

УДК 630*561.24:630.111

С.М. Матвеев

Матвеев Сергей Михайлович родился в 1962 г., окончил в 1984 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 30 печатных работ в области лесной экологии, дендроклиматологии, устойчивости сосновых насаждений к антропогенным воздействиям.



ЦИКЛИЧНОСТЬ ПРИРОСТА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ В 11-ЛЕТНЕМ ЦИКЛЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Рассмотрены даты экстремумов радиального прироста сосны обыкновенной в 125 – 140-летних древостоях. Показана возможность надежного прогнозирования динамики прироста сосны по фазам 11-летнего цикла солнечной активности.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, радиальный прирост, цикличность, солнечная активность, климатические колебания.

Ежегодный прирост древесины по диаметру ствола у древесных пород умеренного климата имеет циклическую динамику. Прирост древостоев сосны обыкновенной в Центральной лесостепи Русской равнины полициклически: прослеживаются и накладываются циклы разных порядков, от 2-3-летних до вековых и многовековых. Наиболее заметен 10-12-летний цикл [2, 4, 7], первопричиной которого, очевидно, является 11-летний цикл активности Солнца [6, 9, 10 и др.], также наиболее изученный и даже пронумерованный: первым считается период от минимума 1755 г. до минимума 1766 г., с 1996 г. начался 23-й период. Непрерывные наблюдения за солнечной активностью охватывают три столетия (1700–2000 гг.), за это время выделяются три вековых цикла солнечной активности. Эпохи минимума отмечены на рубеже веков (1700–1710-е; 1800–1820-е; 2000-е и, очевидно, 2010-е гг.). Эпохи максимума наблюдались в 1770–1780-е; в 1830–1840-е и 1870-е; в 1940–1950-е и 1970–1980-е гг. [5, 6, 9].

В нашей работе рассмотрены даты экстремумов (календарные годы наиболее высоких максимумов или глубоких минимумов) радиального прироста сосны обыкновенной на четырех участках в 125–140-летних древостоях. Рассматриваемый период охватывает ветвь спада предыдущего векового цикла солнечной активности (1870–1900-е гг.) и последний вековой цикл, начавшийся эпохой минимума в 1900–1910-е гг. и заканчивающийся эпохой минимума в настоящее время. Даты экстремумов проанализированы на фоне изменчивости солнечной активности (выраженной в числах Вольфа (W)) в 11-летнем цикле за весь период роста древостоев.

Обследованные древостои сосны произрастают в свежих суборевых (B_2) лесорастительных условиях, тип леса сосняк травяной с дубом (участки № 1–3) и свежих борových (A_2), тип леса сосняк травяной (участок № 4). Именно эти экотопы (и приблизительно в той же пропорции) преобладают по площади в борах Центральной лесостепи. Участки № 1, 3, 4 расположены на территории Учебно-опытного лесхоза Воронежской лесотехнической академии, участок № 2 – в Сомовском лесхозе Воронежской области. На каждом участке возрастным буравом отобрано 10 ... 20 кернов древесины на высоте 1,3 м. Ширина годичных колец измерена под микроскопом МБС-9 с точностью 0,05 мм и выражена в относительных индексах [5].

Корреляционный анализ показал низкую тесноту прямолинейной связи изменчивости ширины годичных колец сосны (в относительных индексах) на обследованных участках с динамикой солнечной активности (в числах Вольфа): коэффициент корреляции $r \leq 0,1$. Нелинейная связь оказалась умеренной: корреляционное отношение $\eta \leq 0,4$.

Проведенный нами (с использованием компьютерной программы STADIA-98) спектральный анализ цикличности исследуемых дендрохронологических рядов индексов прироста (полученных с применением 11-летней скользящей средней) в качестве нормы прироста выявил наличие хорошо выраженных максимумов мощности. Основные максимумы спектральной плотности ряда № 1 (в годах периодов, по убыванию значимости) следующие: 10,6; 8,8; 13,3; 11,8; 4,4; 3,7; 4,2; 9,6; 7,6; ряда № 2 соответственно: 12,0; 15,4; 3,1; 5,1; 9,8; 13,5; 21,6; 6,4; 3,4; ряда № 3: 8,8; 12,0; 6,6; 6,0; 10,2; 13,2; 3,9; 8,3; 11,0; ряда № 4: 12,9; 10,6; 14,5; 8,3; 6,8; 7,3; 5,0; 2,5; 6,4. Во всех обследованных рядах определенные циклические составляющие вносят большой вклад в общую изменчивость по сравнению с соседними частотами, это следующие частотные полосы: 12,9 ... 13,5; 9,6 ... 12,0; 8,3 ... 8,8; 6,4 ... 7,6; 5,0 ... 5,1; 4,2 ... 4,4; 3,1 ... 3,9. Существование наиболее значимых частотных полос в обобщенных дендрохронологических рядах по хвойным породам (лиственница сибирская, ель Шренка) отмечалось и в других работах [3].

