

ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ КЛИМАТА НА ШИРИНУ ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА ПИХТЫ КАВКАЗСКОЙ НА СЕВЕРНОМ МАКРОСКЛОНЕ ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

Грабенко Евгений Александрович

к.г.н., старший научный сотрудник
ФГБУ «Кавказский государственный природный биосферный заповедник
им. Х.Г. Шапошникова», Майкоп
grabenko@inbox.ru

Соломина Ольга Николаевна

д.г.н., директор института
ФГБУН «Институт географии РАН», Москва
olgasolomina@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен дендрохронологический и дендроклиматический анализ зависимости радиального прироста пихты кавказской *Abies nordmanniana* – доминанта горных лесов Западного Кавказа со средней, минимальной и максимальной температурой воздуха, относительной влажностью воздуха и количеством осадков. Построены и описаны три хронологии радиального прироста пихты по кернам, взятым на верхнем и нижнем пределе, а также в середине ее ареала охватывающие период с 1630 по 2009 гг. Выявлены и проанализированы тренды вышеназванных метеорологических параметров за период наблюдения на метеостанциях Гузерипль и Джуга.

Ключевые слова: дендрохронологический анализ, изменение климата, радиальный прирост.

В связи с изменениями климата, которые отмечаются в последние десятилетия во многих районах мира (IPCC, 2007), меняется динамика радиального прироста многих древесных пород. Такие примеры уже известны и изучаются (северная граница леса, Аляска, Иркутск). В этой работе мы ставим своей целью выявить связи годичного радиального прироста одного из доминантов буково-пихтовых лесов Западного Кавказа и метеорологических параметров. Для достижения этой цели мы проводим корреляционный анализ индексов ширины годичных колец пихты кавказской полученных при обработке кернов отобранных в долинах рек Грустная, М.Лаба и Малчепя со средними, минимальными, максимальными месячными температурами, среднемесячной относительной влажностью воздуха и количеством осадков в районе исследований.

В этой работе мы использовали древесно-кольцевые хронологии пихты кавказской, построенные нами для высокогорных и среднегорных ландшафтов Кавказского заповедника (табл. 1). Площадки отбора образцов GRS и GZPA соответствуют верхней и нижней границе ареала буково-

пихтовых лесов на Западном Кавказе, а площадка MLB – расположена в центральной части.

Положенный в основу работы дендрохронологический материал отбирался в период 2004–2009 гг. авторами на территории Кавказского государственного природного биосферного заповедника. Наши материалы были дополнены и сравнены с хронологией пихты кавказкой ALI, полученной Е.А. Долговой в Тебердинском государственном природном биосферном заповеднике.

Образцы, использованные в этой работе, отбирались возрастным буром Пресслера на высоте 1-1.5 м от поверхности земли, по два керны из каждого дерева. Дальнейшая обработка образцов проводилась в дендрохронологической лаборатории Института географии РАН в соответствии с общепринятыми методическими требованиями древесно-кольцевого анализа (Шиятов и др. 2000; Cook and Kairiukstis, 1990). Керны с известным годом отбора образцов датировались в рамках каждой пробной площади. Все датировки проходили контроль с помощью тестов программы COFESNA.

Поскольку ширина годичных колец, помимо климата, зависит от множества других факторов, в частности, от возраста деревьев, в дендрохронологии принято использовать не абсолютные величины приростов, а их относительные значения – индексы ширины колец. В нашей работе возрастная тренд удалялся с помощью отрицательной экспоненты (программа ARSTAN) (Cook, 1985) путем деления значения ширины кольца в каждый год на значение аппроксимирующей функции в этот год. В результате было построено три хронологии для пихты (рис. 1А)

Хронологии (табл. 1) имеют межсерийный коэффициент корреляции близкий к 0.6 и среднюю чувствительность, которая характеризует амплитуду изменчивости рядов, около 0.2-0.3. Поскольку число образцов старше 1850-го года в большинстве хронологий резко падает (рис. 1Б), что может повлиять на результаты анализа, мы ограничили ряды периодом с 1850 по 2005 (2009) гг. Образцы, за отдельными исключениями, датируются между собой вне зависимости от того, на какой площадке они были отобраны. Это свидетельствует о том, что приросты пихты в интервале высот 670-2000 м в большой степени управляются набором сходных внешних факторов.

