

Кузнецова Вероника Викторовна

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ В ПОВОЛЖЬЕ ПО
ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

25.00.25 – «Геоморфология и эволюционная география»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Москва 2020

Работа выполнена в отделе гляциологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт географии Российской академии наук

Научный руководитель

Соломина Ольга Николаевна
Доктор географических наук, член-корреспондент РАН, директор Института географии РАН

Официальные оппоненты

Мазепа Валерий Семенович,
доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории дендрохронологии Института экологии растений и животных УрО РАН

Быков Николай Иванович,
кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН

Ведущая организация

Казанский федеральный университет, Институт экологии и природопользования, отделение экологии

Защита диссертации состоится **29 мая 2020 г. в 13:30** на заседании диссертационного совета Д 002.046.03 при ФГБУН Институте географии РАН по адресу: 119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29.

Телефон +7 495 959-00-32, e-mail: direct@igras.ru

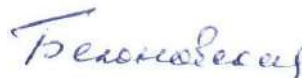
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Института географии РАН: <http://igras.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2020 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просьба присылать ученому секретарю диссертационного совета Д 002.046.03, email d00204603@igras.ru.

Ученый секретарь диссертационного совета,

кандидат географических наук



Е.А. Белоновская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. По инструментальным данным с начала XXI века рост глобальной температуры приземного воздуха составляет 0.17-0.18°C/10 лет (IPCC, 2013). В России эта величина превосходит среднее планетарное потепление в 2,5 раза и достигает 0,47°C/10 лет (Доклад..., 2018), что сопровождается увеличением частоты и интенсивности опасных природных явлений – засух, которые наносят существенный вред населению и экономике страны (Доклад..., 2017). Современные климатические модели воспроизводят увеличение частоты и интенсивности засух, вызванных не только ростом глобальной температуры, но и изменениями общей атмосферной циркуляции (IPCC, 2013). Однако до сих пор высока степень неопределенности в региональных оценках естественной климатической изменчивости и ее долгопериодных циклов. Уточнение этих оценок напрямую связано с продолжительностью инструментальных наблюдений за гидрометеорологическими параметрами – температурой воздуха, осадками и т. д., которая на Европейской территории России в основном не превосходит столетия. В связи с этим возникает необходимость продления рядов наблюдений при помощи косвенных источников информации о климате, одним из которых является радиальный прирост древесины – параметр, напрямую связанный с климатом и его динамикой. Дендрохронологический метод позволяет продлить существующие ряды инструментальных наблюдений и создать количественные реконструкции климата с высоким разрешением (сезон, год) на несколько столетий.

Цель работы – выявление закономерностей изменений регионального климата на основе комплексного пространственного анализа климатического сигнала в данных о радиальном приросте сосны обыкновенной на территории Поволжья, а также реконструкция динамики гидрометеорологических условий за последние два столетия по дендрохронологическим данным.

Задачи исследования:

1. Сбор и обработка дендрохронологических данных по живой и исторической древесине сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), построение локальных древесно-кольцевых хронологий (ДКХ) и их объединение в региональные ДКХ для трансекта северо-запад-юго-восток (СЗ-ЮВ);
2. Датирование древесины из исторических объектов Поволжья относительно длинных хронологий по живой древесине и построение длинной непрерывной ДКХ на основании данных о радиальном приросте живой и исторической древесины;
3. Пространственно-временной анализ регионального климатического сигнала ДКХ по живой древесине сосны обыкновенной и его изменения с СЗ на ЮВ;

4. Реконструкции речного стока и индекса суровости засухи scPDSI на территории Поволжья с помощью древесно-кольцевых хронологий по живой древесине и выявление долгопериодной динамики условий увлажнения в регионе.

Основные защищаемые положения:

1. В Поволжье ширина годичных колец сосны обыкновенной, произрастающей в условиях умеренного и недостаточного увлажнения в пределах средне- и южнотаежных сосновых лесов и широколиственно-хвойных подтаежных лесов (на севере региона), смешанных умеренно-широколиственных лесов (в центральной части региона) и широколиственных лесостепей и луговых степей (на юге), зависит от сочетания температуры и осадков вегетационного периода. По мере продвижения с северо-запада на юго-восток связь ширины годичных колец со средней месячной температурой (отрицательная) и осадками (положительная) усиливается, что связано с увеличением континентальности климата.

2. В Поволжье радиальный прирост сосны положительно коррелирует с индексом засушливости scPDSI и с объемом речного стока, что позволило реконструировать эти параметры с 1825 по 2013 гг. (scPDSI, июнь-сентябрь) и с 1827 по 2013 гг. (сток р. Илеть, июль-сентябрь). Для двух реконструкций выделены общие периоды с повышенными (1853-1883 гг. и 1943-1967 гг.) и пониженными (засухи, 1883-1909 гг., 1917-1943 гг., 1967-1980 гг.) значениями параметров, которые согласуются с данными инструментальных наблюдений и исторических источников.

3. Древесно-кольцевой анализ позволил выполнить датирование древесины некоторых архитектурных объектов, в результате чего удалось продлить хронологический ряд по живой древесине до 478 лет и построить новую длинную мастер-хронологию по ширине годичных колец сосны (Volga). Для этой хронологии выявлены годы максимального угнетения прироста и, с помощью данных из исторических источников, установлена связь этих периодов с экстремальными погодными явлениями. На основании хронологии Volga оценена долгопериодная и внутривековая изменчивость прироста сосны с 1640 по 2014 гг.

Научная новизна работы

- Построена новая длинная поволжская (478 лет) древесно-кольцевая хронология по сосне обыкновенной на основании живой и исторической древесины;
- Впервые для обширной территории Поволжья выявлены пространственные закономерности регионального климатического сигнала в ширине годичных колец сосны;

- Исследована связь прироста сосны и динамики речного стока для пяти малых рек Поволжья и произведена уникальная реконструкция стока реки Илеть за период с 1827 по 2013 гг.;

- Впервые для палеоклиматических исследований реконструирован индекс scPDSI с помощью региональной поволжской мастер-хронологии, что позволило оценить долгопериодную динамику условий увлажнения территории с 1825 по 2013 гг.

Теоретическая и практическая значимость. Поволжье на протяжении столетий страдает от засух и их последствий и, по всей вероятности, частота и интенсивность засух здесь будет увеличиваться в связи с продолжающимся потеплением. Поэтому даже косвенные данные о водообеспеченности этой территории, особенно длиннорядные, имеют первостепенное значение как для решения научных, так и для прикладных задач. Реконструкции изменчивости гидрометеорологических условий в прошлом и составление будущих прогнозов – особенно актуальная научная задача для Поволжья, малоисследованного с точки зрения палеоклиматологии региона. Полученные нами дендрохронологические данные и установленные зависимости приростов сосны от гидрометеорологических параметров могут послужить практической основой для прогнозов динамики речного стока, частоты, продолжительности и интенсивности засух, волн тепла и холода, экстремальных осадков, будущей продуктивности лесов (Мыглан и др., 2007, 2010). Такие прогнозы представляют интерес для лесного и сельского хозяйства, а также для других погодозависимых секторов экономики. Создание длинной хронологии по ширине годовых колец сосны в Поволжье позволяет произвести анализ динамики прироста древесины, оценить повторяемость опасных природных климатических явлений (засух, периодов с избыточным увлажнением и др.) за последние пять столетий, а также датировать историко-культурные объекты, содержащие фрагменты древесины (архитектурные сооружения, предметы интерьера, археологические находки и т.д.).

Личный вклад автора. Автором произведен отбор, подготовка и измерение дендрохронологического материала (250 древесно-кольцевых серий, на основании которых построено 22 ДКХ по живой и исторической древесине), а также последующий дендрохронологический, дендроклиматический анализ, создана длинная древесно-кольцевая хронология по сосне, построены модели линейной регрессии, произведены реконструкции индекса scPDSI и стока р. Илеть.

Апробация работы. Основные положения работы опубликованы автором в 13 статьях и доложены на 11 международных конференциях, в том числе на международной конференции «Практическая география и вызовы 21 века» (4-6 июня 2018, Москва, Президиум РАН), международной научной конференции Eurodendro (Тарту, Эстония, 7-

10 сентября 2017); 5-й открытой международной научной конференции PAGES (Past Global Changes, 5th Open Science Meeting, Global challenges for our Common Future: a paleoscience perspective, Сарагоса, Испания, 9-13 мая 2017 г.); на двух международных научных конференциях Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology (TRACE, Калининград, Россия, 16-21 мая 2017, Беловежа, Польша, 11-15 мая 2016); на IV Всероссийской научной конференции с международным участием "Динамика современных экосистем в голоцене", (Пушино, Россия, 17-20 октября 2016); и др.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 212 страницах и включает введение, пять глав, заключение, список литературы и приложения, в том числе 105 иллюстраций и 24 таблицы.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность и благодарность научному руководителю, чл.-корр. РАН, д.г.н. О.Н. Соломиной за всестороннюю помощь при выполнении диссертационной работы. Автор благодарит профессора кафедры рационального природопользования, д.б.н., Е.И. Голубеву, научного сотрудника ИПЭЭ РАН, к.б.н. Б.Ф. Хасанова, ведущего научного сотрудника лаборатории климатологии ИГ РАН, к.г.н. В.В. Попову за внимание к работе, ценные советы и научные консультации, а также коллег, принимавших участие в научных экспедициях и оказывающих всестороннюю поддержку В.В. Мацковскому, Е.А. Долговой, Н.С. Семеняк, П.Д. Полумиевой, М.Ю. Александрину, В.Н. Михаленко, Д.В. Тишину.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Палеоклиматические и палеогидрологические реконструкции по дендрохронологическим данным (состояние вопроса)

В главе рассмотрены основные принципы дендрохронологии, приведен обзор дендрохронологических и дендроклиматических работ в России и за рубежом, в частности, в области реконструкций гидрометеорологических параметров.

Анализ литературных источников, приведенный в главе 1 (Краснобаева и др., 1972, 1986, 2006, Якуткин, 1968, 1974, Котов, 1981, Демитрова, 2000, Askeev et al., 2005, Тимофеев, 2007, 2008, Тишин и др., 2006, 2008, 2018, Демаков и др., 2009, 2015, Шакиров, 2010, Ефимова и др., 2017, Kosareva et al., 2017 и т.д.), показал, что территория Поволжья в дендроклиматическом отношении изучена недостаточно. В Поволжье выполнен локальный дендроклиматический и дендроэкологический анализ, но нет единого исследования, посвященного изучению комплексного климатического сигнала хронологий для всей территории региона, а также отсутствуют реконструкции климатических параметров.