Выявление значимых циклов в нестандартизированных рядах, проведенное для участков № 3 и 4, позволило установить колебания с большим периодом и подтвердить важность уже выявленных циклов. В ряду № 3 это циклы (по убыванию значимости): 22,3; 44,7; 26,8; 12,2; 33,5; 14,9; 8,9; 6,7; 13,4; в ряду № 4: 14,8; 13,1; 23,6; 29,5; 16,7; 10,7; 9,8; 3,5; 39,3.

Кросс-спектральный анализ индексов прироста (ряды № 1 и 2) и солнечной активности (числа Вольфа) позволил обнаружить области резонанса совмещенных временных рядов (т. е. на каких частотах происходит синхронное изменение мощности). В свою очередь, передаточная функция представляет коэффициент усиления амплитуды спектра первого процесса (изменчивость прироста) за счет совмещения со вторым процессом (динамика солнечной активности). Кросс-спектр индексов прироста ряда № 1 с числами Вольфа (с 1880 г. по 1985 г.) показал резкое возрастание мощности при длине волны 10,6, здесь же наблюдается наибольшее значение переда-

точной функции. Самыми значимыми оказались также циклы: 9,6; 11,8; 8,8; 13,3. Кросс-спектр ряда № 2 с числами Вольфа (с 1882 г. по 1990 г.) показал максимальную мощность при длине волны 9,8, но передаточная функция выше при длине волны 10,8. Следующими по значимости оказались циклы: 12,0; 5,1; 21,6.

Оценка спектральной плотности хорошо характеризует частотную структуру дендрохронологических рядов. Однако методы спектрального анализа не нашли широкого применения из-за сложности статистических выводов, основанных лишь на оценках спектральной плотности [3].

Выявление циклов различной длительности и их вклада в общую циклическую динамику прироста деревьев не «привязано» к определенным годам, что значительно обедняет возможности реальной оценки циклов. Детальный визуальный анализ экстремумов прироста сосны в пределах фаз 11-летнего цикла солнечной активности позволяет выявить важные в прогностическом отношении тенденции в приросте деревьев.

В табл. 1–3 представлены календарные годы и значения наиболее глубоких минимумов и наиболее высоких максимумов прироста сосны в экотопах В₂ (табл. 1, 2) и А₂ (табл. 3). Для каждой даты экстремумов прироста указана соответствующая фаза 11-летнего цикла солнечной активности и число лет, прошедших от последнего экстремума (максимума или минимума соответственно) активности Солнца. Двойные стрелки (ветвь роста – ветвь спада (↑↓)) в 1906 и 1990 гг. появились в таблице благодаря двойным максимумам солнечной активности, которые за исследуемый интервал времени наблюдались трижды: 1905, 1907 гг. (W = 64, 62); 1968, 1969 гг. (W = 106); 1989, 1991 гг. (W = 158, 146).

В экотопе В₂, на всех трех участках, два – три первых минимума радиального прироста (до 1897 г.), наблюдаемые в первые десятилетия роста древостоев и приходящиеся на окончание предыдущего векового цикла солнечной активности, отмечены в различные фазы активности Солнца. Начиная с 1897 г., все минимумы прироста, за редким (единичным для каждого участка) исключением, наблюдаются на ветви спада солнечной активности.

Наиболее глубокие минимумы прироста сосны в экотопе В₂ характеризуют цикличность прироста со средним периодом около 11 лет и наблюдаются в следующие календарные годы: 1897, 1910–1911, 1920–1921, 1929–1933, 1938–1939, 1949–1950, 1959–1960, 1971–1973, 1984–1985, 1995–1996 гг.

