

продуктивность чистых и смешанных сосновых насаждений различного происхождения // Повышение продуктивности лесов методами лесных культур и основы организации хозяйства в лесах искусственного происхождения // Тез. докл. Мн., 1973. 12. Н и к и т и н В.А. Продуктивность естественных и искусственных сосняков северной части БССР // Повышение продуктивности лесов методами лесных культур и основы организации хозяйства в лесах искусственного происхождения // Тез. докл. Мн., 1973. 13. Ра х т е е н к о И.Н. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Мн., 1963. 14. Ра х т е е н к о И.Н. Основы создания устойчивых и продуктивных смешанных лесных культур // Повышение продуктивности лесов методами лесных культур и основы организации хозяйства в лесах искусственного происхождения // Тез. докл. Мн., 1973. 15. Ра х т е е н к о И.Н. Рост и питание древесных пород в зависимости от количественных соотношений их в культурфитоценозах // Ботаника: Исслед. Мн., 1984. Вып. 26. 16. Ро ма н о в В.С. О взаимоотношениях сосны и березы в Белоруссии // Тез. докл. Всесоюз. совещ. по изучению взаимоотношений растений в фитоценозах. Мн., 1969. 17. Ю р к е в и ч И.Д., Ра й к о В.Н. Взаимоотношения лиственницы сибирской с другими видами растений в культурфитоценозах БССР // Тез. докл. Всесоюз. совещ. по изучению взаимоотношений растений в фитоценозах. Мн., 1969. 18. Ба г и н с к и й В.Ф. Особенности пространственного размещения индивидуумов в смешанных фитоценозах // Ботаника: Исслед. Мн., 1984. Вып. 26. 19. В е с е л о в И.В. Смешанные леса из пихты и бука на Северном Кавказе и их биологическая продуктивность. Краснодар, 1973. 20. В ы с о ц к и й К.К. Закономерности строения смешанных древостоев. М., 1962. 21. К е н д а л М.Дж., С т ь ю а р т А. Теория распределений. М., 1966. 22. К о р н Г., К о р н Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М., 1984. 23. К о р о л ю к В.С., П р о т е н к о Н.И., С к о р о х о д А.В., Т у р б и н А.Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. М., 1985. 24. Ла х т и н Л.К. Кривые распределения и построение для них интерполяционных формул по способам Пирсона и Брунса. М., 1922. 25. Ха с т и н г с Н., П и к о к Дж. Справочник по статистическим распределениям. М., 1980. 26. E l d e r t o n W.P. Frequency curves and correlation. Second edition. London, 1927.

УДК 630* 332

Л.С. ЗАСТЕНСКИЙ, д-р с.-х. наук,
В.К. ГВОЗДЕВ, канд. с.-х. наук (БТИ)

ЗАПАСЫ ПНЕВО-КОРНЕВОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНОВЫХ ВЫРУБОК В БССР

В настоящее время в развитых странах мира большое значение придается комплексной переработке древесного сырья, основанной на использовании не только стволовой части, но и всей биомассы дерева, включая пневно-корневую древесину. В нашей стране коэффициент использования древесного сырья сравнительно невысок (в среднем 65–70 %) [1]. В связи с этим важным направлением в решении данной проблемы является разработка современных технологических процессов по комплексному использованию древесины, что в свою очередь обуславливает необходимость предварительного выявления и уточнения запасов всей биологической массы дерева.

Пни и корни относятся к отходам лесозаготовок и служат одним из видов лесосырьевых ресурсов, запасы которого должны быть определены не только в абсолютных показателях по таксономическим принципам, но и относительно объемов первичного сырья. Однако, если запасы надземной части спелых сосновых насаждений изучены биологами и лесоводами довольно подробно и точно, то в отношении пневно-корневой древесины этого сказать нельзя.

Публикаций по этому вопросу сравнительно немного, приводимые в них данные часто существенно различаются.

