

Н. В. ВЫВОДЦЕВ, И. В. КОРЯКИН,  
З. А. ВЫВОДЦЕВА

## Изменчивость и динамика радиального прироста лиственничников

*Дальневосточный научно-исследовательский институт  
лесного хозяйства*

Анучиным Н. П. [1] предложена формула для определения величины текущего прироста запаса древостоев по боковой поверхности стволов и ширине годичного слоя. Точность ее обусловлена нахождением истинного размера (среднего) радиального прироста, который у разных пород, в разных условиях местообитания находится на разных относительных высотах [4, 5]. Более того, в одном и том же древостое можно встретить разные формы отложения радиального прироста по стволу [3].

Целью нашего исследования являлось изучение изменчивости и динамики радиального прироста отдельных стволов и древостоев, поиск путей формализации этого показателя, т. е. построение модели радиального прироста лиственничных насаждений.

Экспериментальным материалом послужили 11 пробных площадей, заложенных в лиственничниках Хабаровского края. На них срублено и обмерено 420 модельных деревьев, в т. ч. 6 на анализ хода роста. Полнота исследуемых древостоев варьирует от 0,5 до 0,1; возраст от 35 до 210 лет; бонитет — от I<sup>a</sup> до IV. Для изучения динамики радиального прироста дополнительно использовано 107 анализов стволов на ход роста, взятых на других пробных площадях, в других лесорастительных условиях. Характеристика экспериментального материала показана в табл. 1.

Таксационная характеристика пробных площадей

№ пп.	Бонитет	Возраст, лет	Состав	Высота, м	Диаметр, см	Полнота	Запас, м <sup>3</sup>	Количество моделей, шт.
8б	II	130	8Л2Е	25,5	32,3	0,9	346	59
12	II	130	10Л	26,0	30,6	1,0	382	27
10	II	180	10Л	27,7	32,7	0,7	283	48
7	III	210	8Л2Е	26,2	33,4	1,0	394	49
9	IV	200	8Л2Е	20,2	30,0	1,0	333	62
22	I	90	10Л	26,0	26,0	0,6	260	24
7а	I	70	10Л	24,8	29,7	0,5	195	63
1	II	110	10Л	25,0	23,7	0,7	308	43
4	Ia	60	9Л1Бб	27,0	28,0	0,5	182	12
5	II	65	10Л	20,0	15,5	0,6	200	18
15а	I	35	10Л	16,5	16,0	0,6	137	15

Все пробные площади характеризуют разновозрастные древостои, однородные по составу, но разные по производительности, полнотам, возрастам, бонитетам и другим таксационным характеристикам.

Модельные деревья брались по пропорционально-ступенчатому представительству. Каждое из них разбивалось на 10 частей. Радиальный прирост по диаметру за последнее десятилетие измерялся в середине отрубков с точностью до 0,1 см. Дальнейшая обработка экспериментального материала свелась к построению графиков отложения радиального прироста по стволу.

Графический анализ показал, что в исследуемых древостоях отмечены все шесть форм радиального прироста [3]. Однако преобладают постоянная и вогнутая формы. На их долю приходится около 70% модельных деревьев. Смешанная и возрастающая формы прироста составляют 9,3 и 20% соответственно. Меньше всего стволов приходится на долю падающей и выпуклой форм (3,4; 7,0%).

Четкой зависимости форм радиального прироста от возраста не установлено. Данные анализов ствола на ход роста модельных деревьев показывают, что в молодняках преобладают возрастающая (73%) и постоянная (27%), в средневозрастных и приспевающих — постоянная (44%) и во-

гнутая (35%), в спелых — постоянная (34%) и вогнутая (47%) форма радиального прироста.

Между средними значениями радиального прироста ( $Z_{ср}$ ) и протяженностью крон ( $L_{кр}$ ) связь достоверная, криволинейная ( $r=0,37-0,81$ ). Чем больше протяженность кроны, тем больше величина среднего прироста дерева.

Средняя толщина десяти годовичных слоев от диаметра ствола ( $D_{1,3}$ ) находится в прямой ( $r=0,44-0,87$ ) зависимости. Деревья, имеющие максимальные значения диаметров, как правило, имеют и больший средний радиальный прирост за последние десять лет.

Совместное влияние протяженности кроны и диаметра ствола на 38% объясняет изменчивость среднего прироста древостоев. Зависимость передается уравнением регрессии

$$Z_{ср} = e^{-1,124 L_{кр} + 0,219 D_{1,3} + 0,494} \quad (1)$$

Параметры уравнения (1) достоверны на 5%-ном уровне изменчивости.

