

7. Усольцев В.А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. – Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1985. – 191 с.

8. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.

9. Усольцев В.А., Мезенцев А.Т., Кох Е.В., Крудышев В.В., Лазарев И.С. О возможности использования унифицированных аллометрических уравнений фитомассы деревьев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3(89). – С. 37-40.



УДК 630\*181:630\*52

А.А. Вайс

## ФОРМА НИЖНЕЙ ЧАСТИ СТВОЛОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS L.*) И ВОЗРАСТ ДЕРЕВЬЕВ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО ПОДТАЕЖНО-ЛЕСОСТЕПНОГО РАЙОНА

**Ключевые слова:** форма ствола, возраст, нулевой коэффициент формы, стадии развития, диаметр на высоте рубки, диаметр на высоте груди, норматив.

### Введение

Проблема незаконных рубок, необходимость восстановления срубленного запаса, вычисление запаса крупного детрита приобретают в последние годы особую актуальность. В связи с этим соотношение диаметров комлевой части стволов и диаметра на высоте груди имеют особую важность.

Переход от диаметров на высоте груди к диаметрам на высоте пня используется для установления запаса соснового пневого осмолы [1]. В вопросе соотношения диаметров комлевой части деревьев большое значение имеет высота пня, поскольку существующие нормативы используют разные методические подходы: в одних таблицах диаметры измеряют у шейки корня, в других – на высоте 20-25 см от основания почвы, в третьих высота пня принималась равной одной трети величины диаметра на высоте груди [2-4].

Указания по освидетельствованию мест рубок предусматривают штрафные санкции за завышение пней. Высота пней измеряется от поверхности почвы, а при обнаружении корней – от корневой шейки. Нарушением считается оставление пней высотой более одной трети диаметра среза, а при рубке деревьев тоньше 30 см – высотой более 10 см [5]. В.Ф. Кишенков, А.А. Соломников, А.А. Касацкий установили, что для деревьев ели Брянской области высота пня практически не влияла на определяемый восстановленный запас – расхождение составило не более 1,5%. При этом ель

обыкновенная формирует поверхностную корневую систему [6].

Основой всех разработанных нормативов является линейная регрессия, что позволяет не только прогнозировать выходную переменную, но и получить оценку уравнения.

### Объекты и методы

**Целью данной работы** является изучение возрастных изменений в показателях формы нижней части ствола и разработка нормативов по установлению соотношения диаметров. Для реализации данной цели были поставлены следующие **задачи**:

- определить средние параметры характеристик нижней части ствола;
- выявить возрастные стадии в изменении нулевого коэффициента формы деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*);
- установить роль экологического фактора – возраста растущего дерева в соотношении диаметров ствола;
- получить итоговое уравнение по определению диаметров с учетом возраста деревьев;
- разработать норматив для определения диаметра на высоте груди.

Объектом изучения являлись сосновые древостои Ларичихинского лесничества Тальменского муниципального района Западно-Сибирского подтаежно-лесостепного района Алтайского края [7]. Измерению подвергались учетные деревья в количестве 924 шт. У каждого ствола замерялись диаметры на высоте пня ( $d_n$ ) и на высоте груди ( $d_{1,3}$ ). Для установления возрастной группы (0-20; 21-40; 41-60; 61-80; 81-100; 101-120; 121-140; 141-160; 161-180; 181-200 лет) на лесосечных пнях измерялся средний прирост за один год жизни дерева с учетом

толщины коры. Затем путем деления диаметра дерева на средний прирост определялась возрастная группа исходного дерева. В камеральных условиях были вычислены значения нулевого коэффициента формы от пня ( $q_{0n}$ ) и абсолютного сбег от пня до высоты груди ( $\Delta_{dn-d1.3}$ ):

$$\Delta_{dn-d1.3} = d_n - d_{1.3}, \quad (1)$$

где  $\Delta_{dn-d1.3}$  – абсолютный сбег ствола от высоты пня до высоты 1,3 м, см;

$$q_{0n} = \frac{d_n}{d_{1.3}}, \quad (2)$$

где  $q_{0n}$  – нулевой коэффициент формы от пня;

$d_n$  – диаметр ствола на высоте пня, см;

$d_{1.3}$  – диаметр на высоте груди, см.

Обработка исходных данных производилась с помощью электронной таблицы Excel.

Ларичихинское лесничество Алтайского управления лесами расположено в северной области Алтайского края на территории Тальменского муниципального района. По географическому районированию лесничество относится к равнинным лесам. Преобладающей формой рельефа являются невысокие узкие гривы, вытянутые в юго-западном направлении, с небольшими понижениями. Согласно лесорастительному районированию территория лесничества относится к северной части лесостепной зоны, к Приобскому сосново-боровому лесорастительному округу и представлена среднеобским лесным массивом. Ларичихинское лесничество входит в подтаежно-лесостепной округ и отнесено к зоне лесостепных и степных лесов. Климат района резко континентальный. Суровость климата – продолжительная холодная зима и короткое жаркое лето – предопределяет ограниченный вид произрастающих в лесничестве древесных пород. Продолжительность вегетационного периода составляет в среднем 161 день (с мая до начала октября), достаточна для произрастания сосны, березы, осины, производительность которых в местных условиях достигает I – I<sup>a</sup> класс бонитета. Территория лесничества входит в основном в район супесчаных и песчаных дерново-подзолистых почв надпойменных террас и луговых аллювиальных почв пойм.

