

На правах рукописи



Кучеров Сергей Евгеньевич

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ДЕФОЛИАЦИИ  
НЕПАРНЫМ ШЕЛКОПРЯДОМ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ И  
СОСТОЯНИЕ ДРЕВОСТОЕВ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ**

Специальность 03.02.08 – экология  
(биологические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук

Уфа – 2018

Работа выполнена в Южно-Уральском Ботаническом саду-институте – обособленном структурном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук

- Научный консультант:** **Шиятов Степан Григорьевич**,  
доктор биологических наук, профессор
- Официальные оппоненты:** **Арефьев Станислав Павлович**,  
доктор биологических наук, заведующий сектором биоразнообразия и динамики природных комплексов структурного подразделения Институт проблем освоения Севера. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения РАН
- Воронин Виктор Иванович**,  
доктор биологических наук, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского института физиологии и биохимии растений Сибирского отделения РАН
- Колтунов Евгений Владимирович**,  
доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории лесовосстановления, защиты леса и лесопользования Ботанического сада Уральского отделения РАН
- Ведущая организация:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Защита состоится «04» декабря 2018 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 004.005.01 при Институте экологии растений и животных УрО РАН, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202; Факс: 8 (343) 260-82-56, E-mail: dissovet@ipae.uran.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Института экологии растений и животных УрО РАН, <http://ipae.uran.ru/>.

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



Золотарева Наталья Валерьевна

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы исследования.** Изменения окружающей среды происходят под влиянием, как природных, так и антропогенных факторов. Среди первых особое значение имеют климатические факторы. Согласно Пятому оценочному докладу МГЭИК, повышение средней глобальной температуры на Земле будет продолжаться и в XXI веке (МГЭИК, 2014). Потепление климата может привести к увеличению влагоемкости атмосферы, изменению гидрологического цикла и распределения осадков (The changing ..., 2003). Несмотря на взаимосвязь обеих этих климатических переменных (Trenberth, Shea, 2005), большинство работ по изучению современного климата и его реконструкции проведено по исследованию изменения температуры (Изменчивость летней..., 1998; Mann et al, 1999; Revising midlatitude ..., 2015 и др.). Очевидно, что изменения в распределении осадков в глобальных масштабах могут оказать большее прямое воздействие как на природные экосистемы, так и на цивилизацию, чем сами изменения температуры (IPCC, 2001; Trenberth, Shea, 2005; Trenberth, 2011). Исследования по изучению изменчивости количества осадков имеют особо важное значение на региональном уровне в районах недостаточного увлажнения, к которым относится лесостепная часть Южного Урала и Предуралья.

Препятствием в исследованиях по проблеме изменения климата и состояния природной среды на региональном уровне часто является то обстоятельство, что наблюдения за метеорологическими параметрами на большей части метеорологических станций и постов на территории России не превышают 70–80 лет. Для оценки происходящих изменений климата и природной среды необходимы более длительные ряды климатических параметров. Информация о климатических условиях прошлого содержится в годичных слоях древесных растений. Поэтому проведение дендроклиматических исследований весьма актуально.

На состояние природных, в том числе и лесных экосистем оказывают влияние различные негативные факторы (аномальные погодные явления, пожары, дефолиация листогрызущими насекомыми) (What causes ..., 2000; Fire in..., 2009; Babst et al, 2012;

Macalady, Bugmann, 2014). В связи с тем, что сведения о таких событиях, как правило, охватывают небольшие интервалы времени, изучение годовичных слоев древесины деревьев дает возможность определить, как время этих явлений, так и степень их воздействия на экосистемы за большие интервалы времени, что является важным для понимания их современного состояния и оценке дальнейшего развития (Pickett, White, 1985; Fritts, Sweetnam, 1989).

На южной оконечности Урала, где проходит юго-восточная граница ареала дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), произрастают уникальные, хорошо сохранившиеся дубовые леса. Однако, в последние годы в этом районе наблюдается значительное усыхание дуба после вспышки массового размножения (ВМР) непарного шелкопряда в 2002–2003 гг. и пожаров (Кучеров, Кучерова, 2013; Кучеров, 2014). Дендрохронологический анализ позволяет провести реконструкцию прошлых сильных дефолиаций дуба непарным шелкопрядом и оценить их влияние на динамику прироста и изменение состояния древостоев.

**Цель и задачи исследования.** Целью работы являлось изучение влияния климатических факторов и дефолиации деревьев в периоды вспышек массового размножения непарного шелкопряда на радиальный прирост древесных растений на Южном Урале и проведение реконструкции этих факторов на основе дендрохронологического анализа.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Провести дендроклиматический анализ для выявления климатических факторов, оказывающих лимитирующее влияние на радиальный прирост деревьев на южной оконечности Урала.
2. Выполнить дендрохронологическую реконструкцию климатических факторов, лимитирующих радиальный прирост деревьев в районе исследования.
3. Исследовать влияние аномалий погоды на особенности формирования анатомической структуры годовичных слоев дуба черешчатого.
4. Провести пространственно-временную реконструкцию календарных лет с аномальными погодными событиями на южной оконечности Урала на основе анализа анатомических особенностей годовичных слоев древесины дуба черешчатого.

5. Исследовать влияние фактора дефолиации непарным шелкопрядом на радиальный прирост дуба черешчатого.

6. Выполнить пространственно-временную реконструкцию календарных лет с сильной дефолиацией дуба непарным шелкопрядом в периоды вспышек его массового размножения на южной оконечности Урала.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. На южной оконечности Урала основным фактором, определяющим изменчивость радиального прироста у лиственницы Сукачева и сосны обыкновенной, являются летние осадки, а у дуба черешчатого осадки холодного периода.

2. Выявленная тесная связь радиального прироста лиственницы и сосны с летними осадками позволила провести 375-летнюю реконструкцию осадков мая–июля на территории южной оконечности Урала, в которой выражена цикличность с периодами ~ 11 и 22 года, связанная с циклами солнечной активности.

3. За последние 315 лет южной оконечности Урала специфические анатомические признаки воздействия аномально низких зимних температур образовались в годичных слоях 50 календарных лет. Отражаясь в образовании специфической анатомической структуры, аномально низкие зимние температуры на южной оконечности Урала за последние три столетия не являлись негативным фактором для дуба и привели к снижению радиального прироста только после аномально низких зимних температур зим 1817–1818 гг. (в северной и центральной частях плато) и 1968–1969 гг. (в северной части Зилаирского плато).

4. На южной оконечности Урала поздние весенние заморозки, регулярно повреждающие листья у дуба, отражаются в образовании специфической анатомической структуры годичных слоев и могут вызвать значительное снижение радиального прироста. Проведенная на основе особенностей анатомической структуры древесины годичных слоев дуба реконструкция календарных лет с повреждением листьев дуба поздними весенними заморозками показала, что за последние триста лет наиболее часто такие заморозки происходили во второй половине XIX столетия.

5. Наибольшее снижение радиального прироста дуба на южной оконечности Урала происходит после сильной (90–100%) дефолиации непарным шелкопрядом.

Дендрохронологическая реконструкция календарных лет с сильной дефолиацией крон дуба в периоды вспышек массового размножения непарного шелкопряда показала, что за период в 215 лет (1788–2003 гг.), в 14 из 23 вспышек массового размножения непарного шелкопряда, в первый год вспышки массового размножения сильная дефолиация происходила в лесах на самой южной части района исследования, с миграцией сильной дефолиации на второй и третий годы в северном направлении.

**Научная новизна.** Впервые для территории южной оконечности Урала, на основе выявленной тесной связи хронологии прироста поздней древесины лиственницы с осадками мая–июля ( $r=0.7$ ), проведена реконструкция осадков мая–июля с 1631 г. Показано, что в реконструкции осадков наиболее выражена цикличность с периодами ~ 11 и 22 года, связанная с циклами солнечной активности.

Впервые, для южной оконечности Южного Урала, на основе известных и выявленных нами анатомических особенностей строения древесины годичных слоев дуба, за последние 315 лет проведена реконструкция календарных лет с аномально низкими зимними температурами и поздними весенними заморозками, повредившими листья у дуба. Показано, что на южной оконечности Урала за последние 315 лет аномально низкие зимние температуры не оказывали сильного влияния на динамику прироста дуба; и лишь аномальные морозы зимы 1817/1818 гг. привели к сильному снижению радиального прироста дуба в северной и незначительному в южной части района исследования. В то же время, установлено, что на южной оконечности Урала за последние 315 лет поздние весенние заморозки, являлись фактором, приводящем в некоторые годы к значительному кратковременному снижению радиального прироста дуба.

Впервые, для южной оконечности Южного Урала, за период в 215 лет (1788–2003 гг.) проведена дендрохронологическая реконструкция календарных лет с сильной дефолиацией дуба в периоды вспышек массового размножения непарного шелкопряда. Реконструкция дефолиации дуба непарным шелкопрядом показала, что в 14 из 23 ВМР, в первый год вспышки массового размножения шелкопряда сильной дефолиации подвергались дубняки, расположенные в южной части района

исследования. На второй и третий годы очаги с сильной дефолиацией крон дуба мигрировали в северном направлении.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** В результате проведенного исследования установлено, что на южной оконечности Урала дефолиация дуба непарным шелкопрядом в периоды вспышек массового размножения является наиболее сильным негативным фактором, вызывая наибольшее снижение радиального прироста и приводит к значительному усыханию дуба.

Создана сеть из 10 постоянных пробных площадей на хребте Дзюютюбе и на Саринском плато, в том числе в заповеднике «Шайтан-тау», на которых с 2005 года ведется мониторинг за состоянием деревьев дуба и его подроста. Результаты исследований состояния дубняков на этих пробных площадях за 2015-2017 гг. отражены в Летописи природы ФГБУ «Объединенная дирекция государственных природных заповедников «Оренбургский» и «Шайтан-тау», и используются при проведении комплексного экологического мониторинга.

В процессе выполнения работы были обнаружены уникальные старовозрастные деревья лиственницы, три из которых утверждены в качестве памятников природы. Результаты исследований по влиянию фактора дефолиации дуба в периоды вспышек массового размножения непарного шелкопряда на радиальный прирост и состояние древостоев дуба могут быть использованы при планировании работ в лесном хозяйстве.

**Личный вклад автора.** На протяжении 30 лет автор проводил дендрохронологические исследования на Южном Урале. Автор самостоятельно сформулировал цели и задачи исследований, произвел выбор из существующих и предложил новые подходы для решения поставленных задач. Сбор образцов древесины и измерение параметров годичных колец выполнены автором.

**Структура и объем диссертации.** Рукопись состоит из введения, пяти глав, выводов, списка сокращений и условных обозначений и четырех приложений. Диссертация изложена на 245 страницах, основной текст включает 66 рисунков, 31 таблицу, в приложения помещены 10 рисунков, 33 таблицы. Список литературы содержит 286 источников, из них 146 на иностранных языках.

### **Степень достоверности и апробация результатов исследования.**

Достоверность представленных в работе результатов и выводов основана на обширном фактическом материале, который был получен в ходе многолетних исследований на территории Южного Урала. В работе использованы современные методы анализа данных, реализованных в пакете прикладных программ Dendrochronological Program Library (DPL) и программе для анализа связи радиального прироста с климатическими переменными DENDROCLIM2002. Результаты исследования были представлены в ряде статей в рецензируемых журналах.

Исследования по теме диссертации были выполнены при поддержке РФФИ, проект «Реконструкция массовых размножений непарного шелкопряда на основе анализа радиального прироста дуба (№ 98-04-49539); Программы WWF «Сохранение биоразнообразия в Уральском эко-регионе», грант «Выявление старовозрастных деревьев в горно-лесной зоне Южного Урала и разработка проектов ООПТ по их охране»; Программы АН Республики Башкортостан «Состояние, устойчивость и продуктивность биологических систем РБ», проект «Изучение растительности лесов хребта Шайтан-тау в связи с усыханием дуба», по которым автор был руководителем а также Программ фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий», проект «Динамика и устойчивость дубовых лесов к воздействию экстремальных климатических и биотических факторов на юго-восточной границе ареала»; АН Республики Башкортостан «Инновационные технологии в сельском хозяйстве, биологии и медицине», проект «Реконструкция воздействия климатических аномалий на дубняки южной части РБ» и др.

Основные результаты и положения работы были представлены и обсуждались на ряде международных, всесоюзных, всероссийских и региональных конференциях: Dendrochronological methods in forest science and ecological forecasting, Irkutsk, August 17–23, 1987; Forest insect guilds: Patterns of interaction with host trees, Abakan, August 13–17, 1989; Проблемы дендрохронологии и дендроклиматологии, Свердловск, 29 мая – 1 июня 1990; Уральский регион Башкортостана: человек, природа, общество, Уфа–Сибай, 26–27 сентября 1995; Первая Всероссийская конф. по ботаническому



ресурсоведению, Санкт-Петербург, 25–30 ноября 1996; Леса Башкортостана: современное состояние и перспективы, Уфа, 16–17 сентября 1997; Climate changes and their impact on boreal and temperate forests, Ekaterinburg, Russia, June 5–7, 2006; Проблемы Экологии Южного Урала: экологические аспекты сохранения разнообразия флоры, фауны и почв лесостепной и степной зон Урала, Оренбург, 2009; Актуальные проблемы дендрэкологии и адаптации растений, Уфа, 10–14 ноября 2009; РусДендро–2011, 4–7 октября 2011; Экобиотех–2011, Уфа, 11–15 октября 2011; Актуальные проблемы геоботаники, Уфа, 1–7 октября 2012; Экобиотех–2015, Уфа, 13–16 октября 2015 и др.

**Публикации.** Основное содержание диссертационной работы отражено в 29 публикациях, из них 15 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ.

