

УДК 630+561.24

**ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЕЛИ ФИНСКОЙ (*PICEA* × *FENNICA* (REGEL) КОМ.)
НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ АРЕАЛА**

Д.В. Тишин

Аннотация

Представлены результаты изучения динамики радиального прироста ели финской, произрастающей на юге ареала в Среднем Поволжье (Волжско-Камский заповедник). Исследована возрастная структура популяции ели. Проанализирована связь ширины годичных колец ели и сосны (в условиях их совместного произрастания) с динамикой климатических факторов.

Ключевые слова: радиальный прирост, осадки, температура, ель финская.

Введение

Лесные сообщества являются саморегулирующимися системами, обладают значительной устойчивостью и способны поддерживать динамическое равновесие в широком диапазоне условий [1]. Однако достаточно быстрые изменения климата могут приводить к деградации древесной растительности, к изменению структуры и состава лесных сообществ, направления сукцессий и даже к смещению ботанико-географических зон и поясов [2, 3].

Дендроклиматический анализ – исследование временных рядов или серий календарно датированных годичных колец деревьев – позволяет получить ответ на большой спектр вопросов, связанных с динамикой леса, реконструкцией и прогнозированием природно-климатических изменений. Важнейший этап при проведении дендроклиматических работ – это отбор таких районов и местообитаний, для которых можно получить древесно-кольцевые хронологии, содержащие климатический сигнал [4]. Обычно он четко проявляется у деревьев, произрастающих в пессимальных местообитаниях (границы географического и экологического ареалов древесных растений).

Необходимо отметить значительное развитие дендроклиматических исследований в районах с неблагоприятными условиями для роста древесных растений (северные и высокогорные районы). Для них характерна тесная связь между величиной прироста древесины и температурой летних месяцев [4–10]. В районах умеренной зоны, где связь величины прироста деревьев с климатом более слабая, наблюдается комплексное влияние метеорологических показателей (осадки и температура) на величину прироста деревьев [11–17]. В южных районах лесной зоны радиальный прирост деревьев связан в основном с величиной осадков летнего периода [18–24].

Анализ имеющихся литературных источников показывает, что, несмотря на значительное развитие дендроклиматических исследований, по Республике Татарстан сведений о приросте деревьев в связи с динамикой метеорологических факторов недостаточно. Из опубликованных работ можно упомянуть только статьи К.В. Краснобаевой [25, 26], которые посвящены анализу связи прироста хвойных деревьев с температурой и осадками.

На территории Татарстана ель (*Picea x fennica* (Reg.) Kom.) произрастает на южной границе своего распространения [27, 28]. В этой связи данный вид представляет большой интерес для изучения изменчивости радиального прироста и его связи с колебаниями климатических факторов.

1. Материал и методика

Исследования, проведенные на участках современного распространения ели, показали, что наиболее старые деревья произрастают в лесах Зеленодольского района Республики Татарстан. В качестве объекта исследования был выбран сосняк чернично-мшистый с елью в Раифском участке Волжско-Камского природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ) (кв. 25/30), где максимальный возраст сосны и ели составляет 270 и 190 лет соответственно.

Работу проводили по методике, принятой в дендроклиматических исследованиях [29]. Использовали стандартный пакет программ DPL [30], предназначенный для обработки дендрохронологических данных.

Сбор материала проводился возрастным буром с 37 модельных деревьев разного возраста. После подготовки образцов древесины и предварительной разметки календарных дат измерялась ширина годичных колец с точностью до 0.025 мм. Подсчет годичных колец позволил нам установить точный возраст модельных деревьев и провести анализ возрастной структуры популяции. Индивидуальные хронологии индексировались с использованием негативной экспоненты для удаления выраженного возрастного тренда в изменчивости прироста каждого дерева. Полученные значения индексов прироста деревьев методом усреднения преобразовывались в обобщенный дендрохронологический ряд, характеризующий основные черты изменчивости прироста деревьев данного участка.