Наличие ярких промежуточных минимумов в 11-летней цикличности прироста: 1891, 1905–1906, 1924–1925, 1946, 1956, 1964–1965, 1975, 1981, 1992 гг., в некоторых древостоях не менее глубоких, чем основные, показывает цикличность с периодом 5-6 лет (половина 11-летнего солнечного цикла). Колебания с периодом 5-6 лет имеет целый ряд климатических процессов, например явление ЮКЭН (Южное колебание – Эль-Ниньо), характеризующее изменения циркуляции атмосферы нашей планеты и климатические ритмы.

Таблица 1

Анализ экстремумов прироста сосны в экотопе В₂ по фазам солнечной активности
(1870–1998 гг.)

(↑ - ветвь роста, ↓ - ветвь спада, max - эпоха максимума, min – эпоха минимума солнечной активности)

Год экстремума чисел Вольфа (W)		Минимумы прироста, участок № 1			Максимумы прироста, участок № 1			Минимумы прироста, участок № 2			Максимумы прироста, участок № 2			Минимумы прироста, участок № 3			Максимумы прироста, участок № 3			
min	max	min	Фаза W	Лет за max W	max	Фаза W	Лет за min W	min	Фаза W	Лет за max W	max	Фаза W	Лет за min W	min	Фаза W	Лет за max W	max	Фаза W	Лет за min W	
1867	1870																			
1878	1883-1884	1884	max					1882	↑					1878	min		1870	max		
1889	1893				1890	↑	1				1890	↑	1	1885	↓	1	1888	↓		
		1891	↑					1891	↑					1891	↑					
								1893	max	0	1895	↓								
1901	1905, 1907	1897	↓	4	1903	↑	2	1897	↓	4	1898	↓		1897	↓	4	1899	↓		
		1905	max	0				1906	↑↓	1	1908	↓								
1913	1917				1913	min	0	1911	↓	4	1914,	↑	1	1910	↓	3	1916,	↑		3
								1916	↑		1916	↑					1917	max		
1923	1928	1921	↓	4	1927	↑	4	1921	↓	4	1928	max		1921	↓	4	1929	↓		
1933	1937	1929	↓	1	1937	max		1933	min		1935	↑	2	1933	min		1937	max		
1944	1947	1939	↓	2	1944	min	0	1939	↓	2	1941,	↓	1	1939	↓	2	1947	max		
											1945	↑								
		1950	↓	3	1955	↑	1	1946	↑		1955	↑	1	1950	↓	3	1955	↑		1
1954	1957	1959	↓	2										1959	↓	2	1963	↓		
1964	1968-1969				1966	↑	2	1964	min		1966	↑	2	1965	↑		1970	↓		
1974	1979	1972-	↓	3	1978,	↑	4	1971,	↓	2	1978	↑	4	1972	↓	3	1978	↑		4
		1973	↓	4	1980	↓		1973	↓	4										
1986	1989, 1991	1984-	↓	5				1984	↓	5	1990	↑↓	4	1984	↓	5	1990	↑↓		4
		1985	↓	6																
1996														1992	↓	3	1998	↑		2

Таблица 2

Значения индексов прироста сосны (*I*) в экотопе В₂ в годы экстремумов, %

Участок № 1				Участок № 2				Участок № 3			
Минимум прироста		Максимум прироста		Минимум прироста		Максимум прироста		Минимум прироста		Максимум прироста	
Год	<i>I</i> , %	Год	<i>I</i> , %	Год	<i>I</i> , %	Год	<i>I</i> , %	Год	<i>I</i> , %	Год	<i>I</i> , %
1884	85			1882	74			1878	85	1870	123
		1890	117			1890	121	1885	83	1881	116
1891	79			1891	74			1891	73	1888	117
				1893	73	1895	134				
1897	71	1903	135	1897	80	1898	134	1897	83	1899	115
1905	75			1906	85	1908	124				
		1913	122	1911	70	1914	125	1910	76	1916	142
						1916	125			1917	143
1921	73	1927	129	1921	57	1928	111	1921	59	1929	113
1929	80	1937	135	1933	87	1935	125	1933	92	1937	128
1939	58	1944	137	1939	69	1941	129	1939	77	1947	122
						1945	124				
1950	72	1955	121	1946	62	1955	129	1950	55	1955	139
1959	78							1959	83	1963	117
		1966	122	1964	59	1966	181	1965	84	1970	144
1972	71	1978	124	1971	63	1978	183	1972	54	1978	133
1973	68	1980	147	1973	57						
1984	73			1984	52	1990	173	1984	59	1990	161
1985	70										
								1992	59	1998	110

Таблица 3

Анализ экстремумов прироста сосны в экотопе А₂ по фазам солнечной активности (1887 – 1998 гг.)