### **Основное содержание работы**

#### **Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ВЛИЯНИЮ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ДЕФОЛИАЦИИ ЛИСТОГРЫЗУЩИМИ НАСЕКОМЫМИ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ И ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭТИХ ФАКТОРОВ**

В первой части главы приводится краткий обзор отечественных и зарубежных публикаций по изучению влияния климатических факторов (температуры воздуха и количества атмосферных осадков) на радиальный прирост древесных растений и их реконструкции на основе древесно-кольцевого анализа. Основное внимание уделено публикациям по влиянию на радиальный прирост количества атмосферных осадков, так как южная оконечность Урала расположена в зоне недостаточного увлажнения. В этой части главы приводится также краткий обзор публикаций по влиянию аномалий погоды (аномально низких зимних температур и поздних весенних заморозков) на радиальный прирост древесных растений.

Во второй части главы приводится обзор публикаций по изучению влияния фактора дефолиации деревьев листогрызущими насекомыми на радиальный прирост древесных растений и дендрохронологической реконструкции календарных лет, в

которые в прошлом были вспышки массового размножения некоторых видов листогрызущих насекомых.

## Глава 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе приводятся краткие сведения по району исследования. Основная часть исследований проводилась на Зилаирском плато, расположенном на южной оконечности Южного Урала между широтной излучиной р. Белой – на севере ( $53^{\circ}00'$  с.ш.), долиной р. Сакмара – на юге ( $51^{\circ}35'$  с.ш.) и востоке ( $57^{\circ}50'$  в. д.), и долиной р. Большой Ик – на западе ( $56^{\circ}40'$  в. д.). Исследования по влиянию аномально низких зимних температур на радиальный прирост дуба черешчатого проводились также в Башкирском Предуралье.

## ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектами исследования являлись дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), лиственница Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Образцы древесины (керны и спилы) были взяты в 1985–2017 гг. на тест-полигонах (ТП) у лиственницы в лиственнично-сосновых лесах и редколесьях; у сосны в сосняках и лиственнично-сосновых редколесьях; у дуба в дубняках, дубово-березовых лесах, широколиственных лесах с участием дуба. Размер ТП сильно варьировал в зависимости от характера древостоя и вида дерева. Наибольшие по размерам ТП были в лиственнично-сосновых редколесьях, наименьшие в дубовых лесах. Количество ТП определялось поставленной задачей. Так для проведения пространственно-временной реконструкции дефолиации дуба непарным шелкопрядом было заложено наибольшее количество ТП, в связи с тем, что дефолиация дуба шелкопрядом (по наблюдениям во время вспышек его массового размножения в 1985, 2002 и 2003 гг.) даже на небольших расстояниях имеет мозаичный характер. Для проведения дендроклиматического анализа были выбраны ТП в окрестностях метеостанций, на удалении от них не более чем на 28 км. Всего по дубу в работе использованы 135 ТП, по лиственнице 4 ТП, по сосне 5 ТП. Нумерация ТП в работе приведена по полевым дневникам.

Измерения параметров радиального прироста – ширины годовых слоев (RW), ширины поздней (LW) и ранней (EW) древесины были выполнены в основном на бинокулярном микроскопе МБС и у части образцов на измерительном комплексе Lintab с программным пакетом TSAP-Win<sup>TM</sup> (Rinn, 1996). Перед проведением измерений у образцов проводилась датировка всех годовых слоев радиального прироста.

В работе использованы данные по измерениям параметров прироста (RW, LW, EW) образцов из 1660 деревьев дуба, 199 деревьев лиственницы и 188 деревьев сосны. Фотографии годовых слоев древесины выполнены цифровым микроскопом MDA2000. Параллельно с измерениями параметров радиального прироста дуба в протоколах измерений делались схематические зарисовки годовых слоев, имеющих анатомические особенности строения древесины.

Стандартизация, полученных после измерений рядов прироста, и построение обобщенных хронологий радиального прироста проводилась в программе ARSTAN (Cook, 1985; Cook, Krusic, 2005). Возрастные кривые вычислялись с использованием кубических сплайнов (Cook, Peters, 1981), экспоненты, прямой линии или по алгоритму Friedman super smoother (Friedman, 1984). Начальные участки обобщенных хронологий, на которых значение статистики EPS (expressed population signal) (Wigley et al., 1984) составляло величину менее 0.85, исключались при проведении дальнейшего анализа.

Дендроклиматический анализ проводился на основе определения корреляционной связи радиального прироста с климатическими переменными (среднемесячными температурами воздуха и суммами осадков за отдельные месяцы) в программе DendroClim2002 (Biondi, Waikul, 2004). Дендрохронологическая реконструкция климатических переменных проводилась с использованием регрессионного анализа, в котором независимой переменной является параметр радиального прироста, а зависимой - климатическая переменная, с которой выявлена максимальная корреляционная связь параметра радиального прироста. Для оценки характера изменчивости в реконструированных рядах климатических параметров и выявления в них аномалий использовались методы анализа временных рядов: выделение в реконструированных рядах трендов, в том числе циклических; вейвлет

анализ для выявления скрытой периодичности в реконструированных рядах; кросс-вейвлет анализ для установления когерентности между рядами реконструированных климатических параметров и солнечной активностью (рядом чисел Вольфа).

При ретроспективной реконструкции природы повреждающего дерева фактора (заморонок, аномально низкая зимняя температура, дефолиация непарным шелкопрядом) использовались как зафиксированные в процессе измерений специфические анатомические особенности строения древесины при воздействии того или иного фактора, так и значения индексов прироста (LW, EW, RW) в год воздействия и ряд последующих лет.

При исследовании влияния фактора дефолиации дуба непарным шелкопрядом, в очагах его массового размножения нами у каждого дерева глазомерно (в %) оценивалась степень дефолиации кроны.

Для датировки времени гибели деревьев дуба, образцы у усохших деревьев отбирались, по возможности, с освободившихся от коры участков стволов. Такая методика взятия образцов связана с тем, что при сохранении коры в течение длительного времени, периферические слои дерева становятся рыхлыми, и при взятии образца выкрашиваются (это делает невозможным определить год усыхания).

#### Глава 4. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ И АНАТОМИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ ДРЕВЕСИНЫ

***Влияние климатических факторов на радиальный прирост лиственницы Сукачева и сосны обыкновенной.*** Исследования проводили на пяти тест-полигонах – в центральной (ТП 35 и ТП 3) и северной (ТП 32, ТП 420 и ТП 660) частях Зилаирского плато (Рисунок 1).

*Хронологии радиального прироста* построены по общей ширине годичных слоев (RW) и ширине поздней (LW) древесины: по лиственнице для ТП 3, ТП 35 и для совокупности деревьев с ТП 420 и ТП 660 (Таблица 1); по сосне для ТП 3, ТП 32 и ТП 35 (Таблица 2).

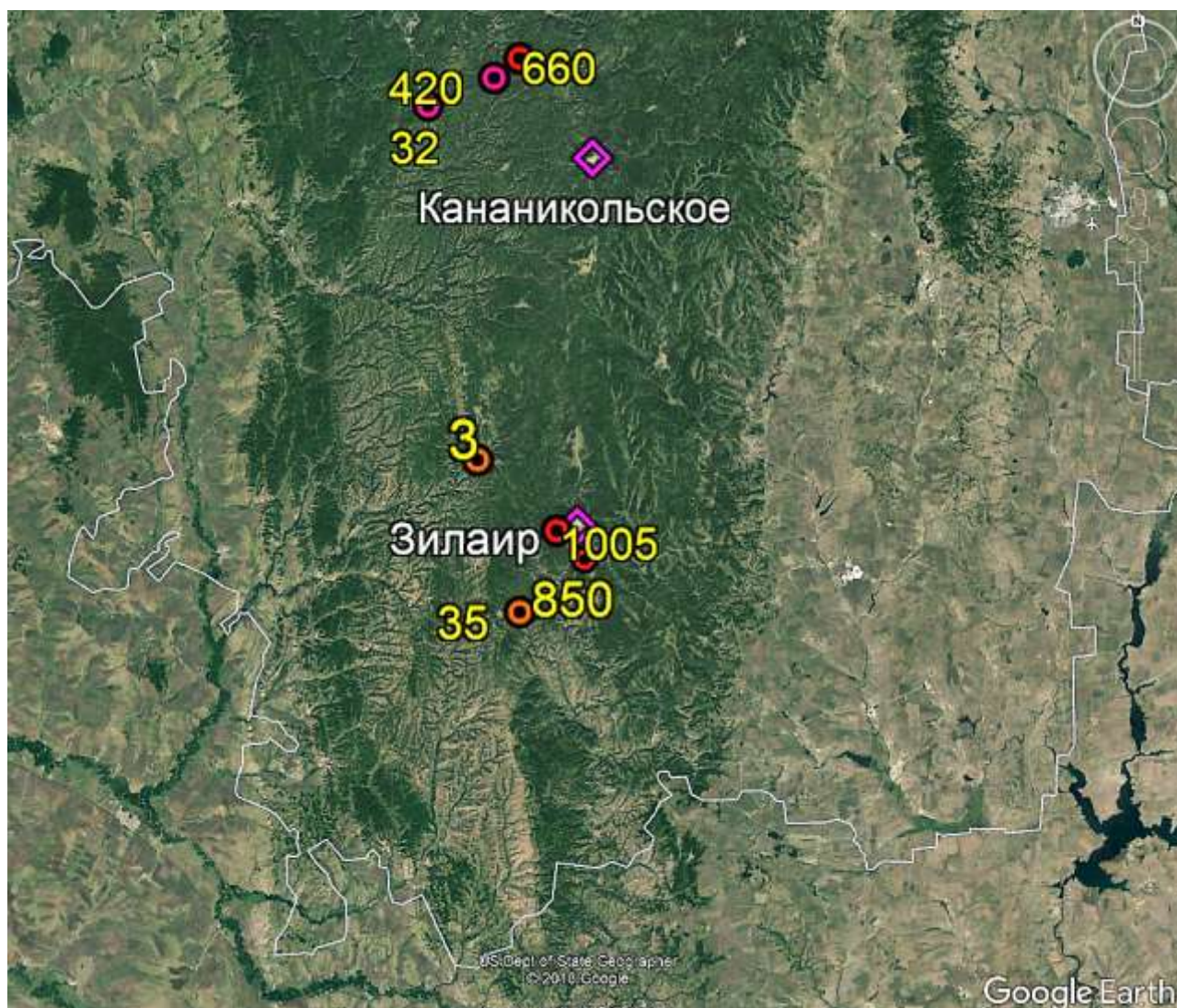


Рисунок 1 – Карта Зилаирского плато с расположением метеостанций (Зилаир, Кананикольское) и тест-полигонов, на которых были взяты образцы древесины лиственницы и сосны для дендрохронологического анализа

Таблица 1 – Статистические показатели хронологий радиального прироста лиственницы ТП 35, ТП 3 и ТП 420+ТП660

№ ТП	ТП 35		ТП 3		ТП 420+ТП 660	
Интервал хронологий, годы	1734–2005		1753–2005		1564–2004	
N	34		74		17	
Тип хронологии	RW	LW	RW	LW	RW	LW
$M_s$	0.32	0.50	0.29	0.56	0.16	0.27
$r_{cp}$	0.61	0.61	0.53	0.55	0.30	0.32
AC1	0.43	0.24	0.32	0.14	0.41	0.34

Примечание – N– количество деревьев в хронологии;  $M_s$  - коэффициент чувствительности хронологии;  $r_{cp}$  – среднее значение коэффициента корреляции между стандартизированными рядами прироста на максимально возможных общих интервалах времени; AC1 – коэффициент автокорреляции 1-го порядка

Таблица 2 – Статистические показатели хронологий радиального прироста сосны ТП 35, ТП 3 и ТП 32

№ ТП	ТП 35		ТП 3		ТП 32	
Интервал хронологий, годы	1792–2010		1788–2015		1776–2016	
N	50		53		17	
Тип хронологии	RW	LW	RW	LW	RW	LW
M <sub>s</sub>	0.31	0.55	0.27	0.51	0.24	0.49
r <sub>cp</sub>	0.62	0.65	0.44	0.54	0.48	0.50
AC1	0.47	0.10	0.11	0.05	0.42	0.12

Корреляционный анализ показал, что в районе исследования хронологии радиального прироста лиственницы и сосны в центральной части Зилаирского плато (ТП 3, ТП 35) имеют тесную положительную корреляционную связь с количеством осадков мая, июня и июля, причем эта связь сильнее выражена у LW хронологий по сравнению с RW хронологиями (Таблицы 3 и 4). Корреляционная связь радиального прироста лиственницы и сосны в северной части плато (ТП 420, ТП 660 и ТП32) имеют тесную положительную корреляционную связь только с количеством осадков июня и июля, которая также выражена сильнее у LW хронологий по сравнению с RW хронологиями (Таблицы 3 и 4).

Таблица 3 – Значения коэффициента корреляции хронологий радиального прироста лиственницы с количеством осадков и температурой воздуха летних месяцев на интервале 1936–2002 гг.

Осадки	Тип хронологии	ТП 35	ТП 3	ТП 420+ТП 660
V	RW	<b>0.29*</b>	0.23*	0.06
	LW	<b>0.35*</b>	0.28*	0.11
VI	RW	0.45*	<b>0.52*</b>	0.20
	LW	0.55*	<b>0.64*</b>	0.26
VII	RW	<b>0.30*</b>	0.24*	0.23*
	LW	<b>0.46*</b>	0.44*	0.40*
<hr/>				
Температура	Тип хронологии	ТП 35	ТП 3	ТП 420+ТП 660
V	RW	<b>-0.39*</b>	-0.30*	-0.05
	LW	<b>-0.48*</b>	-0.38*	-0.14
VI	RW	<b>-0.44*</b>	-0.39*	-0.16
	LW	-0.50*	<b>-0.51*</b>	-0.21
VII	RW	-0.18	-0.17	-0.18
	LW	-0.29*	-0.33*	<b>-0.39*</b>
VIII	RW	-0.18	-0.14	-0.14
	LW	-0.22*	<b>-0.23*</b>	-0.14

Примечание – \* – Величины, достоверные на уровне значимости 0.05. Жирным шрифтом выделены максимальные значения среди ТП для данного типа хронологии

Таблица 4 – Значения коэффициента корреляции хронологий радиального прироста сосны с количеством осадков и температурой воздуха летних месяцев на интервале 1936–2002 гг.

