

УДК 630.0

ИЗМЕРЕНИЕ ШИРИНЫ ГОДИЧНОГО СЛОЯ НА КЕРНЕ ДРЕВЕСИНЫ

Мазуркин П.М., Варсегова Л.Ю.

Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, Россия

С помощью геоинформационной системы были получены точные измеренные значения каждого годичного слоя на всем керне древесины сосны. Данные обработаны в математической среде и получена статистическая формула, которая состоит из 16 составляющих, что позволило дать ориентировочный долгосрочный прогноз.

Ключевые слова: керн, геоинформационная система, статистическая формула, долгосрочный прогноз

В данной статье предлагается способ, позволяющий повысить точность измерения ширины годичных слоев на всем протяжении керна, что ведет к расширению функциональных возможностей измерения годичных слоев на керне, а также к выявлению закономерностей динамики радиального прироста ствола учетного дерева по каждому годичному слою от центра (терминального побега) до периферии (последнего годичного слоя до момента взятия керна древесины).

Дерево сосны произрастает в сосново-березовом насаждении (7СЗБ); тип лесорастительных условий – А3; тип леса – сосняк черничник; полнота – 0,8. Использовался керн сосны комнатно-сухой влажности, взятый в 2000 году на высоте 1,3 м (рис. 1).

Возраст подростка на высоте 1,3 м составлял 11 лет. Замеры проводились на годичных слоях, начиная с 12 по 71 год жизни дерева. Полный же возраст дерева составляет 71 год.

Для измерения ширины годичного слоя керн устанавливают на окно сканера и сканируют в полноцветном режиме (12,7 млн. цветов) с разрешением не менее 1200 dpi (рис. 2).

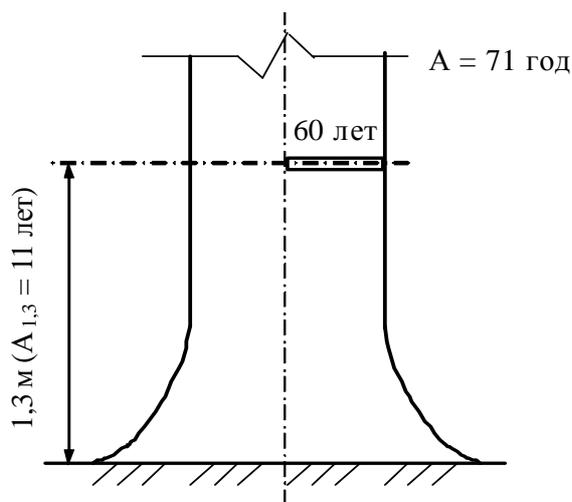


Рис. 1. Схема взятия керна древесины



Рис. 2. Вид керна после сканирования

Далее выполняется конвертация изображения в геоинформационную систему (ГИС) с аналогичным разрешением, что и при сканировании с масштабом 1:1000 (условно 1 м на электронной карте

принимаем за 1 мм). Возможно получение негатива изображения для более четкого определения размещения годичных слоев на керне (рис. 3).



Рис. 3. Вид керна после конвертации изображения в геоинформационную систему (ГИС)

Средствами ГИС проводим линию по продольной оси керна (рис. 4). Для учета продольной кривизны керна приходится проводить по оси керна ломаную линию.

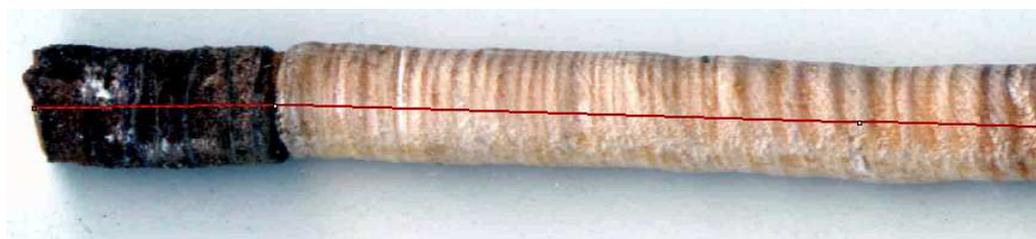


Рис. 4. Вид керна с линией по продольной оси керна

Далее выполняется корректировка линии путем добавления в нее точек, выделенных в конкретных местах пересечения линии с каждым годичным слоем (рис. 5). При этом выделяются у годичного слоя

две границы – начальная граница (с момента начала вегетационного периода) и конечная граница (с момента завершения вегетационного периода у дерева).



