

УДК 630*521.3

А. А. Вайс

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАМЕТРОВ НИЖНЕЙ ЧАСТИ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* L.) В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Предложены упрощённые регрессионные линейные уравнения, характеризующие соотношение диаметров стволов на высоте пня и на высоте груди. Регрессионные модели используются для перехода от перече́та деревьев по пням к перече́ту деревьев по ступеням толщины на высоте груди при вычислении запасов насаждений сосны в различных районах Сибири.

Ключевые слова: диаметр, модель, *Pinus sylvestris* L., восстановленный запас.

Введение. Проблема незаконных рубок, необходимость восстановления срубленного запаса, вычисление объема крупного детрита приобретают в последние годы особую актуальность. В связи с этим изучение соотношения диаметров комлевой части стволов и диаметров на высоте груди имеет особую важность.

В вопросе соотношения диаметров комлевой части деревьев определяющее значение имела высота пня. Существующие нормативы применяют разные методические подходы. В одних таблицах диаметры измеряют у шейки корня [1], в других – на высоте 20–25 см от основания почвы [2], в третьих – высота пня принималась равной одной трети величины диаметра на высоте груди [3]. Указания по освидетельствованию мест рубок предусматривают штрафные санкции за завышение величины крупного детрита. 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 сантиметров – высотой более 10 сантиметров [4]. В. Ф. Кишенков, А. А. Соломников, А. А. Касацкий [5] установили, что у деревьев ели Брянской области высота пня практически не влияла на восстановленный запас – расхождение составило не более 1,5 %. При этом ель обыкновенная формирует поверхностную корневую систему.

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

Целью данной работы является применение одинарных коэффициентов для перехода к диаметрам нижней части ствола. Для реализации этой цели были поставлены следующие **задачи**:

- вычислить линейные уравнения с одинарным коэффициентом для перехода к диаметрам основания деревьев (до 1,3 м);
- на основе регрессионного анализа выявить факторы, значимо влияющие на коэффициенты уравнения;
- оценить ошибки однокоэффициентных моделей.

В основу исследований были положены данные обмеров учетных моделей сосны, собранных по ступеням толщины из следующих муниципальных районов: Зиминского,

Эхирит-Булагатского районов Иркутской области; Заиграевского района Республики Бурятия; Тальменского района Алтайского края; Енисейского, Емельяновского муниципальных районов Красноярского края. Общее количество моделей – 2275 штук. На основании этих данных в пакете «Microsoft Excel» был выполнен расчет линейных уравнений с учетом прямой в точке $\mathbf{0}$, то есть коэффициент $\mathbf{a} = \mathbf{0}$ уравнения $d_i = a + b \cdot d_j \Rightarrow d_i = b \cdot d_j$. Недостатком упрощенного метода является обратная зависимость коэффициента \mathbf{a} от диаметра дерева, что при малых величинах толщины приводит к формированию незначительной ошибки:

$$d_{1.3} = a + b \cdot d_n \Rightarrow 1 = \frac{a}{d_{1.3}} + b \cdot \frac{d_n}{d_{1.3}}, \quad (1)$$

$$d_n = a + b \cdot d_{1.3} \Rightarrow 1 = \frac{a}{d_n} + b \cdot \frac{d_{1.3}}{d_n}. \quad (2)$$

Подробный анализ двухкоэффициентных линейных моделей приведен нами в статье [6]. По отдельным пробным площадям коэффициент \mathbf{a} варьировал от -3,03 до 2,54. Величина систематической ошибки для ступени 8 см не превысит 0,4 см, а для 36 см – 0,1 см. Очевидно, что этой величиной можно пренебречь.

Преимуществом одного коэффициента является повышение адекватности модели и упрощенная биологическая интерпретация. На значение ошибки, как было доказано выше, коэффициент \mathbf{a} не оказывает влияние. Достоверность уравнения при этом возрастает в значительной степени.

Таким образом, применение упрощенного линейного уравнения повышает достоверность и адекватность соотношения диаметров на высоте груди и на высоте пня.

Результаты и их обсуждение. С помощью регрессионного анализа были получены параметры линейных моделей для сосняков из различных районов (табл. 1).

