

Л.А. Кайрайтис, А.И. Подвальскис

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ В СВЯЗИ С
КЛИМАТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

Важным вопросом современной дендроклиматологии является установление зависимости величины годичного прироста от климатических условий определенного года. Решения этого вопроса в одинаковой мере ждут лесоводы и дендрохронологи: первые — для понятия экологических свойств деревьев и искусственного моделирования биоклимата, вторые — для объяснения годичного колебания прироста в пределах климатических циклов. Однако установление зависимости годичного прироста от климатических условий сопряжено с определенными трудностями. Исследователям не удается найти четкую корреляционную зависимость годичного прироста от климатических факторов по крайней мере в интегральном понятии последних [1-3 и др.]. В связи с этим возникает необходимость более детально рассмотреть закономерности формирования годичного прироста в отдельные этапы вегетационного периода, сопоставляя прирост с климатическими условиями по месяцам и по декадам.

В Биржайском лесогидрологическом пункте Литовского научно-исследовательского института лесного хозяйства свыше 15 лет нами изучалась динамика сезонного формирования годичного кольца и роста в высоту у различно развитых деревьев. Биометрическими исследованиями в отдельные годы охватывались по 20-25 хорошо развитых деревьев ели, осины, березы, ясеня, ольхи черной и ольхи серой. Одновременно регистрировались основные показатели фитолимата: освещенность, температура воздуха и почвы, количество осадков, относительная влажность воздуха, глубина залегания грунтовых вод, высота снежного покрова и глубина промерзания почвы.

Отдельные древесные породы отличаются весьма различной продолжительностью, ритмом и темпом роста в течение вегетационного периода. Хорошо развитые экземпляры ели растут в толщину в среднем 87 дней, березы и осины — 91 день, ольхи серой — 93 дня, ольхи черной — 84 дня и ясеня — 73 дня (табл. I). Раньше всего формирование годичного кольца начинается у елей — в среднем 17 мая, а позже всего начинает расти ольха черная — 27 мая. Продолжительность роста в высоту в течение вегетационного периода у ольхи черной — 109 ± 2 дней, березы — 103 ± 2 дня, ольхи серой — 95 ± 1 дней, осины — 75 ± 3 , ели рано распускающейся — 62 ± 3 , поздно распускающейся — 56 ± 3 , ясеня — 51 ± 5 день. Начало, продолжительность и окончание роста, а следовательно, и величина суммарного прироста как по диаметру, так и в высоту у деревьев одной и той же породы в отдельные вегетационные периоды весьма различны (табл. I) и колеблются в значительных пределах. Это обусловлено различными климатическими условиями.

Формирование годичного кольца у елей начинается раньше или почти одновременно с началом роста в высоту, а у лиственных пород это происходит на 5-15 дней позже. Прирост в высоту заканчивается на 5-25 дней раньше, чем прирост по диаметру. При этом в образовании годичного прироста для каждой породы, а в пределах пород и для каждого класса деревьев свойственна определенная ритмичность, свя-

Таблица I

Особенности роста ствола по диаметру хорошо развитых деревьев некоторых древесных пород (за период 1957-1967 гг.)

Древесная порода	Начало роста	Колебания начала роста	Окончание роста	Колебания окончания роста	Продолжительность роста	Колебания продолжительности роста	Величина суммарного прироста, см	Колебания величины суммарного прироста, см
Ель	У. I7	У. 5-У. 30	УШ. I2	УШ. 29-УШ. 25	87± 3	70 - 98	I, 02	0,78-I, 96
Береза	У. 2I	У. I4-У. 26	УШ. 2I	УШ. II-УШ. 2I	9I± 8	77 - II0	0, 92	0,82-I, I2
Осина	У. 24	У. I5-У. I. 2	УШ. 23	УШ. I4-IX. 5	9I± 9	73 - III	I, 58	I, I5-2, 20
Ольха черная	У. 27	У. 23-У. I. I	УШ. 20	УШ. 9-УШ. 3I	84± II	69 - I00	I, I7	0,80-I, 32
Ольха серая	У. 20	У. I5-У. 25	УШ. 2I	УШ. I4-УШ. 30	93± 2	80- I02	I, 45	I, I5-I, 82
Ясень	У. 23	-	УШ. 4	-	73± 3	-	I, 20	-

