

УДК 630.0

## ИСПЫТАНИЕ РАСТУЩЕГО ДЕРЕВА

Мазуркин П.М., Варсегова Л.Ю.

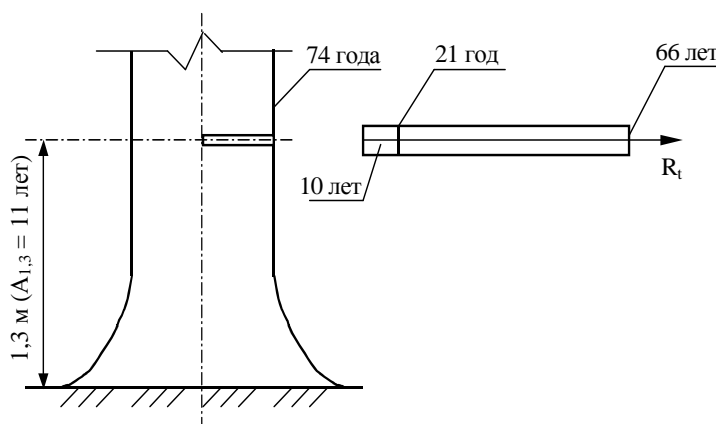
*Марийский государственный технический университет,  
Йошкар-Ола, Россия*

**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.

Для замеров был выбран керн с минимальными углами наклона годовичных слоев в продольно-радиальной и радиально-тангенциальной плоскостях анизотропии. Ширина годовичного слоя измерялась с точностью  $\pm 0,05$  мм при начальном го-

дичном слое, равном 22 году жизни дерева.

Полученные данные были обработаны в математической среде EUREKA (табл. 1 и рис. 2) и была получена статистическая формула вида:

$$R_t = 0,0026t^{2,9655} \exp(-0,03346t) - 33,14519 \exp(-0,00146t^{2,20052}) \times \cos(\pi \cdot t / 10,75915 + 6.13388), \quad (1)$$

где  $R_t$  - расчетный радиус дерева по годовичным слоям в направлении от сердцевины к периферии, мм;

$t$  - время жизни растущего дерева до момента взятия керна, с учетом возраста каждого годовичного слоя от корневой шейки растущего дерева, лет.

Первая составляющая формулы (1) соответствует биотехническому закону проф. П.М. Мазуркина. Вторая составляющая является волновой закономерностью. Амплитуда этого колебательного изменения является законом гибели. Это означает, что уравнение колебательного движения с убыванием амплитуды показывает адаптивную способность растущего дерева к среде его произрастания, причем

отрицательный знак перед второй составляющей показывает кризисное изменение радиального прироста с изменением возраста годовичного слоя. Период этой колебательной адаптации растущего дерева к месту своего произрастания равен  $10,75915 \times 2 = 21,6$  лет. Причем сдвиг начала волны происходит через 6,13388 радиан, то есть через почти 21 год после начала жизни изучаемого дерева сосны. По лесоводственным данным можно узнать, что происходило в это время, то есть в  $2000 - 74 + 21 = 1947$  году. Сама сосна появилась в  $2000 - 74 = 1926$  году, по видимому, после крупных лесных пожаров 1921 года.

