

На правах рукописи



Тайник Анна Владимировна

**ИЗМЕНЕНИЯ ШИРИНЫ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ЛИСТВЕННИЦЫ
СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA* LDB.) И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА
ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕ ЛЕСА В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА**

03.02.08 – экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Красноярск – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель: **Мыглан Владимир Станиславович,**
доктор исторических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Официальные оппоненты: **Румянцев Денис Евгеньевич,**
доктор биологических наук, профессор, Мытищинский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баума (национальный исследовательский университет)»

Кукарских Владимир Витальевич, кандидат биологических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук», старший научный сотрудник

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение науки «Институт географии Российской Академии Наук» (г. Москва)

Защита диссертации состоится ___ _____ 2019 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 212.034.01 при ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д.8, ауд. 146, тел. 8(473)2537819.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке или на сайте ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» <http://vgltu.ru/nauka/dissertacionnye-sovety/sovet-d-21203401/>.

Автореферат разослан «___» _____ 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета канд. биол. наук, доц.

Тихонова Елена Николаевна

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследований. Построение температурных реконструкций с высоким временным разрешением для длительных временных периодов, чрезвычайно важно для понимания происходящих климатических изменений и их влияния на природные и социальные процессы [IPCC, 2013, 2014; Pederson et al., 2014; Buntgen et al., 2016 и др.]. Изменения климата проявляются в виде повышения средней годовой температуры воздуха, что уже привело к изменению режимов температуры, осадков, стремительному росту числа экстремальных природных событий на региональном уровне [IPCC, 2013; Барцев и др., 2016 и др.]. Для того чтобы оценить масштабы и причины происходящих глобальных изменений необходимо знать историю развития климата за последние тысячелетия. Учитывая, что длина рядов наблюдений метеостанций, в большинстве случаев, не превышает полувековой интервал, для решения этой проблемы привлекаются природные архивы климатической информации [Kalugin et al., 2007; Eichler et al., 2011; Sidorova et al., 2013; Buntgen et al., 2016 и др.]. Среди различных косвенных источников изменения климата особое значение имеют длительные древесно-кольцевые хронологии (дкх). Как правило, дкх по ширине и плотности годовичных колец имеют привязку к календарной шкале времени с высоким временным разрешением (в год, а с использованием других параметров годовичных колец – сезон (месяц)). Это приближает данные годовичных колец к данным инструментальных наблюдений за температурой воздуха и осадками [Fritts, 1976 и др.] и обеспечивает возможность проведения надежных климатических реконструкций за несколько последних тысячелетий [Овчинников, Ваганов, 1999; Наурзбаев и др., 2001; Hantemirov and Shiyatov, 2002; Ойдупаа и др., 2004; Шишов, 2007; Myglan et al., 2008; Myglan et al., 2012; Chen et al., 2012; Pederson et al., 2014; Esper et al., 2016; Buntgen et al., 2016 и др.]. В последние десятилетия заметно выросло число исследований направленных на изучение региональных изменений климата и сопутствующих изменений на верхней границе леса [Валедник и др., 1993, 1997; D'Arrigo et al., 2001; Харук и др., 2008; Kirilyanov et al., 2012; Sidorova et al., 2012; Второй оценочный ..., 2014; Zhang et al., 2014; Понамарев, Харук, 2016; UNEP, 2016 и др.]. Однако, на сегодняшний день, остались регионы слабо охваченные исследованиями, несмотря на имеющийся потенциал для построения длительных древесно-кольцевых хронологий.

Большой интерес у исследователей вызывает Алтае-Саянский регион. Данная территория имеет принципиальное значение для понимания климатических процессов происходивших в Центральной Азии [Pederson et al., 2014; Buntgen et al., 2016]. Дендроклиматическими исследованиями Алтае-Саянского региона занимались: М.А. Душкин [1965]; В.И. Кравцова [1971]; М.Ф. Адаменко, А.А. Сябаев [1977, 1978, 1985, 1986]; В.С. Ревякин [1977, 1981]; И.В. Сурнаков [1985]; Н.И. Быков [1994, 1997, 1998, 2000]; Т.В. Королева [1997]; А.Ю. Бочаров, В.Н. Воробьев, О.В. Хуторной, Ю.К. Нарожный, Е.Е. Тимошок, И.Н. Росновский, В.В. Давыдов, Е.Н.

Пац, С.В. Бокша, Е.Н. Кособуцкая, С.А. Николаева, Д.А. Савчук [1998, 2000, 2001, 2002, 2009, 2015], Д.В. Овчинников [1999, 2002, 2004], И.П. Панюшкина [1999, 2000]; М.В. Сыромятина, Л.В. Чистяков [1994, 1998, 1999]; О.Ч. Ойдупаа [2004, 2011]; В.С. Мыглан [2008, 2009, 2012, 2015]; А.Н. Назаров [2012]; О.В. Сидорова [2012]; А.Р. Агатова [2014]; М.В. Муханова [2016]; U. Buntgen [2016]; В.И. Харук [2017]; В.В. Баринов [2017]. Всего в регионе построено восемь длительных древесно-кольцевых хронологий, из которых только две относятся к Республике Тыва: двухтысячелетняя дкх для западной [Мыглан и др., 2012] и тысячелетняя хронология для восточной [Ойдупаа и др., 2011] частей.

Степень разработанности. Республика Тыва является недостаточно изученным регионом, а построенные тысячелетние дкх располагаются неравномерно. На сегодняшний день есть перспективы для увеличения количества длительных хронологий и продления существующих дкх. Кроме того, до сих пор не проведена работа по уточнению границ длительных климатических периодов. Для заполнения имеющегося пробела в диссертационном исследовании была проведена работа по построению новых длительных древесно-кольцевых хронологий на верхней границе леса, реконструкции температур раннелетних месяцев и анализу длительных климатических изменений на территории Республики Тыва.

Цель исследования. Оценка динамики прироста и приземной температуры воздуха за два последних тысячелетия по сети древесно-кольцевых хронологий на верхней границе в Республике Тыва.

Задачи исследования:

1. Оценка потенциала сети участков на верхней границе леса для построения длительных древесно-кольцевых хронологий;
2. Построение сети тысячелетних хронологий по ширине годичного кольца;
3. Оценка изменчивости прироста на верхней границе леса в позднем голоцене;
4. Реконструкция раннелетней температуры воздуха в позднем голоцене;
5. Уточнение границ длительных изменений климата в Республике Тыва.

Научная новизна исследований. В проведенном диссертационном исследовании обобщены результаты комплексного исследования влияния различных факторов внешней среды на рост и формирование древесных колец для труднодоступного высокогорного региона Центральной Азии – Республики Тыва. Впервые построена сеть из шести температурочувствительных древесно-кольцевых хронологий по лиственнице сибирской (Mongun - длительностью 2930 лет, Kolchan - длительностью 1452 года, Тап - длительностью 600 лет, Derzik - длительностью 730 лет, Kungur - длительностью 1394 года, Taris - длительностью 1112 лет). На фактическом материале доказано, что в Республике Тыва в периоды похолодания происходит усиление, а в периоды потепления ослабление реакции деревьев на действие лимитирующего фактора (температуры). Впервые установлено, что на верхней границе леса на севере Центральной Азии в условиях умеренно континентального

климата отмершие деревья (стволы) лиственницы сохраняются на дневной поверхности в течение более чем 2000 лет в пригодном для дендрохронологических исследований состоянии. Максимальный возраст произрастания лиственницы сибирской достигает в западной части Республики Тыва 1307 лет, а восточной - 685 лет. Дальнейшая работа по продлению этих хронологий позволит построить единую 6000 летнюю региональную древесно-кольцевую хронологию для исследуемой территории, что даст возможность выполнить погодичную реконструкцию летних температур для среднего и позднего голоцена.

Выполненные реконструкции летних месяцев для западной (за 2027 лет) и восточной (за 1212 лет) частей Республики Тыва позволили провести оценку современного изменения климата для Республики Тыва и сопредельных территорий (Республика Алтай, Монголия) за два последних тысячелетия. В результате, впервые были уточнены границы длительных периодов потепления и похолодания в Республике Тыва: римское потепление – 20-440 гг., позднеантичный малый ледниковый период – 536-650 гг., средневековый оптимум – 840-1175 гг., малый ледниковый период – 1590-1890 гг., современное потепление – 1940г.-настоящее время.