Рис. 5. Корректировка линии по продольной оси керна

В результате измерений на сканированном изображении получается линия, описывающая ширину годичных слоев вдоль продольной оси керна древесины. На основе этой продольной линии автома-

тически в ГИС можно составить журнал координат с вычисленными расстояниями между точками, в данном случае от периферии к центру (рис. 6).



Рис. 6. Вид линии на керне, которая описывает ширину годичных слоев вдоль продольной оси керна древесины

При измерении ширины отдельного годичного слоя и последовательно, например, от периферии к центру (как это и принято в лесной таксации), всех годичных слоев с помощью системы ГИС учитывается криволинейная ось керна, так как при высыхании ось керна не может оставаться строго прямолинейной.

На участке керна с высокой кривизной продольная ломаная линия всегда будет перпендикулярна измеряемому годичному слою.

Поэтому после измерений на компьютере с помощью ГИС получаются точ-

ные измеренные значения каждого годичного слоя, а суммированием получается вся длина годичных слоев на керне.

Для контроля измеряется полная длина всех или группы годичных слоев, причем полученные значения сопоставляются с суммой значений ширины входящих в эту группу годичных слоев.

После проведения измерений, полученные данные были обработаны в математической среде Curve Expert-1.3 (табл. 1) и получена статистическая формула, которая в приведенном примере состоит из 16 составляющих:

$$b = \sum_{i=1}^{16} b_i, \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 b_1 &= 6,9030 \exp(-0,552048 t_R^{0,415354}), \\
 b_2 &= -1,01235 \cdot 10^{-30} t_R^{73,01939} \exp(-10,38886 t_R) \times \cos(\pi_R / 1,814617 + 2,824404), \\
 b_3 &= -5,234951 \cdot 10^{-11} t_R^{10,67668} \exp(-0,377352 t_R^{1,072677}) \times \cos(\pi_R / 3,742744 - 4,905759), \\
 b_4 &= -0,154628 t_R^{0,384626} \exp(-0,000243 t_R^{2,453486}) \times \\
 &\times \cos(\pi_R / (19,75877 - 0,260520 t_R^{0,999999}) + 3,56839), \\
 b_5 &= -1,497462 t_R^{3,689975} \exp(-1,44897 t_R) \times \cos(\pi_R / 1,530363 + 4,656710), \\
 b_6 &= -3,615215 \cdot 10^{-60} t_R^{105,93983} \exp(-10,817642 t_R) \times \cos(\pi_R), \\
 b_7 &= -1,255967 \cdot 10^{-13} t_R^{11,421758} \exp(-0,370041 t_R) \times \cos(\pi_R / 1,938941 - 2,323989), \\
 b_8 &= -7,315429 \cdot 10^{-20} t_R^{14,703654} \exp(-0,152911 t_R^{1,174360}) \times \\
 &\cos(\pi_R / 26,896639 + 3,266581), \\
 b_9 &= -1,206296 \cdot 10^{-6} t_R^{8,628151} \exp(-0,776686 t_R) \times \cos(\pi_R / 2,265658 - 1,099756), \\
 b_{10} &= -1,064964 \cdot 10^{-8} t_R^{5,944389} \exp(-0,160334 t_R) \times \cos(\pi_R / 0,713438 + 2,464268), \\
 b_{11} &= -3,632110 \cdot 10^{-40} t_R^{31,516202} \exp(-0,709032 t_R) \times \cos(\pi_R / 5,352116 - 3,877254), \\
 b_{12} &= -4,566931 \cdot 10^{-7} t_R^{4,211549} \exp(-0,101801 t_R) \times \cos(\pi_R / 0,598807 + 0,342209), \\
 b_{13} &= -0,008636 t_R^{6,643718} \exp(-1,617003 t_R) \times \cos(\pi_R / 4,330017), \\
 b_{14} &= -1,150378 \cdot 10^{-49} t_R^{54,510216} \exp(-2,661166 t_R) \times \cos(\pi_R / 10,225207 - 5,090250), \\
 b_{15} &= -5,668348 \cdot 10^{-12} t_R^{8,538850} \exp(-0,215437 t_R) \times \cos(\pi_R / 2,435826 + 4,423823),
 \end{aligned}$$

$$b_{16} = -3,964888 \cdot 10^{-21} t_R^{17,876961} \exp(-0,537659 t_R) \times \cos(\pi t_R / 1,171062 + 13,427158),$$

где b – расчетная ширина годовичного слоя по статистической модели, мм;

t_R – время, которое отчитывается с терминального побега, на который попала при взятии ядра сердцевина древесины, лет.