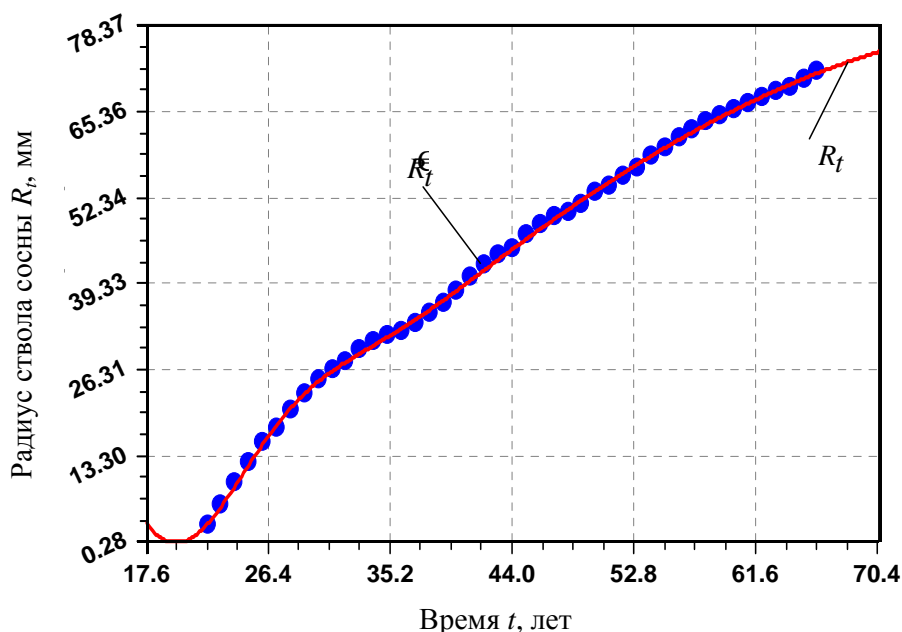


Рис. 2. Динамика радиуса ствола сосны по годовичным слоям керна

Таблица 1

Динамика радиуса ствола сосны по годичным слоям керна, мм

Год	Время $t$ , лет	Факт $R_t$	Расчетные значения			Составляющие модели		
			$R_t$	$\varepsilon$	$\Delta$ , %	$R_{t1}$	$a$	$R_{t2}$
1992	66	71,5	71,1	0,42	0,59	71,1	0,0	0,0
1991	65	70,3	70,2	0,05	0,08	70,2	0,0	0,0
1990	64	69,1	69,4	-0,27	-0,39	69,4	0,0	0,0
1989	63	68,6	68,5	0,14	0,20	68,5	0,0	0,0
1988	62	67,6	67,5	0,09	0,14	67,5	0,0	0,0
1987	61	66,6	66,5	0,08	0,12	66,5	0,0	0,0
1986	60	65,7	65,5	0,21	0,32	65,5	0,0	0,0
1985	59	64,8	64,4	0,37	0,57	64,4	0,0	0,0
1984	58	64,0	63,3	0,67	1,05	63,3	0,0	0,0
1983	57	62,6	62,2	0,41	0,65	62,2	0,0	0,0
1982	56	61,4	61,0	0,38	0,62	61,0	0,0	0,0
1981	55	59,9	59,8	0,09	0,14	59,8	0,0	0,0
1980	54	58,6	58,6	0,03	0,04	58,6	0,0	0,0
1979	53	57,0	57,3	-0,30	-0,53	57,3	0,0	0,0
1978	52	55,6	56,0	-0,40	-0,72	56,0	0,0	0,0
1977	51	54,2	54,7	-0,46	-0,86	54,7	0,0	0,0
1976	50	53,1	53,3	-0,20	-0,38	53,3	0,0	0,0
1975	49	51,3	51,9	-0,61	-1,18	51,9	0,0	0,0
1974	48	50,3	50,5	-0,18	-0,36	50,5	0,0	0,0
1973	47	49,6	49,0	0,57	1,15	49,0	0,0	0,0
1972	46	48,2	47,5	0,65	1,35	47,6	0,0	0,0
1971	45	46,7	46,0	0,66	1,41	46,1	0,1	0,1
1970	44	44,8	44,5	0,29	0,64	44,6	0,1	0,1
1969	43	43,6	43,0	0,64	1,46	43,1	0,1	0,1
1968	42	42,2	41,4	0,79	1,88	41,5	0,1	0,1
1967	41	40,3	39,8	0,45	1,13	40,0	0,2	0,1
1966	40	38,2	38,3	-0,10	-0,26	38,4	0,2	0,1
1965	39	36,3	36,8	-0,48	-1,33	36,9	0,3	0,1
1964	38	34,9	35,3	-0,41	-1,17	35,3	0,4	0,0
1963	37	33,3	33,9	-0,59	-1,78	33,7	0,5	-0,2
1962	36	32,2	32,5	-0,35	-1,07	32,1	0,7	-0,4
1961	35	31,4	31,3	0,14	0,45	30,6	0,9	-0,7
1960	34	30,5	30,0	0,48	1,57	29,0	1,1	-1,0
1959	33	29,3	28,8	0,51	1,73	27,5	1,3	-1,3
1958	32	27,6	27,5	0,07	0,27	25,9	1,7	-1,6
1957	31	26,3	26,1	0,16	0,59	24,4	2,0	-1,8
1956	30	24,7	24,6	0,13	0,53	22,9	2,5	-1,7
1955	29	22,7	22,7	-0,02	-0,11	21,4	3,0	-1,3
1954	28	20,3	20,5	-0,25	-1,21	19,9	3,6	-0,6
1953	27	17,4	18,0	-0,60	-3,46	18,5	4,2	0,5
1952	26	15,3	15,1	0,18	1,18	17,1	5,0	2,0
1951	25	12,2	12,0	0,21	1,76	15,7	5,8	3,8
1950	24	9,2	8,8	0,44	4,78	14,4	6,8	5,7
1949	23	5,8	5,7	0,13	2,19	13,2	7,8	7,5
1948	22	2,8	3,0	-0,21	-7,35	11,9	8,9	8,9