занная с изменением фитолимата и накоплением регуляторов роста. Так, например, в ритме роста в высоту у хорошо развитых елей рано распускающейся формы отмечаются три максимума: к I0 июня, в третьей декаде июня и в конце июня. Поздно распускающиеся ели имеют более равномерный сезонный рост. В ритме роста в высоту у березы и осины отмечаются два максимума. У березы первый максимум наступает в середине мая, а второй - основной в конце первой декады июня. У осины первый максимум наступает вслед за началом роста (к 20 мая), а второй - к I0 июня. Кривая прироста ольхи черной имеет три максимума: к I0 июня, к 30 июня и к I5 июля. Интенсивность роста ольхи серой очень варьирует, и кривая роста характеризуется многочисленными коротковременными максимумами и минимумами. Ясень отличается исключительно бурным ростом в третьей декаде мая.

Рост по диаметру протекает более равномерно. Некоторое исключение представляет только ель, прирост которой своего максимума достигает быстро, вслед за началом роста. Лиственные породы отличаются почти равномерной интенсивностью роста на протяжении всего периода вегетации. Пульсация или ритмичность прироста сопряжена с пульсацией и ритмичностью освоения среды - первичным процессом нетто ассимиляции или отложением радиоуглерода в дендрохронологическом понятии. Поэтому для точной фиксации происшествий в окружающей среде дерева по его годичному кольцу прежде всего следует учесть закономерности отражения самого прироста в определенные месяцы вегетационного периода.

Изменчивость ритма и темпа роста в течение вегетации у деревьев различных пород обуславливают существенные различия в формировании прироста в отдельные месяцы (табл. 2). Прирост годичного кольца в мае в зависимости от породы составляет 3-23 %, в июне - 22-45 %, в июле - 20-55 % и в августе - 5-18 % от всего годичного прироста по диаметру. Значительная доля прироста годичного кольца в весенне-летние месяцы (май-июнь-64 %) у ели говорит о том, что величина его во многом зависит от запасных веществ, отложенных в предыдущем году, тогда как прирост по диаметру у лиственных пород в основном обуславливается ассимилятами, а стало быть и климатическими условиями текущего года. В наших опытах установлено, что величина прироста в высоту елей находится в прямой связи с величиной заложенной осенью почки, а также то, что ели выживают и вполне могут расти, когда у них весной была снята вся хвоя. Прирост таких елей за счет запасных веществ в первый год составляет свыше 50 %, на второй год 20 % прироста нормально растущих елей.

Таблица 2

Распределение прироста деревьев по диаметру в высоту по месяцам

Порода	Прирост в высоту в %				Прирост по диаметру, %			
	Май	Июнь	Июль	Август	Май	Июнь	Июль	Август
Ель	9	61	30	-	23	41	20	16
Береза	16	47	20	17	6	42	39	13
Осина	7	74	19	-	3	36	48	13
Ясень	16	52	22	-	4	45	46	5
Ольха черная	8	29	38	25	5	22	55	18

Все это говорит о том, что не следует искать прямой и полной зависимости между объемом годовичного прироста и климатическими факторами текущего года. Об этом, в частности, имеются указания и у других исследователей [1-3 и др.], пришедших к выводу, что установить непосредственное влияние климатических условий текущего года на величину прироста весьма трудно. Но в данном случае в свете радиоуглеродных исследований речь идет о качественном различии самого содержания ассимилятов, аккумулированных в определенном году в годовичном слое. Стало быть при точном углеродном датировании образцов весенне-летние фракции кольца особенно хвойных следует отнести не к текущему году, как это делает большинство исследователей [4 и др.], а к двойным датам, т. е. предыдущему и текущему году, тогда как летне-осеннюю фракцию кольца лучше относить к дате текущего года.

Что же касается величины самого прироста, в данном аспекте формы реализации содержания, то здесь в отдельные периоды вегетации существует очень тесная корреляционная связь с отдельными климатическими показателями. На основе математического анализа составленная таблица коэффициентов корреляции (r) показывает (табл. 3), что решающим фактором, определяющим формирование годовичного кольца и величину прироста в высоту, у ели в мае и в июне является температура во-

Таблица 3

Таблица коэффициентов корреляции (r) прироста елей с факторами внешней среды

Фактор	Прирост в высоту				Прирост по диаметру			
	Май	Июнь	Июль	Август	Май	Июнь	Июль	Август
Температура воздуха	$r = 0,965$ $t = 6,418$	$r = 0,978$ $t = 8,192$	$r = -0,328$ $t = 1,078$	$r = 0,925$ $t = 4,235$	$r = 0,918$ $t = 3,797$	$r = 0,629$ $t = 1,404$	$r = 0,058$ $t = 0,101$	
Количество осадков	$r = -0,390$ $t = 1,267$	$r = 0,420$ $t = 0,802$	$r = 0,959$ $t = 5,864$	$r = -0,290$ $t = 0,525$	$r = 0,249$ $t = 0,446$	$r = 0,905$ $t = 3,706$	$r = 0,673$ $t = 2,580$	

Примечание: t - критерий Стьюдента.