Сосновые древостои района относятся к защитным лесам, что указывает на экологическую значимость данных насаждений. Возраст рубки сосновой хозсекции установлен со 121 года.

### Результаты и их обсуждение

Статистический анализ проведен по группам возраста с вычислением основных ста-

тистик применительно к признакам, характеризующим форму нижней части ствола:  $d_n$ ,  $d_{1.3}$ ,  $q_{0n}$ ,  $\Delta_{dn-d1.3}$  (табл. 1). Все статистики достоверны ( $p < 5,0\%$ ). Изменчивость признаков преимущественно слабая.

Известно, что оценка процессов роста деревьев производится на стадийной основе. Для определения фаз роста деревьев в нижней части ствола был произведен графический анализ. Первая диаграмма отражала уменьшение с возрастом нулевого коэффициента формы с высоты пня –  $q_{0n} = f(A)$ . Вторая диаграмма изображала связь этого же коэффициента с диаметром на высоте пня  $q_{0n} = f(d_n)$  на различных возрастных этапах деревьев.

В результате можно выделить четыре стадии:

- стадия сбежистости (до 30 лет);
- стадия полнодревесности (31-60 лет);
- стадия равномерного роста (61-160 лет);
- стадия максимальной полнодревесности (161 год и выше).

Первая стадия связана с низкой высотой деревьев и измерением диаметра на высоте 1,3 м в верхней части ствола. Вторая стадия соответствует периоду интенсивного роста дерева в высоту и по диаметру. Третья стадия равномерного прироста, когда прирост по диаметру на высоте пня и на высоте груди (1,3 м) практически не отличаются друг от друга. Четвертая стадия связана с увеличением прироста на высоте 1,3 м.

Нормативы определения диаметров на высоте груди по диаметрам на высоте пня имеют практическое значение. На основе регрессионного анализа получили уравнения линейной связи для деревьев различных возрастных групп (табл. 2).

На основании регрессий были построены зависимости коэффициентов  $a$  и  $b$  от возраста дерева. Зависимости  $a = f(A)$  и  $b = F(A)$  аппроксимировались параболой второго порядка следующего вида:

$$a = -0,0011 \cdot A^2 + 0,1505 \cdot A - 1,86, \quad R^2 = 0,999; \quad (3)$$

$$b = 2E-0,5 \cdot A^2 - 0,0021 \cdot A + 0,69, \quad R^2 = 0,995, \quad (4)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты;

$A$  – возраст, лет;

$R^2$  – коэффициент детерминации.

Итоговая модель определения диаметра ствола на высоте груди по диаметру на высоте пня и возрасту дерева соответствовала следующему виду:

$$d_{1.3} = (-0,0011 \cdot A^2 + 0,1505 \cdot A - 1,86) + (0,00002 \cdot A^2 - 0,0021 \cdot A + 0,69) \cdot d_n, \quad (5)$$

где  $A$  – возраст, лет;

$d_{1.3}$  – диаметр на высоте груди, см.

Основные статистики признаков, характеризующих форму нижней части стволов сосны

Основные статистики	Показатель формы нижней части ствола			
	$d_{1,3}$ , см	$d_n$ , см	$q_{0n}$ , см	$\Delta d_n - d_{1,3}$ , см
	возрастная группа, лет			
<b>0-20</b>				
$\bar{X}$	4,0±0,03	5,0±0,06	1,25±0,007	1,0±0,03
V, %	8,6	12,1	5,6	31,5
P, %	0,8	1,2	0,5	3,0
<b>21-40</b>				
$\bar{X}$	8,2±0,10	11,2±0,16	1,37±0,007	3,0±0,08
V, %	12,3	14,9	5,0	25,9
P, %	1,2	1,5	0,49	2,6
<b>41-60</b>				
$\bar{X}$	13,6±0,14	17,4±0,26	1,28±0,012	3,8±0,18
V, %	10,2	14,8	9,4	46,9
P, %	1,0	1,5	0,9	4,7
<b>61-80</b>				
$\bar{X}$	18,0±0,15	23,5±0,35	1,30±0,017	5,5±0,30
V, %	8,5	15,2	12,8	55,1
P, %	0,8	1,5	1,3	5,5
<b>81-100</b>				
$\bar{X}$	22,9±0,14	29,1±0,30	1,27±0,011	6,2±0,25
V, %	6,0	10,2	8,5	39,9
P, %	0,6	1,0	0,9	4,0
<b>101-120</b>				
$\bar{X}$	28,2±0,14	34,8±0,36	1,24±0,011	6,6±0,33
V, %	5,0	10,5	9,4	49,4
P, %	0,5	1,0	0,9	4,9
<b>121-140</b>				
$\bar{X}$	33,1±0,14	41,7±0,31	1,26±0,007	8,6±0,24
V, %	4,3	7,7	5,8	28,9
P, %	0,4	0,8	0,6	2,8
<b>141-160</b>				
$\bar{X}$	37,5±0,15	47,1±0,24	1,26±0,009	9,6±0,30
V, %	4,2	5,3	7,1	32,1
P, %	0,4	0,5	0,7	3,1
<b>161-180</b>				
$\bar{X}$	44,4±0,06	50,7±0,08	1,14±0,002	6,4±0,09
V, %	1,4	1,6	1,8	13,2
P, %	0,1	0,2	0,2	1,3
<b>181-200</b>				
$\bar{X}$	48,3±0,22	55,8±0,26	1,16±0,003	7,5±0,13
V, %	4,6	4,6	2,5	16,9
P, %	0,5	0,5	0,2	1,7