В табл. 1 приведены результаты расчетов, в которой приняты следующие условные обозначения:

t – время с момента начала роста и развития дерева, лет;

\hat{b} – фактическая ширина годовичного слоя, измеренная путем сканирования ядра древесины и размещения изображения в геоинформационную систему, мм;

ε – абсолютная погрешность (остаток) статистической модели, вычисляемая как разность между фактическими и расчетными значениями изучаемого показателя;

Δ – относительная погрешность статистической модели.

Таблица 1

Динамика ширины годовичного слоя, мм

Год	Время с момента роста t , лет	Время с терминального побега t_R , лет	Факт \hat{b} , мм	Расчетные значения		
				b	ε	Δ , %
2000	71	59	0,339	0,396	-0,06	-16,79
1999	70	58	0,440	0,428	0,01	2,73
1998	69	57	0,510	0,488	0,02	4,36
1997	68	56	0,405	0,421	-0,02	-4,03
1996	67	55	0,486	0,382	0,10	21,45
1995	66	54	0,464	0,485	-0,02	-4,46
1994	65	53	0,683	0,623	0,06	8,79
1993	64	52	0,591	0,621	-0,03	-5,12
1992	63	51	0,541	0,594	-0,05	-9,78
1991	62	50	0,584	0,664	-0,08	-13,68
1990	61	49	0,477	0,532	-0,06	-11,62
1989	60	48	0,486	0,503	-0,02	-3,49
1988	59	47	0,578	0,611	-0,03	-5,63
1987	58	46	0,819	0,679	0,14	17,08
1986	57	45	0,556	0,543	0,01	2,32
1985	56	44	0,533	0,443	0,09	16,91
1984	55	43	0,741	0,681	0,06	8,08
1983	54	42	0,510	0,533	-0,02	-4,44
1982	53	41	0,463	0,531	-0,07	-14,71
1981	52	40	0,598	0,565	0,03	5,53
1980	51	39	0,536	0,731	-0,20	-36,46
1979	50	38	0,834	0,757	0,08	9,21
1978	49	37	0,348	0,404	-0,06	-16,00
1977	48	36	0,440	0,442	0,00	-0,43
1976	47	35	0,394	0,309	0,09	21,66
1975	46	34	0,651	0,614	0,04	5,63
1974	45	33	0,417	0,467	-0,05	-12,03
1973	44	32	0,457	0,357	0,10	21,94
1972	43	31	0,497	0,589	-0,09	-18,54
1971	42	30	0,533	0,495	0,04	7,10
1970	41	29	0,487	0,507	-0,02	-4,16
1969	40	28	0,372	0,426	-0,05	-14,58
1968	39	27	1,002	0,979	0,02	2,31
1967	38	26	1,190	1,167	0,02	1,97
1966	37	25	1,085	1,178	-0,09	-8,60

1965	36	24	1,476	1,382	0,09	6,35
1964	35	23	1,291	1,309	-0,02	-1,40
1963	34	22	0,970	0,979	-0,01	-0,94
1962	33	21	0,640	0,621	0,02	2,92
1961	32	20	0,672	0,709	-0,04	-5,57
1960	31	19	0,903	0,879	0,02	2,65
1959	30	18	1,054	1,032	0,02	2,09
1958	29	17	1,158	1,173	-0,02	-1,32
1957	28	16	1,020	1,078	-0,06	-5,65
1956	27	15	0,858	0,762	0,10	11,14
1955	26	14	0,532	0,653	-0,12	-22,76
1954	25	13	1,057	0,976	0,08	7,64
1953	24	12	1,325	1,263	0,06	4,69
1952	23	11	1,385	1,424	-0,04	-2,84
1951	22	10	0,986	0,878	0,11	10,93
1950	21	9	1,647	1,646	0,00	0,04
1949	20	8	2,235	2,276	-0,04	-1,85
1948	19	7	2,959	2,926	0,03	1,11
1947	18	6	1,678	1,703	-0,03	-1,49
1946	17	5	2,555	2,548	0,01	0,26
1945	16	4	1,834	1,825	0,01	0,49
1944	15	3	3,126	3,152	-0,03	-0,82
1943	14	2	4,217	4,270	-0,05	-1,25
1942	13	1	3,710	3,760	-0,05	-1,36
1941	12	0	6,903	6,903	0,00	0,00

Максимальная относительная погрешность $\Delta_{\max} = 36,46\%$, которая по данным табл. 1 подчеркнута. Доверительная вероятность модели (1) равна 100 –

36,46 % = 60,54%, что позволяет дать ориентировочный долгосрочный прогноз, по которому построен график в программной среде EXCEL (рис. 7).