Эта работа посвящена изучению комплексного климатического сигнала в древесно-кольцевых хронологиях на территории Поволжья, имеет широкий региональный охват,

обобщает новые и ранее опубликованные данные по дендроклиматическим реконструкциям и, в этом отношении, заполняет имеющийся пробел в знаниях о пространственно-временной динамике климата Поволжья последних столетий.

Глава 2. Район исследований, материалы и методы

Район работ расположен в пределах Восточно-Европейской равнины, в Поволжье (Республики Татарстан, Марий Эл, Чувашия, Пензенская, Саратовская и Ульяновская области) в умеренно-континентальном климате и простирается на 500 км с севера на юг (с 56 °с.ш. и 48° в.д. по 52° с.ш. и 48° в.д.) и на 500 км с запада на восток (с 54 °с.ш. 46° в.д. по 55° с.ш. и 53° в.д.), рис. 1. Все области, на территории которых проводилось исследование, входят в состав Поволжского экономического района и поэтому мы называем район работ Поволжьем, подразумевая вышеперечисленные субъекты. Хронологии по живой древесине отобраны в согласии с основными принципами дендрохронологии, выполнение которых обеспечивает максимальную корректность в процессе поиска климатического сигнала в древостоях (Шиятов и др., 2000) – все пробные площади заложены пределах «фоновых» особо охраняемых природных территорий – заповедников, национальных парков, а также на территории лесных массивов вдали от населенных пунктов и промышленных объектов.

Территория представлена следующими типами растительности: средне- и южнотаежными сосновыми лесами и широколиственно-хвойными подтаежными лесами (на севере региона), смешанными умеренно-широколиственными лесами в центральной его части и широколиственными лесостепями и луговыми степями на юге.

Среднемесячное количество осадков на территории сокращается с севера на юг: на севере района работ (г. Казань) по данным инструментальных наблюдений CRU TS 4.03 (Harris et al., 2014) за период с 1901 по 2017 гг. среднемесячная сумма осадков составляет 355 мм за вегетационный сезон (апрель-октябрь), среднемесячные температуры июля +23°C и января -16°C; на юге региона (г. Саратов) выпадает меньшее количество осадков, чем на севере – среднемесячная сумма осадков здесь составляет 259 мм; средняя температура июля +24°C, а января -14°C.

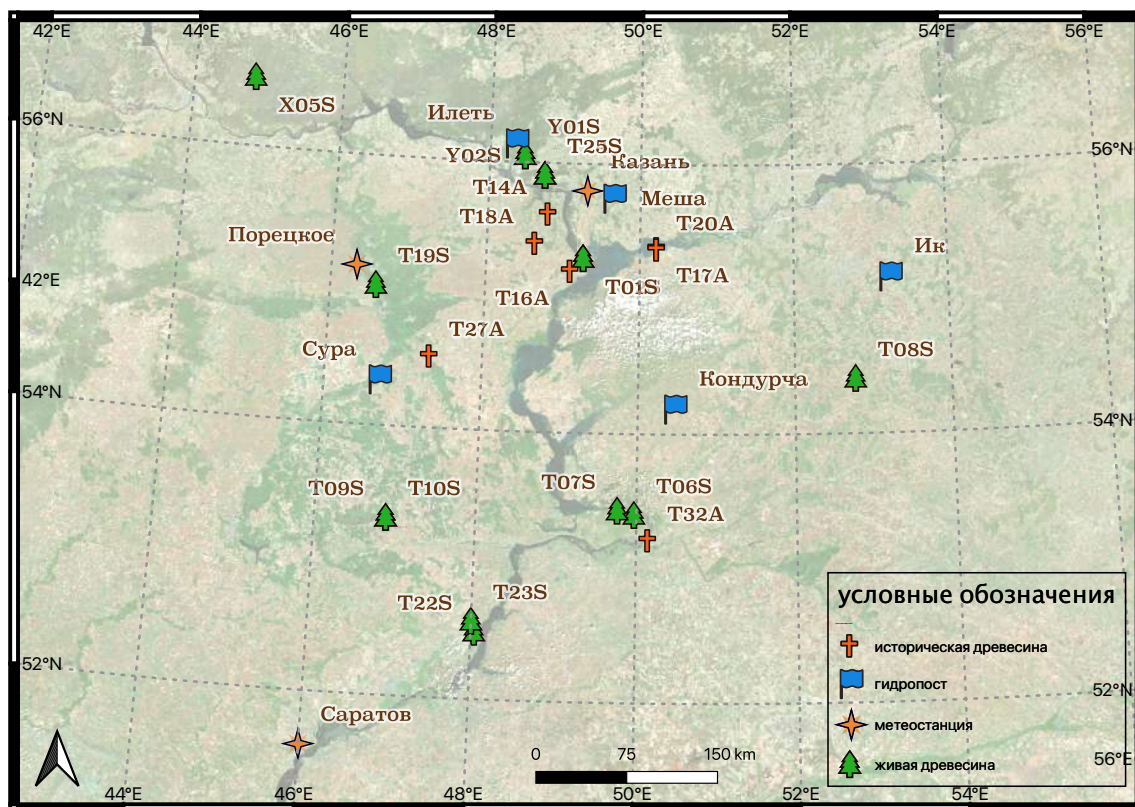


Рисунок 1 – Расположение пробных дендрохронологических площадей, метеорологических станций и гидрологических постов на территории района работ

Методика исследования

Построение древесно-кольцевых хронологий по радиальному приросту. В работе использованы дендрохронологические образцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), отобранные из живых деревьев. Были выбраны наиболее старые деревья, произрастающие на водораздельных поверхностях (Мазепа, 1986, Шиятов, 2000). Образцы были тщательно отшлифованы и затем отсканированы с высоким разрешением (свыше 1200 dpi). Измерения производились при помощи специализированных программ Coorecorder и CDendro. Контроль качества образцов выполнен с помощью программы COFESHA (Grissino-Mayer, 2001, Holmes, 1983). Стандартизация (получение *индексов прироста*) производилась в программе ARSTAN (Cook, 1985): возрастной тренд (Fritts, 1976, Bradley, 1999, Briffa, 2008, Wilson, 2016) в работе удален путем деления значения прироста за каждый год на значение точечной аппроксимирующей функции за этот год. С целью извлечения из хронологий долгопериодного сигнала, ко всем образцам применено 100-летнее линейное сглаживание – однопараметрическое семейство низкочастотных фильтров, определяемых специальным множителем Лагранжа p . При применении этого фильтра из ряда дендрохронологических данных (ежегодный прирост годичных колец) производится удаление неклиматического сигнала, индивидуальные особенности прироста деревьев сглаживаются путем осреднения ширины годичных колец деревьев в

серии древесно-кольцевой хронологии (Cook, 1981). *Оценка качества* построенных хронологий производилась при помощи общепринятого в дендрохронологии критерия EPS (Expressed Population Signal, Briffa and Jones, 1990) – корреляции между средним из N древесно-кольцевых серий и генеральной совокупностью. Значение EPS более 0.85 считается надежным – погрешность хронологии составляет не более, чем 15% по сравнению с генеральной совокупностью (Wigley et al., 1984).

Данные о **линейном приросте** (в высоту) предоставлены А.Е. Кухта (ЛИАИКС ИГ РАН) и использованы для анализа связи линейного и радиального прироста сосны с осадками разного генезиса на территории Керженского заповедника. Линейные приросты измерялись в свежих (12 пробных площадей), сухих (6 пробных площадей) и влажных (9 пробных площадей) местообитаниях (Сукачев, 1964), пробные площади были заложены маршрутным методом по методике, изложенной в работе А.Е. Кухта и др. (2005).

Реперные годы рассчитаны согласно методике, по которой «реперным» считается год, в который более, чем у 65%-75% деревьев наблюдается отрицательное отклонение от среднего значения ширины годовых колец на 20%-30% (van der Maaten-Theunissen et al., 2015).

Построение «плавающих» дендрошкал и их перекрестное датирование. Для определения года постройки здания и последующего создания длинной древесно-кольцевой хронологии нами произведено перекрестное датирование образцов при помощи программ Rinntech TSAPWin® (Rinn et al., 1996) и CDendro (Cybis Elektronik, 2016), контроль качества датировки выполнен в программе COFECNA (Grissino-Mayer, 2001, Holmes, 1983).

Для определения связи ширины годовых колец с метеопараметрами, речным стоком и индексом scPDSI рассчитывались коэффициенты корреляции Пирсона (Fritts, 1976) за период в 18 месяцев – с мая предыдущего года по октябрь текущего, значимость которых определялась по методу (Большев и др., 1984). Оценка устойчивости корреляций между приростом древесины и реконструируемыми параметрами произведена при помощи специализированного программного пакета Treeclim (Zang, 2014).

В работе также построены *региональные мастер-хронологии*: MasterTY (использована для реконструкции индекса scPDSI, в хронологию включены площадки, наиболее чувствительные к индексу, прошедшие тест на пригодность для построения модели линейной регрессии – r , r^2 , RE, CE, Durbin-Watson test и проч.); PГ2 (северо-запад), PГ3 (юго-восток) (построены на основании дендроклиматического анализа и метода главных компонент и использованы для определения комплексного пространственного

климатического сигнала и анализа его изменений с севера-запада на юго-восток, а также для выделения реперных лет).