Примечание. Статистики получены при уровне доверительной вероятности  $p = 0,954$ .

Диапазон диаметров от 2 до 59 см и возраста – от 20 до 200 лет. Уравнение было протабулировано, в результате был получен норматив. Оказалось, что разница в диаметрах для деревьев различных возрастов не превысила 2 см. Таким образом, использование возраста дерева в качестве входной переменной нецелесообразно.

Незначительная изменчивость соотношения диаметров позволяет анализировать связь  $d_{1,3} = a + b \cdot d_n$ , объединив исходные данные. Параметры линейной модели представлены в таблице 3.

На основе табуляции итоговой модели были вычислены значения диаметров на высоте груди по ступеням диаметров на высоте пня (табл. 4).

Таблица 2

Параметры модели связи  $d_{1,3}=a+b*d_n$  по возрастным группам

Возрастная группа дерева, лет	Коэффициенты уравнения		Коэффициенты детерминации, R <sup>2</sup>
	a	b	
0-20	1,37	0,525	0,849
21-40	1,77	0,572	0,899
41-60	6,52	0,407	0,803
61-80	1,54	0,233	0,832
81-100	15,31	0,260	0,717
101-120	22,25	0,170	0,643
121-140	20,72	0,296	0,575
141-160	40,08	-0,054	0,008
161-180	31,45	0,255	0,101
181-200	5,87	0,760	0,751

Таблица 3

Параметры модели связи  $d_{1,3}= a + b*d_n$

Модель	Коэффициенты		R <sup>2</sup>	m <sub>x</sub> , см	Критерий достоверности	n, шт.
	a	b				
$d_{1,3}=a+b*d_n$	-1,28	0,854	0,979	2,1	достоверно	1026

Примечание. Коэффициенты a и b значимы при уровне доверительной вероятности 0,954 (p<0,05).

Таблица 4

Норматив определения диаметров на высоте груди по диаметрам на высоте пня для среднеобского бора Алтайского края

Диаметр на высоте пня, см	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	...	50
Диаметр на высоте груди, см	0,4	2,1	5,5	9,0	12,4	15,8	19,2	22,6	26,0	29,5	32,9	...	41,4

**Выводы**

В условиях среднеобских боров Алтайского края форма нижней части стволов сосны обыкновенной соответствует стадийному развитию деревьев. В результате было выделено четыре стадии: сбежистости (до 30 лет); полнодревесности (31-60 лет); равномерного роста (61-160 лет) и максимальной полнодревесности (161 год и выше). Установлено, что для составления нормативов по определению диаметров стволов на высоте груди нецелесообразно учитывать возраст дерева, поскольку этот фактор не имеет значительного влияния на изучаемую связь. Разработана таблица определения диаметра дерева на высоте груди по диаметру на высоте пня.

**Библиографический список**

1. Серяков А.П. Сырьевые ресурсы пневого осмола и их таксация на вырубках среднетаежных сосняков Иркутской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 15.05.87. – Красноярск, 1987. – 20 с.
2. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР / Арханг. лесотехн. ун-т; отв. ред. В.В. За-

греев. – Архангельск: Изд-во Арханг. ин-та леса и лесохимии, 1986. – 357 с.

3. Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. – Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 852 с.

4. Марцинковский Л.А. О зависимости между диаметрами деревьев лиственницы на высоте пня и на высоте груди // Лиственница: сб. науч. тр. – Красноярск: СТИ, 1964. – № 39. – С. 15-17.

5. Указания по освидетельствованию мест рубок, подсочки (осмолоподсочки), насаждений и заготовки второстепенных лесных материалов. – Утв. пр. Госкомитета СССР по лесн. хоз-ву от 01.11.1983, № 130. – М., 1984. – 37 с.

6. Кишенков Ф.В. Исследование сбежистости комлевой части стволов ели [Электронный ресурс] / Ф.В. Кишенков, А.А. Соломников, А.А. Касацкий. – Режим доступа: <http://science-bsea.narod.ru/2007/leskomp>. – 2007/ kishenkov – iss.htm.

7. Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации // Пр. МПР РФ от 28 марта 2007 г. № 68. – 12 с.

