

УДК 630*52.5

А. А. Вайс

ОБЪЕМЫ ПНЕЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS L.*) В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Получены модели для вычисления объемов пней в двух вариантах. Составлены нормативы объемов пней для лесных массивов Красноярского края и Иркутской области.

Ключевые слова: объем, пень, модель, *pinus sylvestris L.*, норматив.

Введение. В настоящее время резко возрос интерес к таксации насаждений и их составляющих. Это обусловлено необходимостью определения углеродного пула и общего энергетического баланса. Пни – это часть стволов, которые остаются в биоценозе после рубки деревьев и участвуют во всех биологических процессах.

Пневые горизонты играют важную роль в палеоботанических исследованиях по восстановлению лесных ассоциаций [1]. Пни вместе с ветровально-почвенными комплексами (ВПК) формируют мозаичную структуру растительных сообществ [2].

Е. А. Капица [3] указывает, что крупные древесные остатки (в том числе и пни) являются важнейшими компонентами биологического разнообразия и необходимо знать количество, а главное, качественную характеристику (степень разложения, распределение по породам и диаметрам и т.д.) остатков.

Размеры пней необходимо знать для механизации работ на вырубках [4].

Высота и диаметр оставляемых пней влияют на объем крупного древесного детрита. Существующие нормативы определения диаметров стволов по оставшимся пням используют разные методические подходы: в одних таблицах диаметры измеряют у шейки корня [5], в других – на высоте 20–25 см от основания почвы [6], в третьих – высота пня принималась равной одной трети величины диаметра на высоте груди [7]. Указания по освидетельствованию мест рубок предусматривают штрафные санкции за завышение оставляемых 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 [8]. Ф. В. Кишенков, А. А. Соломников, А. А. Касацкий [9] установили, что у деревьев ели Брянской области высота пня практически не влияла на восстановленный запас – расхождение составило не более 1,5 %. Однако авторы отмечают, что приращение нормативных таблиц приводит к завышению запаса более чем на 25 %.

Основной **целью** данной работы являлась разработка нормативов по определению объемов пней сосны обыкновенной в условиях Средней Сибири. Для решения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

- определить формулу для вычисления объема пней;
- выполнить расчет статистик объемообразующих признаков;
- предложить различные варианты составления объемных таблиц;

- дать оценку нелинейным уравнениям путем их линеаризации;
- составить нормативы по определению объемов пней.

Методика исследований. В основу исследований были положены данные обмеров учетных моделей сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), собранных по ступеням толщины из трех лесорастительных районов [10]: Зиминского, Эхирит-Булагатского Иркутской области и Енисейского Красноярского края. Общее количество моделей – 1075 штук.

Объем пня предлагается определять на основе стереометрической формулы усеченного ствола (формула Смалиана) [11,12]:

$$V_n = \frac{g_0 + g_n}{2} \cdot H_n,$$

где V_n – объем пня, м³;

g_0 – площадь поперечного сечения основания пня, м²;

g_n – площадь поперечного сечения на высоте пня, м²;

H_n – высота пня, м.

Результаты и их обсуждение. Исходными данными для вычисления объема пня являлись: d_0 – диаметр основания пня у шейки корня в коре, см; d_n – диаметр пня в коре, см; H_n – высота пня, м; $g_{n/2}$ – площадь поперечного сечения на середине пня, м²; V_n – объем пня, м³.

Основные статистики объемобразующих признаков приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Статистические показатели объемов пней

Статистики	Признаки				
	d_0 , см	d_n , см	H_n , м	$g_{n/2}$, м ²	H_n , м ³
Зиминский муниципальный район					
X_{cp}	38,5±2,31	32,8±1,94	0,22±0,008	0,0919±0,01033	0,1404±0,0155
V, %	37,9	37,4	23,0	70,2	67,9
P, %	6,0	5,9	3,7	11,2	11,0
Эхирит-Булагатский муниципальный район					
X_{cp}	50,7±2,08	46,0±1,94	0,09±0,009	0,1850±0,0155	0,2304±0,0188
V, %	33,1	34,1	69,5	67,4	65,7
P, %	4,1	4,2	9,6	8,4	8,1
Енисейский муниципальный район					
X_{cp}	44,4±1,08	37,6±1,03	0,29±0,008	0,2124±0,0046	0,0096±0,0003
V, %	31,2	30,9	34,3	61,9	81,4
P, %	2,4	2,4	2,7	2,2	2,9

Статистические показатели (табл. 1) указывают на высокое варьирование исходных данных. Точность опыта для площади сечения и объема пней не превышает 11 %, что можно считать приемлемым для дальнейшего анализа.