Теоретическая и практическая значимость. В ходе выполнения диссертационной работы проведено обновление и расширение сети дендроклиматического и дендрэкологического мониторинга для севера Центральной Азии, которая широко используется для реконструкции климатических условий в прошлом. Представленные результаты будут применены для решения ряда проблем фундаментального характера, связанного с анализом глобальных климатических изменений. Так, проведенные реконструкции раннелетней температуры воздуха для Республике Тыва будут использованы при анализе закономерностей изменений температуры воздуха в Алтае-Саянском регионе, который имеет принципиальное значение для понимания климатических процессов происходивших в Центральной Азии.

Созданная сеть длительных древесно-кольцевых хронологий будет использоваться в различных областях: а) в лесоводстве, при прогнозе реакции радиального прироста деревьев на изменения климата и для оценки восстановления лесов; б) в климатологии, при верификации региональных климатических моделей; в) в археологии, для календарной датировки исторических памятников; г) в сфере высшего образования, для разработки авторских курсов подготовки магистров по направлениям экология, природопользование, лесное хозяйство.

Методология и методы исследования. Диссертационное исследование было проведено по стандартной методике [Erlandsson, 1936; Fritts, 1976, 1991; Шиятов, 1986; Methods..., 1990; Ваганов и др. 1996; Schweingruber, 1996 и др.] с использованием специализированных дендрохронологических программ. Положения и выводы диссертационного исследования получены с применением современных компьютеризированных методов статистического анализа.

Положения, выносимые на защиту:

1. Согласованность прироста лиственницы сибирской на верхней границе леса сохраняется между западной и восточной частями Республики Тыва и ослабевает в центральной части;

2. В периоды похолодания происходит увеличение согласованности, а в периоды потепления - рассогласование радиального прироста деревьев и приземной температуры воздуха на верхней границе леса.

Достоверность полученных результатов подтверждается достаточным объемом экспериментального материала, использованием современных методов его обработки и статистической проверки полученных данных.

Апробация работы. Основные результаты были представлены на 10 международных конференциях: «РусДендро-2017», Барнаул, Россия, 5-10 сентября 2017 г.; «Tree Rings in Archeology, Climatology and Ecology», Калининград, Россия, 16–21 мая, 2017 г.; «Tree Rings in Archeology, Climatology and Ecology», Беловежа, Польша, 11–15 мая, 2016 г.; «Лесной и Химический комплексы – проблемы и решения», Красноярск, Россия, 29-30 октября 2015 г.; «International Scientific Conference on Dendrochronology. Climate and Human History in the Mediterranean Basin», г. Анталия, Турция, 18-23 октября 2015 г.; «Биоразнообразие и сохранение генофонда флоры, фауны и народонаселения Центрально-Азиатского региона», Кызыл, Россия, 1–4 октября, 2015 г.; «Экология южной Сибири и сопредельных территорий», Абакан, Россия, 17 ноября, 2014 г.; «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии», Барнаул, Россия, 20–23 октября, 2014 г.; «Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая», Кызыл, Россия, 26–30 июня, 2014 г.; «Current Status and the Potential of Tree-Ring Research in Russia», Krasnoyarsk, Russia, 20-21 января, 2014 г.

Публикации. Основное содержание и защищаемые положения отражены в 22 научных работах, из них 6 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки Российской Федерации, из которых 4 входят в список научных изданий, индексируемых базами данных Web of science, Scopus.

Личный вклад автора. Диссертационная работа является обобщенным результатом работы автора с 2013 по 2019 гг. Полевые работы были проведены совместно с сотрудниками «Сибирской дендрохронологической лаборатории» ФГАОУ ВО СФУ. Было собрано 692 образца (без учета отбракованных образцов), из них 531 поперечный спил и 161 керн. Обработка материала, измерение (223 987 годичных колец), датировка и анализ полученных результатов, выполнены автором лично. В результате проведенной работы были построены четыре новые древесно-кольцевые хронологии (Kolchan - длительностью 1452 года, Тап - длительностью 600 лет, Derzik - длительностью 730 лет, Kungur - длительностью 1394 года). Улучшена репликация и увеличена длительность двух ранее построенных древесно-кольцевых

хронологий (Mongun – до 2930 лет, Taris - до 1112 лет). Все результаты получены лично соискателем, либо при его непосредственном участии. Иллюстрационные материалы подготовлены автором лично. Фотографии, использованные в работе, взяты из фонда Сибирской дендрохронологической лаборатории.

Проведение работ по теме диссертационного исследования было поддержано в рамках проектов: РФФИ «Экстремальные климатические события в Алтае-Саянском регионе за последние 2000 лет» № 12-06-33040; РНФ «Цифровая микроанатомия годовых колец в физиологии, экологии, климатологии и археологии» № 15-14-30011.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и приложения. Текст диссертации изложен на 137 страницах, включает 16 таблиц, 44 рисунка и 3 таблицы в приложении. Список литературы включает 193 источника, из которых 80 на иностранном языке.

Благодарности. Выражаю благодарность научному руководителю, доктору исторических наук Мыглану Владимиру Станиславовичу за помощь методического, организационного характера и консультирование; коллективу сибирской дендрохронологической лаборатории СФУ за консультативную помощь и организацию экспедиционных работ; кандидату биологических наук Ойдупаа Орлану Чуккаевичу заведующему лабораторией "Дендрэкология и археология" ТувГУ за содействие в проведении экспедиционных работ.

Глава 1. Построение длительных древесно-кольцевых хронологий на верхней границе леса в разных регионах земного шара

Обзор литературы по теме исследования выполнен в виде краткого описания работ исследователей, оказавших влияние на формирование основ и принципов дендрохронологии как научной дисциплины. В подразделах представлен обзор тысячелетних древесно-кольцевых хронологий на верхней границе леса в различных регионах земного шара по данным Международного банка годовых колец (www.ncdc.noaa.gov). Приводится информация о длительных древесно-кольцевых хронологиях построенных в России и ближнем Зарубежье. Представлены результаты анализа длительных высокогорных хронологий построенных в Алтае-Саянском регионе.

Глава 2. Материалы и методы

Во второй главе представлено описание природных условий района исследования. Дается краткая характеристика климатических условий в регионе и описание 6 участков отбора дендрохронологического материала (рисунок 1, таблица 1). Всего в работе использован 531 образец палеодревесины и 161 керн лиственницы сибирской с верхней границы произрастания древесной растительности.



Рисунок 1 - Карта-схема участков сбора образцов. С запада на восток зелеными кружками отмечены участки: Mongun, Kolchan, Tan, Derzik, Kungur, Taris. Черным небольшим кружком отмечен город Кызыл, столица Республики Тыва.

Таблица 1 - Таксационные характеристики участков отбора образцов

Участок	Стадия дигрессии	Возраст, лет	Состав	Бонитет	Диаметр ср, см	Высота ср, м	Сомкнутость древостоя	Высота н. у. м., м	Экспозиция
Mongun	1	301	10Л	III	29.5	6.1	0.1	2280	СВ
Kolchan	1	241	10Л+С	III	31.8	9.1	0.5	2170	Ю
Tan	1	402	10Л+С	II	29.3	10.3	0.5	2130	З
Derzik	1	253	10Л+С	III	21.9	4.9	0.2	2060	СВ
Kungur	1	402	10Л	III	27.8	8.5	0.4	2254	СЗ
Taris	1	303	10Л+С	III	28.1	8.4	0.4	2100	СЗ

Методика проведения исследования. Сбор образцов производился по стандартной методике [Методы дендрохронологии, 2000]. Для датировки образцов и построения древесно-кольцевых хронологий были привлечены стандартные дендрохронологические методы [Шиятов и др., 2000]. С целью оценки качества дендроклиматических рядов использовался такой показатель, как стандартное отклонение, ошибка средней арифметической, коэффициент чувствительности, EPS, RBAR [Cook et al., 1990].

Анализ построенных древесно-кольцевых хронологий проводился по следующим параметрам: распределение числа деревьев по календарной шкале, выявление периодов возобновления и гибели деревьев, изменчивость высоты распространения древесной растительности и изменчивость прироста. Оценка гибели деревьев проводилась, без учета количества периферийных колец, потерянных образцами под воздействием факторов окружающей среды. Минимумы и максимумы прироста в построенных хронологиях выявлялись, используя два стандартных отклонения (погодичная изменчивость прироста) или одно стандартное отклонение (внутривековая изменчивость прироста).