Реконструкция значений речного стока и индекса scPDSI выполнена при помощи уравнения простой линейной регрессии типа $Y = a + bx$, где b – угловой коэффициент, измеряющий темп изменения реконструированного параметра, x – независимая переменная (в данном случае – ширина годового кольца), a – свободный член. При тестировании построенных моделей для общего периода инструментальных данных (для стока р. Илеть с 1965 по 2013 гг., для индекса scPDSI с 1950 по 2013 гг.) выделены периоды калибровки и верификации, для которых произведен расчет перечисленных выше статистических характеристик (Cook et al., 1990). Статистические процедуры выполнены с использованием специализированных программных продуктов dplR (Bunn, 2008), Treeclim (Zang, 2014), PointRes (van der Maaten-Theunissen et al, 2015), написанных для программной среды R. Для того чтобы выявить долгопериодную изменчивость реконструированных значений речного стока и индекса scPDSI к данным применено сглаживание методом 11-летнего скользящего среднего. Для каждой реконструкции рассчитаны значения 1 (Upper/Lower SD) и 2 (Upper2SD/Lower2SD) стандартных отклонений полученных значений, а также квантили 0,25, квантиль 0,5 (медиана) и 0,75. Квантили мы использовали для выделения периодов *дефицита* (значения параметра, расположенные ниже $Q=0.5$ и $Q=0.25$) или *избытка* (значения параметра, расположенные выше $Q=0.5$ и $Q=0.75$) увлажнения. Поскольку одна из задач настоящей работы – оценить и восстановить условия увлажнения на территории Поволжья, отдельное внимание в реконструкциях стока р. Илеть и индекса scPDSI было уделено годам с минимальными и максимальными значениями этих параметров. За отрицательные экстремумы приняты значения ряда ниже 5-го перцентиля, а за положительные экстремумы – выше 95-го перцентиля. Отрицательные экстремумы, выявленные в рядах как речного стока, так и индекса scPDSI, свидетельствуют о дефиците увлажнения за определенный год, а положительные экстремумы – об избытке влаги. Подобная методика принята как в дендрохронологических (Carson et al., 2005, Woodhouse et al., 2006, Mundo et al., 2012), так и в климатологических работах (Доклад..., 2018, Perşoiu et al., 2019).

Климатические данные. Для анализа использованы метеорологические данные (среднемесячные температуры, осадки и значения индекса суровости засухи Палмера, scPDSI) из сеточных архивов CRU_TS 4.03 (Harris et al., 2014, Osborn et al., 2017) за период с 1901 по 2017 г. с разрешением 5° по широте и долготе. Данные сеточных архивов применялись для площадных сравнений, в случае необходимости выявления климатического сигнала в региональных мастер-хронологиях, построенных для

обширных территорий, а также для оценки региональных трендов температуры и осадков. В работе также использованы данные ближайших к пробным площадям метеостанций из архива Росгидромета (www.meteorf.ru) (метеорологические станции г. Пензы, г. Казани и пос. Безенчук, табл. 1). Данные об *осадках разного генезиса* получены на основе срочных стандартных метеорологических наблюдений на российских метеостанциях для периода 1966–2016 гг., предоставлены сотрудниками ИФА РАН и рассчитаны по методике, подробно изложенной в работе (Чернокульский и др., 2018). В соответствии с этой методикой производилось разделение общей суммы осадков на основании информации о характере погоды в срок, между сроками и морфологическим типом облачности. Для оценки влияния осадков разного генезиса на линейный и радиальный прирост сосны в Керженском заповеднике использовались данные с ближайшей метеорологической станции Нижний Новгород (ВМО №27459, 56,34° с.ш., 43,94° в.д.). Для оценки связи осадков разного генезиса с радиальным приростом сосны на всех дендрохронологических площадках Поволжья использованы данные метеостанций, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Сведения об использованных в работе метеостанциях Поволжья

населенный пункт	источник данных	температура	осадки	координаты
Саратов, Саратовская обл.	ВНИИГМИ-МЦД, метеостанция	1937-2008	1966-1991	51.60 с.ш. 46.00 в.д.
Казань, Республика Татарстан		1828-2015	1936-2010	55.80 с.ш. 49.30 в.д.
Порецкое, Республика Чувашия		1923-2017	1966-2017	55.18 с.ш. 46.33 в.д.

Данные о речном стоке использованы по пяти малым рекам бассейна р. Волги (табл. 3), русла которых не зарегулированы. Длина рядов составляет максимум 54 года, минимум – 28 лет. Нами выбраны именно те гидрологические посты, которые минимально удалены от дендрохронологических площадок (максимум на 100 км). Длина рядов наблюдения за речным стоком невелика, но достаточна для реконструкции данных методом линейной регрессии (при выполнении линейной аппроксимации ряд делится на две равные части для проведения процедуры калибровки и верификации модели (Bradley, 1999, Esper, 2002, Goц, 2007).

Таблица 2 – Характеристики малых рек, использованных для сравнения с древесно-кольцевыми хронологиями Поволжья

№	Река	Створ	Расход воды, половодье, м3/с	Расход воды, межень, м3/с	Номер сопоставляемой хронологии	Период наблюдений	Количество лет
1	Мёша	Пестрецы	119	10	T01S, T02S	1960-2013	54
2	Кондурча	Кошки	55	3	T06S, T07S	1939-1981	42
3	Ик	Нагайбаково	180	20	T08S	1986-2013	28
4	Сура	Кадышево	550	50	T09S, T10S, T19S	1939-1980	45
5	Илеть	Красногорский	140	10	Y01S, Y02S	1965-2013	49

Палеоархивы по северному полушарию, с которыми произведено сравнение полученных реконструкций индекса scPDSI и стока р. Илеть: зимнее (декабрь-март) североатлантическое колебание (North Atlantic Oscillation, NAO), реконструированное с 1400 г. в работе (Cook et al., 2002) с помощью дендрохронологических данных в комплексе с данными гренландского ледникового керна; арктическое колебание (Arctic Oscillation, AO) с апреля по сентябрь за период с 1650 г. по 1975 гг., восстановленное в работе (D'Arrigo et al., 2003) с помощью данных о ширине годичных колец; реконструированная летняя температура (июнь-август) для северной Европы (Esper et al., 2006) и для северного полушария (Moberg et al., 2005).

Глава 3 Новые древесно-кольцевые хронологии Поволжья

В основу исследования положено 22 новых древесно-кольцевых хронологии: 15 хронологий по живой древесине, отобранных в пределах заповедников, национальных парков и территорий с минимальным антропогенным воздействием (фоновые территории), расположенных в республиках Татарстан, Чувашия и Марий Эл, а также в Пензенской и Самарской областях: в Национальном парке Марий Чодра, в заповеднике Большая Кокшага (Республика Марий Эл), в Жигулевском заповеднике (Самарская обл.), в заповеднике Приволжская лесостепь (Пензенская обл.), в Волжско-Камском государственном природном биосферном заповеднике на территории Республики Татарстан, а также 7 хронологий, составленных на основании данных архитектурной древесины, отобранных в Республике Татарстан, в Ульяновской и Самарской областях.

В главе приведены данные о региональных мастер-хронологиях, построенных на основании хронологий по живой древесине сосны и использованных для реконструкции индекса scPDSI (MasterTY, рис. 2), а также для анализа изменения климатического сигнала в хронологиях по живой древесине по трансекту северо-запад-юго-восток и анализа реперных лет (РГ2, РГ3, рис. 3).

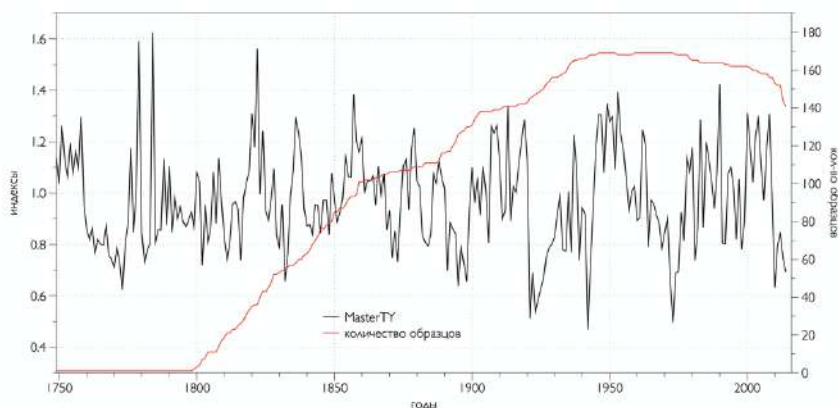


Рисунок 2 – Региональная хронология по ширине годичных колец MasterTY (T01S, T02S, Y02S, T06S, T08S, 1749-2014), черная линия – индексы прироста, красная линия – количество образцов

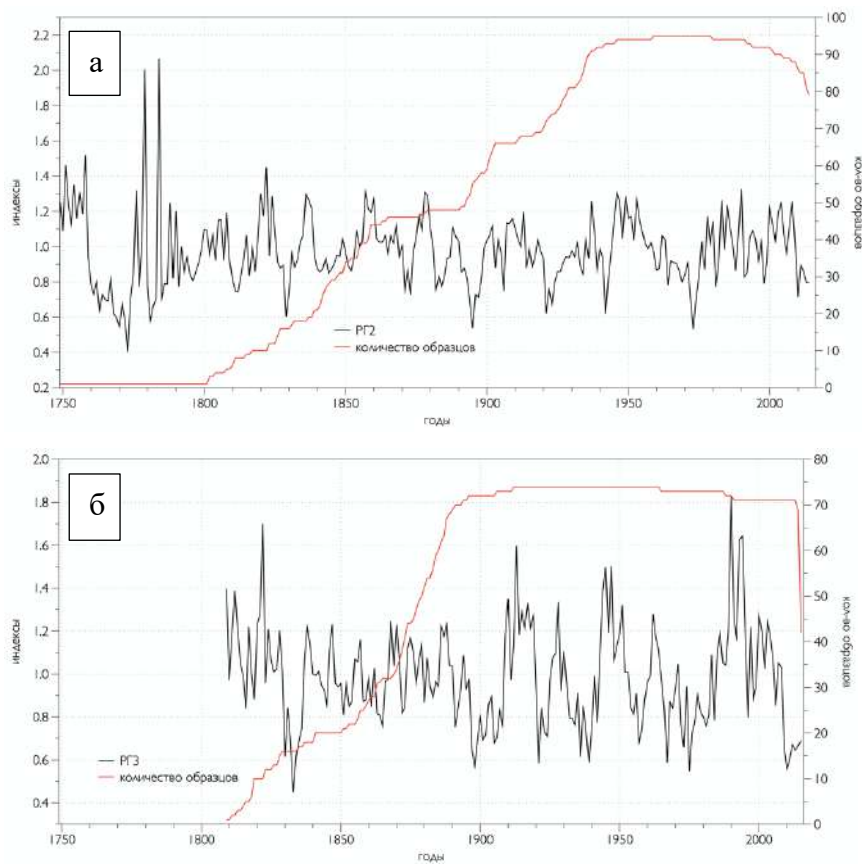


Рисунок 3 – Региональные мастер-хронологии по ширине годичных колец (мм) а – РГ2 (Т01S, Y01S, Y02S и б – РГ3 (Т06S, Т08S) красная линия – количество образцов, черная – индексы прироста

В главе представлена новая древесно-кольцевая хронология Volga длиной (478 лет) (рис. 4,5) и описаны все этапы составления этой хронологии. Также приведены датировки поволжских церквей и их статистические характеристики (церковь Михаила Архангела, село Саконы, Республика Татарстан – 1862 г., церковь Михаила Архангела, село Архангельское Ульяновской области – 1840 г., архитектурный объект г. Самара – 1857 г.)