Статистическую связь между индексами прироста и климатическими показателями выявляли при помощи метода ранговой корреляции Спирмена в программе PAST [31]. Для анализа привлекались данные метеонаблюдений по станции Казань-Университет за период с 1890 по 2004 гг. Для выявления циклических компонент изменчивости прироста деревьев использовалась программа SPECTR [32].

2. Результаты

В результате проведенной работы было измерено и продатировано около трех тысяч годичных колец. Анализ возрастной структуры данной популяции ели показал, что первое поколение представлено деревьями, датированными 1817–1830 гг. Второе поколение приходится на 1863–1869 гг., третье – на 1894–1898 гг., четвертое – на 1967–1972 гг. По литературным данным известно,

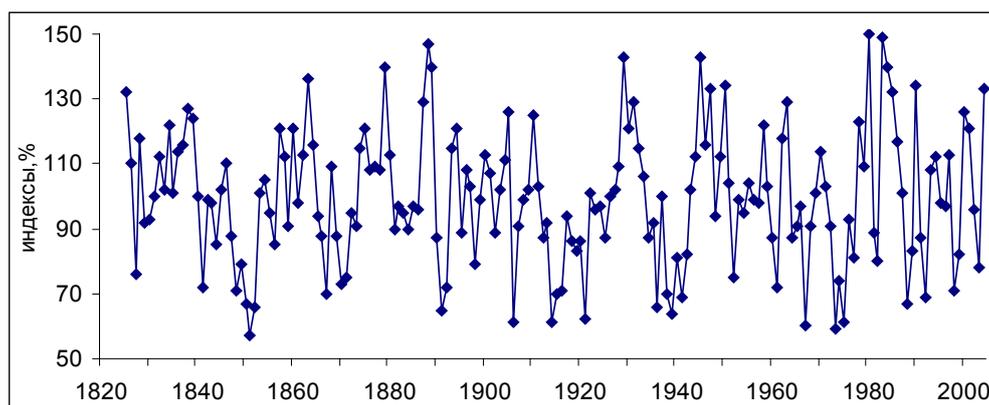


Рис. 1. Многолетняя динамика индексов прироста ели финской Раифского участка ВКГПБЗ (1825–2004 гг.)

что пожары, а также ветровалы являются причиной смены поколений деревьев [33, 34]. Так, А.Р. Чистяков [35], изучавший генезис сосновых насаждений в Раифе, установил, что за последние 300 лет по Раифе прошло около 10 пожаров; один из крупных датируется 1867 годом. Вероятно, что ветровалы и периодически повторяющиеся пожары играли существенную роль в появлении новых генераций ели.

Динамика ширины годичных колец соответствует так называемой «кривой биологического возраста» [36]. С возрастом уменьшается абсолютная скорость роста деревьев и снижается размах погодичных колебаний прироста древесины. В наших исследованиях у 35% модельных деревьев наблюдается обратная картина; при анализе индивидуальных хронологий отмечается тренд к увеличению абсолютного прироста ($R_s = 0.38$, $p < 0.01$), начало которого датируется второй половиной 70-х годов прошлого столетия. Очевидно, это связано с общим изменением регионального климата, которое особенно выражено за последние 30 лет [37]. Данная закономерность характерна и для других участков Среднего Поволжья, где изучалась ель [38]. Подобные тенденции наблюдаются в умеренных широтах Сибири [39], Скандинавии [40], Северной Америки [41].

В результате стандартизации прироста модельных деревьев была получена древесно-кольцевая хронология по ели финской протяженностью 180 лет (рис. 1).

Проведенные исследования позволили установить годы с минимальным приростом ели (1856, 1891, 1898, 1906, 1921, 1936, 1942, 1952, 1964, 1973, 1975, 1977, 1992, 1998, 2002) и с максимальным – (1866, 1879, 1889, 1917, 1945, 1963, 1976, 1979, 1983, 1990, 2000).

Сопоставление хронологии по ели финской с хронологией по сосне обыкновенной, полученной для этого же участка леса [42], показало высокое сходство между этими рядами ($p < 0.0001$, $n = 150$), что связано с влиянием одних и тех же климатических факторов на рост этих видов.