Реконструкция климатических переменных осуществлялась при помощи расчета линейной регрессии [Kaennel, Schweingruber, 1995]. Адекватность моделей реконструкции

оценивалась для интервалов калибровки и верификации по следующим критериям: коэффициенты корреляции и детерминации (квадрат корреляции), ошибка восстановления, коэффициент эффективности, t-критерий Стьюдента [Methods of Dendrochronology..., 1990].

Характеристика метеорологических станций и данных. При сопоставлении индексов прироста построенных хронологий с климатическими данными были привлечены ряды среднемесячных наблюдений за приземной температурой воздуха и осадками метеорологических станций: Ак-Кем, Актру, Кош-Агач, Эрзин, Сосновка. Исходя из того, что метеостанции и участки отбора образцов находятся на разной высоте н.у.м., был выполнен перерасчет среднемесячных летних температур метеостанций с учетом температурного градиента к высоте участков отбора образцов [Смит, 1978; Хромов, 2006]. Согласно полученным данным, безморозный период на участках отбора образцов длится менее месяца (с конца июня по конец июля), средняя температура июня-июля составляет 7-9 °С, лето (переход суточных температур через 10 °С) отсутствует.

Для верификации и заполнения пропусков в метеорологических рядах использовались метеорологические данные, интерполированные для точек географической сети с разрешением 0.5° на 0.5° (<http://climexp.knmi.nl>).

Древесно-кольцевые хронологии, привлеченные в работе. Для проверки качества построенных хронологий были привлечены высокогорные дкх по соседним регионам: Jelo [Мыглан и др., 2012], Tara [Мыглан и др., 2015], SD – Solongotyin Davaa –D’Arrigo et al., 2001], КК – Khalzan Khamar [Jacoby G.C., D’Arrigo R., Buckley B.M., Pederson N., международный банк годовых колец (www.ncdc.noaa.gov)], OZN - Ondor Zuun Nuruu [Davi et al., 2015]. С целью верификации температурных реконструкций, в работе были привлечены ряды по температурным реконструкциям по Монголии - OZN – Ondor Zuun Nuruu [Davi et al., 2015] и Российскому Алтаю - RA – Russian Altai [Buntgen et al., 2016]. Вековые периоды увеличения и уменьшения прироста, выявленные по хронологиям, сопоставлялись с информацией о периодах потепления и похолодания выделенных для Алтае-Саянской горной страны U. Buntgen [2016].

Глава 3. Оценка потенциала участков для построения длительных температурочувствительных древесно-кольцевых хронологий в Республике Тыва

Для оценки общего потенциала построения длительных температурочувствительных хронологий в Республике Тыва на верхней границе леса были отобраны керны с лиственницы сибирской с шести участков: Mongun, Kolchan, Tan, Derzik, Kungur и Taris. Длина трансекта между крайними точками по прямой составляет 587 км, а среднее расстояние между участками - 145 км. Без учета отбракованных кернов, содержащих кренивую древесину (15% от общего числа), количество отобранных для анализа образцов по всем участкам составило 148 шт.

Участки отбора образцов, за исключением Kolchan и Tan, расположены на склонах северной экспозиции. Общая характеристика построенных дкх приведена в таблице 2.

Таблица 2 - Сводная таблица характеристик древесно-кольцевых хронологий

Участок	Кол-во образцов	Длительность дкх		Средняя длина	Кол-во выпавших колец	EPS \geq 0.85
		Длина	Интервал			
	шт.	годы	годы	годы	%	годы
Mongun	51	566	1447 – 2012	301	<0.5	1500 – 2012
Kolchan	29	440	1573 – 2012	241	<0.5	1700 – 2012
Tan	19	600	1413 – 2012	402	<1	1500 – 2012
Derzik	16	482	1531 – 2012	253	<1	1600 – 2012
Kungur	15	601	1412 – 2012	402	<0.5	1550 – 2012
Taris	18	663	1345 – 2007	303	0.5	1550 – 2007

Оценка связи хронологий с рядами среднемесячных наблюдений за приземной температурой воздуха показала, что основное влияние на изменчивость радиального прироста деревьев оказывают температуры июня – июля, при преобладающем значении температур июня. Самые низкие коэффициенты корреляции с данными метеостанций показывает хронология Kolchan. Это связано с расположением пробной площади на склоне южной экспозиции, что с большой вероятностью приводит к ослаблению (или смене) в отдельные периоды действия лимитирующего фактора - температуры.

Оценка согласованности прироста дкх на разных участках выполнялась путем расчета коэффициентов корреляции и детерминации (таблица 3). Результаты анализа показали, что наиболее высокие коэффициенты корреляции фиксируются как у дкх, расположенных рядом друг с другом - Mongun и Kolchan, Tan и Derzik, Kungur и Taris, так и наиболее удаленных - Mongun с Kungur и Taris. Наиболее низкие коэффициенты корреляции отмечаются у дкх Kolchan и Tan (вероятно, это связано с тем, что оба этих участка находятся в центральной части Тывы и подвержены аридному влиянию со стороны Убсунурской котловины [Pederson et al., 2014]).

Таблица 3 - Коэффициенты корреляции и детерминации между древесно-кольцевыми хронологиями Республики Тыва, Центрального Алтая и Северной Монголии

	Jelo	KK	Mongun	Kolchan	Tan	Derzik	Kungur
Mongun	0.76/0.58	0.64/0.41					
Kolchan	0.41/0.17	0.43/0.18	0.62/0.38				
Tan	0.27/0.07	0.28/0.08	0.45/0.20	0.54/0.29			
Derzik	0.25/0.06	0.41/0.17	0.54/0.29	0.45/0.20	0.61/0.37		
Kungur	0.62/0.38	0.62/0.38	0.69/0.48	0.40/0.16	0.51/0.26	0.57/0.32	
Taris	0.49/0.24	0.50/0.25	0.64/0.41	0.53/0.28	0.60/0.36	0.67/0.45	0.71/0.50
N	249			258			

Примечание: Jelo- хронология построенная для Центрального Алтая; KK – Khalzan Khaman, хронология построенная для Северной Монголии; Mongun, Kolchan, Tan, Derzik, Kungur и Taris - хронологии построенные для Республики Тыва. N - объем выборки

Результаты корреляционного анализа и графического сопоставления кривых прироста по Республике Тыва и сопредельным территориям (Jelo, KK (таблица 3)) подтвердили полученные ранее результаты о том, что только дкх Mongun, Kungur и Taris отражают общий региональный

климатический сигнал, а у дкх Kolchan и Tan происходит его ослабление. Таким образом, наблюдается следующая закономерность: общий сигнал в приросте лиственницы сибирской на верхней границе леса сохраняется в западной и восточной частях Республики Тыва и ослабевает в ее центральной части. В этом случае, дкх Mongun, Kungur и Taris являются самыми перспективными для создания длительных древесно-кольцевых хронологий.

Глава 4. Построение тысячелетних древесно-кольцевых хронологий в Республике Тыва

Для построения тысячелетних древесно-кольцевых хронологий в Республике Тыва, были выбраны три перспективных участка: один в западной (Mongun) и два в восточной (Kungur и Taris) частях. Участок Kolchan был привлечен для перепроверки вывода, о том, что дкх расположенные в центральной части Республики Тыва не отражают общую изменчивость прироста (глава 3).

Для нивелирования эффекта возрастной кривой у образцов проводилась процедура стандартизации (индексации), основанная на подавлении эффекта возрастной (биологической) кривой роста [Douglass, 1919; Fritts, 1976]. Единственного универсального подхода к стандартизации не существует. Выбор способа индексирования зависит от задач исследования. Наиболее адекватную аппроксимирующую модель позволяет построить метод Regional Curve Standardization и его разновидность (sfRCS), которые максимально сохраняют низкочастотную изменчивость прироста связанную с длительными климатическими трендами [Esper et al., 2003; Melvin et al., 2007]. По этой причине, для длительных хронологий, наполненность которых составляет более 60-100 образцов, использовался метод RCS и sfRCS.