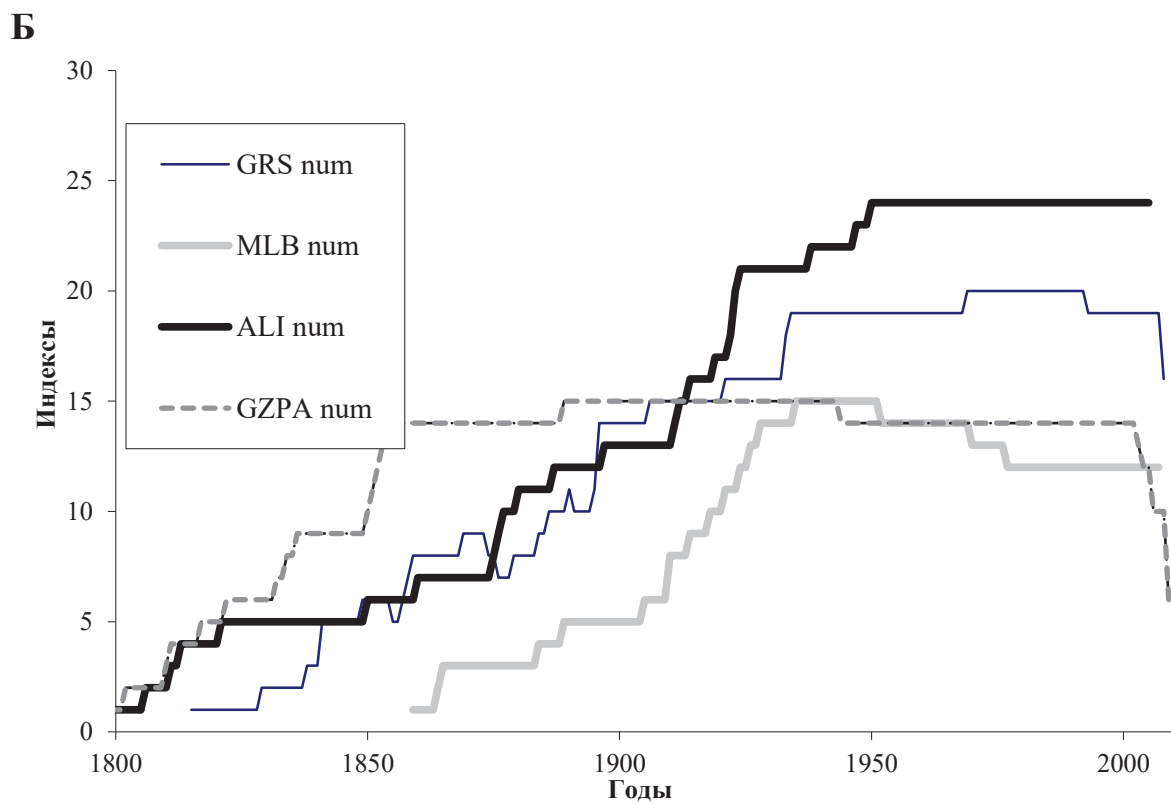
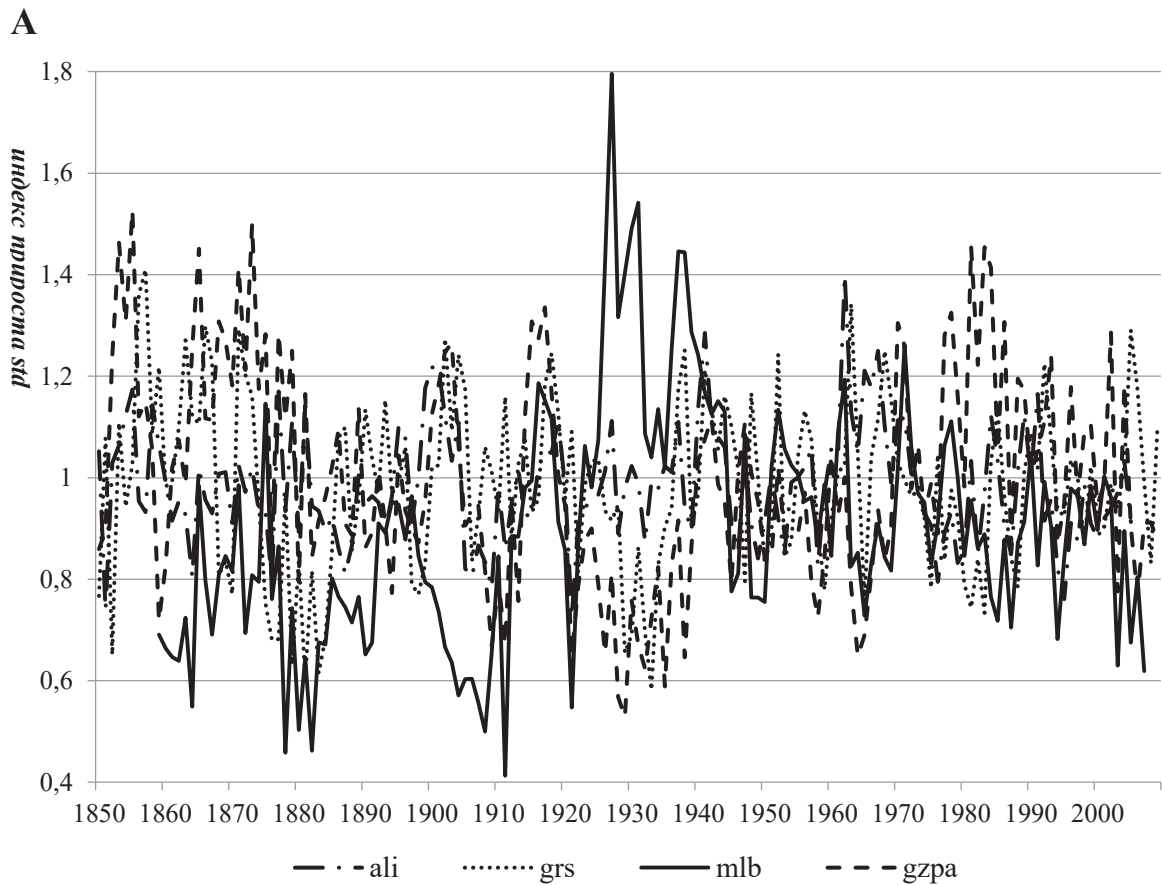