Ю.Г.Санников, обобщая материал по запасу пнево-корневой древесины в нашей стране и за рубежом, указывает, что по проведенным исследованиям в Англии в 33-летних культурах сосны корни составляют 15,7 % стволовой древесины, в Швеции в зависимости от возраста насаждений — 15—30 % [2].

Н.Ф.Комшилов и Л.И.Смирнова считают, что пнево-корневая древесина у сосны составляет 22,4 % запаса стволовой [3]. По данным А.А.Молчанова, рассматривавшего соотношение древесной массы древостоев в возрасте от 50 и более лет, на долю стволов приходится 72 %, ветвей — 13, корней — 15 % [4]. Ю.М.Новоселов, изучая объемы пневой древесины по методике П.Хаккила, установил, что в спелых сосняках она составляет 16 % стволовой [5]. По сведениям В.А.Бугаева и В.В.Онищенко, доля пнево-корневой древесины с увеличением диаметра пня уменьшается и составляет 20,3—24,5 % стволовой [6].

В то же время А.Ф.Амозов с соавт. указывают, что после рубки леса остается 5—7 % древесины [7]. А.П.Матвейко считает, что запас пневой древесины от запаса стволовой немногим больше 3 %.

Наиболее глубокие исследования запасов пнево-корневой древесины сосны в Кировской области проведены Ю.Г.Санниковым [2]. Он установил, что объемы пневой древесины зависят от условий произрастания и технологии корчевки пней и в зависимости от возраста древостоев (100—160 лет) составляют 8,9—9,4 % стволовой.

Следовательно, различные исследователи указывают на разный запас пнево-корневой древесины сосны (от 3 до 30 % относительно стволовой), что не может удовлетворить интересы ни заготовителей, ни потребителей этого сырья. Разноречивость данных требует проведения детальных исследований запасов пнево-корневой древесины на сосновых вырубках применительно к конкретным лесорастительным условиям.

С этой целью в Негорельском учебно-опытном, Борисовском опытном, Минском и Ивьевском лесхозах на свежих сосновых вырубках исследованы количество пней и их параметры. Объемы пней по ступеням толщины определялись на участках с частичной или сплошной корчевкой пней машиной МП-2А в агрегате с трактором Т-130, предназначенных для создания плантационных культур, реконструкции питомников, строительства дорог и др.

Для определения количества пней на единице площади и основных параметров закладывались прсбные площади по 0,4—1 га каждая. Диаметр пней измерялся линейкой в двух взаимно перпендикулярных направлениях с вычислением средней величины. Объемы пнево-корневой древесины рассчитывались по формуле, предложенной Ю.Г.Санниковым [2].

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4,$$

где V — объем пнево-корневой древесины, м^3 ; V_1 — объем пня от уровня условного центрального сечения корневой шейки, м^3 ; V_2 — объем части пня, расположенной ниже корневой шейки до перехода ее к центральному корню, м^3 ; V_3 — объем центрального корня, м^3 ; V_4 — объем корней первого порядка, м^3 .

Таблица 1. Распределение числа сосновых пней по диаметру и высоте

Диаметр и высота пней, см	Количество пней, %	
	по категориям крупности	по высоте
До 20	15,8—30,0	52,1—67,3
21—30	27,8—32,1	26,7—37,0
31—40	26,0—38,8	6,0—10,0
41 и более	13,3—16,0	0,9—1,5

Определения объемов составляющих частей пней основано на исследовании формы тел, образованных вращением образующей вокруг своей оси. Установлено, что объем образующих частей пня можно вычислить по формуле объема усеченного конуса [2]:

$$V = 1/12\pi(l(d_1^2 + d_1d_2 + d_2^2)), \text{ м}^3,$$

где l — длина части пня, м; d_1 и d_2 — соответственно диаметры в верхней и нижней частях пня, м.

В целях установления точности данного способа объемы пней определялись ксилотметрическим методом. Из каждой ступени толщины отбиралось по 2—4 модельных пня, которые измельчались и помещались в сосуд с водой. Проверка показала, что отклонения в определении объемов пней разными способами несущественны (± 3 —5 %). Поэтому в дальнейшем объемы пней устанавливались путем замеров основных параметров и соответствующих расчетов.