В ходе проведенной работы для западной части Республики Тыва по лиственнице сибирской была улучшена (продлена) хронология Mongun (до 2930 лет, $EPS \geq 0.85$ на периодах с 435 г. до н.э. по 335 г. до н.э. и с 10 г. до н.э. по 2017 г. н.э.) и построена новая дкх Kolchan (длительностью 1452 года, $EPS \geq 0.85$ на периоде с 1420 по 2012 гг.). Для выявления, насколько построенные дкх, отражают общий сигнал для западной части Республики Тыва, они были сопоставлены между собой. Выделение периодов потепления и похолодания (согласно данным U. Buntgen [2016]) показало, что малый ледниковый период и современное потепление, не прослеживаются у дкх Kolchan (рисунок 2). Расчет коэффициентов корреляции показал, что годичный прирост у дкх Mongun и Kolchan имеет значимую связь 0.56 (0.43 при сглаживании 22-х летним низкочастотным фильтром). Результаты работы подтвердили наличие существенных различий в приросте, ранее полученных при анализе сети хронологий по произрастающим деревьям. Учитывая, что древесно-кольцевые хронологии построены по одной древесной породе и расположены на расстоянии 100 км, то низкий коэффициент корреляции и различия в согласованности прироста можно объяснить разной экспозицией участков и подверженностью участка Kolchan аридному влиянию со стороны Монголии.

Вследствие чего, древесно-кольцевая хронология Kolchan была исключена из дальнейшего анализа.

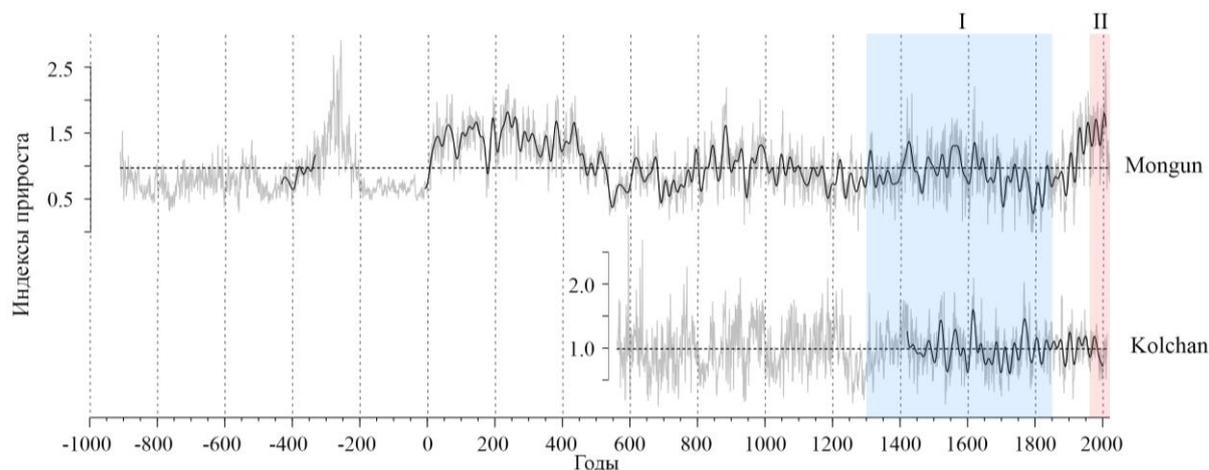


Рисунок 2 - Изменчивость радиального прироста древесно-кольцевых хронологий для западной части Республики Тыва: Mongun и Kolchan. Здесь и на рисунках 3 и 4, горизонтальной пунктирной линией обозначено арифметическое среднее значение дкх, тонкой кривой показана погодичная изменчивость, жирной кривой дана скользящая 22-х летняя низкочастотная фильтрация на периоде, где хронология имеет достаточную обеспеченность образцами ($EPS \geq 0.85$). Заливкой выделены периоды потепления и похолодания согласно данным U. Buntgen [2016]: I - малый ледниковый период (1300-1850 гг.); II - современное потепление (1961-2016 гг.).

Для восточной части республики Тыва по лиственнице сибирской построена новая дкх Kungur (длительностью 1394 года, $EPS \geq 0.85$ на периоде с 805 по 2014 гг.) и улучшена (продлена) хронология Taris (до длительности 1112 лет, $EPS \geq 0.85$ на периоде с 1200 по 2016 гг.). Для выявления, насколько построенные дкх, отражают общий сигнал в восточной части Республики Тыва, они были сопоставлены между собой. Сопоставление дкх Kungur и Taris показало, что увеличение индексов прироста приходится на общие периоды: 1400-1425, 1510-1580, 1730-1740, 1940-2000 гг. По обеим хронологиям выделяются общие неблагоприятные для произрастания древесной растительности периоды: 1585-1610, 1750-1900 гг. При этом наблюдаются незначительные отличия, вызванные локальными микроклиматическими условиями произрастания деревьев (падение индексов прироста у дкх Taris в 1400 г., у хронологии Kungur менее выражено; падение индексов прироста у дкх Kungur наблюдается на периоде с 1750 по 1890 гг., а у хронологии Taris на 25 лет позже) (рисунок 3). Расчет коэффициентов корреляции между индексами прироста хронологий Kungur и Taris показал тесную связь 0.82.

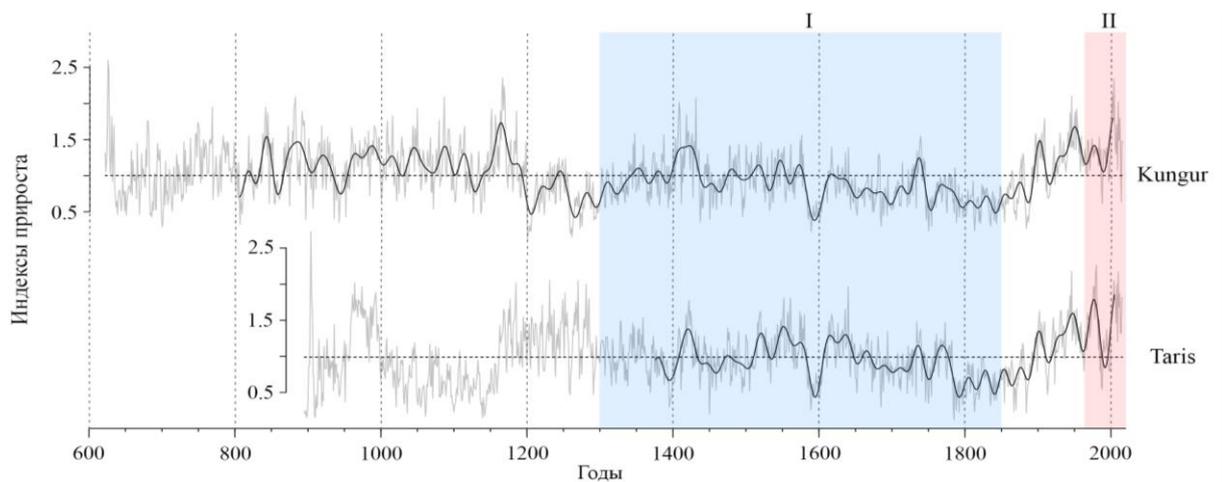


Рисунок 3 - Изменчивость радиального прироста древесно-кольцевых хронологий для восточной части Республики Тыва: Kungur и Taris. Подрисуночные надписи см. рисунок 2.

При рассмотрении дкх Kungur и Taris учитывается, что: 1) построенные древесно-кольцевые хронологии Kungur и Taris расположены на расстоянии 100 км, склонах одной и той же экспозиции и имеют схожие условия произрастания деревьев; 2) дкх имеют хорошую согласованность хода кривых (коэффициенты корреляции 0.82); 3) при сравнении изменчивости прироста выделяются общие благоприятные и неблагоприятные периоды для роста древесной растительности на верхней границе леса, соотносящиеся с малым ледниковым периодом (1300-1850 гг.) и современным потеплением (1961-2016 гг.). Все это позволяет объединить построенные дкх в одну Kungur_Taris (КТ), в результате этого были нивелированы локальные микроклиматические различия в условиях произрастания деревьев и усилился общий сигнал. В результате объединения хронологий Kungur и Taris была построена обобщенная дкх КТ (длительностью 1395 лет, $EPS \geq 0.85$ на периоде с 805 по 2016 гг.). Средний межсерийный коэффициент корреляции составил 0.7, а количество выпавших колец не превышает 1 %.