Для оценки климатического сигнала был проведен корреляционный анализ индексов прироста и показателей температуры воздуха и осадков отдельных месяцев.

Табл. 1

Коэффициенты корреляции прироста хвойных деревьев обобщенных хронологий со среднемесячной температурой и суммы осадков (май – июль)

| Метеорологические параметры | | Коэффициент корреляции, R_s | |
|-----------------------------|------|-------------------------------|---------|
| | | сосна | ель |
| Осадки: | Май | 0.08 | 0.12 |
| | Июнь | 0.19* | 0.42** |
| | Июль | 0.1 | 0.15 |
| Температура: | Май | -0.18 | -0.05 |
| | Июнь | -0.25* | -0.42** |
| | Июль | -0.11 | -0.36** |

* $p < 0.05$; ** $p < 0.001$.

Выяснилось, что положительное влияние на радиальный рост ели оказывают осадки июня ($R_s = 0.42$, $p < 0.000002$), отрицательное – температуры июня и июля ($R_s = -0.42$, $p < 0.000001$; $R_s = -0.36$, $p < 0.00005$ соответственно), причем данные показатели оказались выше для ели, чем для сосны того же участка леса (табл. 1). Вероятно, на границе ареала вид становится наиболее чувствительным как к локальным условиям местообитания, так и к изменениям климатических факторов.

К.В. Краснобаева [25], изучавшая ельники Арского лесхоза РТ, установила тесную связь прироста ели с осадками июня и особенно июля. Наши исследования показали, что на прирост влияет количество осадков только июня, когда нарастает большая часть годичного кольца [43]. Таким образом, недостаток увлажнения является причиной снижения прироста, особенно в период максимального прироста деревьев при относительно высоких температурах летнего сезона.

Спектральный анализ дендрохронологического ряда показал, что последний содержит циклические составляющие длительностью в 3.5, 6.9, 18 и 30 лет. Наибольшую спектральную плотность имеют циклы 6.9 и 18 лет. Из исходного ряда не были выделены вековые циклы. Это, видимо, связано с тем обстоятельством, что в анализ были включены модельные деревья, содержащие сравнительно небольшое количество годичных колец.

Выводы

Дендроклиматический анализ показал, что прирост хвойных деревьев зависит от количества осадков летних месяцев. Однако климатический отклик прироста на осадки более сильный у ели, чем у сосны, что связано с произрастанием ели на границе её ареала.

Результаты проведенной работы позволяют сделать вывод о том, что ель финская может рассматриваться для Среднего Поволжья как перспективный объект в дендроклиматических исследованиях.

Summary

D.V. Tishin. Dendroclimatological Study of *Picea x fennica* (Reg.) Kom. On the South Border of Its Geographical Range.

The article presents the results of studying the radial growth of *Picea x fennica* (Reg.) Kom. on the south border of its geographical range in the Middle Volga region. The population age-structure was investigated. The relationship between climatic conditions and tree-ring width was analyzed for coniferous species.

Key words: radial growth, precipitation, temperature, *Picea x fennica* (Reg.) Kom.