Для определения объемов пней разной величины было замерено и проанализировано по 20 пней для каждой 4-сантиметровой ступени толщины. Статистическая обработка данных произведена на ЕС ЭВМ. Вычислялись средние значения и их ошибки, коэффициенты вариации, среднеквадратические отклонения и достоверность оценки среднего значения [8].

Определение количества пней на 1 га и их параметров — необходимое условие для установления запасов пнево-корневой древесины на лесосеках промышленного назначения. Исследования показали, что количество пней на единице площади сильно варьирует и составляет в сосняках вересковых 108—268 шт/га, в мшистых и зеленомошных — 178—590 шт/га. Сосняки вересковые в возрасте спелости, как правило, имеют невысокую полноту в связи с относительно малым количеством деревьев на 1 га.

Анализ рядов распределения пней по диаметру показывает, что на сосновых вырубках наиболее распространены мелкие и средние пни диаметром до 30 см (47,9—57,8 % общего количества), а пни диаметром до 40 см составляют 84—96,7 % (табл. 1). Крупных пней (диаметр 41 см и более) на вырубках сравнительно мало. Таким образом, основное количество пней на сосновых вырубках имеет диаметр 20—40 см.

В связи с тем что высота пней является фактором, лимитирующим механизацию лесохозяйственных работ, нами было изучено на сосновых вырубках

распределение пней по высоте. При проведении рубок оно регламентируется, но на практике это часто не соблюдается. Данные показывают, что высота пней варьирует в широком диапазоне — от 5 до 44 см. Количество пней высотой до 10 см на лесосеках крайне мало — 6–10 %.

Основная масса пней (46–57 %) имеет высоту 11–20 см. Около 1/3 пней сосновых вырубок имеют высоту 21–30 см. Пни высотой более 41 см представлены незначительно.

Установлено, что между диаметром пней и их высотой наблюдается слабая корреляционная зависимость. Высота пней больше обусловлена характером строения стержневых корней и корней первого порядка, а также квалификацией вальщика. Различий в рядах распределения пней по высоте на лесосеках при валке деревьев бензопилами и валочно-пакетирующими машинами не выявлено.

На основании эмпирических данных объемов пнево-корневой древесины по ступеням толщины произведена оценка зависимостей между данными показателями методом множественного регрессионного анализа на ЕС ЭВМ по стандартной программе. Путем аналитического анализа моделей связи диаметров и объемов пнево-корневой древесины отобраны уравнения прямой параболического и логарифмического типов:

$$1) y = a + bx;$$

$$2) y = a + bx + cx^2;$$

$$3) y = a + bx + cx^2 + dx^3;$$

$$4) y = a + bx + c \lg x,$$

где y — объемы пнево-корневой древесины; x — диаметры пней.

Оценка достоверности регрессионных моделей по основным показателям [9] позволяет рекомендовать в качестве моделей связи диаметров и объемов пнево-корневой древесины в суходольных сосновых типах леса уравнение параболы второй степени:

$$y = 4,60 + 0,859x + 0,063x^2.$$

Основные показатели достоверности регрессии:

1. Критерий Фишера: $F = 983,18 > F_{05} = 4,46$.

2. Коэффициент множественной регрессии: $R^2 = 0,998$.

3. Стандартная ошибка оценки объемов пнево-корневой древесины:
 $P_y = 4,4\% < P_T = 5\%$.

4. Оценка коэффициентов регрессий по t -критерию Стьюдента: $t_1 = 1,33$; $t_2 = 6,32$; $t_T = 2,23$.

5. Остатки от регрессии без заметной автокорреляции и нормально распределены.