Таким образом, по измеренным значениям ширины годичных слоев можно составить статистические закономерности роста каждого учетного дерева без его валки и уничтожения. Что чрезвычайно

важно для прогнозирования и последующей повторной идентификации по результатам дополнительных замеров, например по керну, взятом в 2010 году.

На рис. 2 построен график динамики радиуса ствола сосны по годичным слоям керна в программной среде Curve Expert, где наглядно видно расположение фактических точек вокруг расчетной кривой.

В табл. 1 приведены следующие условные обозначения:

$R_t$  – расчетный радиус дерева по статистической модели;

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

$\Delta$  – относительная погрешность статистической модели.

Максимальная относительная погрешность  $\Delta_{\max} = 7,35\%$  в табл. 1 подчеркнута.

Доверительная вероятность модели (1) будет равна не меньше  $100 - 7,35 = 92,65\%$ , что позволяет дать долгосрочный прогноз, равный длине основания прогноза  $1992 - 1948 = 44$  года, по которому на рис. 3 был построен график в программной среде EXCEL.

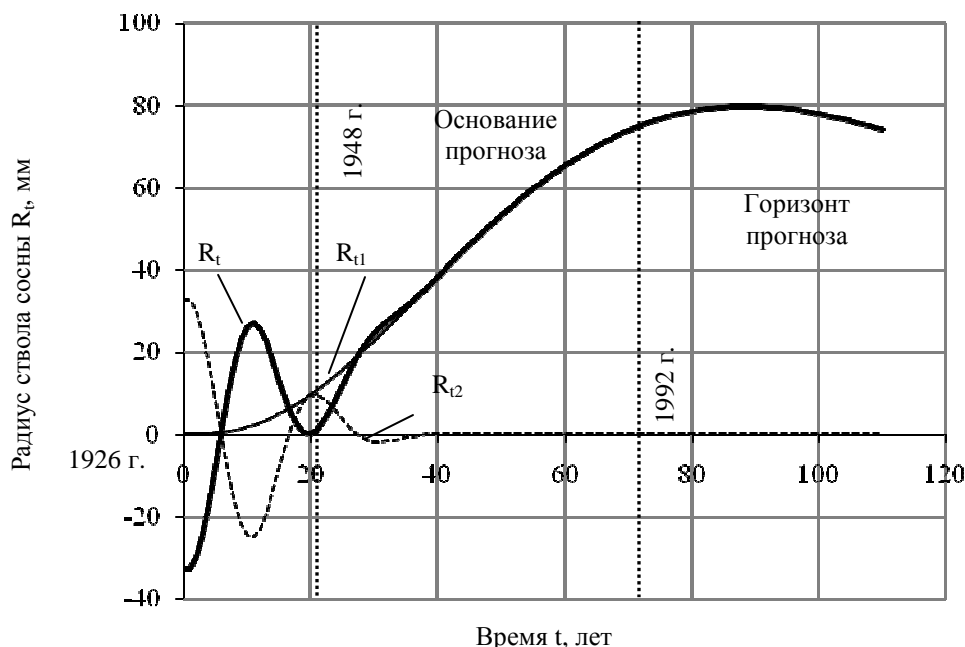
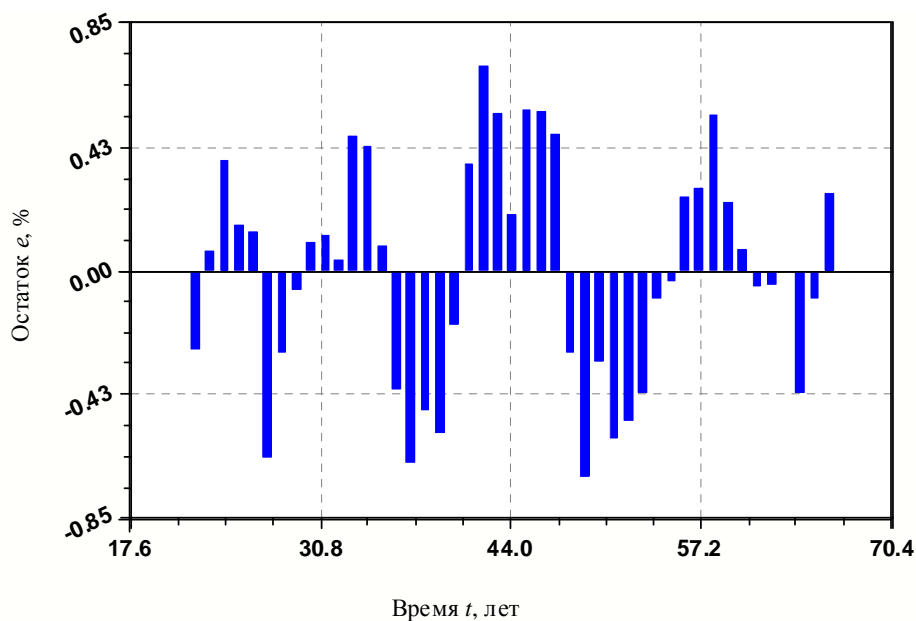


Рис. 3. Динамика радиуса ствола сосны по годичным слоям керна с учетом волновой составляющей

Горизонт прогноза показывает на перспективу изменение показателя, то есть в нашем случае переменного радиуса ствола сосны на высоте 1,3 м. А глубина основания прогноза показывает ретроспективу значений показателя до момента зарождения дерева, то есть до 1926 г. В горизонте прогноза по графику на рис. 3 можно видеть, что максимальное значение 79,9 мм радиус ствола сосны достигнет к 87 годам, то есть к 2013 году. Дальнейший

радиальный прирост станет убывать, то есть дерево с 87 летнего возраста начнет умирать и засыхать по толщине.

Расположение точек фактических значений около расчетной кривой показывает абсолютную погрешность, то есть остаток  $\varepsilon$ . На рис. 4 график остатков показан в виде диаграммы, построенной в программной среде Curve Expert-1.3.



**Рис. 4.** Остатки между фактическими и расчетными значениями радиального роста сосны

Знак «+» показывает превышение фактического значения по сравнению с расчетным значением показателя, то есть радиуса ствола дерева в ходе его радиального прироста. При этом знак «-» характеризует недостаток фактического значения по сравнению с теоретическим.