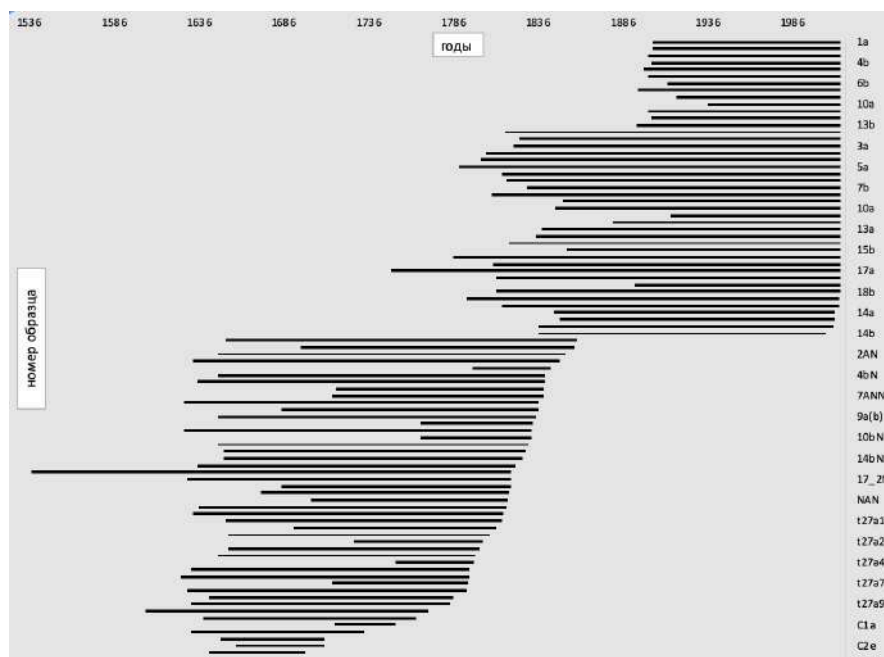


Рисунок 4 – Распределение по времени образцов, входящих в хронологию Volga

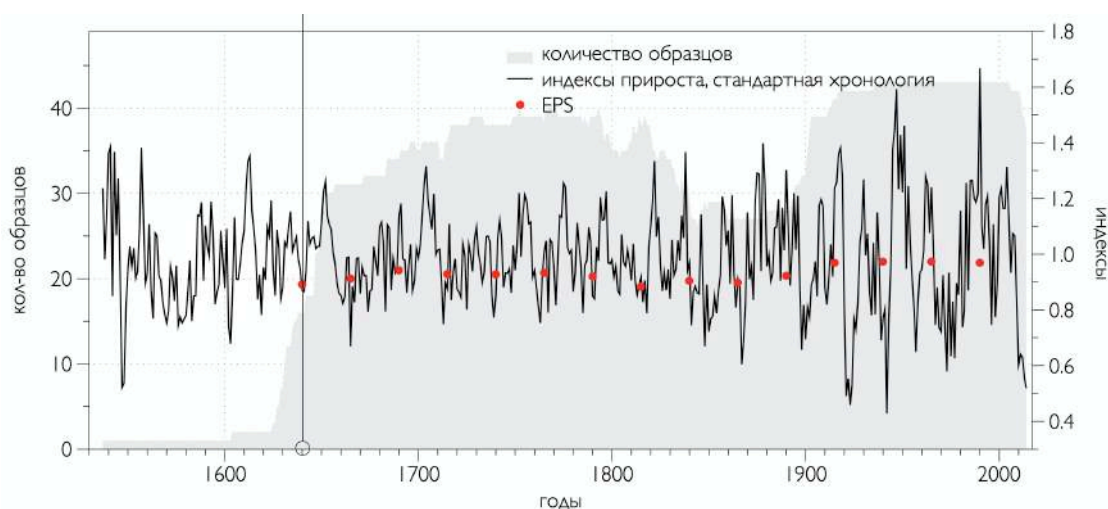
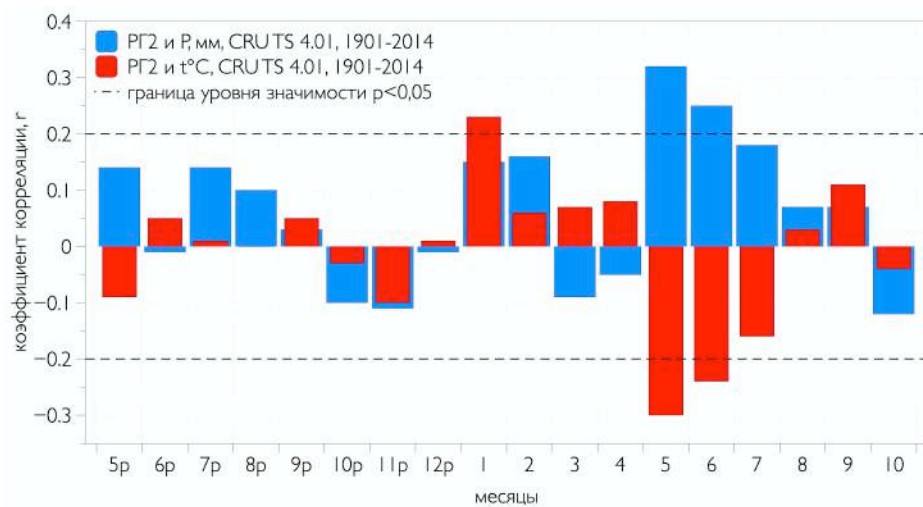


Рисунок 5 – Стандартная хронология по ширине годичных колец Volga (1537-2014), вертикальной чертой обозначена граница единого популяционного сигнала $EPS > 0.85$

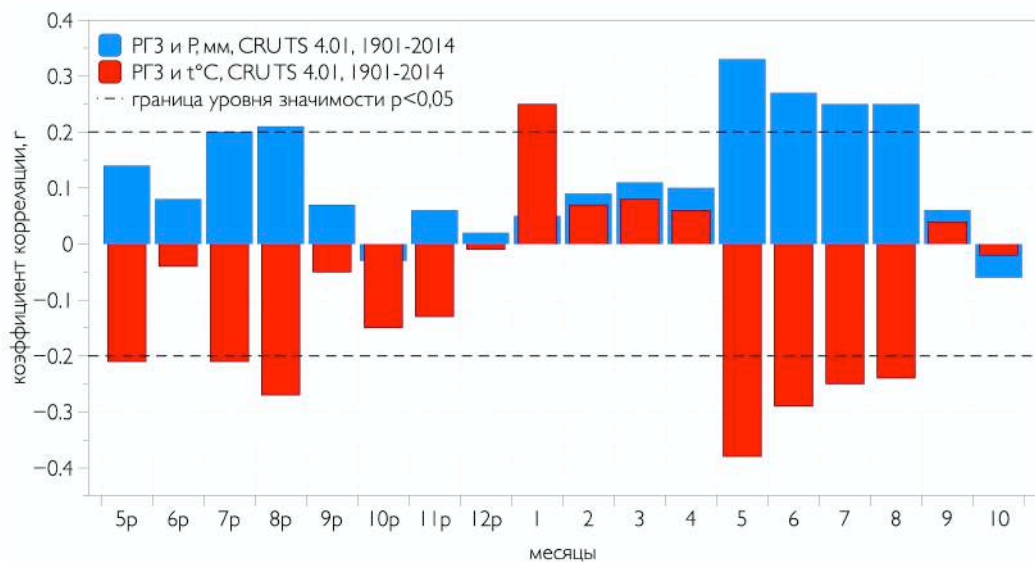
Глава 4 Климатический сигнал в древесно-кольцевых хронологиях

Как и ожидалось, обратная связь индивидуальных древесно-кольцевых хронологий с температурами вегетационного периода текущего (май-сентябрь) и предыдущего (май-август) года прослеживается для большинства хронологий и различается лишь по интенсивности, что характерно для многих хронологий Восточно-Европейской равнины (Соломина, 2016, Vabst, 2013). Анализ региональных мастер-хронологий РГ2 и РГ3, в которые вошли только те площадки, коэффициенты корреляции которых с температурой и осадками оказались наиболее высокими и значимыми, показал, что значимая обратная связь с температурой воздуха летних и зимних месяцев усиливается в направлении с северо-запада на юго-восток, что обусловлено усилением континентальности и увеличением степени засушливости климата (рис. 6а). Также показано, что для Поволжья характерно усиление положительной связи радиального прироста сосны с осадками в направлении с северо-запада на юго-восток (рис. 6б). Более высокая связь РГ3 также наблюдается и относительно индекса scPDSI за 18 месяцев с 1901 по 2017 г. (с мая предыдущего по октябрь текущего года) в сравнении с РГ2 (рис. 7), что также обусловлено увеличением степени аридизации климата. Исключение для выявленной закономерности составляет связь ширины годичных колец с речным стоком, для которой не выявлено как такового изменения сигнала в долготном направлении. Почти все площадки, вне зависимости от географического положения, значимо коррелируют с речным стоком на протяжении всего гидрологического года, в особенности, в период межени – с июня по сентябрь как текущего, так и предыдущего года ($r \leq 0,50$, $p < 0.01$), в то время, как в период половодья, связи не обнаружено (Соломина и др., 2017, Кузнецова и др., 2017). В работе проведен эксперимент по выявлению связи между линейным и радиальным приростом

сосны в различных биотопах – сухом, свежем и влажном, в ходе которого установлена следующая тенденция: в направлении с северо-запада на юго-восток региона, как и в случае с температурой и индексом scPDSI, усиливается связь радиального прироста сосны и осадков разного генезиса. Линейный прирост сосны на территории Керженского заповедника во всех биотопах демонстрирует положительные значимые связи с ливневыми осадками текущего и предыдущего года, радиальный прирост менее чувствителен к ливневым осадкам. Обложные осадки связаны с линейным приростом сосны обратной зависимостью, а с радиальным приростом значимых связей не обнаружено.