Год экстремума чисел Вольфа (W)		Минимумы прироста, участок № 4				Максимумы прироста, участок № 4			
min	max	min	Фаза W	Лет за max W	min <i>I</i> , %	max	Фаза W	Лет за min W	max <i>I</i> , %
1889	1893	1891	↑		55	1887	↓		138
1901	1905, 1907	1897	↓	4	79	1899	↓		115
						1906	↑↓	1	116
1913	1917	1911	↓	6	52	1914	↑	1	163
1923	1928	1921	↓	4	60	1927	↑	4	133
1933	1937	1932	↓	4	77	1937	max		157
1944	1947	1939	↓	2	69	1945	↑	1	138
1954	1957	1949	↓	2	75	1955	↑	1	130
1964	1968, 1969	1960	↓	3	81	1966	↑	2	118
1974	1979	1972	↓	4	69	1978	↑	4	120
1986	1989, 1991	1984	↓	5	75	1989	max		158
1996		1992	↓	3	45	1997	↑	1	118

Максимумы прироста в экотопе В₂ менее показательны в прогностическом отношении, чем минимумы: здесь чаще наблюдается отклонение от прямой связи экстремумов прироста с фазами солнечной активности. Такое распределение объясняется тем, что ветвь роста значительно короче ветви спада и обычно составляет 3-4 года.

Наличие временного сдвига цикличности прироста на рубеже XIX–XX вв., при смене векового цикла солнечной активности подтверждает ранее обоснованное положение [1, 3, 4, 8] об изменчивости циклов во времени: по продолжительности, амплитуде, полярности связей и т. д. Это еще раз подчеркивает необходимость оценки климатических условий, изменчивости прироста за отдельные, сравнительно однородные временные этапы. По нашим данным, в последнем 30-летии в лесостепи преобладает прямая зависимость между изменением значений солнечной активности и прироста сосны. Наличие синхронной связи в динамике солнечной активности и прироста древостоев отмечали многие исследователи [1, 10], в частности и в лесостепи [5 – 7].

Влияние солнечной активности на изменчивость прироста деревьев является опосредованным. Можно считать доказанным наличие последовательной зависимости: солнечная активность → циркуляция атмосферы → климатические изменения → прирост деревьев [2, 4, 9]. М.П. Скрыбин [6], отмечая, что период минимума векового цикла солнечной активности в последние три столетия совпадал с последним десятилетием оканчивающегося века и первым десятилетием начинающегося, указывал, что в эти периоды в условиях лесостепи наблюдалась длительная засушливая погода и создавались неблагоприятные условия для роста леса.

В экотопе А₂, т. е. в более экстремальных (по плодородию почвы) условиях, в борах, зависимость между приростом сосны и фазами солнечной активности значительно более четкая, чем в субориях. Наличие хорошо выраженных связей между климатом и приростом в экстремальных условиях отмечали и другие исследователи [1, 8], как и лучшее проявление циклической динамики прироста [4, 7].

В свежем бору максимумы прироста сосны отмечены на ветви роста (начиная с 1906 г., т. е. в последнем вековом цикле), причем чаще (5 раз из 10 циклов) через 1 год после минимума солнечной активности. Минимумы прироста сосны (также с начала века, с 1897 г.) наблюдались всегда на ветви спада.

За исследуемый интервал времени одновременно на всех четырех участках экстремумы прироста были в следующие годы: 1891, 1897, 1921, 1939, 1971 – 1973, 1984 гг. (минимумы прироста) и 1955, 1978 гг. (максимумы прироста). За исключением 1891 г., все минимумы находились на ветви спада солнечной активности, оба максимума – на ветви роста. Периоды между основными минимумами характеризуют длительность различных циклов прироста сосны: 1891 – 1897 (6 лет), 1897 – 1921 (24 года), 1921 – 1939 (18 лет), 1939 – 1972 (33 года), 1972 – 1984 (12 лет).

