложения производится пересечение полигонов секторов видимости, относящихся к разным точкам фотосъемки. В результате применения данной процедуры формируется атрибутивная таблица результирующего слоя (стр. 76). В тексте диссертации целесообразно привести пример такой таблицы.

По главе 4. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПАТТЕРНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ.

1) Термин «паттерны» (стр. 84) встречается в отечественной литературе, посвященной анализу пространственных структур. Возможно без потери информативности использовать термин «закономерности».

2) В легенде к рис. 22, возможно, было бы целесообразно предложить другой вариант обозначения и соотнести цветовую раскраску с уровнями благоприятности условий для выживания и роста лиственницы сибирской, а в подрисуночной подписи указать градации уровней рассматриваемых факторов среды (стр. 89).

3) На стр. 92 приведен не совсем удачный термин или его перевод с английского языка - «функция анализа ближайшего расстояния».

По разделу Приложения. В приложении В приведены картосхемы, характеризующие местоположение деревьев и распределение значений биометрических параметров экземпляров лиственницы сибирской. В

приложение следовало внести средние значения таксационных характеристик древостоев на пробных площадях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Михайлович Анны Павловны «ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ НА ВЕРХНЕМ ПРЕДЕЛЕ ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕК ЕНГАЮ И КЕРДОМАНШОР (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ) В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА», представленная на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 – Экология (биологические науки), является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему и имеющей важное теоретическое и практическое значение для Уральского региона. Содержание автореферата соответствует диссертации, а опубликованные по теме диссертации работы достаточно полно отражают её основное содержание.

Диссертационная работа выполнена на кафедре лесных культур и биофизики Института леса и природопользования Уральского государственного лесотехнического университета в период 2008-2022 гг. Следует отметить, что исследования выполнены в рамках выполнения грантов РФФИ (09-04-13850-офи-ц; № 09-04-01004-а; № 11-04-12114-офи-м; № 15-04-05857 а; № 15-29-02449 офим; №8-34-00803 мола) и РНФ (№ 17-14-01112).

В работе приведены сведения по ретроспективной оценке состояния растительного покрова и особенностей влияния экологических факторов на древесную растительность. Представлены сведения о росте, развитии и возобновлении лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) на верхнем пределе ее произрастания в экотоне верхней границы древесной растительности в условиях изменения климата с начала 1960-х годов до 2015 года.

При выполнении диссертационного исследования разработана методика анализа и представления одно- и многократных ландшафтных фотографий, которая позволяет получить количественные и качественные данные о местности, выполнять автоматизированное создание и пополнение описаний ландшафтных снимков и создание с использованием повторных ландшафтных фотоизображений. Исследования выполнены на 9 пробных площадях.

Данный подход является ценным вкладом в разработку теории и практики экологического прогнозирования состояния древесной растительности в условиях климатических изменений.

Основные положения исследований по теме диссертации отражены в 24 печатных работах. В рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК – 5 статей (в т.ч. 4 статьи в журналах, рекомендованных по специальности 1.5.15 (биологические науки)). В 1 монографии и 1 свидетельстве на программный комплекс. 17 печатных работ – в сборниках материалов научно-практических конференций, зарубежных журналах и других изданиях (в т.ч. 7 статей в изданиях, включенных в международные базы научного цитирования Scopus и Web of Science).

Актуальность научной темы, глубина её проработки, научная и практическая значимость свидетельствуют о соответствии выполненной работы требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям (раздел II Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 № 842). Автор диссертационной работы Михайлович Анна Павловна заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 – Экология (биологические науки).

Диссертационная работа, автореферат А.П. Михайлович и отзыв на диссертацию рассмотрены, обсуждены и одобрены на Ученом совете Уфимского института биологии – обособленного структурного подразделения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (протокол № 5 от 19 октября 2022 г.)

Отзыв подготовили:

Уразгильдин Руслан Вилисович, ведущий научный сотрудник лаборатории лесоведения Уфимского института биологии – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, доктор биологических наук (специальность: 06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация), доцент (03.00.16 – экология).

Адрес: 450054, г. Уфа, проспект Октября, 69.

Телефон: 8 (347) 235-61-03,

E-mail: urv@anrb.ru

Р.В. Уразгильдин

Тагирова Олеся Васильевна, старший научный сотрудник лаборатории лесоведения Уфимского института биологии – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, кандидат биологических наук (специальности: 03.02.01 – Ботаника, 03.02.08 – Экология), доцент (03.02.08 – Экология).

Адрес: 450054, г. Уфа, проспект Октября, 69.

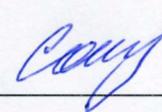
Телефон: 8 (347) 235-61-03,

E-mail: olecyi@mail.ru

О.В. Тагирова

Собственноручную подпись

Уразгильдина Р.В. и Тагировой О.В. заверяю:

Ведущий специалист отдела кадров УФИЦ РАН  Саттарова С.П.

« 19 » окт 2022 г.