а



б

Рисунок 6 – Связь региональных мастер-хронологий РГ2 и РГ3 со среднемесячной температурой и осадками (5,6... – за текущий год, 5p, 6p... – со сдвигом на 1 год): а – группа площадок РГ2, б – группа площадок РГ3

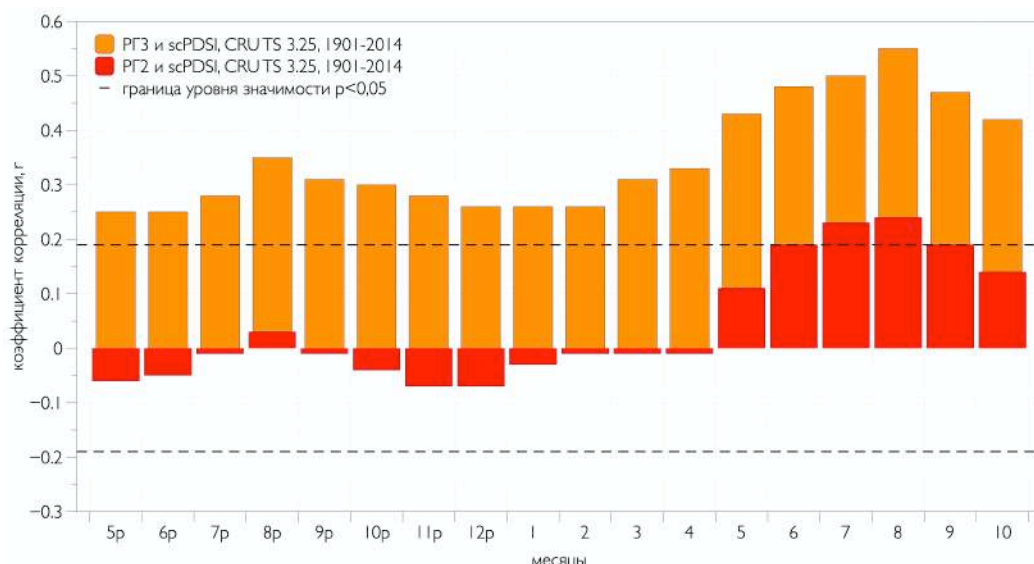


Рисунок 7 – Связь региональных мастер-хронологий РГ2 и РГ3 с индексом суровости засухи Палмера, scPDSI (5,6... – за текущий год, 5р, 6р... – со сдвигом на 1 год)

Анализ реперных лет для двух региональных мастер-хронологий РГ2 и РГ3 показывает, что у древостоев на юго-востоке Поволжья угнетения прироста встречаются чаще (6 лет: 1830, 1833, 1921, 1967, 1996, 2010), чем на северо-западе (1 год – 1882) и вызваны, в основном, засухами в течение вегетационного сезона как текущего, так и предыдущего года (рис. 8).

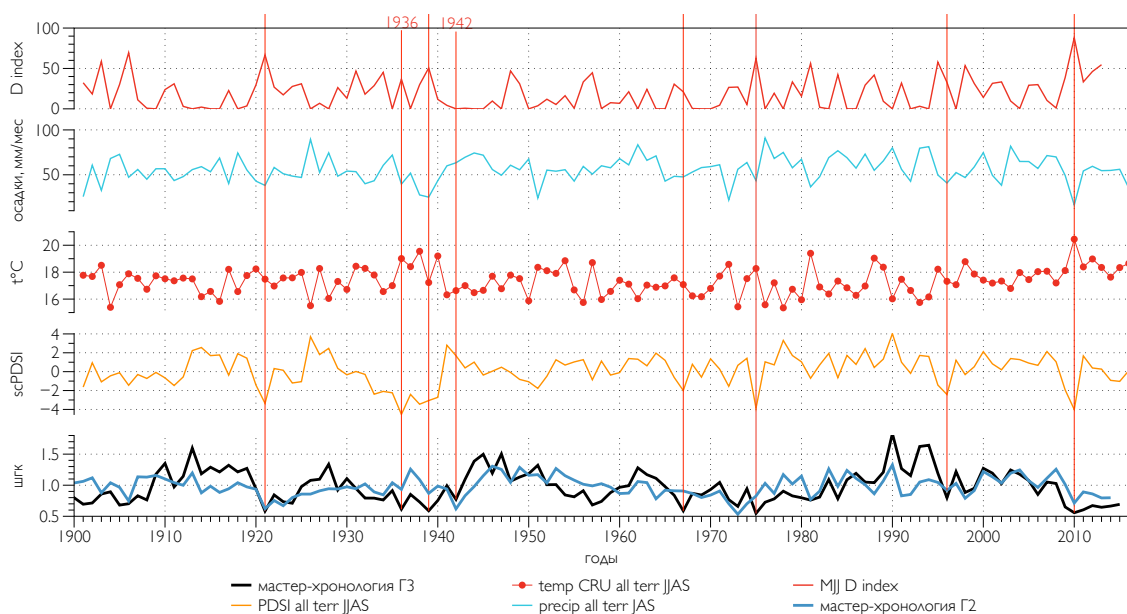


Рисунок 8 – Сравнение прироста сосны по данным поволжских мастер-хронологий с метеопараметрами (среднее значение среднемесячных температур за период с июля по сентябрь (красная линия с точками) и осадков за период с июля по сентябрь (голубая линия), индекса суровости засухи Палмера scPDSI за период с июня по сентябрь (оранжевая линия), индекса D Мещерской-Блажевич за период с мая по июль (красная линия) с 1901 по 2015 гг. Красными вертикальными линиями показаны реперные годы для мастер-хронологий

Глава 5 Палеоклиматическая и палеогидрологическая информация в новых древесно-кольцевых хронологиях Поволжья

Реконструкция речного стока и условий увлажнения в Поволжье методом дендрохронологии

В главе представлены реконструкции стока р. Илеть (рис. 9. июль-сентябрь, 186 лет, 1827-2013 гг.) и индекса суровости засухи Палмера scPDSI (рис. 10, 188 лет, июнь-сентябрь, 1825-2013) по данным древесно-кольцевых хронологий – Y01S и MasterTY соответственно, а также приведено сравнение этих реконструкций между собой (рис. 11, табл. 3), которое позволило выделить периоды максимального и минимального увлажнения в Поволжье за последние два столетия.

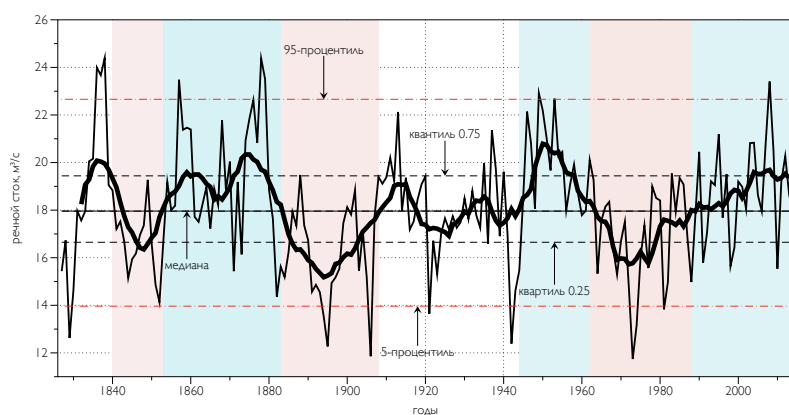


Рисунок 9 – Реконструированные фактические и сглаженные значения речного стока (июль-август) за период с 1827 по 2013 гг. Черная жирная линия – 11-летнее скользящее среднее, персиковым цветом обозначены периоды с минимальным объемом речного стока, голубым – с максимальным

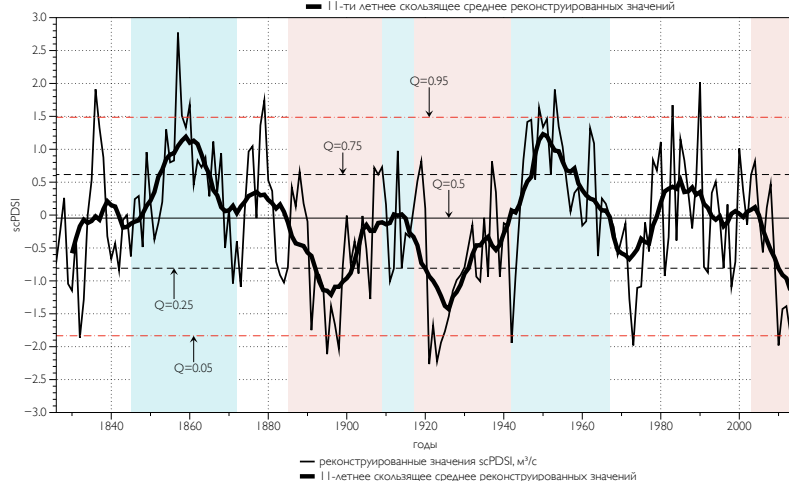


Рисунок 10 – Реконструированные значения индекса scPDSI за период с 1825 по 2013 гг. по данным хронологии MasterTY (июнь-сентябрь). Черная жирная линия – 11-летнее скользящее среднее, персиковым цветом обозначены периоды с минимальными значениями scPDSI, голубым – с максимальными

Таблица 3 – Периоды с избыточным и недостаточным увлажнением, выделенные отдельно для каждой из реконструкций scPDSI и стока р. Илеть и объединенные в один общий период

	периоды для scPDSI	для	периоды для стока р. Илеть	общий период	
повышенные значения параметра, выше медианы и квантиля $Q=0.75$	1845-1872		1853-1883	1853-1883	избыток увлажнения
	1909-1917		1944-1962	1943-1967	
	1942-1967		1988-по настоящее время		
пониженные значения параметра, ниже медианы и квантиля $Q=0.25$	1885-1942		1841-1853	1883-1909	дефицит увлажнения
	с 2003 по настоящее время	по	1883-1909	1917-1943	
				1962-1988	