С помощью диаграмм были апробированы возможные варианты составления нормативов. Упрощенный вариант предусматривал решение функции $V_n = f(d_n)$ и соответствие высоты пня инструктивным требованиям $H_n = d_{1,3} / 3$. Во втором варианте использовалась зависимость $g_{n/2} = f(d_n)$ с дальнейшим переходом к объему пня

$V_n = g_{n/2 \text{ вып.}} \cdot H_n$. На рисунке (с. 51) представлены графики зависимостей для двух вариантов.

Коэффициент детерминации указывает на достаточно высокую адекватность моделей, что позволяет применять их для случаев, когда не требуется высокая точность вычисления объемов пней.

Уравнения вида $g_{n/2} = f(d_n)$ характеризуются высокой адекватностью (см. рисунок с. 51) и позволяют разработать норматив с двумя входами $V_n = f(d_n, H_n)$. Упрощенный способ может применяться только в ограниченных случаях. Поскольку полученные зависимости имеют нелинейную форму, для оценки уравнений необходимо использовать метод линеаризации моделей. Степенное уравнение преобразовывается к линейному виду путем логарифмирования: $y = a \cdot x^b \rightarrow \text{Lg}(y) = \text{Lg}(a) + b \cdot \text{Lg}(x)$

Иркутская область – $\text{Lg}(g_{n/2}) = -4,1007 + 1,9976 \cdot \text{Lg}(d_n)$, $d_n = 12 - 92 \text{ см.}$

Красноярский край – $\text{Lg}(g_{n/2}) = -3,7445 + 1,9417 \cdot \text{Lg}(d_n)$, $d_n = 12 - 92 \text{ см.}$

Степенные и полиномиальные модели, отражающие зависимость $V_n = f(d_n)$, представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Параметры модели $V_n = f(d_n)$

Модель	Коэффициент			R ²
	a	b	c	
Зиминский муниципальный район				
$V_n = a \cdot d_n^b$	0,01	1,3088	-	0,531
Эхирит-Булагатский муниципальный район				
$V_n = a \cdot d_n^b$	0,0001	1,9312	-	0,983
Енисейский муниципальный район				
$V_n = a + b \cdot d_n + c \cdot d_n^2$	0,0025	-0,0002	0,00001	0,739

Оценка моделей представлена в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