Для оценки, насколько прирост хронологий Mongun и КТ отражает общий региональный сигнал, они были сопоставлены с тысячелетними хронологиями для сопредельных территорий: Республика Алтай (дкх Jelo, Tara) и Монголия (SD, OZN) (рисунок 4). Анализ длительных хронологий позволил выделить периоды улучшения и ухудшения условий произрастания древесной растительности на верхней границе леса, которые приходятся на: 536-650, 840-1175, 1590-1890, 1940-1999 гг. Они хорошо соотносятся с периодами потепления и похолодания (рисунок 4).

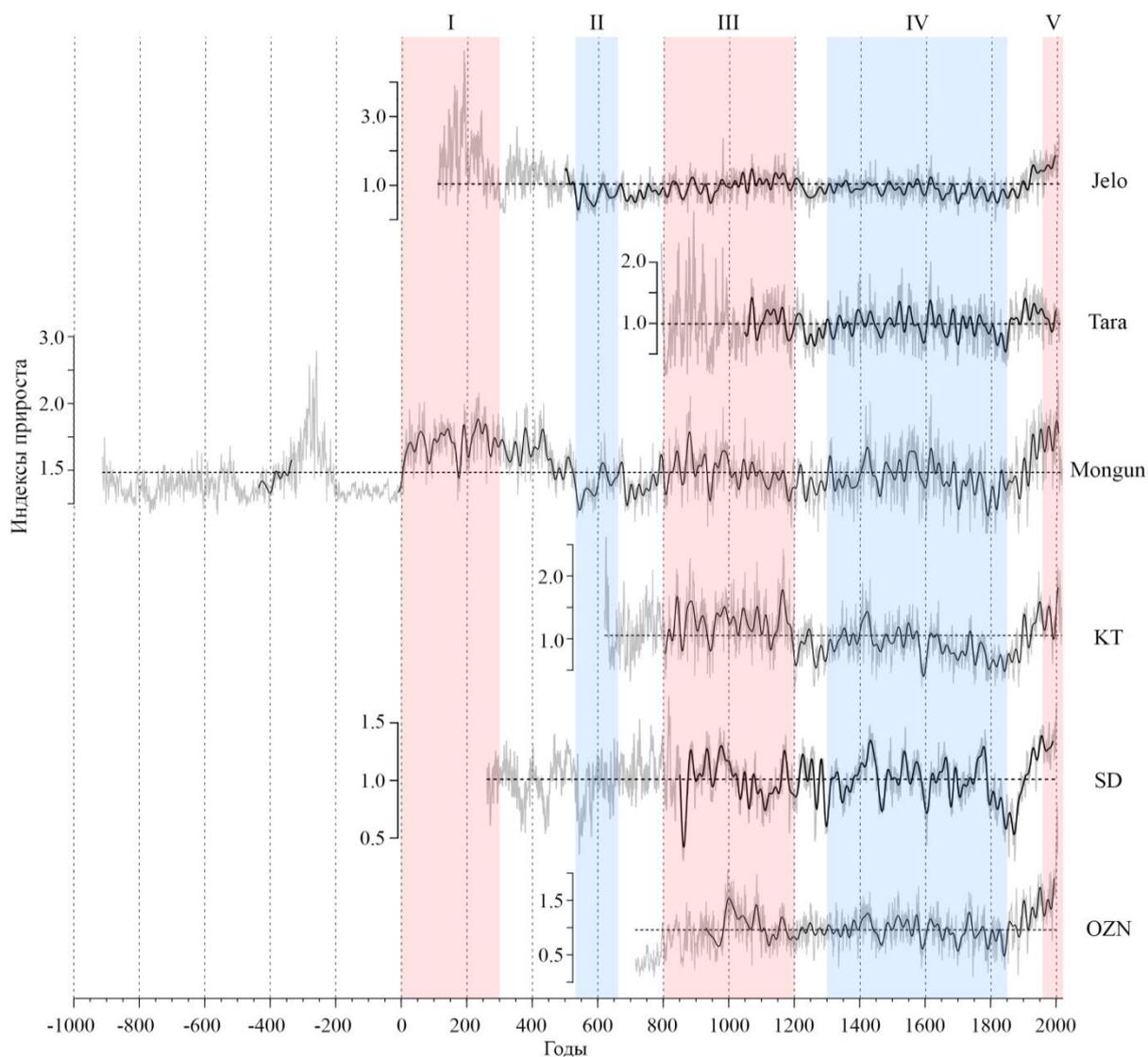


Рисунок 4 - Изменчивость радиального прироста древесно-кольцевых хронологий: Jelo, Tara, Mongun, KT, SD. Подрисуночные надписи см. рисунок 2. Заливкой выделены периоды потепления и похолодания согласно данным U. Buntgen [2016]: I - римское потепление (0-300 гг.); II - позднеантичный малый ледниковый период (536-660 гг.); III - средневековый оптимум (800-1200 гг.); IV - малый ледниковый период (1300-1850 гг.); V - современное потепление (1961-2016 гг.). *Примечание:* KT - Kungur_Taris, SD - Solongotyin Davaa, OZN - Ondor Zuun Nuruu

Для того, что бы оценить влияние периодов потепления и похолодания на согласованность прироста, были рассчитаны коэффициенты корреляции и детерминации (таблица 4). Проведенный анализ показал, что ослабление в согласовании прироста наблюдается в периоды потепления, а усиление в периоды похолодания (таблица 4). Это подтверждает тот факт, что у всех высокогорных хронологий лимитирующим фактором является температура.

Таблица 4 - Коэффициенты корреляции и детерминации индексов прироста хронологий Республики Тыва, Республики Алтай и Северной Монголии на общем периоде с 1100 по 1999 гг., где $EPS \geq 0.85$ в периоды потепления и похолодания согласно данным U. Buntgen [2016].

Периоды	Похолодание (позднеантичный малый ледниковый период)	Потепление (средневековый оптимум)	Похолодание (малый ледниковый период)	Потепление (современное потепление)
Годы	536 - 660	800 - 1200	1300 – 1850	1961 - 1999
Хронологии	Jelo			
Mongun	0.60 ↑ / 0.36 ↑	0.56 ↓ / 0.31 ↓	0.79 ↑ / 0.62 ↑	0.53 ↓ / 0.28 ↓
КТ		0.40* ↓ / 0.16* ↓	0.58 ↑ / 0.34 ↑	0.06 ↓ / 0.00 ↓
	Tara			
Mongun			0.72 ↑ / 0.52 ↑	0.46 ↓ / 0.21 ↓
КТ			0.55 ↑ / 0.30 ↑	0.23 ↓ / 0.05 ↓
	КТ			
Mongun		0.58* ↓ / 0.34 ↓	0.64 ↑ / 0.41 ↑	0.47 ↓ / 0.22 ↓
	SD			
Mongun			0.33 ↑ / 0.11 ↑	0.01 ↓ / 0.00 ↓
КТ			0.42 ↑ / 0.18 ↑	-0.06 ↓ / 0.00 ↓
	OZN			
Mongun			0.57 ↑ / 0.32 ↑	0.43 ↓ / 0.18 ↓
КТ			0.78 ↑ / 0.61 ↑	0.44 ↓ / 0.19 ↓

Примечание: КТ – Kungur_Taris, SD - Solongotyin Davaa, OZN - Ondor Zuun Nuruu. * - расчет коэффициентов корреляции проводился на периоде 805-1200 гг. Стрелочками обозначены периоды ослабления и усиления в согласованности прироста.

На основе проведенного анализа было установлено, что в широтном направлении, несмотря на значительную удаленность, древесно-кольцевые хронологии Mongun и КТ отражают внешний климатический сигнал на исследуемой и прилегающих территориях.

Глава 5. Реконструкция климата в Республике Тыва за два последних тысячелетия

На основе анализа, проведенного в главе 4, было установлено, что 2930-летняя дкх Mongun и 1395-летняя дкх КТ отражают внешний климатический сигнал на исследуемой и прилегающих территориях. В этом случае, данные древесно-кольцевые хронологии можно использовать как источник информации о климатических изменениях в прошлом для Алтае-Саянского региона.

Для количественной оценки климатического сигнала, содержащегося в хронологиях Mongun и КТ, были рассчитаны функции отклика между этими дкх и данными инструментальных метеонаблюдений по метеостанциям Актру и Эрзин. На основе полученных зависимостей путем расчета линейной регрессии была построена линейная модель, позволившая реконструировать ход температур июня-июля (Mongun: $y=6.7146+1.5206*x$, $r=0.6656$, $p=0.0001$, $r^2=0.4430$; КТ: $y=13.6375+2.9711*x$, $r=0.6521$, $p=0.0000$, $r^2=0.4253$) (таблица 5, рисунок 5).