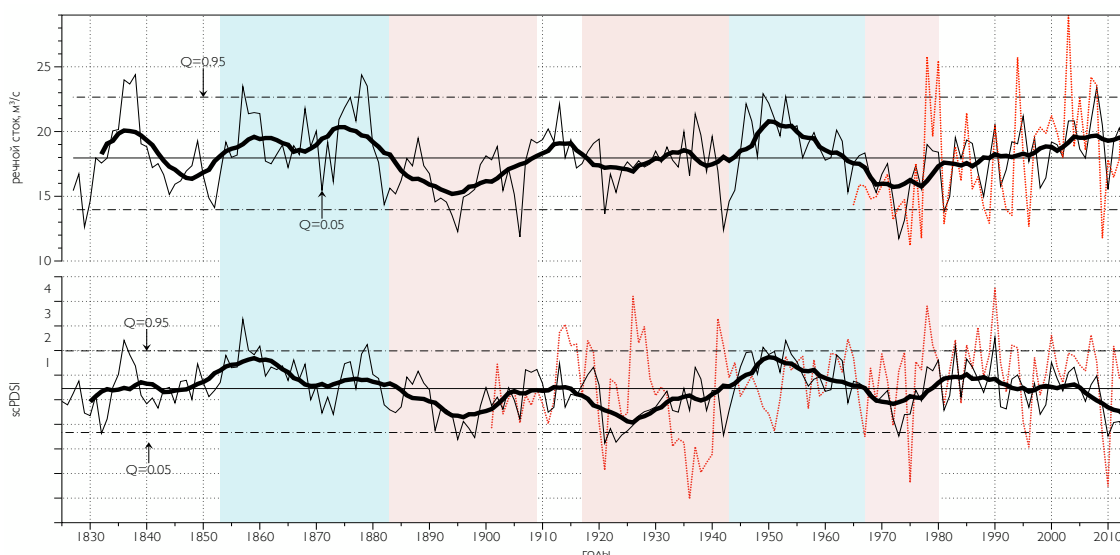


Рисунок 11 – Реконструированные значения стока р. Илеть (верхний график, июль-сентябрь, 1827-2013) и индекса суровости засухи Палмера scPDSI (нижний график, июнь-сентябрь, 1825-2013). Красная пунктирная линия – фактические значения стока р. Илеть (верхний график) и индекса scPDSI (нижний график) за соответствующий период. Черная жирная линия – 11-летнее скользящее среднее, персиковым цветом обозначены периоды с минимальными значениями scPDSI, голубым – с максимальными. Цветной заливкой отображены только периоды со схожей динамикой параметров

Так, для двух реконструкций выделены два периода с избыточным (выше медианы и квантиля $Q=0.75$) – 1853-1883 и 1943-1967 и с недостаточным увлажнением (ниже медианы и квантиля $Q=0.25$) – **засухи** – 1883-1909, 1917-1943, 1967-1980. Полученные реконструкции мы сравнили с реконструированными индексами атмосферной циркуляции (рис. 12): североатлантическим колебанием (NAO, Cook et al., 2002) и арктическим

колебанием (AO, D'Arrigo, 2003), с реконструированной температурой (Moberg et al., 2005, Esper et al., 2006), с инструментальными данными и сведениями из исторических источников. Показано, что реконструкции хорошо воспроизводят тренды инструментальных данных (положительный для речного стока и отрицательный для scPDSI), согласуются с колебаниями индексов NAO и AO, а также отражают практически все экстремумы ($Q=0.25$) ежегодного стока и scPDSI.

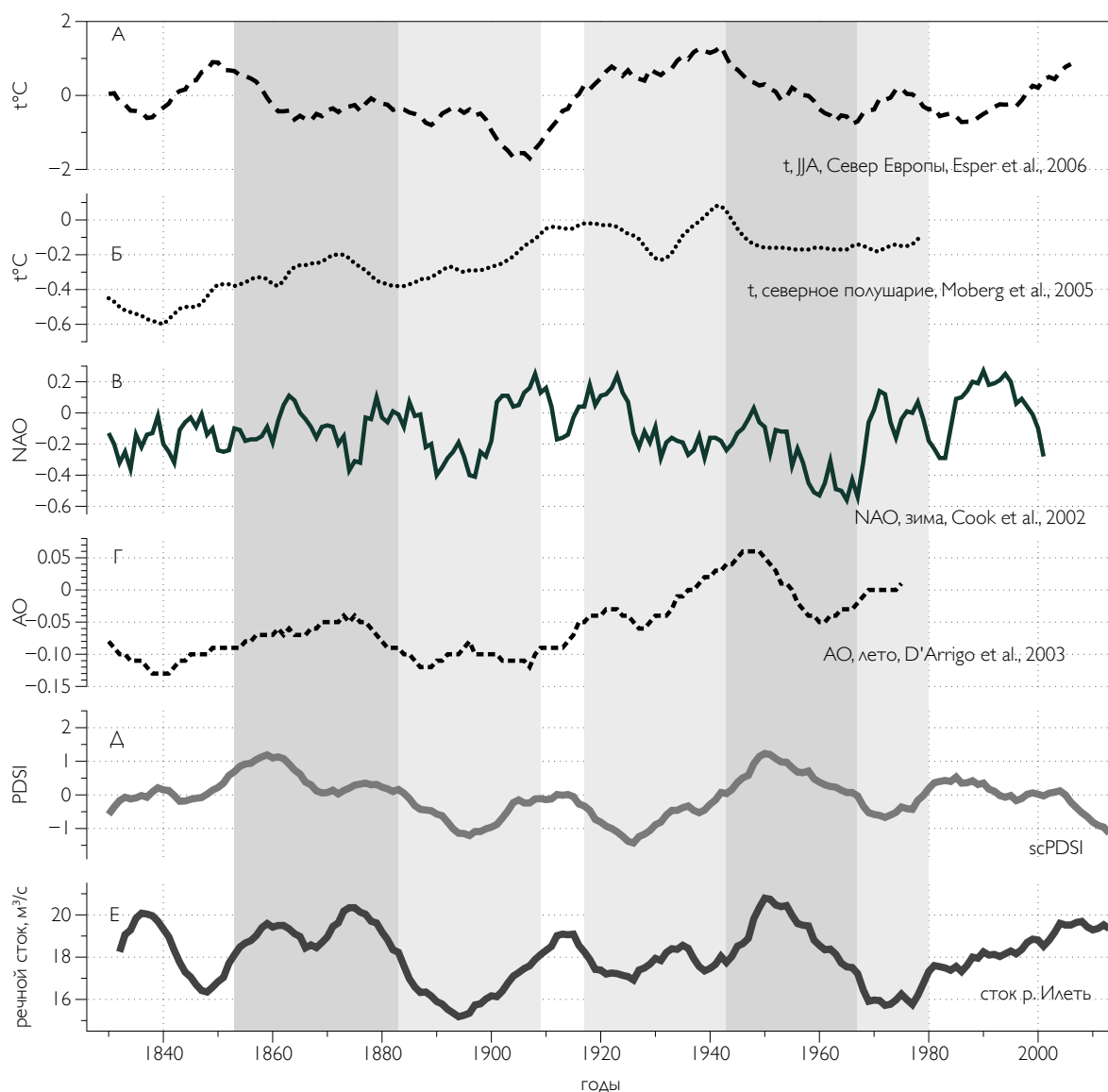


Рисунок 12 – Сравнение 11-летних скользящих средних значений для реконструкций: летних (июнь-август) температур для севера Европы (А) (Esper et al., 2006), среднегодовых температур для северного полушария (Б) (Moberg et al., 2005), NAO для зимних месяцев (декабрь-март) (В) (Cook et al., 2002) AO для летних месяцев (апрель-сентябрь) (D'Arrigo et al., 2003) (Г), scPDSI (Д) и стока р. Илеть (Е) (настоящая работа). Темно-серой заливкой обозначены общие для реконструкций период избытка увлажнения (1853-1883, 1943-1967), светло-серой заливкой – дефицита увлажнения (1883-1909, 1917-1943 и 1967-1980), в соответствии с таблицей 3

Сравнение реконструкций с инструментальными данными. Реконструированный индекс scPDSI имеет ряд несоответствий в конкретные годы относительно полного ряда его фактических значений (1901-2013): 1927, 1939, 1975, 1996 гг. Как показано на рис. 11, модель не всегда воспроизводит амплитуду экстремальных значений индекса, но повторяет его динамику в целом. В отдельные периоды, например, с 40-х по конец 60-х годов XX столетия реконструированные значения scPDSI превосходят пределы нормы (верхний квантиль $Q=0.75$), что согласуется с фактическими данными. В этот же период наблюдается фаза повышенного стока. Реконструированные ряды scPDSI отражают некоторые отдельные экстремально засушливые годы: засухи 1921, 1996 гг., волну жары 2010 г. (Мещерская и др., 2011; Савин и др., 2011; Черенкова, 2012; Золотокрылин и др., 2013). Несмотря на выраженную тенденцию к увеличению частоты засух за последние десятилетия XXI века (Мохов и др., 2005, Мещерская и др., 2011; Савин и др., 2011; Черенкова, 2012; Золотокрылин и др., 2013, Соломина и др., 2017) (см. также рис. 11), начиная с 1990 г. для стока р. Илеть характерен слабый положительный тренд. Подобная положительная динамика, по всей видимости, обусловлена современным потеплением климата и присуща большинству рек Русской равнины и связана с ростом зимнего и летне-осеннего стока (Георгиади и др., 2016). Сравнение полученных реконструкций с температурами и осадками за летний период (июнь-сентябрь, CRU TS 4.03 (Harris et al., 2014), см. главу 2) с 1901 по 2013 г. показывает отсутствие значимой связи между рядами, что обусловлено комплексом факторов, которые оказывают влияние на речной сток в умеренных широтах. Например известно, что на сток летней межени влияет количество зимних осадков, снеготопивы, температура в зимне-весенний период, а также условия половодья, уровень грунтовых вод, испарение и другие параметры. По нашим данным, годам дефицита увлажнения, выделенным по дендрохронологии (1917-1943 гг. и 1967-1980 гг.) соответствуют периоды пониженного количества летних осадков.