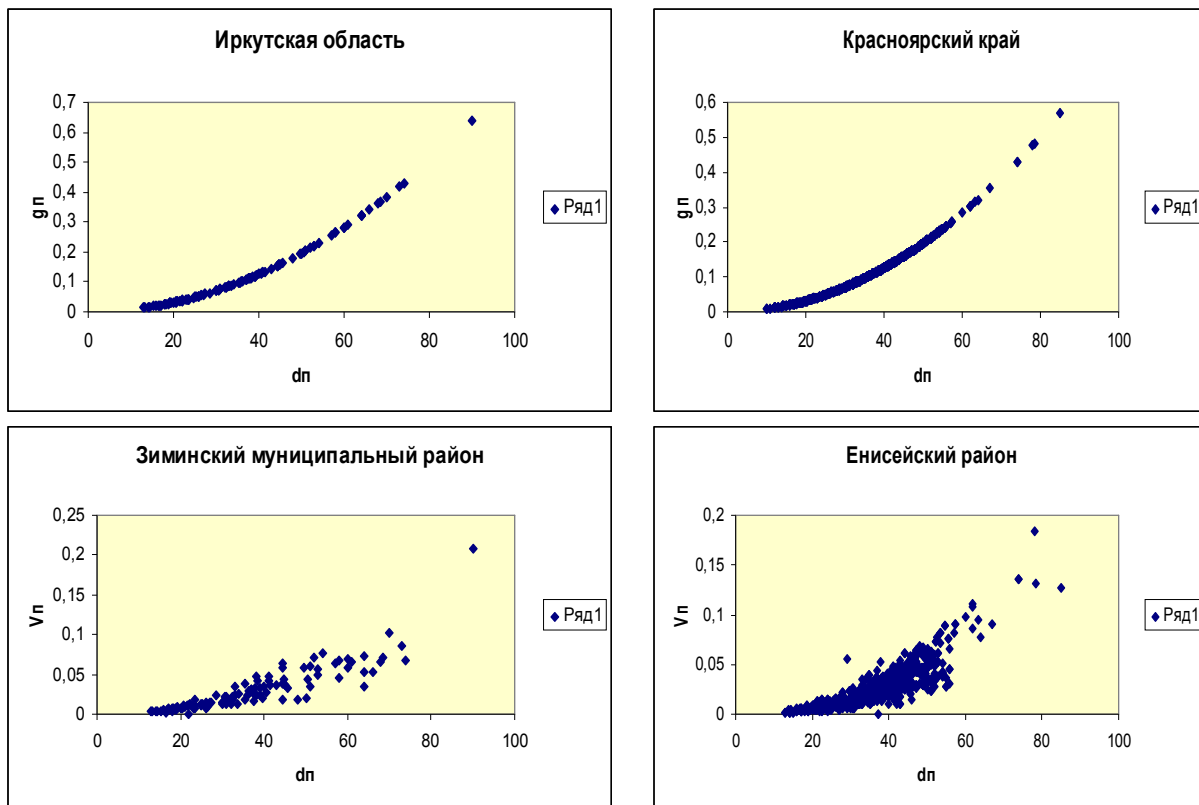
Оценка линейных моделей вида $\text{Lg}(g_{n/2}) = a + b \cdot \text{Lg}(d_n)$

Район исследований	Коэффициент		Коэффициент корреляции	Основная ошибка	Уровень значимости		Достоверность
	a	b			p _a	p _b	
Иркутская область	-4,1007	1,9976	0,999	0,00027	0,3E-8	0,4E-10	129
Красноярский край	-3,7445	1,9417	0,974	0,0678	0,12E-4	0,35E-5	74

Примечание: Коэффициенты a и b значимы при $p < 0,05$. Уравнения достоверны, так как $F_p > F_{\text{таб}}$. Все оценки получены при уровне доверительной вероятности $P = 95,4 \%$.

Расчетные оценки (табл. 3) позволяют сделать вывод о возможности использования моделей $g_{n/2} = f(d_n)$ для составления таблиц по определению объемов пней.

В результате вычислений были получены окончательные нормативы определения объемов пней для сосновых массивов Иркутской области и Красноярского края (табл. 4, 5).



Зависимости объемобразующих признаков $V_n = f(d_n)$ и $g_{n1/2} = f(d_n)$

Т а б л и ц а 4

Объемы пней сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) в Иркутской области

Диаметр пня в коре, см	Объем пня, м ³					
	высота пня, м					
	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45	0,70
12	0,00057	0,001718	0,002863	0,004008	0,005153	0,008016
20	0,001589	0,004766	0,007943	0,01112	0,014297	0,02224
28	0,003111	0,00933	0,01555	0,021777	0,02799	0,043554
36	0,00514	0,015419	0,025698	0,035977	0,046256	0,071954
44	0,007674	0,02302	0,03837	0,053718	0,069066	0,107436
52	0,010714	0,032142	0,05357	0,074997	0,096425	0,149995
60	0,014259	0,042778	0,071296	0,09981	0,1283	0,1996
68	0,0183	0,0549	0,0915	0,1282	0,1648	0,2563
76	0,0229	0,0686	0,1143	0,1601	0,2058	0,3201
84	0,0279	0,0838	0,1396	0,1955	0,2513	0,3910
92	0,0335	0,1005	0,1675	0,2344	0,3014	0,4689

Т а б л и ц а 5

Объемы пней сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) в Красноярском крае

Диаметр пня в коре, см	Объем пня, м ³					
	высота пня, м					
	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55
12	0,0013	0,0037	0,0062	0,0087	0,0112	0,0137
20	0,0034	0,0101	0,0168	0,0235	0,0302	0,0369
28	0,0065	0,0194	0,0323	0,0452	0,0581	0,0710