Рисунок 1 – Стандартные хронологии радиальных приростов пихты на Западном Кавказе (А) и их обеспеченность образцами (Б)

Таблица 1.

Характеристики хронологий

| <i>Хронология</i> | <i>Число серий в хронологии</i> | <i>Продолжительность хронологии</i> | <i>Число колец</i> | <i>Межсериальный коэффициент корреляции</i> | <i>Средняя чувствительность</i> |
|-------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|---|---------------------------------|
| GZPA | 41 | 1630–2009 | 3935 | 0.57 | 0.27 |
| ALI | 24 | 1800–2005 | 2908 | 0.51 | 0.16 |
| MLB | 21 | 1851–2007 | 1988 | 0.6 | 0.21 |
| GRS | 26 | 1815–2008 | 2469 | 0.57 | 0.21 |

Для определения отклика величины радиального прироста на колебания климата нами был проведен корреляционный анализ между индексами ширины годовых колец и климатическими показателями. Учитывая, что на прирост текущего года большее влияние оказывают климатические условия предыдущего года, для сравнения брались показатели за 24 месяца. Для работы мы использовали данные ближайших к пробным площадям метеостанций системы Росгидромета и метеоплощадки «Джуга» одноименного биогеоэкологического стационара Кавказского заповедника. Средние многолетние характеристики метеопараметров, измеренные на станциях Гузерибль и Джуга, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Среднемноголетние характеристики метеопараметров метеостанций Гузерибль (1929 – 1988 гг.) и Джуга (1986 – 2009 гг.)

| <i>Метеостанция</i> | <i>Статистический показатель</i> | | | |
|---|----------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
| | <i>Среднее</i> | <i>Минимум</i> | <i>Максимум</i> | <i>Стандартное отклонение</i> |
| <i>Средняя температура воздуха, °С</i> | | | | |
| Гузерибль | 8.2 | 6.4 | 10.3 | 0.7 |
| Джуга | 3.0 | 1.4 | 3.9 | 0.6 |
| <i>Максимальная температура воздуха, °С</i> | | | | |
| Гузерибль | 33.1 | 28.8 | 38.3 | 2.3 |
| Джуга | 23.6 | 20.1 | 30.3 | 2.0 |
| <i>Минимальная температура воздуха, °С</i> | | | | |
| Гузерибль | -20.7 | -34.8 | -8.3 | 0.6 |
| Джуга | -18.7 | -22.5 | -16.2 | 0.4 |
| <i>Относительная влажность воздуха, %</i> | | | | |
| Гузерибль | 79 | 72 | 81 | 0 |
| Джуга | 70 | 60 | 79 | 1 |
| <i>Сумма осадков, мм</i> | | | | |
| Гузерибль | 1116 | 616 | 1537 | 206 |
| Джуга | 1321 | 792 | 2869 | 462 |