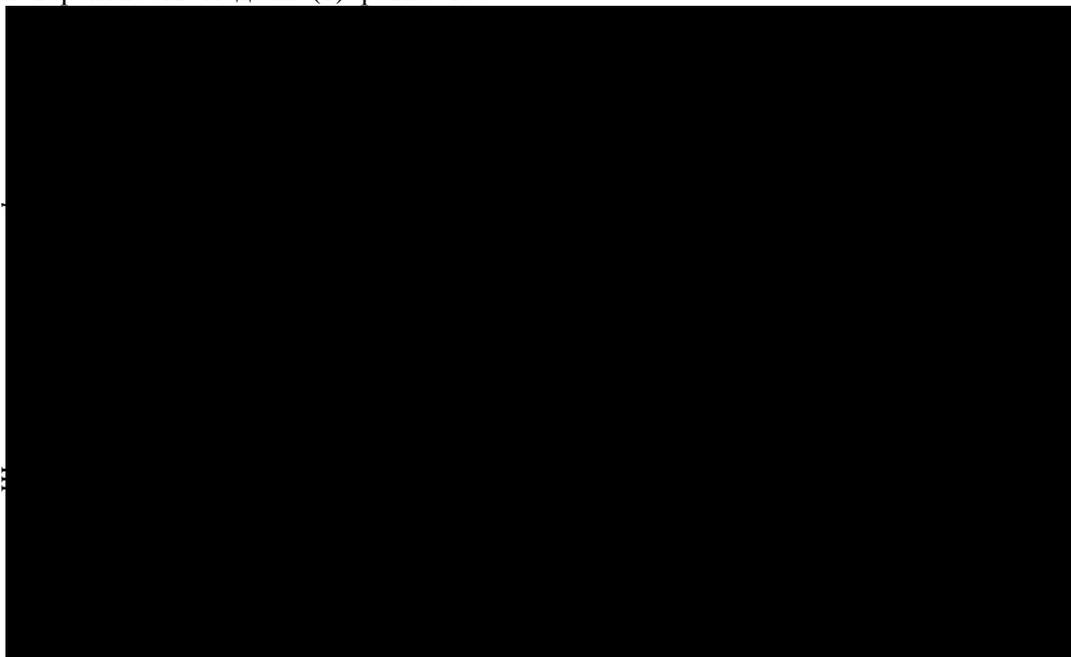


Рис. 7. Динамика радиуса ствола сосны по годичным слоям керна с учетом волновой составляющей

Более точный прогноз можно получить с учетом распределения количества относительных отклонений (табл. 2).

Таблица 2

Распределение количества годовых слоев по значениям допустимой относительной погрешности

Интервал изменения Δ_{\max} , %	Количество годовых слоев в интервале погрешности, шт.	Доля от общего числа измеренных годовых слоев, %	Примечание
>30	1	1,7	Менее одной трети годовых слоев превышают 10%-ый рубеж
>20	6	10,0	
>15	10	16,7	
>10	17	28,3	
>5	31	51,7	
>1	53	88,3	

По распределению относительной погрешности можно считать, что статистическое моделирование выполнено на уровне 10-процентной значимости.

В табл. 3 показана точность измерения ширины годового слоя, причем в за-

висимости от разрешения компьютерного изображения ГИС. Эта точность будет инструментальной, к которой нужно еще учесть и точность измерения зрением человека при установке точки на границах годового слоя вдоль его продольной оси.

Таблица 3

Инструментальная точность измерений ширины годового слоя керна с помощью геоинформационной системы

Разрешение изображения, dpi/дюйм	Точность измерения, мм	Интервал точности измерения, мм	Примечание
75	0,339	$\pm 0,170$	Эти шкалы изображения не могут быть применены при измерениях годовых слоев на керне из-за малой точности
100	0,254	$\pm 0,127$	
150	0,169	$\pm 0,085$	
200	0,127	$\pm 0,064$	
300	0,085	$\pm 0,042$	
600	0,042	$\pm 0,021$	Рекомендуемые уровни разрешения
1200	0,021	$\pm 0,010$	
2400	0,010	$\pm 0,005$	

Примечание: Выделена точность измерения, сравнимая с измерительной лупой

Из данных табл. 3 видно, что при уровне разрешения изображения в 2400 dpi появится возможность измерения не только отдельных зон годового слоя (ранняя, поздняя, ранне-поздняя, поздне-ранняя), но и отдельных крупных клеток древесины.