Анализ полученных данных показывает, что в общем объеме пнево-корневой древесины надземная часть составляет только 15–26 %, а 74–85 % при-

Таблица 2. Объем доступной для заготовки пняво-корневой древесины основых вырубок по ступеням толщины

Ступень толшины, см	Наземная часть пней			Подземная часть пней			Пняво-корневая древесина					
	$M \pm m$ $3 \cdot 10^{-3}$	σ	коэффи-циент вариации, %	досто-верность оцен-ки	сред-него значе-ния	$M \pm m$ $3 \cdot 10^{-3}$	σ	коэффи-циент вариации, %	досто-верность оцен-ки	сред-него значе-ния		
12	$1,94 \pm 0,12$	0,54	27,7	16,1	10,3 ± 0,8	2,2	18,3	20,3	11,3 ± 1,1	1,2	25,5	18,4
16	$3,82 \pm 0,23$	1,04	27,2	16,4	$23,6 \pm 1,7$	4,3	16,1	18,6	$20,9 \pm 2,5$	3,9	23,2	19,3
20	$6,67 \pm 0,38$	1,69	25,3	17,7	$41,7 \pm 2,6$	8,2	15,9	19,9	$44,4 \pm 2,7$	8,6	15,5	20,4
24	$8,54 \pm 0,42$	1,90	22,2	20,1	$53,5 \pm 1,9$	6,1	11,4	27,7	$59,4 \pm 2,9$	9,1	15,3	20,7
28	$14,65 \pm 1,03$	4,60	31,4	14,3	$63,7 \pm 3,6$	16,1	25,3	17,7	$77,2 \pm 4,6$	20,4	26,4	16,9
32	$18,96 \pm 0,98$	4,40	23,2	19,3	$68,6 \pm 3,7$	16,6	24,1	18,5	$91,8 \pm 4,8$	21,4	23,3	19,2
36	$26,65 \pm 1,59$	7,09	26,6	16,8	$93,9 \pm 4,4$	19,7	20,9	21,4	$122,8 \pm 6,5$	29,1	23,7	18,9
40	$32,15 \pm 1,74$	7,78	24,2	18,5	$98,7 \pm 6,9$	21,7	22,0	14,4	$144,6 \pm 13,8$	33,7	30,2	10,5
44	$44,84 \pm 1,83$	8,18	18,2	24,5	$115,6 \pm 7,1$	22,8	20,1	16,6	$166,6 \pm 11,1$	30,1	24,3	12,6
48	$50,59 \pm 2,49$	10,95	21,6	20,7	$128,3 \pm 8,2$	24,1	19,6	20,4	$190,1 \pm 12,3$	40,2	28,2	14,3
52	$60,35 \pm 1,89$	11,34	23,8	20,6	$141,1 \pm 6,5$	25,2	24,3	22,3	$215,1 \pm 13,1$	41,3	27,1	11,2

Таблица 3. Объем пневой древесины и количество пней
в 1 м³ по ступеням толщины

Ступень толщины, см	Пнево-корневая древесина, м ³									Количество пней в в 1 м ³ , шт.
	количество пней									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
12	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	100
16	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	50
20	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	20
24	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	17
28	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	13
32	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	11
36	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72	0,84	0,96	1,08	8
40	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,98	1,12	1,26	7
44	0,17	0,34	0,51	0,68	0,85	1,02	1,19	1,36	1,53	6
48	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,14	1,33	1,52	1,71	5
52	0,22	0,44	0,66	0,88	1,10	1,32	1,54	1,76	1,98	5

ходится на подземную часть (табл. 2). Все показатели варьируют в довольно широком диапазоне: объемы надземной части пней в пределах от 18 до 31 %, подземной — 11—25 %, а объемы пнево-корневой древесины в целом — от 15 до 30 %. Все показатели достоверны на уровне вероятности 0,99.

Абсолютные показатели объемов пней и корней позволяют сделать вывод о том, что их значения возрастают с увеличением диаметра пня. Причем объемы надземной части увеличиваются более динамично, чем подземной. Так, объем надземной части пня в последней ступени толщины (52 см) в 35 раз больше, чем в первой ступени (12 см), в то время как для подземной части наблюдается увеличение только в 14 раз, а для общего объема пня — в 19. Эти зависимости более наглядно проявляются при анализе количества пней разного диаметра в плотном 1 м³ пнево-корневой древесины (табл. 3).