Метеорологические данные используемых метеостанций мы проверили на наличие динамических трендов. Для проверки значимости трендов в исследуемых метеорологических рядах использовалась следующая методика: сначала из временных рядов вычитался линейный тренд (МНК), и оценивалась дисперсия отклонений. Затем методом Монте-Карло генерировались 10000 независимых случайных временных рядов с нормальным распределением и оцененной дисперсией, и для каждого из них был посчитан тренд. Наконец, 2.5-я и 97.5-я проценты распределения значений этих трендов были приняты за нижнюю и верхнюю границу для проверки значимости тренда, т.е. если первоначальный тренд попадал в этот интервал, то он не являлся значимым.

Анализ, проведенный по вышеописанной методике, показал (табл. 3), что в ходе температур, осадков и относительной влажности воздуха существенно чаще отмечаются положительные, а не отрицательные тренды. На верхней границе леса есть тенденция повышения температур за год; наиболее часто положительные тренды обнаруживаются в ходе минимальной температуры воздуха, особенно вблизи верхней границы леса.

Таблица 3

Наличие и направление трендов исследуемых метеорологических параметров (тренды рассчитаны для периода 1929 – 1988 гг. (гмс. Гузерипль) и 1986 – 2009 гг. (гмс. Джуга)

| Метеостанция | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | год |
|----------------------------------|--------|---------|------|--------|-----|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|-----|
| Средняя температура воздуха | | | | | | | | | | | | | |
| Гузерипль | | | | + | | | | - | | - | | | |
| Джуга | | | | | | | | | | | + | | + |
| Максимальная температура воздуха | | | | | | | | | | | | | |
| Гузерипль | | + | | | | + | | | | | | | + |
| Джуга | | | | | | | | | | | | | |
| Минимальная температура воздуха | | | | | | | | | | | | | |
| Гузерипль | | | | + | | | | | | - | | | |
| Джуга | | | | + | | | + | + | | | | | + |
| Относительная влажность воздуха | | | | | | | | | | | | | |
| Гузерипль | | | + | | + | | | | | | | | + |
| Джуга | | + | + | | | | | | + | | | | |
| Сумма осадков | | | | | | | | | | | | | |
| Гузерипль | | | | | | | | | | | | | |
| Джуга | | + | + | | + | | + | | | | | | + |

Данные, представленные в таблице 4, дают представление о тесноте связей между изменчивостью ширины годичных колец на пробных площадях, расположенных в разных высотных поясах. Самая высокая корреляция наблюдается у хронологий ширины годичных колец пихты с площадок ALI и GRS. При этом они расположены в разных долинах (Теберда и Грустная, соответственно), но в одном высотном диапазоне в верхней части лесного пояса. Это косвенно свидетельствует о том, что приростом в этих условиях в большой степени управляет общий набор макроклиматических факторов, а не местные условия. Чем ниже расположены площадки, тем слабее корреляция между ними, тем сильнее влияние местных экологических условий на прирост древесины.

Таблица 4

Коэффициенты взаимных корреляций стандартных хронологий пихты

| | GRS | MLB | ALI | GZPA |
|------|------|------|------|------|
| GRS | 1.00 | | | |
| MLB | 0.24 | 1.00 | | |
| ALI | 0.55 | 0.30 | 1.00 | |
| GZPA | 0.23 | 0.14 | 0.23 | 1.00 |

Влияние климатических характеристик на величину приростов оценивалось двумя способами: 1) путем расчета коэффициента корреляции между приростом и среднемесячными значениями метеорологических параметров за 24 предшествующих месяца, 2) путем сравнения метеорологических характеристик в отдельные годы с аномальным приростом с осредненными рядами метеоданных за весь ряд наблюдений.