В динамике средняя величина радиального прироста отдельного дерева изменяется по параболической кривой. В табл. 12 помещены статистики редуцированных чисел [2] 113 анализов ствола на ход роста, вычисленные в интервале 10-190 лет.

Таблица 2

Значения статистик редуцированных чисел

Статистики	Возраст, лет									
	10	30	50	70	90	110	130	150	170	190
X	1,04	1,07	1,17	1,17	1,21	1,03	1,05	1,00	1,02	0,99
$\sigma$	0,11	0,17	0,22	0,26	0,37	0,22	0,25	0,30	0,34	0,20
V	10,4	15,5	18,4	22,0	30,4	21,2	24,3	30,1	34,3	25,7

Примечание. X — средняя величина редуцированных чисел;  $\sigma$  — квадратическое отклонение; V — коэффициент изменчивости.

Максимальные значения редуцированных чисел в листовничках наблюдаются в 90 лет. Со 100-летнего возраста величина редуцированных чисел изменяется незначительно и ее можно принять равной 1,0. Результаты исследования согласуются с выводами И. И. Гусева [2], отмечавшего незначительную изменчивость редуцированных чисел и постоянное (5-20%) превышение абсолютных значений среднего радиального прироста над приростом на высоте 1,3 м.

Понимая под формализацией выявление и уточнение содержания предмета исследований через фиксацию его форм, разработана модель радиального прироста. Методом индексов абсолютные значения радиального прироста преобразовывались в относительные величины, т. е. для каждого ствола определялся сбег радиального прироста по относительным высотам ( $h_i$ ). За базу (1) принимали значения прироста на 0,1 высоты ( $h$ ) ствола. Полученный веер кривых систематизирован. Индексные значения радиального прироста на  $0,5h$  делили на семь интервалов, середины которых приняли за независимые переменные. Величину интервала приняли равной 13—37% или 0,23 единицы. На других относительных высотах значения радиального прироста находили с помощью аллометрических уравнений связи. Зависимость с достаточно высокими коэффициентами корреляции ( $r=0,55—0,94$ ) передается линейными уравнениями. Табулированные по относительным высотам значения радиального прироста после взаимного выравнивания приняли за типовые (табл. 3).

Что представляет собой шкала типов прироста? Во-первых, это набор угловых коэффициентов линейного уравнения, характеризующих пропорциональность изменения радиального прироста в том или ином типе по относительным высотам к радиальному приросту на 0,1 высоты. Например, в седьмом типе роста радиальный прирост на  $0,9h$  относится к радиальному приросту на 0,1 высоты как 1:2,2.

Таблица 3

Шкала индексов радиального прироста

Относительные высоты	Типы роста						
	1	2	3	4	5	6	7
0	1,570	1,491	1,407	1,330	1,250	1,170	1,090
0,1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,2	0,700	0,801	0,880	0,980	1,050	1,150	1,240
0,3	0,550	0,700	0,841	0,990	1,115	1,250	1,449
0,4	0,440	0,640	0,830	1,020	1,220	1,410	1,645
0,5	0,390	0,615	0,859	1,090	1,325	1,560	1,800
0,6	0,450	0,700	0,936	1,180	1,420	1,660	1,910
0,7	0,550	0,794	1,036	1,280	1,512	1,754	2,000
0,8	0,645	0,890	1,130	1,379	1,609	1,850	2,100
0,9	0,750	1,000	1,220	1,475	1,716	1,962	2,204

Во-первых, это относительные числа сбega, систематизированные с определенной точностью и отличающиеся от чисел сбega диаметров многообразием форм на одноименных относительных высотах.

Таким образом, под типом радиального прироста понимается ряд угловых коэффициентов линейного уравнения, характеризующий особенности его отложения по стволу в индексных величинах.

Тип радиального прироста определяют по соотношению

$$K = (m_{0,9} - m_{0,1}) / m_{0,5},$$

где  $K$  — коэффициент, характеризующий кривую;  
 $m_{0,1}$ ;  $m_{0,5}$ ;  $m_{0,9}$  — абсолютные значения радиального прироста на относительных высотах.

В равной мере при определении коэффициента  $K$  могут быть использованы и индексные значения. Сравнивая табличные и расчетные значения, выбирают тот или иной тип радиального прироста.

Аналитическое описание индексов радиального прироста выполнено с помощью параболы 4-го порядка:

$$y = a_0 + a_1 \bar{h}_i + a_2 \bar{h}_i^2 + a_3 \bar{h}_i^3 + a_4 \bar{h}_i^4, \quad (2)$$

где  $I$  — относительные значения радиального прироста на относительных высотах;  
 $a_0$ ;  $a_1$ ;  $a_2$ ;  $a_3$ ;  $a_4$  — параметры уравнений (табл. 4).  
 Величина погрешности уравнения (2) для всех типов не превышает 1%.

