

**У Т В Е Р Ж Д А Ю**

Директор Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Институт  
экологии растений и животных УрО РАН



д.б.н. М.Г. Головатин

ноября 2022 года.

**О Т З Ы В**

ведущей организации на диссертационную работу  
**Мацковского Владимира Владимировича** “Долгопериодная климатическая  
изменчивость в параметрах годовых колец деревьев”, представленную на  
соискание ученой степени доктора географических наук по специальности 1.6.14.  
– Геоморфология и палеогеография

**Актуальность темы.** Проблема оценки глобальных и региональных изменений климата и природной среды является в настоящее время одной из важнейших в перечне вопросов, которые интересуют человечество. Это направление исследований, как в палеоклиматологии, так и в экологии становится все более весомым. Информация об этой проблеме представляет важную эмпирическую базу для понимания сущности настоящего и будущего изменения географической оболочки Земли и ее основных составляющих. При этом чрезвычайно большое внимание уделяется получению всевозможной косвенной информации об изменениях различных параметров природной среды и климата за длительные интервалы времени.

Среди различного рода косвенных данных уникальными являются величины годового прироста древесины. Уникальность этого признака состоит в возможности абсолютной датировки хронологий по ширине годового кольца, а также в наличии огромного количества сохранившихся на дневной поверхности и в аллювиальных отложениях пойменных и надпойменных террас, в исторических постройках и археологических раскопках древесных остатков позднего голоцена. Кроме того, параметры годового прироста древесных растений привлекают тем, что они заключают и интегрируют в себе влияние внешних и внутренних факторов среды обитания в течение вегетационного периода.

В последние десятилетия в рамках различных международных проектов проводятся исследования в области палеоклиматологии. Важная роль при этом отво-

дится дендроклиматическим исследованиям. Поэтому диссертационная работа В.В.Мацковского является весьма актуальной.

Развитие этой проблемы определено и прописано соискателем в тексте диссертации (раздел «Введение») и в автореферате - «Актуальность темы».

**Цель и задачи работы.** Ставя основной целью исследования выявление возможности и ограничений реконструкции долгопериодных колебаний климата прошлого на основе древесно-кольцевых данных, разработку подходов к преодолению ограничений и их апробацию в разнообразных климатических обстановках, автор решает частные задачи, определяющие успех работы в целом:

1) обобщить основные факторы, влияющие на способность древесно-кольцевых данных воспроизводить долгопериодные климатические изменения;

2) разработать методику климатической реконструкции на основе древесно-кольцевых данных, позволяющую избежать процесса стандартизации и, таким образом, сохранять долгопериодный климатический сигнал. Апробировать разработанную методику на примере одного из крупных регионов;

3) разработать методику усиления климатического сигнала в древесно-кольцевых хронологиях путем удаления периодического сигнала неклиматического происхождения, апробировать ее на регионе с нарушениями прироста, связанными с насекомыми-вредителями. На основе разработанной методики построить реконструкцию летних температур и исследовать долгопериодную изменчивость в ней;

4) исследовать древесно-кольцевые хронологии без выраженной долгопериодной изменчивости на предмет нестационарности в смысле содержания долгопериодной изменчивости в расчетных характеристиках временных рядов;

5) объединить древесно-кольцевые данные с другими источниками палеоклиматической информации для синтеза климатических сигналов присущих каждому из палеоархивов;

6) разработать методику прогноза прироста, учитывающую принцип лимитирующих факторов. Определить способность разработанной методики генерировать климатически обусловленную долгопериодную изменчивость. На основе разработанной методики построить прогноз прироста в 21 веке для разных регионов мира.

Судя по содержанию диссертации и автореферата, а также списку опубликованных работ, поставленная В.В. Мацковским общая цель и адекватные задачи исследований полностью выполнены. Решение этих задач позволило автору получить новые научные результаты и обосновать теоретическую и практическую значимость работы.

**Структура диссертации.** Представленная В.В. Мацковским диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, выводов, списка терминов, списка сокращений, списка используемой литературы и приложения, изложена на 287 страницах и включает 55 рисунков и 16 таблиц. Список литературы содержит 408 источников.

**Глава 1** посвящена описанию проблемы современных представлений использования косвенных данных об изменениях климата в прошлом из-за кратковременности и пространственной неоднородности инструментальных наблюдений. Автор концентрируется на обзоре методов древесно-кольцевого анализа при решении поставленной цели исследования. Рассматриваются модели возрастных трендов в сериях измерений параметров годовых колец и их сопряженность на реконструкцию долгопериодной климатической изменчивости. Подробно характеризуются наиболее распространенные методы оценки возрастных трендов и современные тенденции развития методов стандартизации.