Из табл. 3 видно, что для получения 1 м³ пнево-корневой древесины необходимо иметь 100 пней диаметром 12 см или 5 пней диаметром 48—52 см. Поэтому в конечном счете определять запасы пневой древесины на 1 га будет структура рядов распределения по диаметру. Очевидно, что основные запасы пнево-корневой древесины на единице площади формируются за счет пней диаметром 20—40 см.

Важным показателем является определение доли отходов. (в данном случае пнево-корневой древесины) от объема первичного сырья (объемов стволов) [10]. Расчеты показывают, что объемы пневой древесины относительно объемов стволов составляют 8,6 — 12,2 %. Причем с увеличением ступени толщины наблюдается некоторое уменьшение этого показателя.

Аналогичная зависимость при исследовании данного вопроса установлена также В.А.Бугаевым, В.В.Онищенко [6] и А.А.Смоленковым, Ю.Г.Сальниковым [11], хотя абсолютные коэффициенты у всех авторов различаются.

Определенный интерес представляет установление запасов пнево-корневой древесины на единице площади в основных типах местопроизрастания. С этой целью исходя из данных пересчета и запасов стволовой древесины на 67 сосновых лесосеках были рассчитаны запасы пнево-корневой древесины и

их доля от основного сырья. Расчеты показывают, что запасы пней и корней на вырубках в сосняках суходольных типов леса находятся в пределах от 19 до 31 м³/га (в среднем 23 м³/га). В среднем запасы пнево-корневой древесины составляют 10,6 % запаса стволовой древесины. Полученные данные согласуются с результатами Ю.Г.Санникова (1986), который установил, что соотношение объемов пнево-корневой древесины и стволовой ее части выражается постоянным коэффициентом, равным 9,8 % [2]. Это несколько ниже, чем во "Временных нормативах отходов лесозаготовок", разработанных Госпланом БССР и Министерством лесного хозяйства БССР, в которых пни и корни, возможные к извлечению при механизированной заготовке, составляют 14 % объема стволов [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Целевая комплексная программа фундаментальных исследований на 1986—1995 гг. "Комплексное использование древесины и оптимизация ее воспроизводства". М., 1986.
2. С а н н и к о в Ю.Г. Таксация смолистой древесины сосны и влияния осмолизаготовок на рост молодняков: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Л., 1986.
3. К о м ш и л о в Н.Ф., С м и р н о в а Л.И. Определение веса пневого осмола // Деревообрабатывающая и лесохимич. пром-сть. 1953. № 12. С. 13—17.
4. М о л ч а н о в А.А. Продуктивность органической и биологической массы леса. М., 1974.
5. Н о в о с е л о в Ю.М. и др. Ресурсы пневой древесины // Лесн. хоз-во. 1983. № 4. С. 19—20.
6. Б у г а е в В.А., О н и щ е н к о В.В. Фитомасса сосновых древостоев Тебердинского заповедника // Лесн. журн. 1987. № 6. С. 15—17.
7. А м о з о в А.Ф. и др. Заготовка пневоосмола. Петрозаводск, 1970.
8. А т р о щ е н к о О.А. Применение ЭВМ в научных исследованиях и дипломном проектировании по лесному хозяйству. Мн., 1985.
9. А т р о щ е н к о О.А. Регрессионные модели связи диаметров и высот деревьев в березовых древостоях // Лесоведение и лесн. хоз-во. 1982. Вып. 17.
10. Временная методика оценки уровня использования материальных ресурсов в лесном хозяйстве. Мн., 1986.
11. С м о л е н к о в А.А., С а л ь н и к о в Ю.Г. Определение запасов пневого соснового осмола с применением интегральных коэффициентов ВНИПИЗИлеспром // Лесохимия и подсечка: Экспресс-информ. М., 1983. Вып. 2.