Анализ корреляционных зависимостей индексов прироста древесины с метеорологическими данными показал, что связь между этими параметрами в целом низкая и редко статистически значимая. Это обычно характерно для районов, благоприятных в климатическом отношении для произрастания деревьев определенных видов (см. например, Schweingruber, 1988). Именно поэтому на Западном Кавказе до сих пор не существует количественных реконструкций климата, основанных на ширине годичных колец (Соломина, 2010). Тем не менее, анализ выявил некоторые особенности характера связи между приростом и элементами климата. Так, на верхней площадке у пихты кавказской увеличение радиального прироста происходит, если предыдущие и текущие летние и осенние месяцы характеризуются невысокими средними температурами и отсутствием максимальных экстремумов. Для площадки MLB, расположенной в средней части буково–пихтовых лесов на высоте 1040 м, прирост в значительной степени зависит от средней температуры летних месяцев прошлого и текущего годов, он также коррелирует с минимальными температурами конца вегетационного периода текущего года. Максимальные температуры

в этом высотном диапазоне мало влияют на ширину годичного прироста. Для прироста пихты на нижнем пределе ее ареала благоприятны теплые зима и начало весны, а также нежаркий май текущего года. Максимальные и минимальные экстремальные температуры, относительная влажность и количество выпавших осадков значимого влияния на прирост на этой высоте не оказывают. Последнее обстоятельство объясняется постоянной высокой атмосферной влажностью среднегорных лесов, более выположенным рельефом и развитыми почвами, что обеспечивает оптимальную влажность корнеобитаемого слоя почвы.

В связи с тем, что обнаруженные нами корреляционные связи являются довольно слабыми, мы сравнили метеоусловия в годы экстремально высоких и низких приростов с метеопказателями, средними по всему ряду наблюдений.

Неблагоприятным для прироста пихты в Кавказском заповеднике во всех высотных диапазонах был 1965 г. Этот год отличался сдвигом всех сезонов – более ранней была весна и более ранней и холодной осень. Аномально холодным был и январь. Осадки весной и осенью были ниже нормы, а относительная влажность в вегетационный период слегка выше среднемноголетней с небольшим пиком в конце лета.

Благоприятным годом можно считать 1971 год. В этот год на площадках GRS и MLB, а также на тебердинской площадке ALI зафиксирован прирост выше среднего. В этом году средняя температура воздуха практически не отличается от среднемноголетней. Осадки, в отличие от периода с минимальным приростом, в начале весны и лета были выше нормы. Относительная влажность воздуха в первой половине вегетационного периода была в пределах нормы с небольшим отрицательным пиком в апреле и положительным в мае, а также пониженными показаниями во второй половине.

Таким образом, успешное перекрестное датирование годичных колец пихты в диапазоне высот 670-2000 м показывает, что прирост у верхнего и нижнего предела ареала в большой степени управляется набором сходных внешних факторов.

Самая высокая корреляция наблюдается у хронологий ширины годичных колец пихты на площадках, расположенных в разных долинах в верхней части лесного пояса. Это косвенно свидетельствует о том, что приростом в этих условиях в большой степени управляет общий набор «макрофакторов», скорее всего климатических, а не местные условия.

В годы с максимальным приростом пихты температура воздуха была близка к среднемноголетней, а количество осадков вегетационного периода было больше нормы. Количество осадков в годы с максимальным приростом с января по май больше, а в годы с минимальным меньше нормы. Во второй половине года, наоборот, в период с максимальным приростом фиксируется дефицит осадков, а в годы с минимальным – переувлажнение.

Выяснено, что благоприятными факторами для радиального прироста древесины пихты по всему высотному профилю являются высокие средние температуры декабря-марта, отсутствие поздневесенних заморозков (минимальные температуры февраль-апрель), повышенная увлажненность конца предыдущего года и весь вегетационный период текущего (осадки), высокая влажность с мая по октябрь текущего года.

Список использованных источников

Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II, III об оценки Межправительственной группы экспертов по изменению климата [Пачаури Р.К., Райзингер А., и основная группа авторов]. МГЭИК, Женева, Швейцария, 104 с.

Соломина О.Н., Максимова О.Е. Дендрохронологические исследования на Тянь-Шане как источник климатической информации // Известия РАН. Серия географическая. 2010. №6. С. 54–66.

Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Нурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методич. пособие. – Красноярск: КрасГУ. 2000.

Cook E.R. A time-series analysis approach to tree-ring standardization.

Cook E.R., Kairiukstis L.A. *Methods of dendrochronology. Applications in the Enviromental Sciences*, Dordrecht; Boston, London, Kluwer Acad. Publ.

Schweingruber F.H. *Tree rings: basics and applications of dendrochronology*, Dordrecht, Holland, RPC.