Осадки	Тип хронологии	ТП 35	ТП 3	ТП 32
V	RW	<b>0.27*</b>	0.24*	0.17
	LW	<b>0.31*</b>	0.29*	0.23
VI	RW	0.22	<b>0.47*</b>	0.41*
	LW	0.44*	<b>0.48*</b>	0.38*
VII	RW	0.30*	<b>0.48*</b>	0.26*
	LW	0.51*	<b>0.64*</b>	0.49*
Температура	Тип хронологии	ТП 35	ТП 3	ТП 32
V	RW	<b>-0.38*</b>	-0.37*	-0.26*
	LW	<b>-0.44*</b>	-0.39*	-0.23*
VI	RW	-0.33*	-0.39*	<b>-0.48*</b>
	LW	-0.36*	<b>-0.38*</b>	<b>-0.38*</b>
VII	RW	-0.10	<b>-0.33*</b>	-0.25*
	LW	-0.21	<b>-0.45*</b>	-0.42*
VIII	RW	-0.18	<b>-0.24*</b>	-0.17
	LW	<b>-0.23*</b>	-0.21*	-0.20

Корреляционная связь хронологий радиального прироста лиственницы и сосны с температурой воздуха летних месяцев отрицательная, что обусловлено тем, что в районе исследования температура летних месяцев изменяется асинхронно с количеством осадков (коэффициент асинхронности для мая, июня и июля составляет 84, 70 и 67%, соответственно). То есть, годы с меньшим количеством летних осадков характеризуются более высокими значениями летней температуры.

**Реконструкция количества осадков мая–июля на основе анализа радиального прироста лиственницы Сукачева.** Реконструкция количества осадков проводилась по LW хронологиям лиственницы, произрастающей в центральной части Зилаирского плато (ТП 3 и ТП 35) (Рисунок 1, Таблица 5).

Таблица 5 – Статистические характеристики LW хронологий лиственницы ТП 3, ТП 35 и объединенной хронологии ТП 3+35

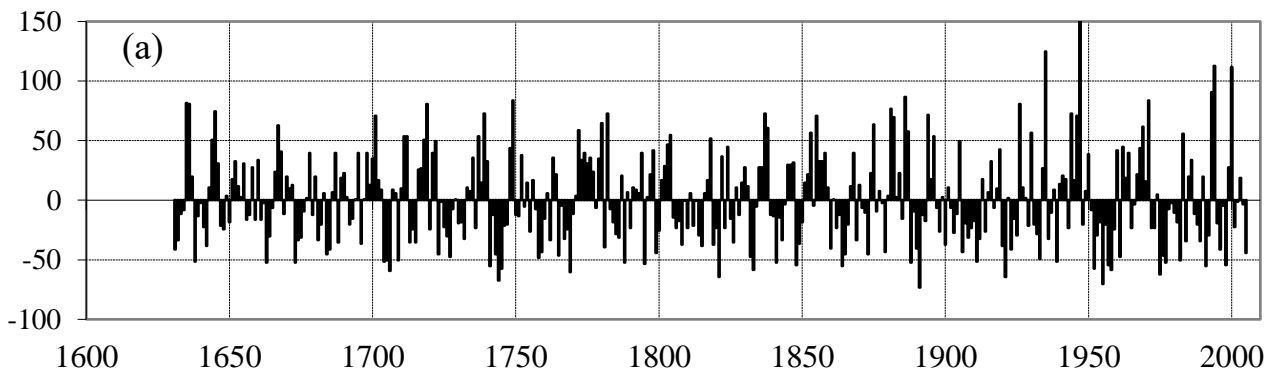
№ ТП	Широта	Долгота	Высота над ур. м.	Кол-во деревьев	Длина хронологии	1-й год с $EPS \geq 0.85$	$M_S$	$r_{cp}$	AR1
3	52°20′	57°12-14′	460–520	102	1590–2005	1759	0.47	0.55	0.24
35	52°8.5′	57°24′	410–450	58	1520–2005	1646	0.48	0.56	0.30
3+35	-	-	-	160	1520–2005	1631	0.46	0.48	0.27

Примечание –  $M_S$  – коэффициент чувствительности хронологии;  $r_{cp}$  – среднее значение коэффициента корреляции между стандартизированными рядами прироста на максимально возможных общих интервалах времени; AR1 – коэффициент авторегрессии первого порядка

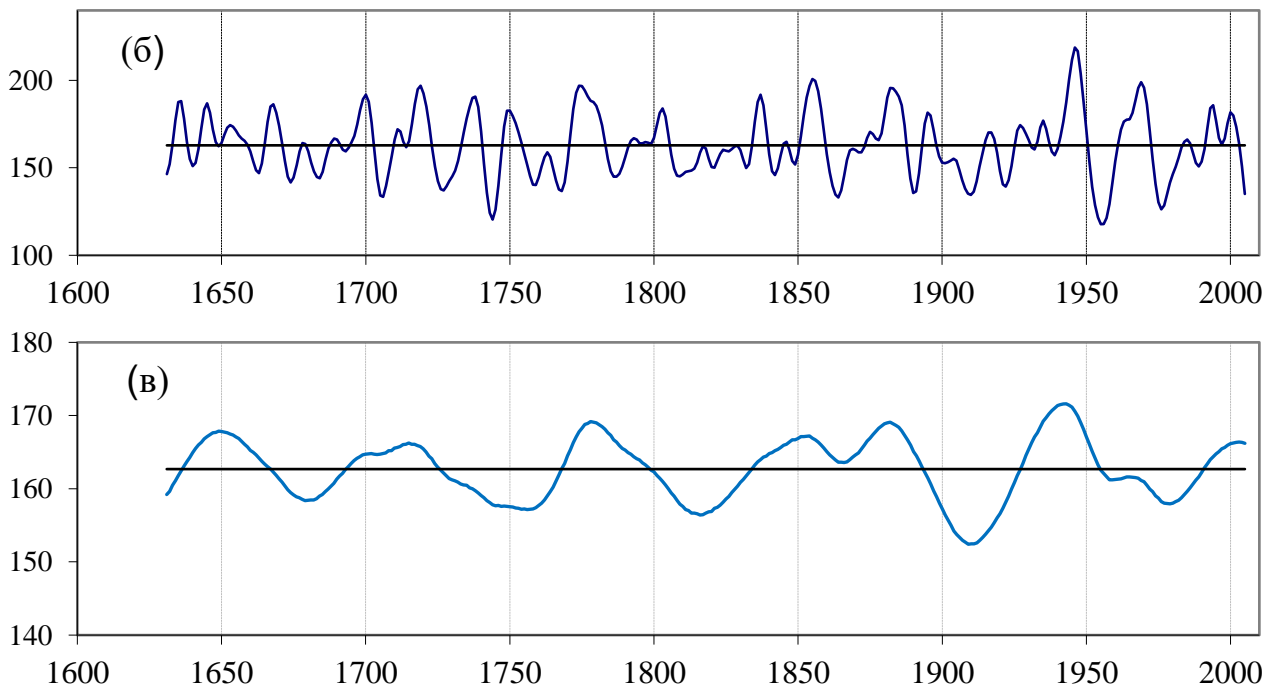


У объединенной (ТП 3+ТП 35) LW хронологии значению  $EPS \geq 0.85$  соответствует участок, представленный 6 и более деревьями. Поэтому начальный участок хронологии (1520–1630 гг.), представленный 1–5 деревьями, был исключен при дальнейшем анализе. Коэффициент корреляции между реальным и вычисленным количеством осадков мая–июля на интервале 1933–2005 гг. равен 0.70, синхронности – 81 %. Наиболее длительные интервалы (5–7 лет) в реконструкции с количеством осадков меньше среднего: 1638–1642, 1661–1665, 1723–1728, 1741–1747, 1765–1770, 1805–1810, 1839–1844, 1862–1866, 1888–1893, 1906–1912 гг.; с количеством осадков больше среднего: 1651–1655, 1697–1703, 1771–1777, 1855–1859, 1880–1884 гг. (Рисунок 2а).

Осадки: отклонение от среднего, мм



Осадки, мм



**а** — отклонение от среднего значения в погодичной динамике; **б** — кривая, полученная сглаживанием ряда погодичной динамики 10-летним сплайном; **в** — кривая, полученная сглаживанием ряда погодичной динамики 50-летним сплайном; прямые горизонтальные линии — среднее значение количества реконструированных осадков.

Рисунок 2 – Реконструкция количества осадков мая–июля с 1631 г.



В сглаженной 10-летним сплайном реконструкции наиболее глубокие минимумы летних осадков были в первой половине XVIII столетия, в 60-е и на стыке 80-х и 90-х годов XIX столетия, в первом десятилетии XX столетия и в 50-е и 70-е годы того же столетия (Рисунок 2б). Длительные тренды (~ 50 лет) в динамике осадков отражены в ряде, полученном сглаживанием исходного ряда реконструкции 50-летним сплайном (Рисунок 2в). В этом ряде имеется пять интервалов с количеством осадков больше среднего: 1637–1667, 1694–1725, 1768–1798, 1834–1893 и 1928–1954 гг., и пять интервалов с количеством осадков меньше среднего: 1668–1693, 1726–1767, 1799–1833, 1894–1927 и 1955–1990 гг. С 1991 г. в длительной изменчивости начался интервал с количеством осадков мая–июля больше среднего.

В вейвлет-анализе реконструкции осадков на глобальном спектре мощности наиболее отчетливо проявились пики на периодах 11.1 года и 22.6 года (правая часть на Рисунке 3), связанные с циклами солнечной активности (выраженной в числах Вольфа – SSN).

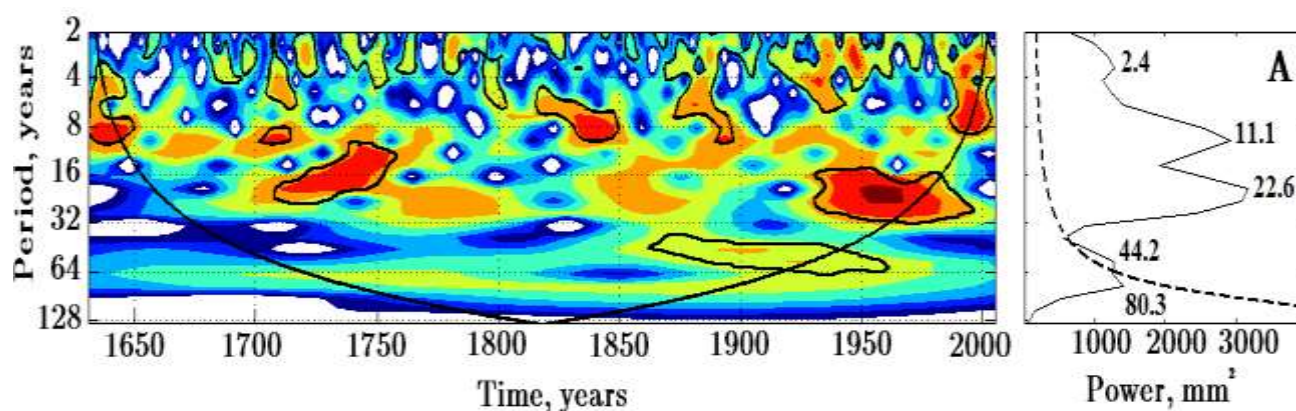
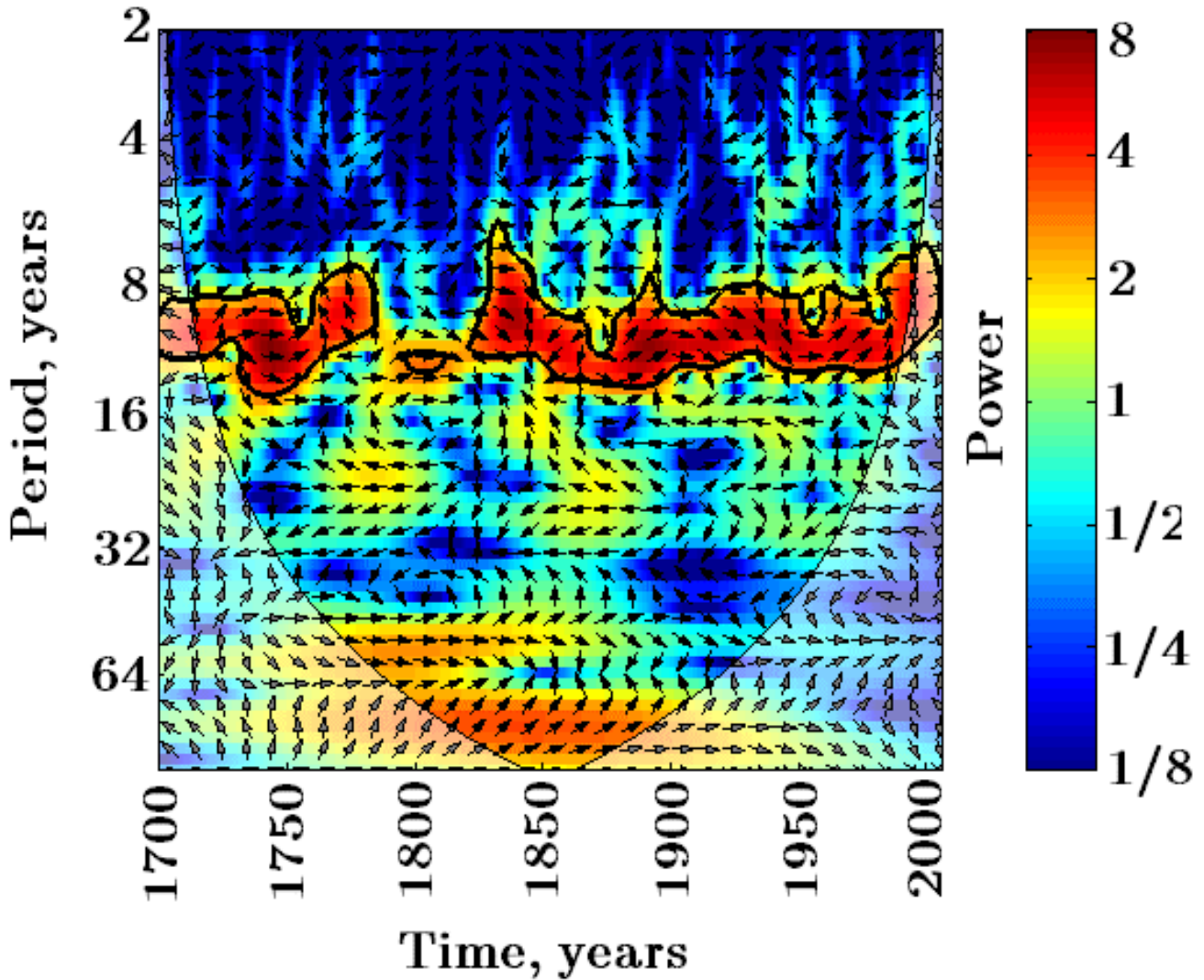


Рисунок 3 – Вейвлет спектр ряда реконструированного количества осадков мая–июля

Сопоставление сглаженной 50-летним сплайном реконструкции осадков (Рисунок 2в) с результатами вейвлет-анализа показало, что 11-летние циклы, выявленные с помощью вейвлет-анализа (Рисунок 3) на интервалах 1631–1650, 1834–1850, 1871–1892, 1980–2005 гг. соответствуют ветвям подъема на сглаженной кривой реконструкции количества осадков мая–июля. Напротив, 22-летние циклы на интервалах 1710–1754, 1939–1998 гг. соответствуют ветвям спада от максимума до минимума на сглаженной кривой реконструкции количества осадков мая–июля.