Как видим, минимумы прироста более ценны для синхронизации данных, перекрестной датировки, при выявлении общих закономерностей и прогнозировании. Все они совпадают с серьезными засухами, количество осадков за вегетационный период и за год в указанные годы значительно ниже среднего: 1891 г. – 128 мм за вегетационный период (при среднем многолетнем 307 мм) и 263 мм за год (при среднем многолетнем 520 мм), остальные минимумы соответственно: 1897 г. – 160 (307), 1921 г. – 195 (364), 1939 г. – 172 (382), 1971 г. – 158 (401), 1984 г. – 244 (422) мм. Обращает на себя внимание рост осадков за год в годы минимумов прироста – это результат наступления многоводного периода в лесостепи [5].

Для практики лесного хозяйства, при проектировании лесохозяйственных мероприятий на ревизионный период (10 лет), актуален прогноз изменчивости климатических условий в 11-летнем цикле солнечной активности. Надежный прогноз периодов с повышенными и пониженными (вследствие неблагоприятной климатической обстановки) приростами древостоев позволит «привязать» проведение различных лесохозяйственных работ к определенным календарным годам ревизионного периода. Изменение темпов радиального и объемного прироста (с определенной периодичностью) дает вариации в десятки процентов (от 60 ... 80 до 160 ... 180 %), что существенно меняет реальную картину результатов проведения лесохозяйственных мероприятий.

Текущее десятилетие (2002–2012 гг.) приходится на эпоху минимума векового цикла солнечной активности. В Центральной лесостепи Русской равнины возможно некоторое снижение количества выпадающих осадков в этот период, связанное с вековыми колебаниями климатических условий. Следует также ожидать дальнейшего роста температуры приземных слоев воздуха, вызванного как естественными колебаниями климата, так и антропогенным воздействием (усилением парникового эффекта). Усиливается загрязнение атмосферы, рекреационное воздействие, т. е. в целом создаются неблагоприятные условия для роста древостоев. В 11-летнем цикле солнечной активности максимум наблюдался в 2000 г. В пределах текущего десятилетия (после эпохи максимума, с 2002 г.) неблагоприятными следует считать первые 5–7 лет (ветвь спада и эпоха минимума 11-летнего цикла).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Комин Г.Е.* Цикличность в динамике лесов Зауралья: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Г. Е. Комин. – Свердловск, 1978. – 39 с.
2. *Костин С.И.* Повторяемость засушливых и влажных периодов в центральной части лесостепи Русской равнины / С.И. Костин // Вопросы повышения продуктивности лесного хозяйства: науч. записки Воронеж. лесотехн. ин-та. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1963. – Т. 29, вып. 1. – С. 91–101.
3. *Мазепа В.С.* Использование спектрального представления и линейной фильтрации стационарных последовательностей при анализе цикличности в дендрохронологических рядах / В.С. Мазепа // Дендрохронология и дендроклиматология. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 49–65.

4. *Матвеев С.М.* Дендрохронология: учеб. пособие / С.М. Матвеев. – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2001. – 88 с.
5. *Матвеев С.М.* Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи / С.М. Матвеев. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. – 272 с.
6. *Скрябин М.П.* Дубовые леса и вековые циклы в природных условиях / М.П. Скрябин // Восстановление и повышение производительности дубрав лесостепи: науч. записки Воронеж. лесотехн. ин-та. – Воронеж, 1960. – Т. 20. – С. 211–217.
7. *Таранков В.И.* Цикличность прироста сосны обыкновенной в восточно-европейской лесостепи / В.И. Таранков, Л.Б. Лазуренко // Лесоведение. – 1990. – № 2. – С. 12–19.
8. *Шиятов С.Г.* Дендрохронология, ее принципы и методы / С.Г. Шиятов // Записки Свердлов. отд. Всесоюз. ботанич. общества. – Свердловск, 1973. – Вып. 6. – С. 53–81.
9. *Эйгенсон М.С.* Солнце, погода и климат / М.С. Эйгенсон. – Л.: Гидрометеоиздат, 1963. – 229 с.
10. *Douglass A.E.* Climatic cycles and tree growth: A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity / A.E. Douglass. - Washington: Carnegie Inst., 1919. – Vol. 1. – P. 127; 1928. – Vol. 2. – P. 166; 1936. – Vol. 3. – P. 171.

Воронежская государственная
лесотехническая академия

Поступила 22.07.04

S.M. Matveev

Cycling of Pine Stands Growth in Central Forest-steppe in 11-year Cycle of Solar Activity

The dates of radial accretion extremes of Scots pine in 125-140-year stands are analyzed. The possibility of reliable forecasting of pine growth dynamics according to phases of 11-year solar activity cycle is demonstrated.