Таблица 1

Параметры моделей $d_{1.3} = b \cdot d_n$ и $d_n = b \cdot d_{1.3}$

Район исследований	Параметры модели			
	$d_{1.3} = b \cdot d_n$		$d_n = b \cdot d_{1.3}$	
	b	R ²	b	R ²
Зиминский муниципальный	0,871	0,996	1,144	0,996
	0,856	0,995	1,162	0,995
	0,871	0,994	1,141	0,994
	0,844	0,993	1,176	0,993
Эхирит-Булагатский муниципальный	0,749	0,992	1,324	0,992
	0,899	0,998	1,110	0,998
	0,805	0,994	1,235	0,994
Енисейский муниципальный	0,831	0,996	1,195	0,996
	0,826	0,992	1,204	0,992
	0,810	0,998	1,225	0,998
	0,822	0,995	1,210	0,995
	0,818	0,997	1,215	0,997
	0,834	0,995	1,190	0,995
Тальменский муниципальный	0,738	0,975	1,349	0,975
	0,778	0,885	1,280	0,888
	0,792	0,834	1,260	0,834
	0,839	0,848	1,188	0,848

Окончание таблицы 1

Район исследований	Параметры модели			
	$d_{1,3} = b \cdot d_n$		$d_n = b \cdot d_{1,3}$	
	b	R ²	b	R ²
Емельяновский муниципальный (правый берег Енисея)	0,876	0,989	1,139	0,989
	0,867	0,982	1,151	0,982
	0,861	0,989	1,159	0,989
	0,812	0,965	1,226	0,965
	0,812	0,972	1,228	0,972
	0,890	0,990	1,122	0,990
	0,871	0,979	1,145	0,979
Емельяновский муниципальный (левый берег Енисея)	0,876	0,989	1,139	0,989
	0,867	0,982	1,151	0,982
	0,861	0,989	1,159	0,989
	0,812	0,965	1,226	0,965
	0,812	0,972	1,228	0,972
	0,890	0,990	1,122	0,990
	0,871	0,979	1,145	0,979
Заиграевский муниципальный	0,873	0,994	1,144	0,994
	0,908	0,994	1,101	0,994
	0,865	0,995	1,156	0,995
	0,854	0,991	1,170	0,991
	0,869	0,993	1,150	0,992

Примечание: b – коэффициент линейного уравнения, определяющий угол наклона прямой линии; R² – показатель уровня детерминации модели.

Таблица 2

Лимиты коэффициента b для линейных моделей по районам исследований (сосна обыкновенная)

Район исследований	$d_{1,3} = b \cdot d_n$	$d_n = b \cdot d_{1,3}$
	b	b
Красноярский край (КК)	0,81-0,92	1,09-1,23
Иркутская область (ИО)	0,75-0,90	1,11-1,32
Алтайский край (АК)	0,74-0,84	1,19-1,35
Республика Бурятия (БР)	0,85-0,91	1,10-1,17

На основе данных табл. 2 были разработаны нормативы по определению диаметров стволов на высоте груди и на высоте пня по ступеням толщины (табл. 3).

Для вычисления коэффициента **b** можно рекомендовать использовать следующее уравнение:

$$b = 1,618 - 0,486 \cdot q_0 - 0,003 \cdot d_n \quad (3)$$

$$(R = 0,875; m = 0,02; F_p > F_T; p_{a,b,c} < 0,05),$$

где **b** – коэффициент линейного уравнения $d_{1,3} = b \cdot d_n$; **q₀** – среднее значение нулевого коэффициента формы древесного ствола; **d_n** – средний диаметр на высоте пня, см.

С целью прикладного использования модели в древостое глазомерно подбирают дерево со средним диаметром на высоте груди и на высоте пня. Измеряют диаметры, вычисляют нулевой коэффициент формы и определяют значение коэффициента **b**. Алгоритм вычисления представлен в виде схемы (рис., с. 34).

Таблица 3

Нормативная таблица определения диаметров по ступеням толщины

Ступень толщины, см	Район исследований							
	КК		АК		БР		ИО	
	$d_{1,3}$	d_n	$d_{1,3}$	d_n	$d_{1,3}$	d_n	$d_{1,3}$	d_n
8	6,5-7,4	8,7-9,8	5,9-6,7	9,5-10,8	6,8-7,3	8,8-9,4	6,0-7,2	8,9-10,6
16	13,0-14,7	17,4-19,7	11,8-13,4	19,0-21,6	13,6-14,6	17,6-18,7	12,0-14,4	17,8-21,1
24	19,4-22,1	26,2-29,5	17,8-20,2	28,6-32,4	20,4-21,8	26,4-28,1	18,0-21,6	26,6-31,7
32	25,9-29,4	34,9-39,4	23,7-26,9	38,1-43,2	27,2-29,1	35,2-37,4	24,0-28,8	35,5-42,2
40	32,4-36,8	43,6-49,2	29,6-33,6	47,6-54,0	34,0-36,4	44,0-46,8	30,0-36,0	44,4-52,8
48	38,9-44,2	52,3-59,0	35,5-40,3	57,1-64,8	40,8-43,7	52,8-56,2	36,0-43,2	53,3-63,4
56	45,4-51,5	61,0-68,9	41,4-47,0	66,6-75,6	47,6-51,0	61,6-65,5	42,0-50,4	62,2-73,9
64	51,8-58,9	69,8-78,7	47,4-53,8	76,2-86,4	54,4-58,2	70,4-74,9	48,0-57,6	71,0-84,5
72	58,3-66,2	78,5-88,6	53,3-60,5	85,7-97,2	61,2-65,5	79,2-84,2	54,0-64,8	79,9-95,0
80	64,8-73,6	87,2-98,4	59,2-67,2	95,2-108,0	68,0-72,8	88,0-93,6	60,0-72,0	88,8-105,6
88	71,3-81,0	95,9-108,2	65,1-73,9	104,7-118,8	74,8-80,1	96,8-103,0	66,0-79,2	97,7-116,2
96	77,8-88,3	104,6-118,1	71,0-80,6	114,2-129,6	81,6-87,4	105,6-112,3	72,0-86,4	106,6-126,1