В результате применения процедуры кросс-вейвлет анализа к реконструкции осадков и ряду чисел Вольфа была выявлена когерентность реконструированных осадков мая–июля с SSN практически на всем интервале перекрытия сравниваемых рядов с небольшими разрывами в конце XVIII и начале XIX столетий – на отрезке времени, относящимся к концу «малого ледникового периода» (Рисунок 4).



Направление стрелок указывает на характер когерентности: вправо – синфазно, влево – противофазно

Рисунок 4 – Кросс-вейвлет спектр между рядом реконструированного количества осадков мая–июля и рядом чисел Вольфа

На кросс-вейвлет спектре видно, что с 1700 по 1710 гг. характер колебаний противофазный (хотя этот интервал не попадает в конус доверия), с 1710 по 1720 гг. – переходный от противофазного к синфазному, с 1720 по 1760 гг. – синфазный; на интервале 1760–1785 гг. – переходный, с 1785 по 1840 гг. – синфазный, с 1840 по 1870 гг. – переходный характер, с 1870 по 1980 – синфазный, с 1980 по 1990 гг. –

переходный, с 1990 по 2005 – синфазный (хотя этот интервал не попадает в конус доверия) (Рисунок 4). Как видно, в основном на периодах около 11 лет колебания в рядах осадков и солнечной активности происходят синфазно на временных интервалах длиной до 110 лет (1870–1980 гг.), с временными нарушениями синфазности – на интервалах длиной 10–30 лет.

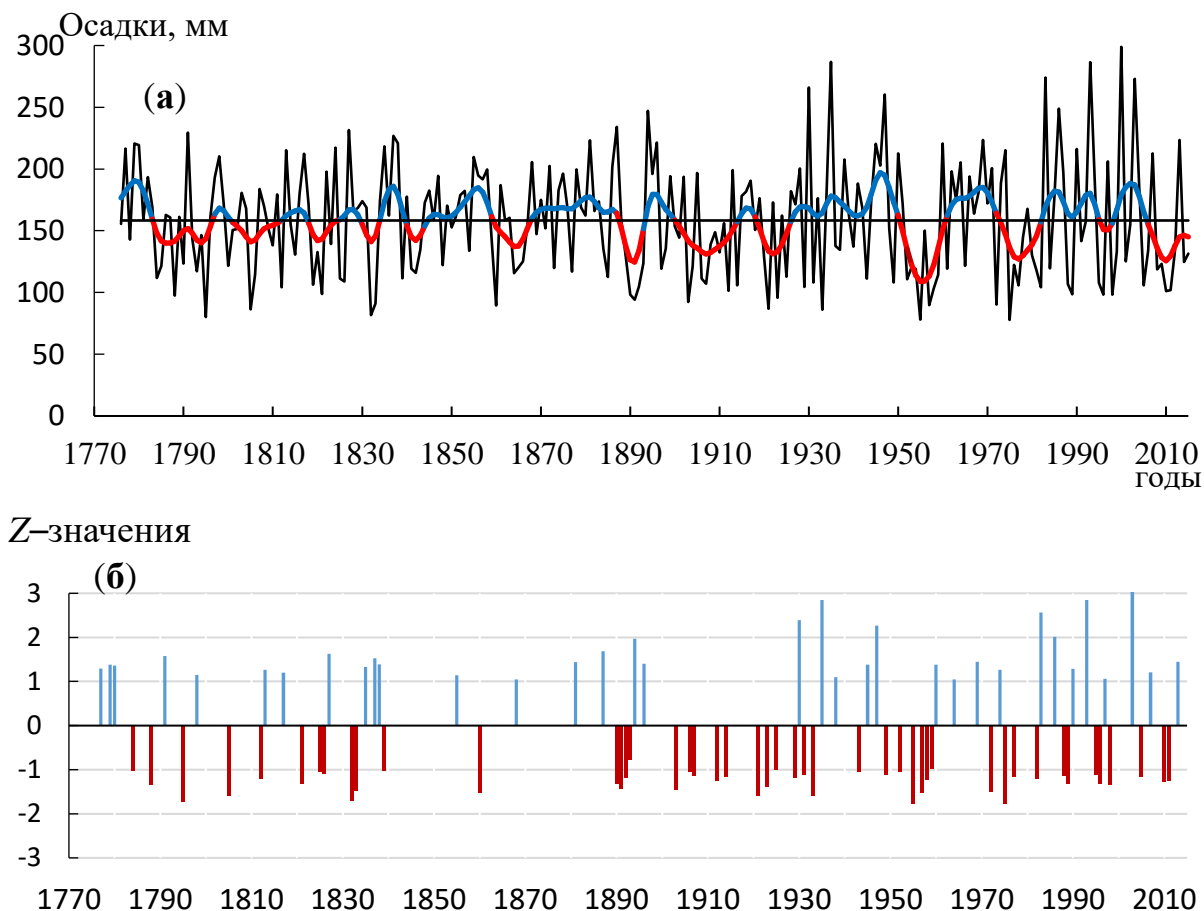
**Реконструкция количества осадков мая–июля на основе анализа радиального прироста сосны обыкновенной.** Реконструкция количества осадков была проведена по приросту поздней древесины деревьев сосны трех ТП (ТП 3, ТП 850 и ТП 1005) из центральной части Зилаирского плато (см. Рисунок 1). Протяженность хронологии, объединяющей деревья трех ТП составила 253 года (1763–2015 гг.) (Таблица 6). У полученной хронологии значению  $EPS \geq 0.85$  соответствует участок, представленный 5 и более деревьями. Поэтому начальный участок хронологии (1763–1775 гг.), представленный 1–4 деревьями, был исключен при дальнейшем анализе.

Таблица 6 – Статистические характеристики LW хронологий ТП 3, ТП850, ТП1005 и объединенной (ТП3+ТП850+ТП1005 =  $\Sigma$ ) хронологии

№ ТП	Широта	Долгота	Высота над ур. м.	Кол-во деревьев	Длина хронологии	1-й год с $EPS \geq 0.85$	$M_S$	$r_{cp}$	AR1
3	52°20′	57°12-14′	510–520	53	1788–2015	1829	0.51	0.56	0.05
850	52°13.2′	57°26.3′	460–490	33	1763–2013	1785	0.51	0.55	–0.03
1005	52°13.7′	57°25.4′	470–480	15	1764–2015	1795	0.50	0.52	0.05
$\Sigma$	–	–	–	101	1763–2015	1776	0.49	0.49	–0.02

На основе полученной регрессионной модели, связывающей ряд количества осадков мая–июля с LW хронологией сосны, была проведена реконструкция осадков мая–июля начиная с 1776 года (Рисунок 5а). В реконструкции наибольший интерес представляют годы, в которые осадки мая–июля значительно отклонялись от среднего значения. Такие отклонения были разделены на две категории: – умеренно засушливые и умеренно влажные, когда отклонение от среднего в единицах стандартного отклонения ( $Z$ -значения) превышало, соответственно, в отрицательную и положительную сторону 1 стандартное отклонение; – экстремально засушливые и экстремально влажные: при превышении отклонения осадков от среднего на 2 стандартных отклонения. Всего в проведенной нами 240-летней реконструкции за период с 1776 по 2015 гг. присутствует 46 лет, в которые май–июль был засушливым, и 37 лет – в которые май–июль был влажным. Отметим, что в реконструкции нет

экстремально засушливых лет по осадкам мая–июля (Рисунок 5б). В то же время, в реконструкции имеются годы, когда май–июль экстремально влажный: 1935, 1947, 1983, 1986, 1993, 2000 и 2003 гг. Как видно, все годы в реконструкции с экстремально влажным маем–июлем, приходится на XX и начало XXI столетий.



**а:** тонкая линия – погодичная динамика, жирная красно–синяя линия – кривая, полученная сглаживанием ряда погодичной динамики 10–летним сплайном, прямая горизонтальная линия – среднее значение количества реконструированных осадков; **б** – отклонение реконструированного количества осадков мая–июля от среднего значения в единицах стандартного отклонения ( $Z$ –значения) (отображены только отклонения, превышающие по модулю одно стандартное отклонение)

Рисунок 5 – Реконструкция количества осадков мая–июля с 1776 г.

В реконструкции наиболее длительные периоды с количеством осадков меньше среднего были в 1888–1893 (5 лет), 1906–1912 (7 лет), 1952–1959 (8 лет) и 2008–2012 (5 лет); с количеством осадков больше среднего 1779–1783 (5 лет), 1827–1831 (5 лет), 1834–1838 (5 лет) и 1878–1883 (6 лет). Сравнение влажных и сухих периодов показывает, что влажные периоды присутствуют на первой половине реконструкции – в конце XVIII и в XIX столетиях, в то время как сухие – на второй половине реконструкции: в конце XIX, второй половине XX и начале XXI столетий.

В сглаженной 10-летним сплайном реконструкции наиболее глубокие минимумы присутствуют на стыке 80-х и 90-х годов XIX столетия, в первом и начале второго десятилетий XX столетия, в 50-е и 70-е годы того же столетия и в конце первого–начале второго десятилетий XXI столетия (Рисунок 5а).

В проведенных по радиальному приросту лиственницы и сосны реконструкциях количества осадков мая–июля наибольший интерес имеют минимумы количества осадков, приуроченные к летним засухам, когда отклонение от среднего в единицах стандартного отклонения (*Z*-значения) превышало в отрицательную сторону 1 стандартное отклонение. Всего в реконструкциях (с 1776 по 2005 гг.) такие отклонения присутствуют в 38 отдельных годах у лиственницы, и в 43 – у сосны. Из них совпадения календарных лет зафиксированы в 22 случаях: в 1788, 1795, 1821, 1832, 1833, 1860, 1890, 1891, 1906, 1921, 1923, 1933, 1952, 1955, 1957, 1958, 1975, 1977, 1982, 1996, 1998, 2005 годах. В этой последовательности лет инструментально были зафиксированы засухи в 1933, 1955, 1957, 1975, 1977, 1998, 2005 гг. (по данным метеостанции Зилаир). О засухе 1821 года есть упоминание в литературе (Список населенных ..., 2006). Засуха 1833 г. была в Поволжье, на Украине, Дону, и на части территории в центральной и западной частях России (Борисенков, Пасецкий, 1988). Засухи 1891 года и 1921 года, охватившие большие территории (Поволжье, Средний и Южный Урал, Казахстан) – общеизвестны.

***Влияние климатических факторов на радиальный прирост и анатомическую структуру годичных слоев дуба черешчатого.*** Анализ корреляционной связи 20 RW хронологий дуба черешчатого с климатическими переменными выявил, что наибольшая положительная связь радиального прироста дуба имеется с суммой осадков первых двух зимних месяцев – ноября и декабря в центральной части Зилаирского плато (Таблица 7).

Таблица 7 – Средние значения коэффициента корреляции между RW хронологиями дуба и количеством осадков за различные периоды времени

Периоды, месяцы	Центральная часть	Северная часть
X–IV	0.33±0.003	0.19±0.007
XI–XII	0.41±0.005	0.15±0.011
V–VII	0.21±0.005	-0.02±0.007
V–VIII	0.19±0.007	-0.11±0.009

Влияние аномально низких зимних температур на радиальный прирост и анатомическую структуру годичных слоев дуба черешчатого. Одним из наиболее сильных негативных факторов по своему влиянию на состояние и рост дуба являются аномально низкие зимние температуры. Так, после аномально низких зимних температур зимы 1941/1942 гг. произошло значительное усыхание дуба в лесах Башкирского Предуралья и Среднем Поволжье (Ткаченко, 1948; Крайнев, 1951, Напалков, 1953). Сильное усыхание дуба на Южном Урале, в Предуралье и Среднем Поволжье наблюдалось также после аномально низких зимних температур зимы 1978/1979 гг. (Яковлев, 1990; Кучеров, 1995, 1996б; Нагимов, 1997; Садыков, 1997).

Повреждение дуба аномально низкими зимними температурами приводит к образованию специфической анатомической структуры годичных слоев древесины (Кучеров, 1988, 1996а; Хасанов, 2004, 2008). Первый признак проявляется в отсутствии сосудов и наличии полосы деформированных клеток с зернистой структурой в начальной части годичного слоя радиального прироста. Цвет этой начальной части годичного слоя оранжево-коричневый. Отсутствие сосудов в начальной части годичного слоя радиального прироста, связано с тем, что в самом начале вегетации у этих деревьев листья из-за повреждения почек не распускаются. Вследствие этого не происходит транспирации, а значит и нет необходимости в образовании сосудов. Вторым признаком характеризуется в наличии в ранней древесине сосудов значительно меньшего размера по сравнению с нормой, особенно тех, которые образовались в первом ряду. Образование сосудов значительно меньшего размера, связано с тем, что в начале вегетации на побегах у этих деревьев распускается мало листьев, для совокупности которых достаточно сосудов малого размера, что и наблюдается в первых рядах сосудов. Кроме того, после повреждения дуба аномально низкими зимними температурами, в годичном слое радиального прироста может образоваться вторичный прирост с значительно меньшими размерами сосудов, отделенный от основной части слоя четко выраженной полосой плотной древесины темного цвета. Вторичный прирост, очевидно, связан с образованием листьев на новых побегах в середине вегетации. Также характерным признаком повреждения дуба аномально низкими зимними температурами является

образование внутренней заболони, хорошо просматриваемой на пнях и спилах дуба (Большевцев, 1967).