Несмотря на вполне корректную интерпретацию и детальный обзор методов стандартизации в дендрохронологии, следует высказать замечание к содержанию первой главы. Оно касается понимания автором соотношения «феномена дивергенции» и «принципа униформизма». Дело в том, что изменение реакции в росте древостоев есть следствие изменения условий произрастания, например ослабление климатического отклика в древесно-кольцевых хронологиях. Это довольно сложный вопрос и его решение может быть различным в каждом конкретном случае. Но оно (решение) существует, привлекая дополнительную информацию. В этом суть дивергенции. А принцип униформизма является основополагающим для многих естественнонаучных областей познания. Без принятия этого принципа, или, как утверждает автор нарушению принципа униформизма (цит. по тексту выводов) становится невозможным построение реконструкций и прогнозов вообще.

В **главе 2** приводятся детальные эксперименты использования наиболее известных методов стандартизации для определения возможных смещений в реконструированном долгопериодном климатическом сигнале. Подробно описана методика экспериментов. Выполнен анализ 11 методик. В целом нет замечаний по результатам экспериментов и к выводам этой главе. Однако следует указать на «скрытую» неточность выводов результатов стандартизации на основе оценки площади годовых колец. Основная причина неточности состоит в том, что базальная площадь годового кольца оценивается из геометрических соображений. Предполагается, что площадь годового кольца заключена между двумя концентрическими окружностями. В реальности это не совсем так. Отсутствует количественная оценка ошибки в оценке площади. Вот, если бы измерялась фактическая площадь каждого кольца на поперечном спиле дерева, а не рассчитывалась из виртуальных геометрических представлений, можно было бы оценить эту ошибку и выводы были бы более адекватными.

В **Главе 3** приводится описание метода прямой реконструкции (DIRECT), основанного на построении трехмерной передаточной функции в пространстве измерений параметра годового кольца, его камбиального возраста и климатической характеристики. Метод применялся и раньше, но не нашел широкого применения из-за неприятия исследователями линейных зависимостей в регрессионной методе построения передаточной функции и функции отклика.

В данном исследовании применение метода DIRECT представляет собой первую попытку использовать оценку функции отклика роста деревьев на клима-

тические факторы как трехмерную поверхность для выделения низкочастотной изменчивости в палеоклиматическом контексте.

Использовались данные максимума плотности древесины годовых колец сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) живых и погребенных деревьев из северных районов Финляндии и Швеции, между 69° и 67° с.ш. и 18° и 29° в.д. Полевые работы, места отбора образцов и детали микроденситометрического анализа описаны в оригинальных публикациях. Набор данных включает 430 серий и охватывает период между 216 годом до н.э. и 2010 годом н.э.

Для калибровки и верификации использовался инструментальный период наблюдений летней температуры воздуха (1802-2010 гг.), который был разделен на ранний (1802-1906 гг.) и поздний (1907-2010 гг.) периоды, соответственно. Качество оценивалось стандартными статистиками. Результаты калибровки и верификации показали, что реконструкция объясняет от 55 до 62% изменчивости инструментального ряда температур за периоды 1802–1906 гг. и 1907–2010 гг.

Построена реконструкция летней температуры воздуха на основе метода DIRECT. В результате получены новые данные об изменении летних температур в Фенноскандии за два тысячелетия, которые несколько отличаются от предыдущих оценок на базе метода региональных возрастных трендов, в особенности для 6–7 вв. и 10–11 вв. нашей эры. Показано наличие значимого отрицательного тренда летних температур северной Фенноскандии со скоростью  $-0.27$  °C в тысячу лет за период 17 г. до н.э. – 2006 г. н.э.

Выполнено сравнение реконструкций и долгосрочных температурных трендов на основе методов DIRECT и других наиболее использующих. Обсуждены преимущества и ограничения метода DIRECT.

Существенных замечаний к содержанию главы 3 нет.

**Глава 4** посвящена необходимости удаления периодического сигнала неклиматической природы и соответствующим методам. Результаты получены для территории юга Аргентины – сектора «Огненная Земля», образцы для которых были собраны в период с 1985 по 2006 годы. Использовался набор из 44 хронологий вида *Nothofagus pumilio*.