Примечание: Ступень толщины – это диаметр ствола на высоте пня или на высоте груди.

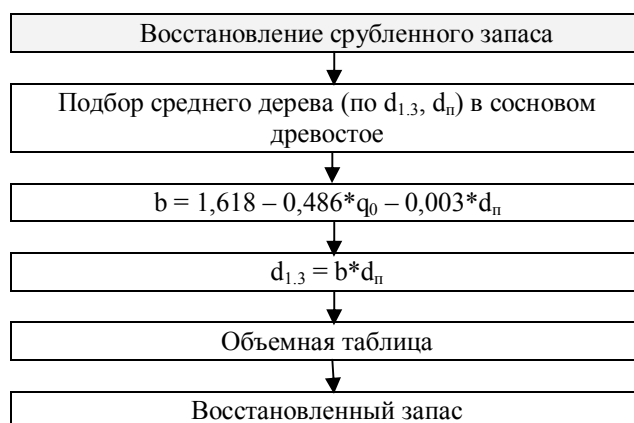


Схема этапов восстановления срубленного запаса

Выводы. Результаты исследований сводятся к следующему:

- использование линейного уравнения без свободного коэффициента позволяет повысить адекватность и достоверность модели. Незначительная величина систематической ошибки значительно проявляется только для тонкомерных деревьев и составляет не более 0,4 см;

- применение группировки коэффициентов позволило разделить их по административным районам: Красноярский край, Иркутская область, Алтайский край, Республика Бурятия;

- разработанные нормативы характеризуются гибкостью, поскольку в них указан диапазон значений выходной переменной (диаметров на высоте груди и диаметров на высоте пня) по ступеням толщины. Это позволяет детализировать данные по конкретным лесорастительным условиям;

- применительно к деревьям сосны в условиях Сибири получено линейное множественное уравнение вычисления коэффициента **b** для определения диаметров на высоте 1,3 м.

Список литературы

1. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР / Арханг. лесотехн. ун-т; отв. ред. В.В. Загреев. – Архангельск: Из-во Арханг. ин-та леса и лесохимии, 1986. – 357 с.
2. Третьяков, Н.В. Справочник таксатора / Н.В. Третьяков, П.В. Горский, Г.Г. Самойлович. – Л.: Голесбумиздат, 1952. – 852 с.
3. Марцинковский, Л.А. О зависимости между диаметрами деревьев лиственницы на высоте пня и на высоте груди / Л.А. Марцинковский // Лиственница: сб. науч. тр. – Красноярск: СТИ. – 1964. – № 39. – С. 15-17.
4. 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.
5. Кишенков, Ф.В. Исследование сбежистости комлевой части стволов ели / Ф.В. Кишенков, А.А. Соломников, А.А. Касацкий. - [Электронный ресурс].– Режим доступа: http://science-bsea.narod.ru/2007/leskomp_2007/kishenkov_iss.htm (дата обращения: 17.11.2011).
6. Вайс, А.А. Нормативы для восстановления срубленных запасов сосновых древостоев (*Pinus sylvestris L.*) в условиях Средней Сибири / А.А. Вайс // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 11. – С. 136-140.

Статья поступила в редакцию 19.12.11

A. A. Vais

A SIMPLE METHOD FOR DETERMINATION OF DIAMETERS OF LOWER PART OF THE SCOTCH PINE (*Pinus sylvestris L.*) TREES IN THE MIDDLE SIBERIA

Simple regression linear equations which characterize correlation of diameters of trunks at the height of a stump and a man-chest are offered. Regression models are used for transition from stump count to diameter class count at the height of a man-chest in calculation of a stand volume of pine wood in different parts of Siberia.

Key words: *diameter, model, Pinus sylvestris L., restored stock.*

ВАЙС Андрей Андреевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Сибирского государственного технологического университета (Россия, Красноярск). Область научных интересов – таксация растущих и срубленных деревьев, экология. Автор более 230 публикаций.
E-mail: vais6365@mail.ru