

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 продатированно 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,

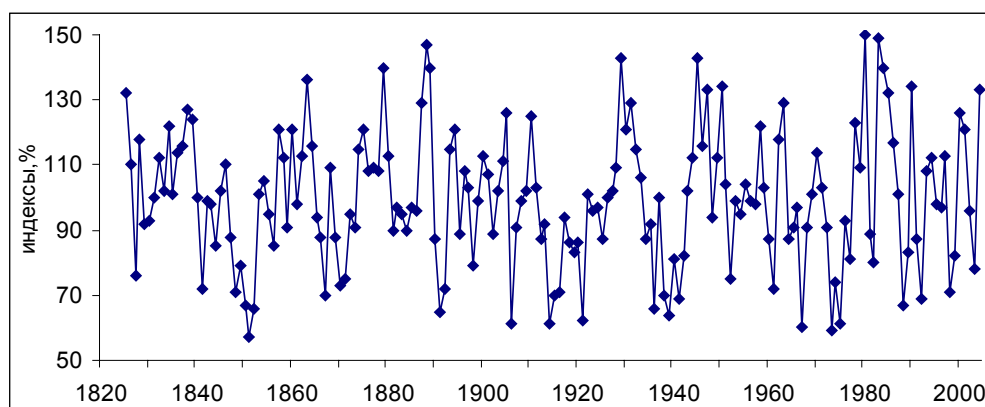


Рис. 1. Многолетняя динамика индексов прироста ели финской Раифского участка ВКГПБЗ (1825–2004 гг.)

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 годового 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 годовых 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](mailto:dtishin@rambler.ru)