Таблица 4

Значение параметров уравнения (2) по типам радиального прироста

Типы радиального прироста	Параметры уравнения				
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
1	1,56	-6,380	12,3542	-9,90567	3,288637
2	1,48	-5,443	12,1683	-11,28294	4,267789
3	1,39	-4,622	12,3826	-12,97231	5,218279
4	1,31	-3,715	13,7627	-16,40123	7,513448
5	1,23	-3,146	12,3061	-14,52043	6,299810
6	1,16	-2,255	13,6656	-19,79245	9,453992
7	1,07	-1,355	14,4542	-23,42104	11,785261

В свою очередь значения параметров уравнения (2) обусловлены типами радиального прироста. Эта закономерность с высокой точностью ( $r=0,99$ ) передается с помощью линейного уравнения и параболы 2-го порядка. Конкретный вид модели радиального прироста следующий:

$$I = (1,635 - 0,0805T_j) + (-7,19 + 0,8677T_j - 0,006102T_j^2)h_i + (12,61 - 0,3872T_j + 0,09282T_j^2)h_i^2 + (-8,10 - 2,0286T_j + 0,2824T_j^2 - 0,033805T_j^3)h_i^3 + (2,076 + 1,3790T_j - 0,19601T_j^2 + 0,02821T_j^3)h_i^4,$$

где  $T_j$  — типы радиального прироста.

Ограничения:  $1 \leq T_j \leq 7$ ;  $0 \leq h_i \leq 0,9$ . Величина погрешности уравнения (3) 2,1%.

Первая производная уравнения (2) показывает скорость изменения индексов радиального прироста по относительным высотам. Абсолютная величина сбega рассчитывается по формуле

$$S = I \cdot r_{0,1} h^{-1},$$

где  $S$  — текущий сбег радиального прироста, мм/м.

Интегрированием уравнений, описывающих типовые линии радиального прироста, установлены пределы, на которых значения интегрируемого выражения составляют половину площади, ограниченной линией того или иного типа. Истинная средняя величина радиального прироста на разных относительных высотах по типам изменяется от  $0,8h$  в первом до  $0,4h$  в седьмом типе. Эта закономерность с высоким коэффициентом корреляции ( $r=0,98$ ) описывается гиперболическим уравнением

$$P_i = 0,37 + 0,438 / T_j,$$

где  $P_i$  — относительная высота ствола, на которой величина радиального прироста истинная.

Изменчивость типов радиального прироста в ступени толщины значительная (35—75%). По данным 188-моделных деревьев, срубленных в лиственничниках багульниковых\*, зависимость типов радиального прироста от размер ступени толщины умеренная ( $r=0,35$ ), достоверная ( $t=7$ ), и передается линейным уравнением

$$T_j = 0,11d_{1,3} + 0,22,$$

где  $d_{1,3}$  — ступени толщины, см.

Истинная средняя величина радиального прироста находится на 0,6 относительной высоты, поскольку средневзвешенный тип радиального прироста равен 2,2. Ошибка в с

\* Пробная площадь заложена В. Н. Корякиным, Ю. Л. Кузенко.

определении текущего прироста по запасу способом Н. П. Анучина [1] от фактических данных, рассчитанных как разность объемов в возрасте  $A$  и  $A-n$ , составила  $+6,4\%$ .

Изучение изменчивости и динамики радиального прироста показало, что, несмотря на значительное варьирование, его можно систематизировать в однородные по характеру отложения группы или типы. Использование типов радиального прироста позволяет в 3 раза сократить количество замеров при его определении, а при расчете текущего прироста запаса древостоев по формуле Н. П. Анучина [1] более объективно выбирать среднюю величину радиального прироста.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анучин Н. П. Новый метод определения текущего прироста насаждений // Лесн. хоз-во, 1954. — № 11. — С. 5—10.
2. Гусев И. И. Продуктивность ельников. — М., 1978. — 232 с.
3. Диорецкий М. Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. — М., 1964. — 125 с.
4. Загребев В. В. Изменение толщины годичного кольца по высоте ствола // Новое в лесной таксации. 1964. 48. — С. 50—58.
5. Шапочкин М. С. Закономерности распределения радиального прироста по высоте ствола в древостоях лиственницы даурской // Лесн. хоз-во, 1982. — № 4. — С. 41—43.