В нашем исследовании к аномально низким зимним температурам были отнесены температуры ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ . Основанием для выбора такого значения было то, что нами ранее было установлено, что после зимы 1941/1942 гг. с температурой  $-41^{\circ}\text{C}$ , в годовых слоях 1942 года двух дубняков центральной части Зилаирского плато были зафиксированы специфические анатомические особенности строения ранней древесины, характерные при воздействии аномально низких зимних температур (Кучеров, 1988). Всего за период метеонаблюдений на метеостанциях района исследования аномально низкие зимние температуры были зафиксированы вблизи южной части в 2, в центральной части – в 18, в северной части – в 25 зимних сезонах. Из 25 зимних сезонов, с аномально низкими зимними температурами в северной части плато, анатомические особенности, характерные при воздействии аномально низких зимних температур, присутствуют в годовых слоях 8 календарных лет (1942, 1945, 1951, 1959, 1964, 1972, 1977, 1990 гг.); из 18 зимних сезонов с аномально низкими зимними температурами в центральной части плато – в годовых слоях 14 лет (1934, 1935, 1940, 1942, 1949, 1950, 1951, 1956, 1958, 1969, 1976, 1990, 1994 гг.), а в южной части в годовых слоях 1940 и 1969 гг. Как видно, доля «отражения» аномально низких зимних температур в анатомической структуре годовых слоев увеличивается при продвижении от северной к южной части плато.

Было установлено, что за период метеонаблюдений на всей территории плато в годы с аномально низкими зимними температурами не зафиксировано значительного снижения величины индексов в RW хронологиях и, для большинства лет, значения индексов RW хронологий в эти годы даже больше среднего. В целом, по всем годам с аномально низкими зимними температурами, средние значения индексов в RW хронологиях южной, центральной и северной частей плато равны, соответственно, 1.03, 1.13 и 1.06. Исключением является зима 1968/1969 гг., когда в северной части плато после аномально низких зимних температур значения индексов в RW хронологиях большей части ТП меньше, чем в южной и центральной частях плато. Средние значения индексов RW хронологий в южной, центральной и северной частях плато в 1969 г. равны, соответственно, 1.20, 1.11 и 0.74.

Реконструкция календарных лет с аномально низкими зимними температурами

показала, что за последние 315 лет анатомические признаки, характерные при воздействии аномально низких зимних температур, присутствуют в слоях 1818, 1826, 1828, 1832, 1850, 1861, 1870, 1871, 1876, 1879, 1883, 1885, 1888, 1911, 1914, 1919, 1920, 1921, 1922, 1926, 1931, 1934, 1935, 1939, 1940, 1941, 1942, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1954, 1956, 1959, 1964, 1966, 1967, 1968, 1969, 1972, 1973, 1976, 1977, 1988, 1989, 1990, 1994 гг. Для большинства из этих лет доля присутствия того или иного признака в годовичных слоях очень мала и не превышает 1%. Все три признака присутствуют в годовичных слоях 1818, 1828, 1879, 1885, 1911, 1922, 1934, 1942, 1947, 1972 и 1977 гг. Причем все три признака присутствуют во всех частях Зилаирского плато только в слоях 1828 и 1942 гг. Достаточно большая доля деревьев с наличием анатомических признаков, характерных при воздействии аномально низких зимних температур и наличием внутренней заболони выявлена только в слоях 1818, 1828 и 1942 гг.

Влияние поздних весенних заморозков на радиальный прирост и анатомическую структуру годовичных слоев дуба черешчатого. Для анализа влияния поздних весенних заморозков на радиальный прирост дуба на Зилаирском плато были использованы достоверные сведения о двух значительных повреждениях листьев дуба заморозками. Первое из них наблюдалось в южной части Зилаирского плато (на хребте Дзютюбе) 25–27 мая 1938 г. (Кириков, 1952), второе – в центральной части плато 17 мая 1981 г. (Кучеров, 1988).

В годовичных слоях 1938 года нами были обнаружены три типа анатомических особенностей структуры древесины. Первый (общеизвестный для многих видов древесных растений) – наличие деформированных клеток в ранней древесине (Рисунок 6 А). Этот тип особенностей структуры является чисто «заморозковым», т.к. он образуется при непосредственном частичном замораживании подкорового слоя.

Нами были обнаружены два других типа анатомических особенностей (Кучеров, 1988, 1990, 1994, 1996а, 2012): значительное количество нераскрывшихся сосудов в ранней древесине (второй тип) (Рисунок 6 Б), и полосы толстостенных клеток темного цвета на границе ранней и поздней древесины (третий тип) (Рисунок 7 А).



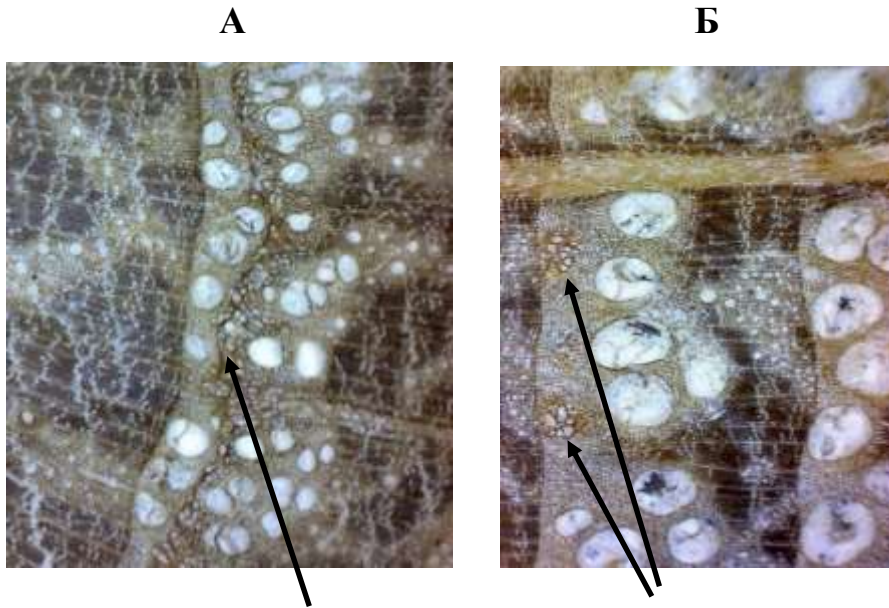


Рисунок 6 – А – деформированные клетки в ранней древесине годичного слоя 1938 г.;  
 Б – в первом ряду годичного слоя часть сосудов не раскрылась (указаны стрелками)

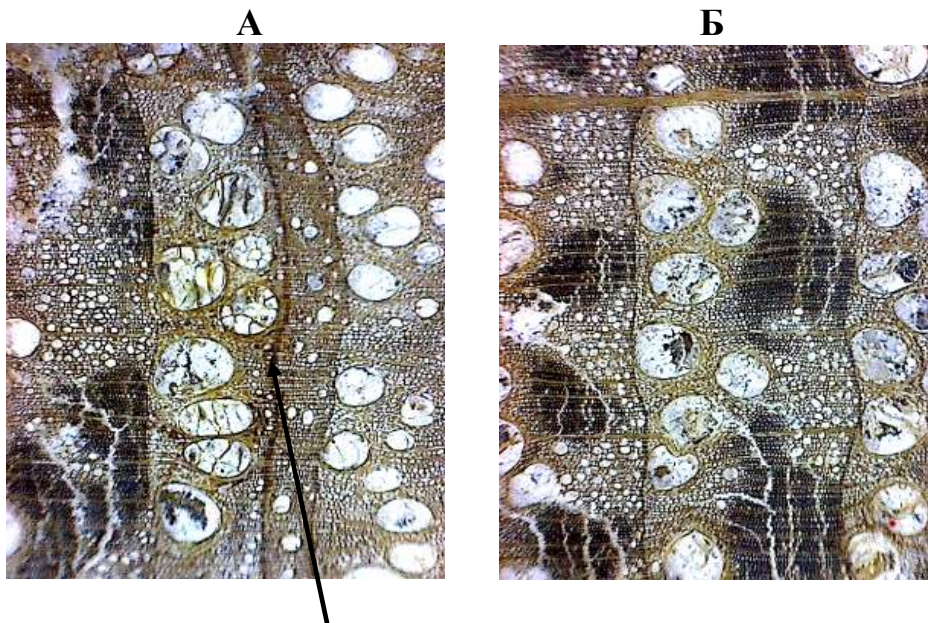


Рисунок 7 – А – полоса толстостенных клеток темного цвета на границе зон ранней и поздней древесины в слое дуба, у которого листья были повреждены поздним весенним заморозком, Б – обычная структура годичного слоя дуба

Радиус деревьев (без коры) в 1938 году, с наличием особенностей анатомического строения древесины первого типа (деформированные клетки в ранней древесине), находится в интервале значений от 4 до 47 мм; с наличием особенностей анатомического строения древесины второго типа (часть сосудов в

первом, редко во втором рядах не раскрылась) – от 14 до 77 мм; с наличием особенностей анатомического строения древесины третьего типа (полосы толстостенных клеток темного цвета на границе зон ранней и поздней древесины) – от 25 до 239 мм. Образование полос плотной древесины можно объяснить тем, что у этих деревьев, из-за повреждения заморозком, произошло практически полное усыхание листьев. В результате этого процесс фотосинтеза прекратился, и образовалась полоса плотной древесины, примыкающая к последнему ряду сосудов ранней древесины. После образования вторичной ливствы летом этого же года, процесс фотосинтеза возобновляется, и, после полосы уплотнения, образуется узкая зона поздней древесины.

Для определения влияния повреждения листьев дуба заморозком 1938 года на величину радиального прироста были построены RW и LW хронологии для 8 ТП (ТП 379а, 380, 381, 496, 498, 673, 954, 955) в южной части хребта Дзютюбе. Значения индексов в RW хронологиях для 1938 года находятся в интервале от 0.62 (ТП 498) до 0.96 (ТП 379а), а индексов в LW хронологиях от 0.26 (ТП 955) до 0.82 (ТП 379а) (Таблица 8).

Таблица 8 – Значения индексов RW и LW хронологий в годы заморозков (1938 и 1981 гг.) и в следующие после заморозков годы (1939 и 1982 гг.)

Южные ТП (хребет Дзютюбе)					ТП центральной части плато				
№ ТП	RW		LW		№ ТП	RW		LW	
	1938 г.	1939 г.	1938 г.	1939 г.		1981 г.	1982 г.	1981 г.	1982 г.
496	0.73	0.82	0.60	0.73	408	0.83	0.99	0.45	1.09
673	0.80	0.99	0.74	1.06	559	0.76	0.92	0.43	0.92
954	0.68	0.70	0.56	0.67	561	0.83	0.85	0.57	0.75
380	0.85	0.87	0.79	0.75	481	0.75	0.74	0.46	0.66
379а	0.96	0.91	0.82	0.75	1	0.77	0.71	<b>0.29</b>	0.64
955	<b>0.48</b>	0.57	<b>0.26</b>	0.43	562	0.92	0.69	0.48	<b>0.35</b>
498	0.62	0.72	<b>0.36</b>	0.56	599	1.00	0.92	0.80	0.97
381	0.87	0.92	0.72	0.80	2	0.79	0.78	<b>0.38</b>	0.76
среднее	0.75	0.81	0.61	0.72	Среднее	0.83	0.82	0.48	0.77

Примечание – Жирным текстом выделены значения индексов радиального прироста менее 0.5

Как видно, влияние повреждения заморозком сильнее отразилось на приросте LW. Причем на двух ТП (ТП 955 и ТП 498) индексы LW имеют очень низкие значения (на том же уровне, что и при полной дефолиации непарным шелкопрядом) (см. Главу 5). То есть, на этих ТП листья полностью усохли от заморозка. В следующем году (1939 г.) после повреждения листьев заморозком значения индексов RW варьировали от 0.57 (ТП 955) до 0.99 (ТП 673), а индексов LW от 0.43 (ТП 955) до 1.06 (ТП 673) (Таблица 8). Последствие на величину радиального прироста в следующем году после повреждения заморозком, оказалось незначительным, и зафиксировано только на тех ТП, на которых было наиболее сильное повреждение листьев (ТП 955 и 498). Значительная вариация значений индексов радиального прироста (как RW, так и LW) на разных ТП, расположенных друг от друга даже на небольшом расстоянии (расстояние от самой южной ТП 496 до самой северной ТП 381 составляет 11 км), свидетельствует о том, что степень повреждения заморозком сильно зависит от локальных условий местообитания деревьев и характера древостоя.

Заморозок 1981 года (до  $-8^{\circ}\text{C}$ ) в центральной части плато произошел 17 мая в результате резкого похолодания, сопровождавшегося обильным выпадением снега, который пролежал 3–4 дня. Этот заморозок сильно повредил листья у дуба, особенно в нижней и средней частях крон. При исследовании годичных слоев радиального прироста 1981 года, нами были обнаружены особенности анатомического строения древесины только второго и третьего типов. Прямых повреждений камбия заморозком (первый тип) не обнаружено ни у одного из 645 деревьев на 63 ТП по всей территории центральной части плато. Отсутствие анатомического строения древесины первого типа можно объяснить только тем, что в 1981 году все исследованные деревья уже имели достаточно толстую кору, которая не позволила заморозку достигнуть подкорового слоя. Радиус деревьев (без коры) в 1981 году, с наличием особенностей анатомического строения древесины второго типа, находится в интервале значений от 79 до 174 мм; с наличием особенностей анатомического строения древесины третьего типа – от 81 до 296 мм.