Сравнение реконструкций scPDSI и стока р. Илеть с опубликованными палеоархивами показало, что для выделенных периодов с недостаточным и избыточным увлажнением характерен ряд закономерностей. Глобальные климатические изменения тесно связаны с интенсивностью зонального переноса, который в северном полушарии отражается в индексах крупномасштабной атмосферной циркуляции – NAO и AO: фазы пониженных значений индексов совпадают с периодом падения средней температуры, а фазы повышенных значений – с периодом ее роста, также ослабление зональной циркуляции может оказывать влияние на увеличение изменчивости увлажнения территории (Попова, 2018, Семенов и др., 2016). Известно (Попова и др., 2017), что сток рек в северном полушарии также связан с глобальными циркуляционными индексами в

силу того, что NAO и АО наилучшим образом отражают формирование зональной циркуляции атмосферы, в том числе, циклональной и антициклональной активности в умеренных и арктических широтах. Однако, эта связь не подтверждается линейными корреляциями (Родионов, 1989, Алексеевский и др., 2013, Попова, 2017) и отражена лишь в некоторых качественных закономерностях, которые, в частности, удалось установить и в нашей работе. Например, характерный для обеих реконструкций минимум значений 1883-1909 гг. (таблица 2, рис. 11) совпадает с динамикой индексов NAO и АО в эти годы, а увеличение речного стока и индекса scPDSI за периоды с 1853 по 1883 и с 1943 по 1967 гг. совпадает с ростом индексов NAO и АО, а также с увеличением температуры как северной Европы (Esper et al., 2006), так и всего северного полушария (Moberg et al., 2005). Несмотря на выявленные закономерности, современный период дефицита увлажнения с 1967 по 1980 гг. в меньшей степени совпадает с сокращением значений циркуляционных индексов. Подобные несовпадения случаются и связаны, как показано в работе В.В. Поповой (2018), с усилением межширотного обмена.

Сравнение реконструированных экстремумов с историческими данными (Ермолов, 1892, Багaley, 1892, Щепкин, 1886, Логинов и др., 1976, Дроздов, 1980, Борисенков и др., 1988, 2002, Страшная и др., 2011) показало, что реконструкции корректно воспроизводят отдельные засушливые годы. Для периода с 1901 по 2013 (scPDSI) и с 1965 по 2013 (сток р. Илеть), за который у нас имеются данные наблюдений, реконструкции воспроизводят практически все основные фактические экстремумы: для р. Илеть это - 1972, 1973, 1974, 1975, 1981, 1988; для scPDSI это – 1906, 1911, 1921, 1924, 1925, 1933, 1934, 1936, 1939, 1972, 1975, 1996, 2010 (фактические годы ниже 25-го процентиля).

Палеоклиматическая информация в длинной хронологии VOLGA

В главе рассмотрена палеоклиматическая информация в новой длинной sf-RCS хронологии Volga (478 лет), ко всем образцам которой применен метод «очищенной от сигнала» стандартизации региональной кривой, sc-RCS, для выявления низкочастотной изменчивости (рис. 13).

Нами произведено сравнение хронологии Volga с хронологией KAZ, построенной Д.В. Тишиным (2006) на основании архитектурной древесины г. Казань. Несмотря на то, что KAZ составлена лишь по 9 образцам, до настоящего момента хронология была единственной в своем роде для Поволжья. Две ДКХ Volga и KAZ практически совпадают на протяжении всего общего периода в 220 лет с 1630 по 1850 гг. ($R=0.9$, $p<0.01$) – значит, в хронологиях с большой долей вероятности отсутствуют пропущенные кольца. Этот вывод, несмотря на небольшую наполненность KAZ образцами, очень важен для нас: в

случае, когда для региона строится первая длинная хронология, высока вероятность ошибок, которые не всегда удастся выявить в силу отсутствия материала для верификации.

Сравнение sf-RCS Volga с индексами NAO и АО не показало значимых количественных связей, но при качественном сравнении этих рядов можно выделить характерное запаздывание (рис. 14): за минимумом NAO (60-е годы 17 века, конец 18 – начало 19 века) следует сокращение прироста (рис. 14а), что может быть связано с похолоданием и недостатком увлажнения, о котором свидетельствуют пониженные значения индекса североатлантического колебания (Wallace and Gutzler, 1981; Chen and Hellström, 1999). Похожая ситуация наблюдается и с индексом АО (рис.14б): за минимальными значениями индекса следуют падения прироста (60-е годы 17 века, 40-е годы 19 века, конец 18 – начало 19 века).

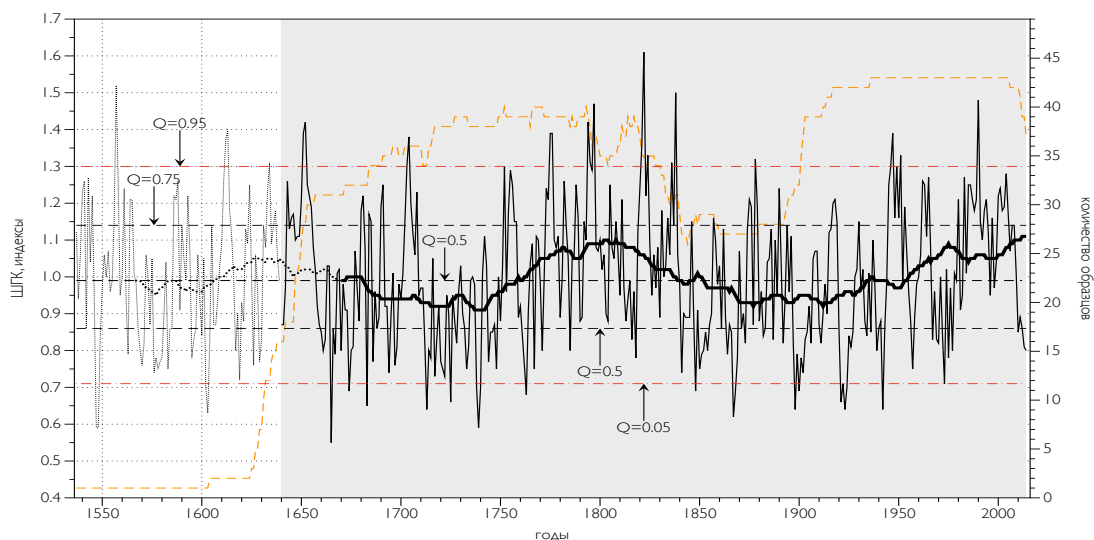


Рисунок 13 – sf-RCS хронология по ширине годичных колец Volga, 1640 – год, с которого единый популяционный сигнал (EPS) $\geq 0,85$, жирная кривая, переходящая в точечный пункт – 60-ти летнее скользящее среднее sf-RCS хронологии Volga, мелкий точечный пункт – sf-RCS хронология, для которой $EPS \leq 0,85$, рыжий пункт – наполненность хронологии образцами

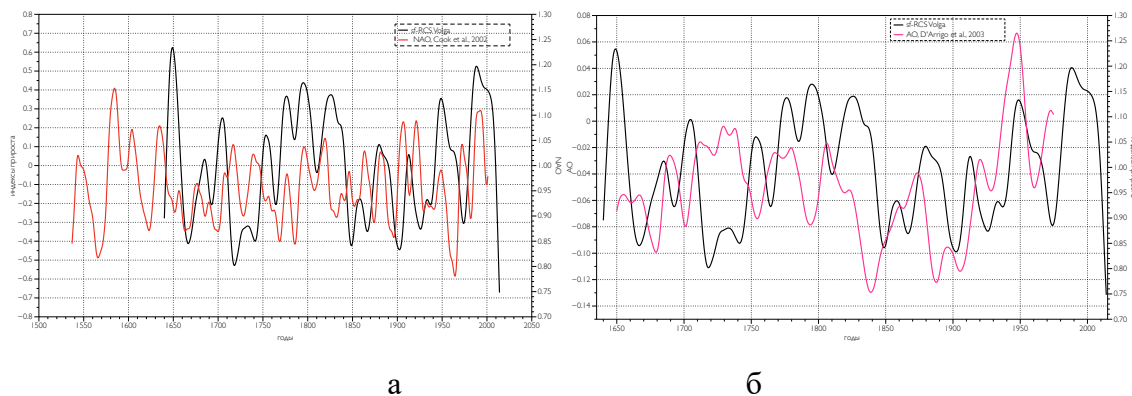


Рисунок 14 – Сравнение хронологии sf-RCS Volga (черная линия) и (а) индекса NAO (красная линия) (Cook et al., 2002), (б) индекса АО (D'Arrigo, 2003) – розовая линия

Реперные годы в хронологии Volga рассчитаны как те годы, за которые у 65% деревьев наблюдается отклонение от прироста более, чем на 20% (рис. 15). Для хронологии Volga выделены реперные годы (с максимальным угнетением прироста): 1665, 1713, 1739, 1826, 1841, 1848, 1867, 1898. За каждый год из исторических источников мы собрали доступную информацию об экстремальных климатических событиях или неурожаях, голоде и т. д. Так, показано, что на угнетение прироста влияют условия как текущего, так и предыдущего года, что подтверждают наши выводы из главы 4, причем негативное влияние оказывают не только продолжительные засухи в начале вегетационного сезона, но и малоснежные зимы, а также обильные летние осадки, в результате которых сосна испытывает избыток увлажнения и, как следствие, дефицит кислорода в корнеобитаемом слое.

Интересно, что количество лет с экстремальными значениями неодинаково на протяжении 478 лет: оно максимально в конце 19-начале 20 в.

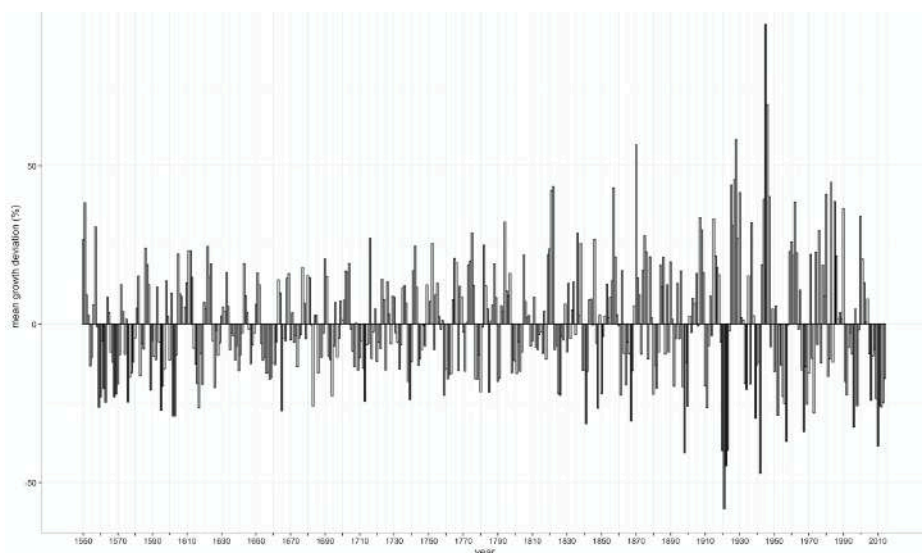


Рисунок 15 – Реперные годы для хронологии Volga. Темно-серым цветом показаны годы, за которые наблюдались отклонения прироста более, чем на 20% от среднего значения ШГК за период с 1640 по 1901 гг.