Таблица 5 - Статистические характеристики регрессионных моделей реконструкции для температуры воздуха июня–июля по инструментальным и расчетным данным в Республике Тыва

Западная часть Республики Тыва	Калибровочный период (1957–1975 гг.)	Верификационный период (1976–1994 гг.)	Калибровочный период (1976–1994 гг.)	Верификационный период (1957–1975 гг.)	Общий калибровочный период (1957–1994 гг.)
Коэффициент корреляции (R)	0.697	0.662	0.662	0.697	0.666
Коэффициент детерминации (R ²)	0.486	0.438	0.438	0.486	0.443
Ошибка восстановления		0.665		0.570	
Коэффициент эффективности		0.430		0.386	
t-критерий Стьюдента (17)		9.843/3.640		11.908/4.010	
Восточная часть Республики Тыва	Калибровочный период (1967–1991)	Верификационный период (1992–2016)	Калибровочный период (1992–2016)	Верификационный период (1967–1991)	Общий калибровочный период (1967–2016)
Коэффициент корреляции (R)	0.663	0.656	0.656	0.663	0.665
Коэффициент детерминации (R ²)	0.440	0.430	0.430	0.440	0.442
Ошибка восстановления		0.790		0.913	
Коэффициент эффективности		0.528		0.696	
t-критерий Стьюдента (23)		19.683/4.164		14.613/4.250	

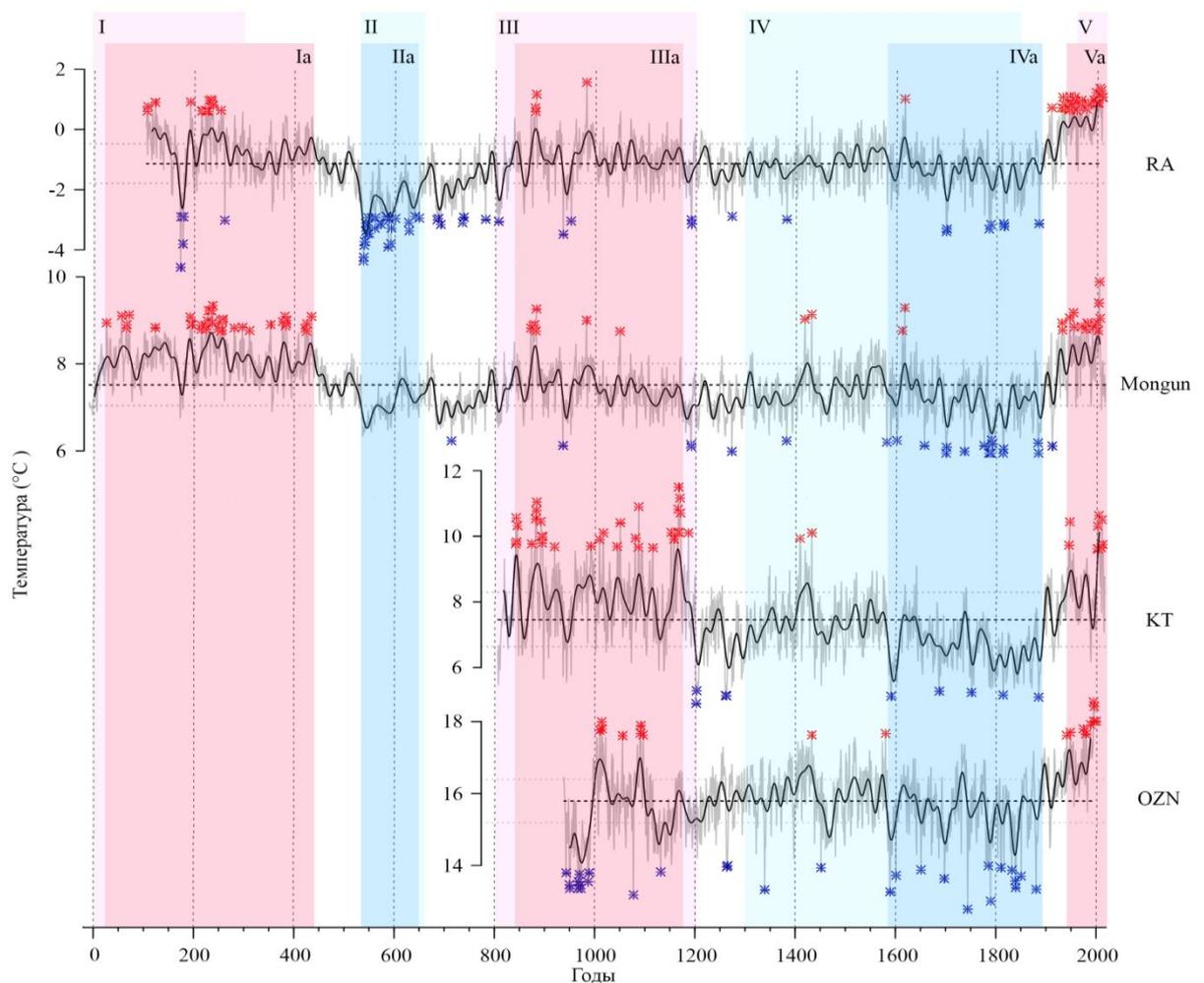


Рисунок 5 - Реконструированные температурные ряды хода температур воздуха по дхк RA, Mongun, KT и OZN. Горизонтальной пунктирной линией обозначено арифметическое среднее значение, двумя тонкими горизонтальными пунктирными линиями приводится стандартное отклонение от среднего значения, тонкой кривой показана погодичная изменчивость, жирной кривой дана скользящая 22-х летняя низкочастотная фильтрация. Светлой заливкой даны периоды согласно данным U. Buntgen [2016]: I - римское потепление, II - позднеантичный малый ледниковый период; III - средневековый оптимум; IV - малый ледниковый период; V - современное потепление. Темной заливкой и Ia, IIa, IIIa, IVa, Va - уточненные мной периоды.

Примечание: RA – Russian Altai; KT – Kungur_Taris; OZN - Ondor Zuun Nuruu.

Для западной части Республики Тыва была выполнена реконструкция температур июня-июля Mongun за 2027 лет (рисунок 5). Значения реконструированного температурного ряда колеблются от 5.93 °С (минимальное значение) до 9.88 °С (максимальное значение), среднее значение реконструированной температуры составляет 7.50°С (стандартная ошибка среднего значения 0.01°С). Анализ реконструкций показал, что наиболее холодными были 713, 935, 1190-1191, 1272, 1281, 1581, 1601, 1656, 1699-1700, 1736, 1775, 1784-1785, 1788-1790, 1792, 1813-1814, 1883-1884, 1911 гг. Положительные аномалии температуры пришлись на: 25, 55, 64-65, 70, 122, 192, 194, 196, 214-215, 222, 224, 227, 229, 233-237, 248, 252-253, 255-257, 280, 296, 310, 352, 376, 381-384, 421, 424-425, 434, 871, 876-877, 879, 881-882, 982, 1049, 1418, 1431, 1612, 1617, 1930-1931, 1946, 1953, 1955, 1969, 1979, 1981-1982, 1991, 1998, 2001, 2003-2004 гг.

Для восточной части Республики Тыва была выполнена реконструкция температур июня-июля КТ за 1212 лет (рисунок 5). Значения реконструированной температурного ряда колеблются от 4.88 °С (минимальное значение) до 11.49 °С (максимальное значение), среднее значение реконструированной температуры 7.44 °С (стандартная ошибка среднего значения 0.03°С). Проведенный анализ показал, что наиболее холодными были 1200-1201, 1259, 1261, 1589, 1685, 1750, 1813, 1884 гг. Положительные аномалии температуры пришлись на: 840-842, 844, 872, 880-882, 891-894, 918, 990, 1008, 1015, 1043, 1049, 1079, 1085-1086, 1114, 1151, 1156, 1163, 1165-1169, 1185, 1408, 1431, 1944, 1946, 2001-2004, 2008, 2010, 2012 гг.