Значения индексов в RW в хронологиях 8 ТП в 1981 году варьировали от 0.75 (ТП 481) до 1.00 (ТП 599), а индексов LW – от 0.29 (ТП 1) до 0.80 (ТП 599) (Таблица 8). Как видно, влияние повреждения листьев дуба заморозком 1981 года, как и

повреждение заморозком 1938 года, в большей степени отразилось на приросте LW. Причем, на двух ТП (ТП 1 и ТП 2) индексы LW в 1981 году имеют очень низкие значения – на том же уровне, что и при полной дефолиации дуба непарным шелкопрядом. То есть, на этих ТП листья полностью завяли вследствие повреждения заморозком. В следующем году (1982 г.) после повреждения листьев заморозком значения индексов RW варьировали от 0.71 (ТП 1) до 0.92 (ТП 599), а индексов LW от 0.35 (ТП 562) до 0.97 (ТП 599) (Таблица 8). Как видно, на следующий (1982 г.) год после повреждения листьев заморозком, радиальный прирост восстановился (кроме ТП 562). Восстановление величины радиального прироста связано с тем, что летом в год повреждения листьев заморозком отросла новая листва, которая обеспечила восстановление запаса пластических веществ.

Реконструкция календарных лет с поздними весенними заморозками, повредившими листья дуба, проводилась для южной и северной частей района исследования на основе выявления в годичных слоях трех типов особенностей строения древесины, характерных при повреждении листьев заморозком. Для идентификации повреждения листьев заморозком обязательным условием является наличие особенностей структуры первого или второго типа, либо обоих типов. Это связано с тем, что третий тип (наличие полосы толстостенных клеток темного цвета на границе зон ранней и поздней древесины) может присутствовать в годичных слоях, образовавшихся на следующий год после сильной дефолиации непарным шелкопрядом.

В образцах дуба с ТП южной части (хребет Дзяутюбе) анатомические особенности первого или второго, либо обоих типов одновременно, зафиксированы, начиная с 1750 г., в годичных слоях 59 календарных лет: в 1777, 1781, 1790, 1800, 1808, 1826, 1850, 1852, 1853, 1857, 1860, 1861, 1863, 1870, 1872, 1879, 1881, 1882, 1883, 1887, 1888, 1889, 1890, 1891, 1892, 1893, 1896, 1899, 1901, 1903, 1904, 1909, 1911, 1917, 1919, 1924, 1929, 1936, 1938, 1939, 1942, 1947, 1950, 1951, 1952, 1954, 1956, 1958, 1965, 1968, 1971, 1977, 1981, 1983, 1986, 1989, 1990, 1992, 1999 гг. Как можно видеть, на хребте Дзяутюбе поздние весенние заморозки, совпадающие по времени со стадией молодых листьев у дуба, являются частыми событиями. Особенно частыми такие заморозки происходили во второй половине XIX столетия.

Для ТП из северной части Зилаирского плато выявлена следующая последовательность лет, в которые в годичных слоях дуба имеются особенности строения древесины первого или второго, либо обоих типов одновременно: 1702, 1728, 1730, 1750, 1773, **1777**, 1778, **1790**, 1797, **1800**, 1805, 1832, 1838, **1850**, **1852**, **1857**, 1864, **1881**, **1882**, **1889**, **1891**, **1892**, 1898, **1899**, **1903**, **1904**, **1909**, **1917**, **1929**, **1938**, 1966, **1977**, **1981** (жирным шрифтом выделены годы, имеющиеся и в реконструкции для южной части плато).

Всего в южной части плато с 1750 г. особенности строения древесины первого или второго, либо обоих типов одновременно присутствуют в слоях 59 календарных лет, а в северной части, с 1700 года – в слоях 30 календарных лет. Совпадение календарных лет с особенностями строения древесины в обеих частях плато, на общем интервале с 1750 года, зафиксировано в 20 календарных годах (выделены жирным шрифтом в последовательности лет северной части плато). В эти годы заморозки повредили листья у дуба на всей территории плато. Результаты реконструкции календарных лет повреждения листьев дуба поздними весенними заморозками свидетельствуют о том, что повреждение листьев дуба заморозками чаще происходят в южной части плато. Это связано с тем, что в южной части плато листья у дуба распускаются на несколько дней раньше и поэтому повреждаются теми заморозками, которые произошли до распускания листьев в северной части плато. Средние значения индекса RW в хронологиях по всем реконструированным годам заморозков (исключая годы, в которые дуб подвергся дефолиации непарным шелкопрядом) составили для южной части плато 1.00, для северной – 0.88.

## Глава 5. ВЛИЯНИЕ ДЕФОЛИАЦИИ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НЕПАРНЫМ ШЕЛКОПРЯДОМ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ И СОСТОЯНИЕ ДРЕВОСТОЕВ

Для определения влияния дефолиации дуба непарным шелкопрядом на радиальный прирост (RW, LW) и состояние деревьев и древостоев дуба черешчатого были использованы данные наших наблюдений в очагах ВМР 1985 года и ВМР 2002–2003 годов. Исследования были проведены в 1985, 1986 гг. на ТП 1 в

центральной части Зилаирского плато (Кучеров, 1987; 1988; 1990), и в 2002–2014 годах на хребте Дзяутюбе в южной части района исследования (Кучеров, 1994, 2005, 2009; Кучеров, Кучерова, 2013, 2014; Kucherov, 2006).

Влияние дефолиации дуба непарным шелкопрядом на радиальный прирост в период вспышки массового размножения 1985 года. Исследования проводились в центральной части Зилаирского плато на ТП 1 (очаг массового размножения непарного шелкопряда) и ТП 2 (контроль). Интенсивная дефолиация дуба в 1985 году на ТП 1 произошла в конце июня, и в первой декаде июля. Вторичное распускание листьев во второй половине лета было незначительным, и не превышало 20% (Кучеров, 1988). Нами было установлено, что у деревьев со степенью дефолиации 50% и менее, не произошло (по сравнению с контролем) снижения величины радиального прироста (Кучеров, 1988). Наибольшее снижение радиального прироста зафиксировано у деревьев с сильной степенью дефолиации (свыше 80%). Средние значения индексов радиального прироста у деревьев дуба, с 90–95% степенью дефолиации, составили 0.34 (LW) и 0.88 (RW). На следующий год (1986) после дефолиации, произошло еще большее снижение как LW прироста, так и RW прироста (Рисунок 8). Среднее значение индексов прироста в LW и RW хронологиях этих деревьев в 1986 году составило 0.18 и 0.54, соответственно.

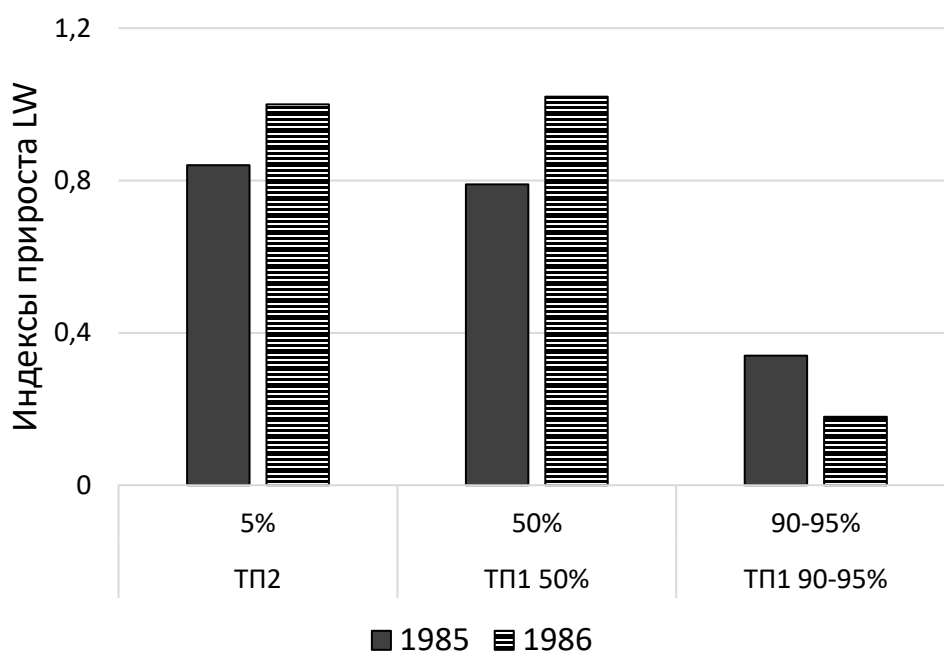


Рисунок 8 – Средние значения индексов LW в 1985 и 1986 гг. со степенью дефолиации крон дуба 5, 50 и 90–95% в 1985 году

В годичных слоях 1986 года у некоторых деревьев, после дефолиации непарным шелкопрядом в 1985 году, образовались полосы темного цвета из более толстостенных клеток на границе ранней и поздней древесины, такие же как при сильном повреждении листьев поздними весенними заморозками. Образование этих полос связано с тем, что: 1) у этих деревьев после сильной дефолиации в 1985 году в течение вегетации того же года произошло сильное истощение запаса пластических веществ, так как вторичная листва после дефолиации практически не образовалась; 2) в начале вегетации 1986 года на распускание листьев были истрачены остатки пластических веществ и радиальный прирост после образования ранней древесины приостановился, что и привело к образованию полосы темного цвета плотной древесины. После восполнения запаса пластических веществ летом 1986 года за счет фотосинтеза листьев, после полосы сформировался прирост поздней древесины.

*Влияние дефолиации дуба непарным шелкопрядом на радиальный прирост в период вспышки массового размножения 2002–2003 гг.* Исследования проводились в южной части района исследования – на хребте Дзяутюбе. В 2002 году интенсивная дефолиация дуба происходила во второй половине июня и первой декаде июля. Во второй половине июля на деревьях образовалась вторичная листва (от 30 до 70% полного облиствения в разных частях хребта). На ТП 496, расположенном в южной части хребта, где сильная дефолиация дуба была только в 2002 г., минимальный прирост LW образовался в год дефолиации (значение индекса прироста = 0.32). В следующем, 2003 году, произошло значительное восстановление прироста LW (значение индекса прироста составило 0.67) (Рисунок 9 А). Это связано с тем, что во второй половине лета, в год дефолиации непарным шелкопрядом (2002 г.), произошло частичное восстановление крон за счет образования вторичной листвы. На ТП 499 (центральная часть хребта) сильная дефолиация крон дуба была двукратной (в 2002 и 2003 гг.). На этом ТП минимальный прирост LW сформировался в течение трех лет подряд – значения индекса LW в 2002, 2003 и 2004 гг. составили, соответственно, 0.32, 0.07 и 0.33 (Рисунок 9 А). Минимум прироста RW у дуба на ТП 499 зафиксирован в 2003–2004 гг. (Рисунок 9 Б). Восстановление как LW, так и RW прироста на ТП 499 произошло в 2005 году (Рисунки 9А и 9Б, соответственно).

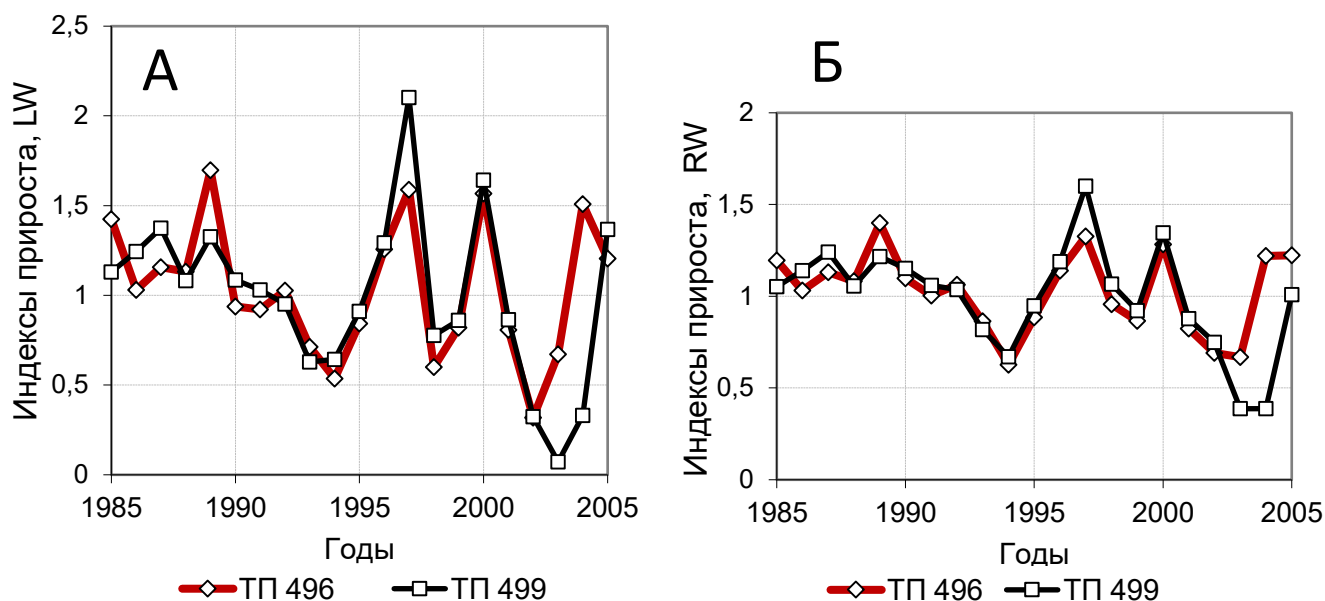


Рисунок 9 – Динамика индексов радиального прироста LW (А) и RW (Б) на ТП 496 (сильная дефолиация в 2002 г.) и ТП 499 (сильная дефолиация в 2002 и 2003 гг.)

Таким образом, на основе анализа радиального прироста установлено, что в годы дефолиации дуба непарным шелкопрядом (1985 г. и 2002–2003 гг.) значение индексов прироста в LW хронологиях, построенных по совокупностям деревьев с сильной степенью дефолиации, не превышает величины равной 0.35.