здуха ($r = 0,918 - 0,978$). Чем выше температура, тем больше прирост. Количество осадков в это время почти не оказывает никакого влияния на величину прироста ($r = 0,249 - 0,420$). Это объясняется достаточной влажностью почвы в первой половине вегетационного периода в условиях Южной Прибалтики. Во второй половине вегетации влажность почвы постепенно понижается, и решающим фактором внешней среды, обуславливающим величину прироста в июле и августе, является количество осадков ($r = 0,629 - 0,959$). Чем больше осадков в это время, тем больше прирост и тем позже заканчивается рост. Температура воздуха в июле и в августе уже не оказывает существенного влияния на величину прироста ($r = 0,070 - 0,328$).

Таким образом, у хорошо (нормально) развитых деревьев продолжительность периода роста в вегетационном периоде обуславливается в основном двумя факторами

внешней среды: температурой воздуха в мае и количеством осадков в июле и в августе. Чем раньше достигается сумма положительных температур, необходимых для начала роста, и чем больше осадков в июле и августе, тем длиннее период роста.

Корреляционная зависимость величины прироста в высоту y елей от факторов внешней среды в отдельные месяцы выражается следующими уравнениями:

$$\text{в мае} - y = -10,751 + 1,202 x_1;$$

$$\text{в июне} - y = -30,319 + 3,928 x_2;$$

$$\text{в июле} - y = 5,672 + 0,132 x_3,$$

где x_1 - средняя температура воздуха в мае; x_2 - средняя температура воздуха в июне; x_3 - количество осадков в июле.

Зависимость прироста по периметру (см) от факторов внешней среды выражается следующими уравнениями:

$$\text{в мае} - y = -0,156 + 0,033 x_1;$$

$$\text{в июне} - y = 0,112 + 0,018 x_2;$$

$$\text{в июле} - y = 0,091 + 0,002 x_3 \text{ и}$$

$$\text{в августе} - y = 0,141 + 0,001 x_4,$$

где x_1 - средняя температура воздуха в мае, x_2 - средняя температура воздуха в июне, x_3 - количество осадков в июле, x_4 - количество осадков в августе.

Приведенные уравнения зависимости величины прироста от факторов внешней среды в отдельные месяцы позволили рассчитать общее уравнение зависимости величины годового прироста от факторов внешней среды в условиях черничных и чернично-кисличных типов умеренно влажного климата Кжной Прибалтики. Зависимость прироста в высоту выражается уравнением:

$$y = -15,145 + 0,619x_1 + 3,004x_2 + 0,118x_3 \quad (r = 0,970).$$

Зависимость прироста по периметру от факторов внешней среды выражается следующим уравнением:

$$y = -0,361 - 0,003x_1 + 0,024x_2 + 0,001x_3 + 0,004x_4 \quad (r = 0,993),$$

где x_1, x_2, x_3, x_4 - соответствует обозначениям в вышеприведенных уравнениях.

Приведенные уравнения дают возможность по среднемесячным показателям климата с точностью в среднем $\pm 2,0$ см определить прирост в высоту за вегетационный период и с точностью $\pm 0,3$ мм определить годичный прирост по периметру.

Однако дендроклиматологам не менее важно иметь и обратное выражение этих уравнений, которое позволило бы по величине годичного кольца судить об основных климатических факторах в прошлом. В связи с этим на основе вышеприведенных корреляционных уравнений нами были рассчитаны производные уравнения, позволяющие узнать основные климатические факторы по величине годичного кольца.

Связь средней температуры воздуха за май-июнь с величиной прироста годичного кольца за эти месяцы выражается уравнением:

$$y = -13,212 + 43,104x,$$

где y - средняя температура воздуха за май-июнь; x - прирост по периметру (см) за май-июнь, составляющий в среднем 0,64 общей величины годичного кольца.