Выделение длительных изменений температуры по реконструкциям Mongun и КТ проводилось путем выделения периодов, когда сглаженная кривая хода температур выходит за пределы стандартного отклонения от среднего значения (рисунок 5). В работе было показано, что рост раннелетней температуры наблюдался во второй четверти I - первой половине V вв., второй половине IX – третьей четверти XII вв., второй половине XX – начале XXI вв. Падение раннелетней температуры приходится на вторую четверть VI – первую половину VII вв., конец XVI - конец XIX вв. Проведенный анализ позволил уточнить границы периодов потепления и похолодания в Республике Тыва: римское потепление (20-440 гг.) - характеризуется длительными повышениями температуры июня-июля, в котором зафиксировано 39 экстремальных повышения температуры в западной части; позднеантичный малый ледниковый период (536-650 гг.) характеризуется длительными снижениями температуры июня-июля, однако экстремальных климатических событий в данный период не зафиксировано; средневековый оптимум (840-1175 гг.) - характеризуется длительными повышениями температуры июня-июля, в котором зафиксировано 8 экстремальных повышений температуры в западной и 30 в восточной частях; малый ледниковый период (1590-1890 гг.) характеризуется длительными снижениями температуры июня-июля, в котором зафиксировано 16 экстремальных климатических событий в западной и 14 в восточной частях; современное потепление (1940г.-настоящее время) - характеризуется длительными повышениями температуры июня-июля, в котором зафиксировано 14 экстремальных повышений температуры

в западной и 9 в восточной частях (рисунок 5). Сравнительный анализ периодов потепления и похолодания, выделенных U. Buntgen [2016] для Алтае-Саянского региона и мной для Республики Тыва показал, что в Республике Тыва римское потепление проявилось на 20 лет позже и продлилось на 140 лет дольше, позднеантичный малый ледниковый период проявился в одно время и закончился на 10 лет раньше, средневековый оптимум проявился на 40 лет позже и закончился на 25 лет раньше, малый ледниковый период проявился позже на 290 лет позже (отразилась только вторая часть) и продлился на 40 лет дольше, современное потепление отразилось на 21 год раньше. По моему мнению, различия в проявлении периодов потепления и похолодания связаны с тем, что в определенные периоды времени происходит изменение меридиального типа циркуляции на зональный. Вследствие чего увеличиваются зональные различия [Гирс, 1971, 1974; Орлов, 2008].

Для оценки связи построенных реконструкций для периодов потепления и похолодания (средневековый оптимум, малый ледниковый период, современное потепление) были рассчитаны коэффициенты корреляции и детерминации (таблица 6). Результаты показали, что у реконструкций Mongun и КТ для периодов потепления и похолодания, как и в случае с шириной годичного кольца, наблюдается усиление сигнала в периоды похолодания и ослабление в периоды потепления.

Таблица 6 - Коэффициенты корреляции (Пирсона) и детерминации между различными температурными реконструкциями для периодов потепления и похолодания

Хронологии	Периоды		
	Потепление (средневековый оптимум)	Похолодание (малый ледниковый период)	Потепление (современное потепление)
	840–1175 гг.	1590–1890 гг.	1940–2005 гг.
	RA		
Mongun	*	0.89 ↑ / 0.79 ↑	0.86 ↓ / 0.74 ↓
КТ	0.58 ↓ / 0.34 ↓	0.65 ↑ / 0.42 ↑	0.47 ↓ / 0.22 ↓
	КТ		
Mongun	0.57 ↓ / 0.32 ↓	0.66 ↑ / 0.44 ↑	0.50 ↓ / 0.25 ↓
	OZN		
Mongun		0.58 ↑ / 0.34 ↑	0.52 ↓ / 0.27 ↓
КТ		0.80 ↑ / 0.64 ↑	0.66 ↓ / 0.44 ↓

Примечание: * - обозначен период, в который коэффициенты корреляции между хронологиями не рассчитывались, поскольку при построении дкх использовалась общая часть образцов; КТ - Kungur_Taris; RA – Russian Altai, OZN – Ondor Zuun Nuruu; расстояние между реконструкциями Mongun и RA составляет 200 км, Mongun и КТ – 530 км, Mongun и OZN – 650 км, КТ и RA - 716 км, КТ и OZN - 160 км.

Проведенный анализ по построенным мной и привлеченным реконструкциям температур воздуха летних месяцев (RA и OZN) показал, что, несмотря на значительную территориальную удаленность, температурное поле в летние месяцы в Алтае-Саянском регионе достаточно однородно.

Заключение

В ходе диссертационного исследования для Республики Тыва была впервые построена сеть из шести температурочувствительных древесно-кольцевых хронологий для участков на верхней границе леса. Было установлено, что участки Mongun, Kungur и Taris являются наиболее перспективными для построения длительных древесно-кольцевых хронологий.

Результатом работы для западной части Республики Тыва по лиственнице сибирской стало улучшение и продление дкх Mongun (до длительности 2930 лет) и построение новой дкх Kolchan (длительностью 1452 года). Дкх Kolchan, исходя из наличия особенностей в приросте (содержит сильный локальный сигнал), была исключена из дальнейшего анализа. Для восточной части республики Тыва построена новая дкх Kungur (длительностью 1394 года), улучшена и продлена хронология Taris (до длительности 1112 лет), которые в последствии были объединены в одну - Kungur_Taris (КТ) (длительностью 1395 лет). Таким образом, для верхней границы леса построены две длительные температурочувствительные древесно-кольцевые хронологии (2930-летняя древесно-кольцевая хронология Mongun для западной части и 1395-летняя дкх КТ для восточной части) в Республике Тыва.

Анализ тысячелетних хронологий Mongun и КТ на общем интервале с 805 по 2016 гг. ($EPS \geq 0.85$) показал, что в широтном направлении, несмотря на значительную удаленность - 525 км, общая реакция у деревьев на внешний климатический сигнал сохраняется. Сопоставление хронологий Mongun и КТ с дкх для сопредельных территорий (Jelo, Tara, SD, OZN) позволило сделать вывод о том, что прирост дкх Mongun и КТ отражает общий региональный сигнал характерный для Алтае-Саянского региона. У всех анализируемых хронологий в периоды улучшения условий произрастания древесной растительности (потепления) происходит ослабление, а в периоды ухудшения условий произрастания древесной растительности (похолодания) наблюдается усиление реакции деревьев на действие лимитирующего фактора. Рассмотрение динамики верхней границы леса на участках отбора образцов показало, что в благоприятные климатические периоды высота распространения древесной растительности растет, а в периоды похолодания снижается.

Для западной части Республики Тыва была выполнена реконструкция раннелетних температур за последние 2027 лет. Значения реконструированной раннелетней температуры колеблются от 5.93 (минимальное значение) до 9.88 (максимальное значение) °С, среднее значение реконструированной раннелетней температуры 7.5 °С. Для восточной части Республики Тыва была построена реконструкция раннелетних температур за 1212 лет. Значения реконструированной раннелетней температуры колеблются от 4.88 (минимальное значение) до 11.49 (максимальное значение) °С, среднее значение реконструированной раннелетней температуры 7.44 °С.

В результате проведенного исследования были сделаны **основные выводы:**

1. Анализ полученной температурочувствительной сети древесно-кольцевых хронологий показал, что согласованность прироста лиственницы сибирской на верхней границе леса сохраняется в западной и восточной частях Республики Тыва и ослабевает в ее центральной части;

2. Реконструкции температурного режима для западной и восточной частей Республики Тыва за последние два тысячелетия, позволили впервые уточнить границы периодов потепления и похолодания: римское потепление пришлось на 20-440 гг., позднеантичный малый ледниковый период – 536-650 гг., средневековый оптимум – 840-1175 гг., малый ледниковый период – 1590-1890 гг., современное потепление – 1940 г. -настоящее время;

3. Сопоставление с данными по приросту и существующим реконструкциям для сопредельных территорий показало, что, летняя температура на территории Алтае-Саянского региона изменяется синхронно. При этом, у проанализированных хронологий и реконструкций приземной температуры воздуха наблюдается усиление сигнала в периоды длительных похолоданий и ослабление в периоды длительных потеплений. Вследствие этого, можно говорить об отсутствии строгой линейной зависимости в периоды потепления.