***Пространственно-временная реконструкция сильной дефолиации дуба в периоды вспышек массового размножения непарного шелкопряда.*** Реконструкция сильной дефолиации дуба непарным шелкопрядом проводилась практически для всей территории Зилаирского плато – от хребта Дзяутюбе на юге, до широтного отрезка реки Белой на севере; и от западной границы плато до восточной границы произрастания дуба на востоке (Рисунок 10).

Реконструкция проводилась на основе выявления в хронологиях прироста поздней древесины (LW) значений индекса прироста равным 0.35 и менее, с учетом особенностей анатомической структуры годичных слоев.

После исключения тех лет, в которые листья дуба повреждались поздними весенними заморозками и лет с экстремально низкими зимними температурами (см. Главу 4), получена следующая последовательность календарных лет сильной дефолиации дуба непарным шелкопрядом: 1796–1797, 1807–1811, 1822–1823, 1833–



1838, 1843–1845, 1856–1858, 1863–1867, 1873–1874, 1884–1887, 1890–1892, 1897–1900, 1908–1911, 1914–1917, 1924–1925, 1933–1937, 1943–1945, 1947–1949, 1952–1954, 1965–1967, 1973–1980, 1983–1986, 1993–1994, 2002–2003. Интервалы между начальными годами с сильной дефолиацией дуба в периоды ВМР нечетного шелкопряда имеют следующую последовательность: 11, 15, 11, 10, 13, 7, 10, 11, 6, 7, 11, 6, 10, 9, 10, 4, 5, 13, 8, 10, 10, 9 лет. Среднее значение интервала составляет 9.4 года. Для сравнения, в Предуралье, в районах вблизи г. Уфы, на интервале 1860–1956 гг. средний интервал между начальными годами эруптивной фазы ВМР нечетного шелкопряда составлял 11 лет (Массовые размножения..., 1958).

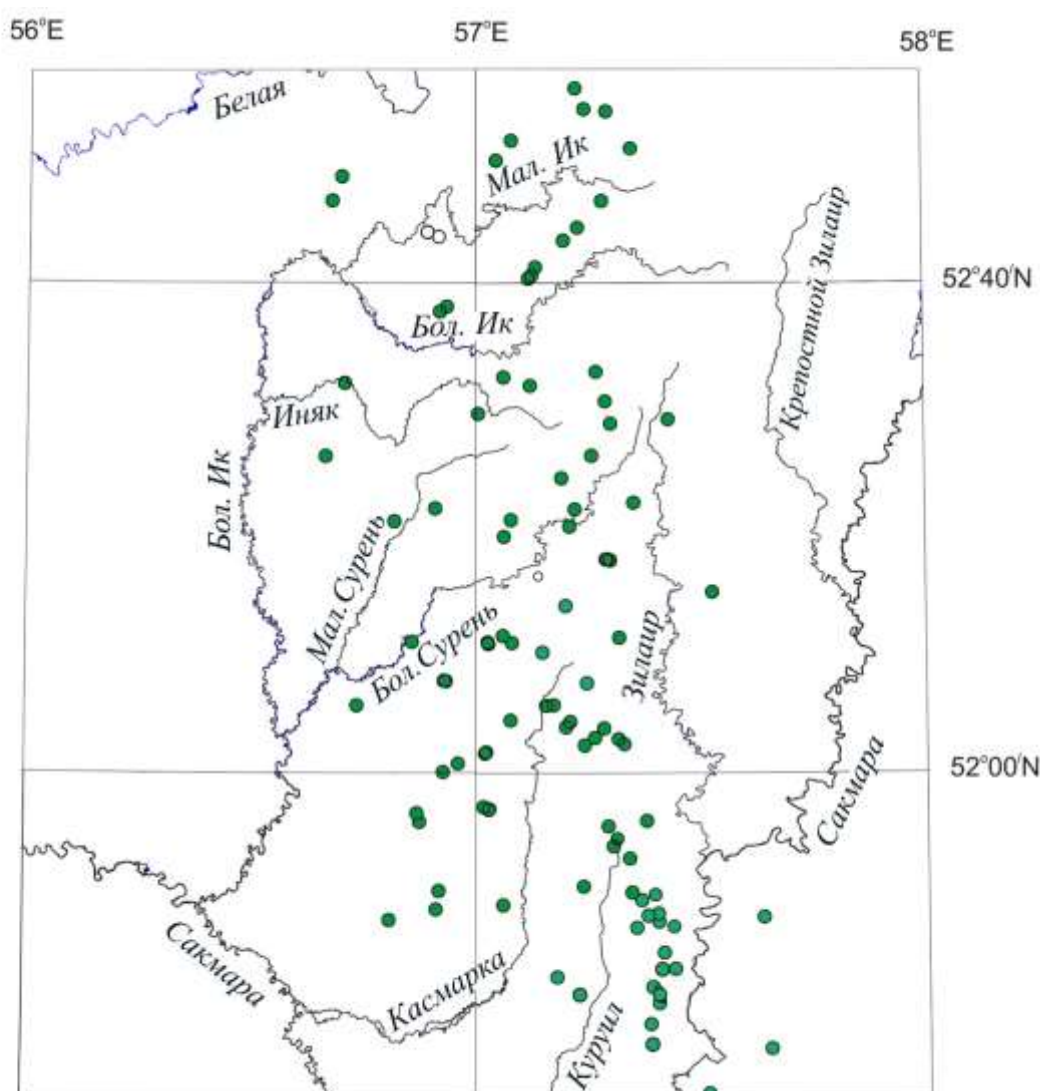


Рисунок 10 – Картосхема Зилаирского плато с расположением 111 ТП, для которых проводилась реконструкция сильной дефолиации дуба в периоды ВМР нечетного шелкопряда

Для большей части реконструированных периодов ВМР, сильная дефолиация дуба в первый год эруптивной фазы происходила только в южной части района исследования. На следующий год сильной дефолиации подвергались дубняки в центральной (по широте) и, частично, в северной части плато. На третий год очаги ВМР непарного шелкопряда мигрировали далее в северном направлении. Такая картина наблюдается: в 1807–1811, 1833–1838, 1843–1845, 1884–1887, 1890–1892, 1897–1900, 1908–1911, 1933–1937, 1943–1945, 1947–1949, 1952–1954, 1965–1968, 1973–1980, 1983–1986, 1993–1994 гг. Для ВМР 1863–1867 гг. наблюдается обратная картина – смещение во времени сильной дефолиации дуба с севера к югу. В периоды ВМР непарного шелкопряда 1822–1823, 1914–1917 и в 1924–1925 гг. сильная дефолиация дуба происходила одновременно по всей территории района исследования, в 1796–1797 гг. и 1856–1858 гг. – только на юге, в 1873–1874 гг. – на севере и в центре.

Сопоставление полученной нами реконструкции с данными, полученными другими исследователями по архивным материалам (Массовые размножения..., 1958), показывает на совпадение начальных лет эруптивной фазы ВМР только для двух (1914 и 1924 гг.) из девяти ВМР в интервале 1860–1956 гг. Очевидно, расхождение по времени начальных лет эруптивной фазы ВМР для семи других ВМР непарного шелкопряда на этом интервале связано с тем, что обобщенные этими исследователями данные относятся к ВМР в центральных районах Башкирии, расположенных на 200–300 км к северу от района наших исследований. Например, в нашей реконструкции в одну из ВМР непарного шелкопряда сильная дефолиация дуба была в 1890–1892 гг., а по данным упомянутых исследователей в центральных районах Башкирии эруптивная фаза ВМР в 90-х годов XIX столетия была в 1893–1894 гг. Наличие сдвига на широтном градиенте начальных годов с сильной дефолиацией дуба в периоды ВМР непарного шелкопряда подтверждается и корреляционным анализом. Так, значения коэффициента корреляции между хронологией радиального прироста дуба для самого южного ТП (ТП 496) и хронологиями радиального прироста для ТП, отстоящих от ТП 496 на расстоянии 4, 7, 12, 18, 28, 45, 75, 120 км к северу и северо-западу (на каждом расстоянии рассматривались по 4–5 ТП) находятся в интервалах: 0.6–0.8; 0.6–0.9; 0.45–0.8; 0.35–0.75; 0.30–0.45; 0.01–0.20; –0.1–0.20,

соответственно. Видно, что на расстоянии между ТП 496 и более северными ТП до 20 км сходство между хронологиями радиального прироста достаточно высокое, а на расстоянии в 30 км и более – уже низкое. Этот результат свидетельствует о том, что фактор дефолиации непарным шелкопрядом оказывает в районе исследования сильное влияние на динамику радиального прироста дуба.

**Влияние дефолиации дуба непарным шелкопрядом на состояние деревьев и древостоев.** Влияние дефолиации дуба непарным шелкопрядом на состояние деревьев и древостоев исследовалось в период ВМР непарного шелкопряда в 2002–2003 гг. и ряд последующих лет в южной части района исследования – на хребте Дзяютюбе. На следующий год (2003 г.) после сильной дефолиации в 2002 году, значительная часть деревьев в начале вегетации усохла, даже не распустив листья. В основном усохли старые деревья, у которых кроны имели много усохших ветвей еще до 2002 года. В 2003 году произошла повторная сильная дефолиация дуба непарным шелкопрядом в центральной части хребта, и слабая (на 10–30%) – в южной и северной частях хребта. В 2004 году ВМР непарного шелкопряда на хребте Дзяу-тюбе затухла, но продолжалось усыхание деревьев. Максимальное усыхание дуба наблюдалось в центральной части хребта, где была двукратная (в 2002 и 2003 гг.) сильная дефолиация дуба непарным шелкопрядом (Рисунок 11).



Рисунок 11 – Доля усохших деревьев дуба на хребте Дзяютюбе на широтном градиенте после дефолиации непарным шелкопрядом в 2002 и 2003 гг. (по состоянию на сентябрь 2005 года)

В 2004 году дубняки в южной части хребта стали заметно восстанавливать кроны. В 2005 году усохла только небольшая часть сильно ослабленных деревьев. Начиная с 2005 года, началось заметное восстановление крон у большей части деревьев.

Определение календарных лет усыхания 170 деревьев дуба на 13 ТП хребта Дзютюбе показало, что самая ранняя дата периферического (подкорового) годичного слоя у усохших дубов относится к 1945 г. – т.е. этот дуб усох через один год после дефолиации непарным шелкопрядом в 1943 г. (Рисунок 12). Максимальное количество деревьев усохло в 2002 и 2003 гг., когда произошла сильная дефолиация дуба непарным шелкопрядом в районе исследования (Рисунок 12). Доля усохших деревьев из-за фактора дефолиации непарным шелкопрядом в период ВМР в 2002–2003 гг. (из проанализированных 170 усохших деревьев) составляет 56.5% от общего количества усохших деревьев.

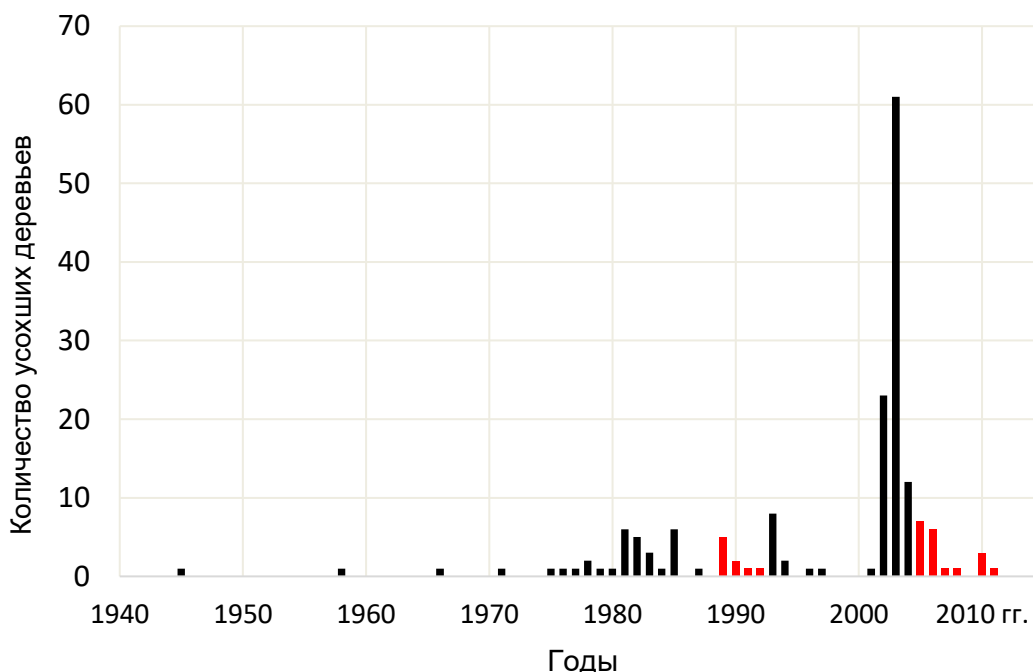


Рисунок 12 – Количество усохших деревьев дуба черешчатого по годам усыхания (красным цветом выделены столбики, соответствующие количеству усохших деревьев вследствие повреждения низовыми пожарами)

В конце лета – начале осени 2005 года в дубовых лесах хребта Дзютюбе произошли низовые пожары. Анализ анатомической структуры годичных слоев 2006 г. показал, что у усохших и части живых деревьев в годичных слоях 2006 г. имеется специфическая структура, характерная при воздействии на деревья низового пожара

(Кучеров и др., 2011). В связи с этим, усыхание деревьев в 2005–2008 годах, связано с повреждением деревьев низовыми пожарами 2005 года. Деревья, усохшие в 2010 и 2011 гг., погибли также от низовых пожаров, произошедших в аномально жаркое лето 2010 года. К настоящему времени происходит постепенное восстановление дубняков, поврежденных пожарами в 2005 и 2010 гг. (Кучеров и др., 2011).