Из данных табл. 1 и на рис. 4 заметна некоторая ритмичность в изменении знака остатков. Этот факт позволил бы моделировать и дальше, дополняя уравнение (1) третьей составляющей. Измерения радиуса ствола на керне велись с точностью  $\pm 0,05$  мм, поэтому дальнейшее повышение адекватности статистической модели за счет усложнения его конструкции не имеет практического смысла.

Предлагаемый способ является универсальным и одновременно простым в практической реализации. Он позволяет реализовать физико-технологический под-

ход к экологической, экономической и комплексной эколого-экономической оценки лесных территорий и участков земель с отдельно растущими деревьями без их разрушения. Взятие кернов на одном и том же учетном дереве через определенные периоды позволяет наладить весьма точный экологический мониторинг окружающей учетное дерево природной среды и технологический мониторинг в лесном хозяйстве выращиваемых лесов, а также парков и садов.

#### 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.

#### TEST OF THE GROWING TREE

Mazurkin P.M., Varsegova L.J.  
Mari state technical university, Yoshkar-Ola, Russia

By results of measurements of width of year layers on a working part of a core and definition of radial growth of a tree, and the subsequent identification on them statistical regularity, carry out forecasting for a retrospective show for number of years from the beginning of a working zone of a core up to the moment of the beginning of life measured a registration tree.

Keywords: kern, the width of the one-year layer, a statistical pattern of growth

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ОСНОВАНИЯ  
СТЕРЕОХРОНОДИНАМИКИ (ПРОДОЛЖЕНИЕ 1)

Вертинский П.А.

Усолье-Сибирское, Россия

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ.

В качестве следствия из этого положения необходимо сделать вывод о субстанциональной природе всех категорий, имеющих размерность: точка расширяется (движется) по линии потому, что линия для точки как возможность двигаться есть (существует) изначально ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ [9], линия расширяется (движется) по поверхности потому, что поверхность для линии как возможность двигаться есть (существует) изначально ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ, поверхность расширяется (движется) в объём потому, что объём для поверхности как возможность двигаться есть (существует) изначально ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ в виде объективной субстанции.

Этот атрибутивно-субстанциональный взгляд на категорию размерности позволяет нам сформулировать принципиально важные выводы:

А. В качестве определения понятия размерности мира мы теперь вправе принять число независимых свойств данного

мира, то есть число его атрибутов, присутствующих ему по определению.

β. Сопоставляя этот наш атрибутивно – субстанциональный взгляд на категорию размерности с известными эмпирическими положениями об объективности лишь двух видов материи ( вещества и поля) и с отсутствием в природе «просто» движения в пустоте как смещения относительно «абсолютного» пространства, приходится признать, что для всех материальных объектов в виде полей или вещественных тел предполагается общая среда, в которой и локализованы все материальные объекты (тела и поля), взаимодействуя между собой по установленным законам.

Так как мы можем применять фрактальные размерности для процессов изменения размерности куба Лебега.

При неизменном масштабе, так как при  $m = Const \frac{dm}{dn} = 0$ , то

$$\frac{dM_n}{dn} = M_n \frac{\ln M_n}{n}. \tag{2}$$

Другими словами, на основании фрактальности геометрии многочисленных процессов мы вправе распространить самый общий топологический принцип непрерывности и на размерность тех категорий топологии, для которых этот принцип является фундаментальным. Так как функциональные связи имеют одну, общую для всех миров, форму, то вследствие различ-

ного естественного содержания различных миров возможен «дефект размера» - суть дефект того «естественного содержания» при переходе от одного мира в другой ! Мы ранее видели по (б), что в этом случае такой «дефект размера» можно вычислить как определенный интеграл в пределах от  $n_1$  до  $n_2$ :

$$M = \ln m \int_{n_1}^{n_2} m^n dn = \ln m \frac{m^n}{\ln m} = m^n = m^{n_2} - m^{n_1} \tag{3}$$

Другими словами, изменение размеров объекта при его переходе из мира од-

ной размерности  $n_1$  в мир другой размер-