За 43-летний период, с 1957 по 2000 годы, причем само дерево возникло в 1929 году, произошло какое-то долговременное воздействие на растущую сосну, которая постепенно адаптировалась к условиям места произрастания волно-

вым изменением части ширины годового слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазуркин, П.М. Геоэкология. Закономерности современного естествознания [Текст]: Научное издание / П.М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004 – 336 с.
2. Мазуркин, П.М. Статистическая экология [Текст]: Учебное пособие / П.М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004 – 308 с.
3. Мазуркин, П.М. Экологический мониторинг (Способы испытания деревьев) [Текст] / П.М. Мазуркин: Учеб. пос. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 224 с.

ONE-YEAR LAYER WIDTH MEASURING ON WOOD KERN

Mazurkin P.M., Varsegova L.J.

Mari state technical university, Yoshkar-Ola, Russia

Using geographic information system were obtained precise measurements of the importance of each one-year layer over the entire core of pine wood. The data processed in mathematical environment, and a statistical formula, which consists of 16 components, which provide an indicative long-term prognosis.

Keywords: kern, geographic information system, a statistical formula, a long-term prognosis

УДК 630.0

ИСПЫТАНИЕ РАСТУЩЕГО ДЕРЕВА

Мазуркин П.М., Варсегова Л.Ю.

*Марийский государственный технический университет,
Йошкар-Ола, Россия*

По результатам измерений ширины годичных слоев на рабочей части керна и определения радиального роста дерева, и последующей идентификации по ним статистической закономерности, выполняют прогнозирование на ретроспективу на число лет с начала рабочей зоны керна до момента начала жизни измеряемого учетного дерева.

Ключевые слова: керн, ширина годичного слоя, статистическая закономерность роста

Динамика радиуса ствола сосны была изучена на керне древесины, начиная с 1948 по 1992 годы на каждом годичном слое. Дерево произрастало в сосново-березовом насаждении с примесью ели и осины естественного происхождения: состав пород 9С + 1Б (единичные Е + Ос); тип лесорастительных условий - А2; тип леса – сосняк зеленомошниковый; полнота – 0,8.

Для измерений ширины годичных слоев использовался керн комнатно-сухой влажности, взятый в 2000 году на высоте 1,3 м. Возраст подростка на высоте 1,3 м составлял 11 лет. Замеры проводились, начиная с 22 по 66 год жизни дерева. Полный же возраст дерева составляет 74 года (рис. 1).

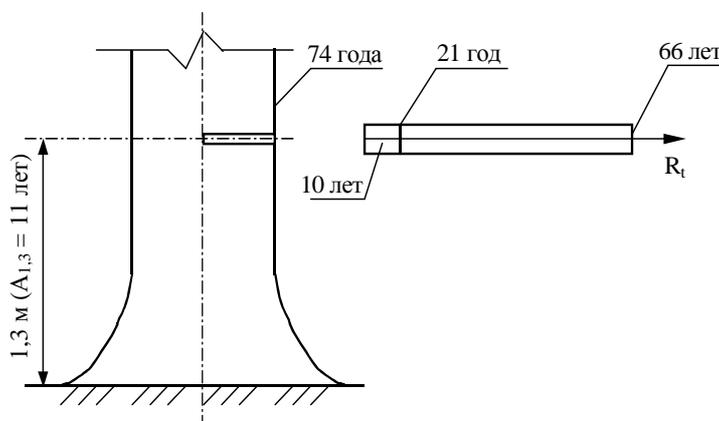


Рис. 1. Схема взятия керна

Из схемы на рис. 1 видно, существующими способами, например, с использованием измерительной лупы, первые 10 лет попадали в сердцевину и не могли быть измеренными из-за малых значений. Поэтому рабочая часть керна начинается с 22 года. При этом рабочая часть керна завершается, не доходя до камбиального слоя на 8 лет. Поэтому отрезок керна на последних годичных слоях также не был измерен из-за малости ширины годичных слоев.

В лесной таксации принято измерять ширину годичных слоев (или же считать их число), начиная от периферии к сердцевине. В предлагаемом способе лучше всего измерять от сердцевины к периферии, причем с применением более точных методов измерения можно учитывать и нерабочие зоны керна – присердцевинную и заболонную.

Если отсутствует подрост для определения возраста до места взятия керна, то придется брать керн и на корневой шейке дерева.