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что основным климатическим фактором, оказывающим лимитирующее влияние на радиальный прирост лиственницы Сукачева и сосны обыкновенной на южной оконечности Урала, являются атмосферные осадки мая, июня и июля текущего вегетационного периода. Показано, что положительная связь прироста лиственницы и сосны с осадками мая, июня и июля снижается в направлении с юга на север. Установлено, что наиболее тесная связь радиального прироста лиственницы и сосны с осадками мая–июля проявляется у хронологий по поздней древесине ( $r=0.70-0.78$ ).

2. Впервые для территории Зилаирского плато нами проведены реконструкции количества осадков мая–июля по приросту поздней древесины лиственницы и сосны – по лиственнице с 1631 года, сосне с 1776 года. Показано, что наиболее глубокие минимумы в реконструированной, сглаженной 10-летним сплайном динамике летних осадков, были в первой половине XVIII столетия, в 60–е и на стыке 80–х и 90–х годов XIX столетия, в первом десятилетии XX столетия, в 50–е и 70–е годы того же столетия и в конце первого–начале второго десятилетий XXI столетия. В проведенной реконструкции количества осадков наиболее выражена цикличность с периодами ~ 11 и 22 года, связанная с циклами солнечной активности.

3. Установлено, что радиальный прирост дуба черешчатого на южной оконечности Урала имеет значимую положительную корреляционную связь с количеством осадков осенне-зимне-весеннего периода (максимальную с осадками ноября–декабря,  $r=0.41$ ). Наиболее тесная связь прироста дуба с осадками ноября–декабря обусловлена, вероятно тем, что осадки этих первых двух месяцев зимнего периода, перекрываясь более поздними твердыми осадками января–марта, остаются до весны практически в полном объеме и после снеготаяния впитываются в почву, становясь доступными для деревьев.

4. На основе анализа анатомической структуры древесины годовичных слоев дуба выявлено, что за последние 315 лет на территории Зилаирского плато специфические анатомические признаки воздействия аномально низких зимних температур присутствуют в годовичных слоях 50 календарных лет. Отражаясь в образовании специфической анатомической структуры, аномально низкие зимние температуры на южной оконечности Урала за последние три столетия вызвали снижения радиального прироста дуба только после аномально низких зимних температур зим 1817–1818 гг. (в северной и центральной частях Зилаирского плато) и 1968–1969 гг. (в северной части Зилаирского плато).

5. В годовичных слоях прироста дуба, при повреждении листьев поздними весенними заморозками, нами были обнаружены три типа анатомических особенностей. Первый (общеизвестный для многих видов древесных растений) – наличие деформированных клеток в ранней древесине. Впервые были обнаружены два других типа особенностей строения древесины: значительное количество нераскрывшихся сосудов в ранней древесине и полосы толстостенных клеток более темного цвета на границе ранней и поздней древесины. Установлено, что прямое повреждение камбия (первый тип анатомических особенностей) происходило только у молодых деревьев (диаметром менее 12 см).

6. Дендрохронологическая реконструкция календарных лет, в которые происходило повреждение листьев дуба заморозками показала, что в южной части Зилаирского плато с 1750 г. анатомические особенности первого типа (участки деформированных клеток в ранней древесине) или второго типа (значительное количество нераскрывшихся сосудов в ранней древесине), либо обоих типов одновременно присутствуют в слоях 59 календарных лет, а в северной части, с 1700 года – в слоях 30 календарных лет. Более частое повреждение листьев дуба заморозками в южной части плато связано с тем, что в южной части плато листья у дуба распускаются на несколько дней раньше и поэтому повреждаются теми заморозками, которые произошли до распускания листьев в северной части плато.

7. Анализ радиального прироста дуба, произрастающего в центральной части Зилаирского плато показал, что в период вспышки массового размножения непарного шелкопряда 1985 года дефолиация до 50% площади листьев не сопровождалась

снижением радиального прироста. В то же время, сильная дефолиация крон (на 90–100% листовой площади) в периоды вспышек массового размножения непарного шелкопряда в 1985 году в центральной части Зилаирского плато и в 2002–2003 гг. в южной части Зилаирского плато привела к максимальному (на 65% и более) снижению прироста поздней древесины дуба.

**8.** Пространственно-временная дендрохронологическая реконструкция календарных лет с сильной дефолиацией крон дуба показала, что за 215 лет (с 1788 по 2003 гг.) на южной оконечности Урала было 23 вспышки массового размножения непарного шелкопряда, с интервалами между начальными годами эруптивной фазы ВМР от 4 до 15 лет (в среднем 9.4 года). Установлено, что в 14 из 23 ВМР, в первый год вспышки массового размножения шелкопряда сильной дефолиации подвергались дубняки, расположенные в южной части района исследования. На второй и третий годы очаги с сильной дефолиацией крон дуба мигрировали с юга на север.

**9.** На основе дендрохронологического анализа установлено, что за последние 35 лет в дубняках самой южной оконечности Южного Урала (на хребте Дзяутюбе) было три периода усыхания дуба, каждый из которых связан с сильной дефолиацией крон непарным шелкопрядом и повреждением деревьев пожарами. Максимальное усыхание дуба (в некоторых дубняках от 50 до 100 % деревьев) произошло после двукратной сильной дефолиации крон дуба непарным шелкопрядом в 2002 и 2003 гг.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

а) в журналах из перечня научных изданий, рекомендованных ВАК

- 1. Кучеров, С.Е.** Особенности годичного радиального прироста стволовой древесины серокорой и желтокорой форм сосны обыкновенной / С.Е. Кучеров // Экология. – 1985. – № 5. – С. 73–75.
- 2. Кучеров, С.Е.** Влияние непарного шелкопряда на радиальный прирост дуба черешчатого / С.Е. Кучеров // Лесоведение. – 1990. – № 2. – С. 20–29.
- 3. Кучеров, С.Е.** Радиальный прирост сосны обыкновенной в районе Карабашского медеплавильного комбината / С.Е. Кучеров, А.А. Мулдашев // Лесоведение. – 2003. – № 2. – С. 43–49.

4. **Кучеров, С.Е.** Динамика радиального прироста дуба черешчатого на хребте Шайтан-Тау после массового размножения непарного шелкопряда в 2002, 2003 гг. / С.Е. Кучеров // Вестн. ОГУ. – 2009. – № 6 (100). – С. 179–181.
5. **Кучеров, С.Е.** Реконструкция летних осадков на Южном Урале за последние 375 лет на основе анализа радиального прироста лиственницы Сукачева / С.Е. Кучеров // Экология. – 2010. – № 4. – С. 248–256.  
(**Kucherov, S. E.** Reconstruction of Summer Precipitation in the Southern Urals Over the Last 375 Years Based on Analysis of Radial Increment in the Siberian Larch / S. E. Kucherov // Russian Journal of Ecology. – 2010. – Vol. 41, № 4. P. 284–292).
6. **Кучеров, С.Е.** Особенности радиального прироста дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на хребте Каратау (Южный Урал) / С.Е. Кучеров, А.А. Мулдашев // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. – 2011в. – № 1. – С. 95–96.
7. **Кучеров, С.Е.** Влияние низовых пожаров на дубняки хребта Шайтан-Тау / С.Е. Кучеров, А.А. Мулдашев, С.В. Кучерова // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2011а. – Т. 13, № 5 (2). – С. 90–92.
8. **Кучеров, С.Е.** Связь радиального прироста сосны обыкновенной с климатическими факторами в сосновых борах Предуралья / С.Е. Кучеров, А.А. Мулдашев // Науч. ведомости БелГУ. Сер. Естеств. науки. – 2011б. – № 3 (98), вып. 14/1. – С. 289–293.
9. **Кучеров, С.Е.** Реконструкция массовых размножений непарного шелкопряда на Зилаирском плато на основе анализа радиального прироста дуба черешчатого / С.Е. Кучеров // Журн. Сиб. федер. ун-та. Биология. – 2011г. – № 4. – С. 405–415.
10. **Кучеров, С.Е.** Реконструкция аномальных погодных событий на юго-восточной границе ареала дуба черешчатого на основе анализа структуры годичных слоев древесины / С.Е. Кучеров // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2012. – Т. 14, № 1 (6). – С. 1481–1484.
11. **Кучеров, С.Е.** Усыхание дуба на юго-восточной границе ареала в связи с воздействием повреждающих факторов / С.Е. Кучеров, С.В. Кучерова // Изв. Самарского науч. центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 3 (4). – С. 1341–1343.
12. **Кучеров, С.Е.** Динамика усыхания дуба на южной оконечности Южного Урала в связи с массовыми размножениями непарного шелкопряда и пожарами / С.Е.



Кучеров, С.В. Кучерова // Науч. ведомости БелГУ. Сер. Естеств. науки. – 2014. – № 17 (188), вып. 28. – С. 60–63.

13. **Кучеров, С.Е.** Влияние пожаров на радиальный прирост лиственницы на Зилаирском плато / С.Е. Кучеров, С.В. Кучерова // Изв. Уфимского науч. центра РАН. – 2015. – №. 4 (1). – С. 95–97.

14. **Кучеров, С.Е.** Реконструкция осадков мая–июня по радиальному приросту сосны обыкновенной на Бугульминско-Белебеевской возвышенности для территории Башкирии / С.Е. Кучеров, Д.Ю. Васильев, А.А. Мулдашев // Экология. – 2016. – № 2. – С. 83–93.

(**Kucherov S. E.** Reconstruction of May–June Precipitation in the Territory of Bashkiria Based on Scots Pine Tree-Ring Data from the Bugulma-Belebey Upland / S. E. Kucherov, D. Yu Vasil'ev, A. A. Muldashev // Russian Journal of Ecology. – 2016. – Vol. 47, Issue. 2. P. 115–124).

15. Васильев, Д.Ю. Взаимосвязь солнечной активности, климатических индексов и осадков мая–июля, реконструированных на основе анализа радиального прироста лиственницы на Южном Урале / Д.Ю. Васильев, **С.Е. Кучеров**, В.В. Лазарев // Оптика атмосферы и океана. – 2016. – № 3. – С. 224–231.

б) в других изданиях:

16. **Кучеров, С.Е.** К вопросу о влиянии вспышек массового размножения непарного шелкопряда на устойчивость дубрав Южного Урала / С.Е. Кучеров // Актуальные проблемы охраны и рационального использования природных и растительных ресурсов: тез. докл. науч.-практ. конф. – Уфа, 1987. – С.108–109.

17. **Кучеров, С.Е.** Влияние вспышек массового размножения непарного шелкопряда на радиальный прирост дуба черешчатого (*Quercus robur*) на Южном Урале / С.Е. Кучеров // Дендрохронологические методы в лесоведении и экологическом прогнозировании: тез. Междунар. рабоч. совещ. – Иркутск, 1987. – С. 285–286.

18. **Кучеров, С.Е.** К вопросу о реконструкции факторов лимитирующих прирост деревьев / С.Е. Кучеров // Проблемы дендрохронологии и дендроклиматологии: тез. докл. V Всесоюз. сов. – Свердловск, 1990. – С. 53–54.

19. **Kucherov, S.E.** The reconstruction of *Lymantria dispar* outbreaks by dendrochronological methods in the South Urals / S.E. Kucherov // Forest insect guilds: Patterns of interaction with host trees. – Radnor, 1991. – P. 205–206.

20. **Кучеров, С.Е.** Динамика прироста дуба на хребте Шайтан-тау / С.Е. Кучеров // В кн.: Дубравная лесостепь на хребте Шайтан-тау и вопросы ее охраны / Под общ. ред. Е.В. Кучерова. – Уфа, 1994. – С. 97–111.
21. **Кучеров, С.Е.** Зависимость прироста дуба от климатических условий на восточной границе его ареала / С.Е. Кучеров // Регион и география: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. – Пермь, 1995. – Ч. 4. – С. 80–81.
22. **Кучеров, С.Е.** Характеристика радиального прироста дуба в лесных насаждениях г. Уфы / С.Е. Кучеров // Дендрозкология: техногенез и проблемы лесовосстановления. – Уфа, 1996 а. – С. 65–79.
23. **Кучеров, С.Е.** Радиальный прирост дуба черешчатого после повреждения зимними морозами / С.Е. Кучеров // Труды первой Всеросс. конф. по ботаническому ресурсоведению, 25–30 ноября 1996б. – СПб, 1996 б. – С. 89.
24. **Кучеров, С.Е.** Характеристика радиального прироста в усыхающих дубняках на хребте Шайтан-Тау / С.Е. Кучеров // Уралэкология. Природные ресурсы–2005: тез. докл. Всеросс. науч.-практ. конф. – Уфа–М., 2005. – С. 181.
25. **Kucherov, S.E.** Radial Increment of *Quercus robur* in Drying Oak-Forests of the South Urals / S.E. Kucherov // Climate Changes and their Impact on Boreal and Temperate Forests: abstr. of Intern. Conf. – Ekaterinburg, 2006. – P. 49.
26. **Кучеров, С.Е.** Влияние массовых размножений непарного шелкопряда на радиальный прирост лиственницы Сукачева / С.Е. Кучеров // Вестн. ОГУ. – 2009. – спец. вып., октябрь. – С. 90–92.
27. **Кучеров, С.Е.** Послепожарная динамика радиального прироста дуба в заповеднике Шайтан-тау / С.Е. Кучеров // Природа, наука и туризм: матер. Всероссийской науч.-практ. конф. – Уфа, 2016. – С. 169–174.
28. **Кучеров, С.Е.** Дендроиндикация аномальных зимних морозов на Зилаирском плато (Южный Урал) / С.Е. Кучеров // Растения в холодных регионах: матер. Всероссийской науч.-практ. конф. – Якутск, 2017. – С. 129–133.
29. **Кучеров, С.Е.** Влияние пожаров на дуб черешчатый в заповеднике «Шайтан-Тау» / С.Е. Кучеров, С.В. Кучерова // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы IV Междунар. науч. конф. – Екатеринбург, 2018. – С. 494–496.

Подписано в печать 08.08.2018

Бумага мелованная. Гарнитура «Таймс»

Цифровая печать. Объем 2 авт. л.

Заказ № 2702. Тираж 100 экз.

Опечатано в типографии ООО «Экспресс-Принт»  
450059, г. Уфа, ул. Братьев Кадомцевых, 6/2