Связь количества осадков за июль-август с величиной прироста по периметру за этот период вегетации выражается уравнением:

$$y = -79,435 + 484,559x,$$

где y - количество осадков, мм; x - прирост по периметру (см) за июль-август, составляющий в среднем 0,36 общей величины годичного кольца.

При этом необходимо учесть то обстоятельство, что приведенные уравнения позволяют получить указанную точность лишь в тех случаях, когда для расчета будут взяты соответствующие климатические показатели непосредственно в лесу. Между тем, как показали наши исследования [5], в среднем за вегетационный период

температура воздуха в насаждениях на $1,5^{\circ}\text{C}$ ниже, чем на открытом месте. Разумеется в период интенсивного роста деревьев эта разница еще больше. Иллюстраций к этому в табл. 4 служат достоверные данные о разнице между температурой воздуха в елово-лиственном насаждении и температурой на открытом месте в июле месяце. Возраст изучаемого насаждения 55 лет, состав I-го яруса 60с3Е1Б, II-го яруса 10Е, полнота I-го яруса 0,55, II-го - 0,27.

Таблица 4.

Разница между температурой воздуха открытого места и температурой воздуха в елово-лиственном насаждении в июле месяце

Температура воздуха открытого места	Разница температуры воздуха в насаждении							
	Ч а с ы							
	6	8-12	14	16-18	20	22	24-2	4
5	+ 1,4							+ 1,8
6	+ 1,1							+ 1,6
7	+ 0,9							+ 1,5
8	+ 0,7							+ 1,3
9	+ 0,4						+ 2,1	+ 1,1
10	+ 0,2						+ 1,8	+ 0,9
11	- 0,1	- 1,3				+ 1,5	+ 1,4	+ 0,7
12	- 0,3	- 1,7				+ 1,1	+ 1,1	+ 0,4
13	- 0,5	- 2,1			- 0,6	+ 0,7	+ 0,9	+ 0,2
14	- 0,7	- 2,6	- 0,9	- 0,7	- 0,7	+ 0,3	+ 0,6	- 0,2
15	- 0,9	- 3,0	- 1,5	- 1,1	- 1,0	- 0,0	+ 0,4	- 0,5
16	- 1,1	- 3,4	- 2,0	- 1,5	- 1,2	- 0,3	+ 0,2	- 0,9
17	- 1,2	- 3,8	- 2,5	- 1,9	- 1,4	- 0,5	0,0	
18	- 1,4	- 4,3	- 3,0	- 2,3	- 1,5	- 0,7	0,3	
19	- 1,6	- 4,7	- 3,4	- 2,6	- 1,7	- 0,9	0,5	
20		- 5,0	- 3,8	- 2,9	- 1,9	- 1,1	0,7	
21		- 5,4	- 4,1	- 3,2	- 2,1	- 1,3	0,9	
22		- 5,8	- 4,4	- 3,5	- 2,3	- 1,4	1,1	
23		- 6,2	- 4,6	- 3,7	- 2,5	- 1,6		
24		- 6,5	- 4,8	- 4,0	- 2,7			
25		- 6,8	- 5,0	- 4,2	- 2,9			
26		- 7,1	- 5,2	- 4,4	- 3,1			
27		- 7,4	- 5,4	- 4,6	- 3,3			
28		- 7,7	- 5,5	- 4,8				
29		- 7,9	- 5,6	- 5,0				
30		- 8,1	- 5,7	- 5,1				
31		- 8,3	- 5,8	- 5,3				
32		- 8,5	- 5,8	- 5,4				
33			- 5,9	- 5,5				
34			- 6,0	- 5,6				

Литература

1. А.А. Молчанов. Лес и климат. Изд-во АН СССР, М., 1961.
2. П. Крамер, Т. Козловский. Физиология древесных растений. Гослесбуиздат, 1963.
3. В.В. Смирнов. Сезонный рост главнейших древесных пород. "Наука", М., 1964.
4. В.А. Алексеев, А.К. Лаврухина, З.К. Мильникова, И.В. Смирнов, Л.Д. Сулеринский. Вариации содержания радиоуглерода в кольцах секвойи. Сб. "Радиоуглерод". (Материалы всесоюзного совещания по проблеме "Вариации содержания радиоуглерода в атмосфере Земли и радиоуглеродное датирование", Вильнюс, 22-23 ноября, 1971 года), Вильнюс, 1971.
5. Л. Кяйрокитис, А. Кодвалькис. Лесоведение, № 6, 21. 1969.