Литература

1. *Матвеев С.М.* Денроиндикация динамики состояния экосистем сосны обыкновенной в лесостепи: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Воронеж, 2004. – 40 с.
2. *Shiyatov S.G.* Rates of change in the upper treeline ecotone in the Polar Ural Mountains // *Pages News*. – 2003. – V. 11, No 1. – P. 8–10.
3. *Mazepa V.S.* Stand density in the last millennium at the upper tree-line ecotone in the Polar Ural Mountains // *Can. J. For. Res.* – 2005. – No 35. – P. 2082–2091.
4. *Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазена В.С.* Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. – Новосибирск: Наука, 1996. – 246 с.
5. *Шиятов С.Г.* Климатически обусловленные колебания радиального прироста древесных растений на Приобском Севере // *Структура и функционирование биогеоценозов Приобского Севера*. – Свердловск, 1981. – С. 45–53.
6. *Мазена В.С.* Погодичная реконструкция средней летней температуры воздуха на севере Западной Сибири с 1690 года на основе данных о радиальном приросте деревьев // *Сиб. экол. журн.* – 1998. – № 4. – С. 36–43.
7. *Хантемиров Р.М.* Древесно-кольцевая реконструкция летних температур на севере Западной Сибири за последние 3248 лет // *Сиб. экол. журн.* – 1999. – № 2. – С. 185–191.
8. *Lindholm M., Eronen M., Timonen M., Merilainen J.* A ring-width chronology of Scots pine from northern Lapland covering the last two millenia // *Annales Botanic Fennici*. – 1999. – V. 36. – P. 119–126. – Режим доступа: <http://www.sekj.org/AnnBot.html>.
9. *Briffa K.R.* Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees // *Quaternary Sci. Rev.* – 2000. – V. 19. – P. 87–105.
10. *Ogrin D.* Dendroclimatology of trees from submediterranean and mountainous climates in Slovenia // *Geographica*. – 2000. – V. 36. – P. 47–57.
11. *Молчанов А.А.* Изменчивость ширины годичного кольца в связи с изменением солнечной активности // *Формирование годичного кольца и накопление органической массы*. – М.: Наука, 1970. – С. 3–49.
12. *Феклистов П.А.* Дендроклиматический анализ прироста по диаметру в сосняке мохово-лишайниковом северной тайги // *Лесоведение*. – 1978. – № 2. – С. 23–28.
13. *Горячев В.М.* Сезонный рост и развитие древесных растений в первобытных пихтово-еловых лесах // *Экологические особенности и восстановительная динамика темнохвойных лесов Среднего Урала*. – Свердловск: УрО АН СССР, 1991. – С. 78–100.
14. *Кучеров С.Е.* Влияние непарного шелкопряда на радиальный прирост дуба черешчатого // *Лесоведение*. – 1990. – № 2. – С. 20–29.
15. *Юкнис Р.А.* Дендрохронологические методы оценки изменений роста деревьев в условиях загрязненной природной среды // *Экология*. – 1990. – № 4. – С. 19–29.

16. *Biondi F.* Climatic signals tree ring of *Fagus sylvatica* L. from the central Apennines, Italy // *Acta Ecologica*. – 1993. – V. 14. – P. 51–71.
17. *Cedro A.* Dependence of radial growth of *Pinus sylvestris* L. from Western Pomerania on the rainfall and temperature conditions // *Geochronometria*. – 2001. – V. 20. – P. 69–74. (URL: <http://www.geochronometria.pl>).
18. *Шведов Ф.Н.* Дерево как летопись засух // *Метеоролог. вестн.* – 1892. – № 5. – С. 163–178.
19. *Рудаков В.Е.* Сосны Бузулукского бора как определители хода колебаний осадков в этом бору // *Изв. ВГО*. – 1961. – Т. 93. – С. 527–531.
20. *Пугачев П.Г.* Динамика годичного прироста *Pinus sylvestris* L. в Тургайской впадине в связи с климатическими факторами // *Бот. журн.* – 1975. – Т. 60, № 3. – С. 401–412.
21. *Лазуренко Л.Б.* Дендроклиматология сосны обыкновенной в условиях центральной лесостепи: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Воронеж, 2002. – 22 с.
22. *Магда В.Н.* Радиальный прирост древесных растений как показатель увлажнения на юге Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2003. – 18 с.
23. *Till C., Guiot J.* Reconstruction of precipitation in Morocco since AD 1100, based on *Cedrus atlantica* tree-ring widths // *Quaternary Res.* – 1990. – V. 33. – P. 337–351.
24. *Lebourgeois F.* Climatic signals in earlywood, latewood and total ring widths of Corsican pine from western France // *Ann. Forest Sci.* – 2000. – V. 57. – P. 155–164.
25. *Краснобаева К.В.* Динамика прироста в толщину древостоев ельника-кисличника в зависимости от климатических факторов // *Лесоведение*. – 1972. – № 4. – С. 51–56.
26. *Краснобаева К.В.* Связь радиального прироста пихты сибирской с метеорологическими факторами в Среднем Поволжье // *Лесоведение*. – 1979. – № 1. – С. 34–39.
27. *Порфирьев В.С.* Вопросы изучения и охраны лесного растительного покрова Татаркой АССР и сопредельных территорий // *Охрана природы и биогеоценология*. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1975. – Вып. 1. – С. 19–76.
28. *Порфирьев В.С., Шаландина В.Т.* О динамике распространения ели на её южной границе в Татарской АССР // *Науч. докл. высш. шк. Биол. науки*. – 1984. – № 3. – С. 78–82.
29. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учеб.-метод. пос. – Красноярск: Красн. гос. ун-т, 2000. – 80 с.
30. *Holmes R.L.* Dendrochronological Program Library users manual. – Tucson, Arizona: University of Arizona, 1994. – 51 p.
31. *Hammer O.* Past – PAleocological STatistics, ver. 1.04 [Электронный ресурс]. – 2003. – Режим доступа: <http://folk.uio.no/ohammer/past>, свободный.
32. *Mazepa V.S.* Spectral Approach and Narrow Band Filtering for Assesment of Cyclic Components and Ecological Prognoses // *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences* / Ed. by E.R. Cook, L.A. Kairiukstis. – Dordrecht; Boston; London: Kluwel Acad. Publ., 1990. – P. 302–308.
33. *Бахтин А.А.* Возрастная структура ели в смешанных древостоях послепожарного происхождения // *Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр.* – Красноярск: СибГТУ, 1991. – С. 22–28.
34. *Ярошенко А.Ю., Потанов П.В., Турубанова С.А.* Малонарушенные лесные территории Севера России. – М.: Гринпис России, 2001. – 75 с.
35. *Чистяков А.Р.* Генезис сосновых насаждений Раифской дачи Раифского учебно-опытного лесничества // *Изв. Казан. лесотехнич. ин-та*. – 1931. – № 1. – С. 135–155.