Заключение

1. В целом для района работ обратная связь древесно-кольцевых хронологий с температурой вегетационного сезона текущего (май-август) и предыдущего (май-август) года прослеживается для большинства хронологий. По мере продвижения с СЗ на ЮВ связь радиального прироста сосны с температурой усиливается.

2. Большинство хронологий по сосне демонстрируют положительную связь с осадками всего текущего и предыдущего вегетационных сезонов (май-август), причем, как и в случае с температурами, связь в разных частях территории различается лишь по интенсивности и достоверности. Для древостоев северо-западного сектора более

характерны положительные корреляции радиального прироста с осадками за май-июнь текущего года, тогда как для юго-западного – за весь вегетационный сезон текущего (май-август) и за вторую половину предыдущего года (июль-август).

3. Поволжские хронологии обладают высокой чувствительностью к индексу суровости засухи Палмера scPDSI, причем положительные достоверные корреляции в течение всего года характерны практически для всех рассмотренных площадок. Связь хронологий с индексом усиливается на юго-востоке района работ, в условиях аридного климата, который способствует увеличению чувствительности древостоев к засухам.

4. Радиальный прирост сосны в Поволжье, как и во многих регионах северного полушария, имеет положительную связь с речным стоком. Причем, в отличие от температуры, осадков и scPDSI, связь хронологий с речным стоком не изменяется по трансекту СЗ-ЮВ, а остается значимой и высокой для всех рассмотренных рек вне зависимости от географического положения. Радиальный прирост сосны значимо коррелирует с речным стоком на протяжении всего гидрологического года, в особенности, в период летне-осенней межени, с июня по сентябрь как текущего, так и предыдущего года. В период половодья (апрель-май), достоверной связи стока с радиальным приростом не обнаружено, но наблюдается качественная обратная зависимость, которая обусловлена избытком увлажнения, негативно отражающимся на радиальном приросте сосны в начале вегетационного периода.

5. Линейный прирост сосны на территории Керженского заповедника во всех биотопах – влажном, свежем и сухом демонстрирует прямые значимые связи с ливневыми осадками текущего и предыдущего года. Наиболее вероятной причиной этого является относительно низкая влагоемкость почв свежих и сухих местообитаний Керженского заповедника, вследствие которой древостои разово получают необходимый запас воды, но переувлажнения не образуется.

6. Радиальный прирост сосны обыкновенной демонстрирует более слабый отклик на осадки разного генезиса, показывая значимую положительную связь с ливневыми осадками текущего и предыдущего года, характерную для фаз формирования ранней (в текущем году) и поздней (в предыдущем году) древесины. Для обложных осадков как текущих, так и предыдущих лет статистически значимой связи с радиальным приростом не обнаружено.

7. Хронологии юго-восточного сектора обнаруживают большее количество «реперных» лет, чем хронологии северо-запада Поволжья, что свидетельствует об усилении чувствительности древостоев, произрастающих в более аридном климате, к факторам, лимитирующим прирост.

8. Основной причиной угнетений прироста сосны являются засухи текущего и предыдущего года, хотя, как показано в других работах, на прирост также влияют холодные малоснежные зимы предыдущего года.

9. В хронологии Volga за период с 1640 по 2013 выделяются фазы отрицательных (1680-1755, 1855-1939) и положительных (1755-1855, с 1939 по настоящее время) отклонений прироста от средних значений, которые, скорее всего связаны с динамикой увлажненности территории.

10. Для хронологии Volga годы с максимальным угнетением прироста: 1665, 1713, 1739, 1826, 1841, 1848, 1867, 1898.

11. Настоящая работа продлевает ряды косвенных данных о климате Поволжья (сток р. Илеть и индекс суровости засухи Палмера, scPDSI) практически на два столетия назад, что позволяет сделать некоторые выводы относительно чередования периодов дефицита и недостатка увлажнения.

12. Реконструированные на основании ДКХ данные о стоке р. Илеть и индекса scPDSI имеют схожую динамику и амплитуду на протяжении всего периода реконструкции (1825-2013 гг.). Нами выделены общие фазы дефицита (1883-1909, 1917-1943, 1967-1980 гг.) и избытка (1853-1883, 1943-1967 гг.) увлажнения, чередующиеся между собой и произведена их верификация относительно опубликованных палеоклиматических реконструкций. Показано, что эти фазы качественно согласуются с динамикой реконструированных в других работах индексов атмосферной циркуляции – североатлантическим колебанием NAO и с арктическим колебанием АО, что позволяет сделать вывод о корректности нашей реконструкции.

13. Сравнение реконструкций с историческими данными показало, что угнетения прироста сосны в историческом прошлом связаны не только с засухами, но и с аномальными условиями летних и зимних месяцев текущего и предыдущего года – малоснежными зимами и летними холодами.

Список опубликованных работ по теме диссертации:

Публикации в журналах, рекомендованных ВАК

1. **Кузнецова В.В.**, Чернокульский А.В., Козлов Ф. А., Кухта А.Е. Связь линейного и радиального прироста сосны обыкновенной с осадками разного генезиса в древостоях Керженского заповедника // Изв. РАН. Сер. Геогр. – 2020. № 1 – принято в печать

2. Черногаева Г.М., Кухта А.Е., **Кузнецова В.В.** Воздействие атмосферных осадков на рост бореальных лесов Поволжья // // Метеорология и гидрология. М.: Изд. «Планета», 2020 – принято в печать

3. E. R. Cook, O. Solomina, V. Matskovsky, B. I. Cook, L. Agafonov, A. Berdnikova, E. Dolgova, A. Karpukhin, N. Knysh, M. Kulakova, **V. Kuznetsova**, T. Kyncl, J. Kyncl, O. Maximova, I. Panyushkina, A. Seim, D. Tishin, T. Wazny, M. Yermokhin. The European Russia Drought Atlas (1400–2016 CE) //Climate Dynamics. – 2020. – С. 1-19

4. U. Gut, M. Arvai, S. Bijak, J. J. Camarero, A. M. Catalin, P. Catalin, A. Cedro, B. Garamszegi, R. C. Garcia, A. Hevia, W. Huang, M. Isaac-Renton, R. Kaczka, M. Kazimirovic, W. Kedziora, Z. Kern, M. Klisz, T. Kolar, M. Körner, **V. Kuznetsova**, D. Montwe, L. Plavcova, R. Rehschuh, E. Rocha, M. Rybnicek, R. Sanchez-Salguero, J. Schröder, N. Schwab, B. Stajic, R. Tomusiak, M. Wilmking, U. Sass-Klaassen, A. Buras No systematic effects of sampling direction on climate-growth relationships in a large-scale, multi-species tree-ring data set // *Dendrochronologia*. – 2019. – Т. 57. – С. 125624.

5. От чего зависит ширина годичных колец деревьев в центральной части восточно-европейской равнины? / О. Н. Соломина, **В. В. Кузнецова**, В. В. Мацковский, Е. А. Долгова // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. — 2016. — С. 47–64

6. **Кузнецова В.В.**, Пожидаева Д.С. Возможности и ограничения реконструкции стока рек и условий засушливости Поволжья методами дендрохронологии. *Фундаментальная и прикладная климатология*, Вып. 4, 2017. УДК 551.16+551.577.38 DOI: 10.21513/2410-8758-2017-4-42-61

7. **Кузнецова В. В.**, Минин А. А., Голубева Е. И. Фенологические явления в системе биоиндикации климатических трендов // *Проблемы региональной экологии*. — 2014. — № 5. — С. 66–71

Другие публикации

1. **Kuznetsova V.** The first results of the individual tree growth analysis of pinus sylvestris in Volga–Kama natural reserve // *Practical Geography and XXI Century Challenges. International Geographical Union Thematic Conference dedicated to the Centennial of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences. Moscow. V.1* – 2018–p.133, 746

2. Засухи Восточно-Европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным / О. Н. Соломина, И. С. Бушуева, Е. А. Долгова, А. Н. Золотокрылин, **В. В. Кузнецова**, Т. О. Кузнецова, А. Е. Кухта, Л. И. Лазукова, Н. А. Ломакин, В. В. Мацковский, С. М. Матвеев, А. Ю. Михайлов, В. Н. Михаленко, Д. С. Пожидаева, Д. Е. Румянцев, Г. А. Сакулина, В. А. Семёнов, Б. Ф. Хасанов, Е. А. Черенкова, А. В. Чернокульский — Санкт-Петербург: Санкт-Петербург, 2017. — С. 360

3. Новые данные по дендрохронологии калужского региона / И. В. Болдин, Е. А. Долгова, **В. В. Кузнецова** и др. // *Труды регионального конкурса проектов фундаментальных научных исследований*. — Т. 21. — Государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Калужской области "Калужский государственный институт развития образования" Калуга, 2016. — С. 252–260

4. **В.В. Кузнецова**, Д.С. Пожидаева *Материалы IV Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Динамика современных экосистем в голоцене», «Возможности и ограничения реконструкции климатического сигнала в Поволжье методами дендрохронологии»* Пущино, Россия, 2016. - С. 113-116

5. В.М. Михаленко, **В.В. Кузнецова**. О.Н. Соломина, В.В. Мацковский, Г.Н. Пронин, И.В. Болдин, Г.А. Массалитина. *Хронологические исследования в Калужской и Смоленской областях: состояние проблемы и новые результаты. Материалы 2-ой Международной конференции «Русские княжества, Литва и Орда в системе этнокультурных взаимоотношений»*. Государственный музей-заповедник «Куликово Поле». 12-14 ноября 2014

6. **В.В. Кузнецова**. Изменения климата в контексте фенологических исследований: центральная часть Русской равнины // *Рациональное природопользование: традиции и инновации. Материалы Международной научно-практической конференции, Москва, МГУ, 23-24 ноября 2012 г.* / под общ. ред. проф. М.В. Слипенчука. – М.: Издательство Московского университета, 2013. – с.169-171