Климатические данные из архива CRU TS 4.00 были усреднены для десяти узлов сетки, охватывающих исследуемую территорию (68.75° – 66.75° з.д., 54.25° – 54.75° ю.ш., с 1931 г.). Ежемесячные оценки средних, максимальных, минимальных, суточных температурных диапазонов, осадков, облачности и частоты морозных дней использовались для сравнения с данными ширины годовых колец.

В результате автор делает вывод, что большинство хронологий имеет ярко выраженную устойчивую квази-семилетнюю цикличность неклиматического происхождения. После удаления из них этой периодической составляющей показано увеличение климатического отклика хронологий. Статистически подтверждено уменьшение прироста деревьев после дефолиации насекомыми-вредителями. Автор предполагает, что причиной указанной цикличности являются периодические вспышки численности насекомых.

Замечаний к изложению главы 4 нет.

В **Главе 5** представлена реконструкция и долгопериодная изменчивость летней температуры воздуха (декабрь-февраль для этого региона) на Огненной Земле по скорректированным от неклиматической периодичности хронологий. Исследование основано на 63 хронологиях ширины годичных колец. Климатические данные из архива с разрешением  $0,5^\circ$ , были усреднены для 49 узлов сетки, покрывающих исследуемую территорию ( $73.75^\circ - 66.75^\circ$  з.д.,  $53.75^\circ - 55.75^\circ$  ю.ш.). Используются также данные о высоте геопотенциала и скорости ветра для уровней 1000 мб, 850 мб и 500 мб.

Итогом работы было построение новой реконструкции летней температуры для Огненной Земли, охватывающей период 1765–2002 гг. и объясняющей от 37 до 50% изменчивости инструментального ряда температуры. Автор утверждает, что изменчивость летней температуры в основном обусловлена колебаниями систем атмосферного давления, как в Южной Атлантике, так и в южной части Тихого океана вблизи Огненной Земли. В то же время она незначительно коррелирует с основными полушарными индексами Эль-Ниньо Южное колебание. Представленная реконструкция является новым свидетельством о климате прошлого в регионе, где публикации о реконструкциях высокого разрешения единичны. Сравнение полученной реконструкции с другими температурными реконструкциями для соседних регионов показало наличие долгопериодной изменчивости в ней, а именно значимого отрицательного тренда за весь период реконструкции.

Изложение результатов работы в этой главе несколько затянуто, возможно, из-за сложности и многофакторности влияния условий внешней среды на скорость роста древесных растений.

В **Главе 6** анализируется «скрытая» долгопериодная изменчивость в древесно-кольцевых данных. Автор вводит этот термин, чтобы обозначить, что она (изменчивость) отсутствует в изменении средних значений самого ряда, но может быть обнаружена в других его характеристиках. Рассматриваются параметры рядов реконструкций засушливости - время возврата экстремальных событий и изменение стандартного отклонения во времени.

В начале главы описана методика, использованная для построения Атласа засух Европейской России. Использовались данные индекса суровости засухи Палмера. Они получены на сеточных данных CRU TS 3.25 о температуре и осадках с разрешением  $0.5^\circ$  и охватывают период 1901–2016 гг. Построенный Атлас засух Европейской России является современным информационным архивом, созданным на основе полного набора имеющихся древесно-кольцевых данных (697 хронологий) для Европейской территории России.

Из этого архива оценена и реконструирована долгопериодная изменчивость в рядах засушливости для Поволжья ( $51.25-56.25^\circ$  с.ш.,  $45.25-55.25^\circ$  в.д.). На основе рядов реконструированных индексов засушливости для разных регионов показано, что статистически значимыми характеристиками, обладающими долгопериодной изменчивостью, являются стандартное отклонение в скользящем окне и время возврата экстремальных событий. В частности, показано усиление экстремальности условий увлажнения в Поволжье за последние 600 лет.

Такой же подход применен для оценки и реконструкции долгопериодной изменчивости в рядах засушливости для Южной Америки, где в качестве архива использовался Атлас засух Южной Америки. Существенных замечаний нет.

В **Главе 7** сравниваются результаты реконструкций по древесно-кольцевым данным с данными низкого разрешения, и обосновывается использование синтеза данных различного разрешения.