Окончание табл. 5

Диаметр пня в коре, см	Объем пня, м ³					
	высота пня, м					
	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55
36	0,0105	0,0316	0,0526	0,0736	0,0946	0,1157
44	0,0155	0,0466	0,0776	0,1087	0,1397	0,1708
52	0,0215	0,0644	0,1074	0,1503	0,1933	0,2362
60	0,0284	0,0851	0,1418	0,1985	0,2552	0,3119
68	0,0362	0,1085	0,1808	0,2531	0,3254	0,3977
76	0,0449	0,1346	0,2244	0,3141	0,4038	0,4936
84	0,0545	0,1635	0,2725	0,3815	0,4905	0,5995
92	0,0650	0,1951	0,3251	0,4552	0,5852	0,7153

Выводы. Результаты исследований соответствуют следующим выводам.

– Для определения объема пня целесообразно использовать формулу Смалиана, поскольку процесс измерения и вычисления по ней максимально прост и обеспечивает приемлемую таксационную точность.

– Статистики объемобразующих признаков ($d_0, d_n, H_n, g_{n1/2}, V_n$) указывают на разнообразие исходного материала и приемлемую точность исходных данных (до 11%). С целью определения объемов пней предлагаются два варианта: связь $V_n = f(d_n)$ и зависимость $g_{n1/2 \text{ вып.}} \cdot H_n = f(d_n)$.

– Первый вариант предполагает установление объема в случае жестко регламентированных инструктивными данными высот пней. Второй вариант позволяет применять зависимость в условиях, когда высота пня не регламентирована (например, незаконные рубки).

– Составлены нормативы вычисления объемов пней с учетом размера пней по диаметру в коре и высоте пня для деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) Иркутской области и Красноярского края.

Список литературы

1. Кривоногов, С. К. Пневые горизонты в позднеплейстоценовых отложениях Сибири [Электронный ресурс] / С. К. Кривоногов. – Режим доступа: http://www.giscenter.ru/Carpos/Digital_public/Buried_forest/Russian_text.htm.
2. Анищенко, Л. Н. Микросукцессионные смены сообществ бриофитов на стволах ветровальных почвенных комплексов [Электронный ресурс] / Л. Н. Анищенко. – Режим доступа: http://science-bsea.narod.ru/2006/les_2006/.
3. Капица, Е. А. Сравнение скорости разложения пней при рубках различных видов в ельниках черничных Европейской части таежной зоны / Е. А. Капица // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2007. – Вып. 181. – С. 52–65.
4. Титаренко, Ю. А. Определение некоторых параметров пней на вырубках горных дубрав / Ю. А. Титаренко // Молодые ученые к юбилею ин-та: тр. науч. конф. – М.: ВНИИлесоводства и механиз. лесн. х-ва. – Деп. в ЦБНТИлесхоз от 23 декабря 1983 г. № 263 лх-83. – С. 15–16.
5. 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.
6. Третьяков, Н. В. Справочник таксатора / Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. – Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 853 с.
7. 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.
8. 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.

9. 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.
10. Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации // Пр. МПР РФ от 28 марта 2007 г. № 68. – 12 с.
11. Методика определения запасов и массы древесного детрита на основе данных лесоустройства. – Утв. МПР от 25.08.2001 г. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – 44 с.
12. Тюрин, А. В. Таксация леса: учебник для вузов / А. В. Тюрин. – 2-е изд. – М.: Гослестехиздат, 1945. – 375 с.

Статья поступила в редакцию 12.05.10.

A. A. Vais

PINUS SYLVESTRIS L STUMPS SIZE IN MIDDLE SIBERIA CONDITIONS

The models for stumps sizes calculation in the two variants are obtained. The stumps sizes standards for the forestlands of Krasnoyarsk territory and Irkutsk oblast are made up.

Key words: *size, stump, model, pinus sylvestris L., standard.*

ВАЙС Андрей Андреевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Сибирского государственного технического университета (Красноярск). Область научных интересов – таксация растущих и срубленных деревьев, охрана природы. Автор более 200 публикаций.
E-mail: vais6365@mail.ru