Таким образом, получены новые данные о динамике прироста и летнего температурного режима за два последних тысячелетия на верхней границе в Республике Тыва. Результаты показывают, что возможность построения длительных (6000 летних) древесно-кольцевых хронологий открывает новые перспективы в исследовании климата Алтае-Саянского региона в голоцене.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

В изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки Российской Федерации

1. **Тайник, А.В.** Прирост лиственницы сибирской (*Larix sibirica* ledeb.) на верхней границе леса в Республике Тыва / **А.В. Тайник**, В.С. Мыглан, В.В. Баринов, О.Ч. Ойдупаа, А.Н. Назаров // География и природные ресурсы. – 2015. – № 2. – С. 91–99.
2. Barinov, V.V. Extreme climatic events in the Republic of Tuva according to tree-ring analysis / V. V. Barinov, V.S. Myglan, **A.V. Taunik**, O.C. Oydupaa, E.A. Vaganov // Contemporary Problems of Ecology. – 2015. – Vol. 8. – P. 414–422.
3. **Тайник, А.В.** Прирост лиственницы сибирской (*Larix sibirica* ldb.) на верхней границе леса в Республике Алтай / **А.В. Тайник**, В.С. Мыглан, В.В. Баринов, А.Н. Назаров, А.Р. Агацова, Р.К. Непоп // Известия РАН. Серия географическая. – 2015. – № 6. – С. 61–71.
4. **Taunik, A.V.** Growth coherency and climate sensitivity of *Larix sibirica* at the upper treeline in the Russian Altai Sayan Mountains / **A.V. Taunik**, V.V. Barinov, O.Ch. Oidupaa, V.S. Myglan, F. Reinig, U. Buntgen // Dendrochronologia. – Vol. 39. – 2016. – P. 10–16.
5. Баринов, В.В. Экстремальные климатические события в Центральном Алтае за последние 1500 лет по данным древесно-кольцевой хронологии Jelo / В.В. Баринов, В.С. Мыглан, **А.В. Тайник** // Известия РАН. Серия географическая. – 2017. – № 1. – С. 106–118.
6. Barinov, V.V. Extreme climatic events in Altai-Sayan region as powerful volcanic eruptions indicator / V.V. Barinov, V.S. Myglan, **A.V. Taunik**, O.Ch. Oidupaa, A.R. Agatova, O.V. Churakova (Sidorova) // Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics. – 2018. - T. 17. – № 3. – P. 45–61.

В сборниках научных трудов и материалах конференций

7. **Тайник, А.В.**, Мыглан В.С., Баринов В.В., Ойдупаа О.Ч., Назаров А.Н. Прирост лиственницы сибирской на верхней границе леса в Республике Тыва / **А.В. Тайник**, В.С. Мыглан, В.В. Баринов, О.Ч. Ойдупаа, А.Н. Назаров // Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая: матер. II междунар. научно-практической конференции. – Кызыл: Тувинский гос. ун-т, 2014 –С. 27.
8. Баринов, В.В. Экстремальные климатические события в Республике Тыва по дендрохронологическим данным / В.В. Баринов, В.С. Мыглан, **А.В. Тайник**, О.Ч. Ойдупаа, Е.А. Ваганов // Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая: матер. II междунар. научно-практической конференции. – Кызыл: Тувинский гос. ун-т, 2014 – С. 24-25.
9. **Тайник, А.В.** Лиственница сибирская на верхней границе леса в Республике Тыва / **А.В. Тайник**, В.С. Мыглан, В.В. Баринов, О.Ч. Ойдупаа, А.Н. Назаров // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сб. науч. ст. по матер. тринадцатой междунар. научно-практической конференции. – Барнаул: Алтайский гос. ун-т, 2014 – С. 228-229.
10. Баринов, В.В. Экстремальные климатические события в Республике Тыва по дендрохронологическим данным / В.В. Баринов, В.С. Мыглан, **А.В. Тайник**, О.Ч. Ойдупаа, Е.А. Ваганов // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сб. науч. ст. по матер. тринадцатой междунар. научно-практической конференции. – Барнаул: Алтайский гос. ун-т, 2014 – С. 279-280.
11. **Тайник, А.В.** Лиственница сибирская на верхней границе леса в Республике Алтай / **А.В. Тайник**, В.С. Мыглан, В.В. Баринов // Экология южной Сибири и сопредельных территорий: межвуз. сб. науч. тр. вып. 18. – Абакан: Хакасский гос. ун-т, 2014 – С. 43.
12. Баринов, В.В. Экстремальные климатические события в Республике Алтай (по дендрохронологическим данным) / В.В. Баринов, В.С. Мыглан, **А.В. Тайник** // Экология южной Сибири и сопредельных территорий: межвуз. сб. науч. тр. вып. 18. – Абакан: Хакасский гос. ун-т, 2014 – С. 9-10.

13. Баринов, В.В. Хронология экстремальных климатических событий в Алтае-Саянском регионе по патологиям годовичных колец лиственницы сибирской / В.В. Баринов, **А.В. Тайник**, О.Ч. Ойдупаа, В.С. Мыглан // Биоразнообразии и сохранение генофонда флоры, фауны и народонаселения центрально-азиатского региона: материалы IV международной научно-практической конференции. – Кызыл: Тувинский гос. ун-т, 2015 – С. 47-48.
14. **Тайник, А.В.** Анализ сети древесно-кольцевых хронологий по лиственнице сибирской на верхней границе леса в Алтае-Саянском регионе / **А.В. Тайник**, В.В. Баринов, О.Ч. Ойдупаа, В.С. Мыглан // Биоразнообразии и сохранение генофонда флоры, фауны и народонаселения центрально-азиатского региона: материалы IV международной научно-практической конференции. – Кызыл: Тувинский гос. ун-т, 2015 – С. 73-75.
15. **Taynik, A.V.** Tree-ring growth of *Larix sibirica* in the Russian Altai-Sayan Mountains / **A.V. Taynik**, V.S. Myglan, V.V. Barinov // EuroDendro 2015: book of abstracts International Scientific Conference on Dendrochronology. - Antalya, Turkey, 2015 – P. 178.
16. **Тайник, А.В.** Оценка уровня изменчивости погодных условий за последние 600 лет по дендрохронологическим данным в урочище кунгуртук юго-восточной Тывы / **А.В. Тайник**, М.О. Сидорова, В.В. Баринов, А.Г. Лузганов // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. науч. ст. по матер. Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. – Красноярск: ФГБОУ ВО «СибГТУ», 2015 – С. 109-111.
17. Myglan, V.S. The constructing of a stepper tree-ring chronology network in the Tuva Republic in Russia / V.S. Myglan, V.V. Barinov, **A.V. Taynik**, O.Ch. Oidupaa // TRACE 2016, Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology. - Bialowieza, Poland, 2016 – P. 93.
18. **Taynik, A.V.** A new 1394-year long tree-ring chronology Kungur (Eastern Tuva) / **A.V. Taynik**, V.V. Barinov, O.Ch. Oidupaa, V.S. Myglan // TRACE 2016, Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology. - Bialowieza, Poland, 2016 – P. 106-107.
19. Barinov, V.V. Using growth anomalies of *Larix sibirica* in the Altai-Sayan Mountains to reconstruct climatic extremes over the past three centuries / V.V. Barinov, **A.V. Taynik**, O.Ch. Oidupaa, V.S. Myglan // TRACE 2016, Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology. - Bialowieza, Poland, 2016 – P. 106-107.
20. **Тайник, А.В.** Построение новой длительной 1394 летней хронологии для Восточной Тывы / **А.В. Тайник**, В.С. Мыглан, В.В. Баринов, О.Ч. Ойдупаа // Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры, 2017 – С. 79-83.
21. Баринов, В.В. Тысячелетняя Восточно-Тывинская хронология экстремальных климатических событий по лиственнице сибирской для верхней границы леса / В.В. Баринов, В.С. Мыглан, **А.В. Тайник**, О.Ч. Ойдупаа // Евразия в кайнозое. Стратиграфия, палеоэкология, культуры, 2017 – С. 84-88.
22. **Taynik, A.V.** Constructing of super long 3290-year tree-ring chronology for the Altai-Sayan region / **A.V. Taynik**, V.V. Barinov, O.Ch. Oidupaa, V.S. Myglan // TRACE 2017, Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology. – Svetlogorsk, 2017 – P 34.

Просим Ваши отзывы на автореферат с заверенными подписями высылать в двух экземплярах по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ученому секретарю диссертационного совета Д 212.034.01. Тихоновой Е.Н.