Экспериментальной базой этого исследования были построенные реконструкции среднегодовых температур на основе синтеза палеоклиматических данных разного разрешения. Регион исследования ограничен Кольским полуостровом на западе ( $40^\circ$  в.д.), мысом Челюскин (полуостров Таймыр) на востоке ( $104^\circ$  в.д.) и линией  $60^\circ$  с.ш. на юге.

В исследовании были использованы следующие косвенные данные: хронологии по ширине годовых колец деревьев за весь период исследования (5–1995 гг.); споро-пыльцевые данные из озерных отложений за период 5–1555 гг.; исторические данные за период 1495–1995 гг. Для итоговой реконструкции все три полученных ряда для разных типов косвенных данных были объединены и усреднены.

Для калибровки реконструкции и верификации ее современной части использовались усредненные данные двенадцати метеостанций с многолетними рядами наблюдений, расположенных в пределах исследуемой и прилегающих территорий.

Построенные в работе синтезированные реконструкции показывают основные климатические события последних двух тысячелетий: римский оптимум (II и III вв.), холодную эпоху - позднеантичный малый ледниковый период (V и VI вв.), средневековый теплый период - климатический оптимум (X–XII вв.), заметное похолодание Малого ледникового периода (XIII–XIX вв.) и современная теплая стадия (XX в.). Замечаний к содержанию главы 7 нет.

В **Главе 8** приводятся примеры прогнозирования прироста деревьев для разных видов древесных растений и регионов, полученные автором на основе разработанной упрощенной имитационной модели Ваганова-Шашкина, обсуждаются результаты, преимущества и ограничения данной.

Детальное прогнозирование (индексы прироста, температура, осадки) рассчитано для трех районов, для которых выполнены реконструкции долгопериодной изменчивости климата: регион произрастания лесов Центрального Чили; регион восточного Поволжья для сосны обыкновенной и на Соловецких островах для ели европейской. Рассматривались два сценария изменения климата – благоприятный и экстремальный.

Кроме того, методика прогнозирования была обобщена и применена к глобальной базе данных древесно-кольцевых хронологий. Выделены регионы мира и виды, прирост которых может быть смоделирован моделью VS-Lite с достаточной степенью надежности. Выполнен прогноз прироста для этих регионов при тех же двух сценариях.

Выводы к этой главе адекватны выполненным исследованиям. Серьезных замечаний нет.

Раздел **Заключение** представляется кратким. Ощущается недостаток палеоклиматической интерпретации проделанной огромной работы. Многие важные рассуждения об этом встречаются в тексте диссертации, Но не вошли в раздел Заключение.

**Основные выводы** полностью отражают суть исследования. Автореферат диссертационной работы Мацковского В.В. полностью соответствует тексту диссертационной работы.

Общее замечание к диссертационной работе – несоответствие обозначения ссылок в тексте работы списку использованных источников. В связи с этим, практически невозможно найти работу, на которую ссылается автор в тексте диссертации, в списке использованных публикаций.

Следует отметить, что изложенные в диссертации результаты были опубликованы в отечественных и международных журналах. Полученные автором результаты климатических реконструкций и прогнозов могут быть использованы научными организациями соответствующего профиля для разработки проблемы глобального изменения климата. Материалы диссертации следует рекомендовать для использования в учебных курсах по вопросам дендро- и палеоклиматологии.

Исходя из содержания диссертационной работы, представленная к защите диссертация «Долгопериодная климатическая изменчивость в параметрах годовых колец деревьев» соответствует требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Мацковский Владимир Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора географических наук по специальности 1.6.14 – Геоморфология и палеогеография.

Отзыв обсужден на заседании расширенного научного семинара лаборатории дендрохронологии ФГБУН Институт экологии растений и животных УрО РАН (протокол № 3 от 22 ноября 2022 года).

Отзыв подготовлен ведущим научным сотрудником лаборатории дендрохронологии Института экологии растений и животных (ФГБУН ИЭРиЖ УрО РАН), доктором биологических наук Мазепой Валерием Семёновичем 620144, г. Екатеринбург,

ул. 8 Марта, 202; тел. +7 902 261 4041

E-mail: [mazepa@ipae.uran.ru](mailto:mazepa@ipae.uran.ru)

Кандидатская диссертация защищена по специальности  
03.00.02 – биофизика (канд. физ.-мат. наук)

Докторская диссертация защищена по специальности  
03.00.16 – экология (докт. биол. наук)

Подпись *Мазепа*  
Завещаю *Мазепа*  
Нач. общего отдела ИЭРиЖ



В.С. Мазепа