36. *Шиятов С.Г.* Дендрохронология, ее принципы и методы // Зап. Свердл. отд-ния Всесоюз. Ботан. Об-ва. – 1973. – Вып. 6. – С. 53–81.
37. *Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Шанталинский К.М., Наумов Э.П.* Потепление климата Земли в XIX – XX столетиях и его проявление в Атлантико-Европейском регионе // Многолетняя динамика численности птиц и млекопитающих в связи с глобальными изменениями климата: Материалы междунар. симпозиума (11–16 нояб., 2002, Россия, РТ, Казань). – Казань: Новое знание, 2002. – С. 6–16.
38. *Тишин Д.В.* Влияние природно-климатических факторов на радиальный прирост основных видов деревьев Среднего Поволжья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 2006. – 20 с.
39. *Шишов В.В., Ваганов Е.А., Хьюс М.К., Корец М.А.* Пространственная изменчивость радиального прироста деревьев на территории Сибири в последнем столетии // Докл. РАН. – 2002. – Т. 387, № 5. – С. 690–693.
40. *Hellberg E.* Historical variability of deciduous trees and deciduous forests in Northern Sweden effects of forest fires, land-use and climate. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae: PhD thesis. – Department of Forest Vegetation Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, 2004. – 31 p.
41. *Stambaugh M.C., Guyette R.P.* Long-term growth and climate response of shortleaf pine at the Missouri Ozark forest ecosystem project // Proc. of the 14th Central Hardwood Forest Conf. – 2004. – P. 448–457.
42. *Тишин Д.В., Аськеев О.В., Аськеев И.В.* Особенности радиального прироста сосны (*Pinus sylvestris* L.) Раифского участка Волжско-Камского заповедника // Тр. Волжско-Камского гос. природ. зап. – 2005. – № 6. – С. 199–205.
43. *Ваганов Е.А., Шашкин А.В.* Рост и структура годичных колец хвойных. – Новосибирск: Наука, 2000. – 232 с.

Поступила в редакцию
31.03.08

Тишин Денис Владимирович – кандидат биологических наук, ассистент кафедры общей экологии Казанского государственного университета.
E-mail: dtishin@rambler.ru