

Проф. В. К. ЗАХАРОВ,
доктор сельскохозяйственных наук

НОВОЕ В МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМЫ ДРЕВЕСНЫХ СТЕБЛОВ И СОСТАВЛЕНИЯ ТАБЛИЦ ОБЪЕМА И СБЕГА

Форма древесного ствола является важнейшим таксационным признаком, который наряду с диаметром и высотой обуславливает как объем, так и производственную ценность продукции лесного хозяйства.

Формирование древесного ствола происходит в результате влияния многочисленных факторов как внутренней, так и внешней среды произрастания леса, которые обуславливают значительное варьирование формы ствола. Лишь на основе изучения достаточного экспериментального материала можно составить представление о некоторой средней форме отдельных древесных стволов.

Научная мысль в области теории лесной таксации выдвинула ряд гипотез по проблеме формы древесных стволов и математических решений данного вопроса. В частности, древесный ствол рассматривался как тело вращения, которое можно охарактеризовать некоторой образующей, выраженной соответствующим уравнением (Козицын, Метцгер и др.). Ими был предложен ряд сложных математических формул для образующей древесного ствола, а также уравнения логарифмической кривой, которые тем не менее не смогли отразить всех особенностей формы древесного ствола.

По иному пути пошел Шиффель (1909—1912), предложивший характеризовать форму древесных стволов отношениями диаметров на относительных высотах ($1/4$ — $1/2$ — $3/4$ общей высоты) к диаметру на постоянной абсолютной высоте (1,3 м). Эти отношения: $q_n = d_n : d_{1,3}$ получили название коэффициентов формы (q_n).

Основной недостаток предложения Шиффеля заключается в том, что его коэффициенты формы, хотя и дают общее представление о форме древесных стволов, но, находясь в зависи-

мости от высоты стволов, искажают представление о действительной форме стволов.

Пами предложена методика исследования истинной средней формы древесных стволов, при которой в порядке сбора экспериментального материала производятся измерения диаметров стволов на относительных высотах по секциям через 0,1 общей высоты стволов и устанавливаются отношения таковых в процентах с величиной исходного диаметра, взятого также на относительной, но постоянной высоте,—0,1 высоты дерева от основания ствола. На этой высоте заканчивается влияние корневых наплывов на форму ствола, и последняя, будучи выражена в относительных величинах сбега по действительным высотам, дает объективное отражение действительной формы ствола, не искаженное влиянием других факторов.

Задачей нашего исследования ставилось изучение средней формы древесных стволов сосны и березы по вышеприведенной методике.

Объектами исследования были взяты древесные стволы из состава соснового насаждения в типе леса сосняк-брусничник в Негорельском учебно-опытном лесхозе; древостой представлен чистым одноярусным насаждением VI класса возраста (101 год), средняя высота древостоя—23,5 м, средний диаметр—27,8 см, бонитет II/III, тип леса—сосняк-брусничник, полнота—0,7, запас на га—280 м³. Местоположение возвышенное, микрорельеф развит.

Второй объект представлен сосновым насаждением типа леса сосняк-черничник с участием березы¹.

Таксационная характеристика объекта исследования в Великорецком лесхозе представлена в таблице 1.

Таблица 1

Состав насаждения	Класс возраста	Средняя высота сосны, березы в м	Средний диаметр сосны, березы в см	Класс бонитета	Тип леса	Полнота	Число стволов на 1 га	Запас в м ³ /га		
								сосны	березы	всего
8С(115—120 л)	VI	23,4	28,4	III	сосняк-черничник	0,72	422	220	60	280
2Б(80—85 л)		23,7	31,2							

Количество и характеристика собранного экспериментального материала представлены в таблице 2.

¹ В сборе и обработке экспериментального материала принимали участие студенты БЛТИ Г. М. Губанов и Н. Ф. Ловчий.

Таблица 2

	Ступени толщины										
	16	20	24	28	32	36	40	44	48	Итого	
1. Негорельский учебно-опытный лесхоз (Минская обл.)											
Сосна											
Число стволов.	13	40	94	58	50	34	9	2	—	300	
Средняя Н в м.	17,8	20,8	22,5	23,4	24,2	24,8	25,7	27,1	—	—	
2. Великоречский лесхоз (Минская обл.)											
Сосна											
Число стволов.	3	16	23	25	36	26	18	2	1	150	
Средняя Н в м.	16,2	18,8	20,3	21,2	22,5	23,7	24,6	25,5	27,4	—	
Береза											
Число стволов.	4	16	22	26	30	22	17	11	2	150	
Средняя Н в м.	17,8	18,6	21,1	22,2	22,7	23,8	24,3	24,4	25,0	—	

Таким образом, по сосне было обмерено всего 450 стволов, по березе—150.

Собранный экспериментальный материал был подвергнут научной обработке с применением способов математической статистики. Карточки обмера модельных деревьев были разгруппированы по 4-сантиметровым ступеням толщины, а в рамках последних — по фактическим высотам. По исходному диаметру на 0,1 Н, принимаемому за 100%, были вычислены относительные диаметры на остальных относительных высотах по секциям через 0,1 Н для каждой ступени толщины, а также и средняя величина сбега в процентах для каждой высоты с вычислением статистических показателей вариационного ряда. Результаты описанной обработки материалов приведены в таблице 3.

Из обзора таблицы можно отметить следующее:

1) средние значения относительного сбега по отдельным высотам весьма незначительно варьируют по ступени толщины и могут быть охарактеризованы некоторой средней величиной, приведенной в последней графе таблицы ($M \pm m$);

2) просматривая средние значения сбега по ступеням толщины и относительным высотам, наблюдаем естественное падение процентов сбега как по ступеням, так и в среднем по высотам по мере продвижения места измерения диаметров от основания ствола к его вершине.

Данные таблицы 3 характеризуют среднюю форму стволов сосны двух различных условий местопроизрастания: сосняк-брусничник и сосняк-черничник.

Материалы в отношении стволов березы были подвергнуты аналогичной обработке, причем был выявлен такой же харак-

Изменение средних значений относительного сбегу стволов сосны в коре по ступеням толщины и относительным высотам в числителе—по Великоречскому лесхозу, в знаменателе—по Негорельскому учебно-опытному лесхозу

Относительная высота	Средние значения относительных диаметров (M ± m) по ступеням толщины										Среднее по относительным высотам
	16	20	24	28	32	36	40	44	48	—	
шейка корня	175,7	181,0 ± 4,0	176,7 ± 3,82	179,3 ± 2,00	169,0 ± 2,14	162,7 ± 2,90	166,9 ± 2,85	170,5 ± 1,96	178,1	—	172,6 ± 1,25
на пне	132,8 ± 1,54	141,1 ± 1,25	141,5 ± 0,97	141,8 ± 1,36	139,9 ± 0,88	144,3 ± 1,38	137,8 ± 2,08	142,2	—	—	140,9 ± 0,61
0,1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,2	90,0	91,2 ± 0,85	91,8 ± 0,59	93,6 ± 0,37	92,0 ± 0,37	93,7 ± 0,37	92,0 ± 0,70	93,8	91,9	—	92,2 ± 0,27
0,3	82,3	91,1 ± 0,56	91,9 ± 0,35	91,3 ± 0,40	91,7 ± 0,39	93,3 ± 0,47	90,7 ± 1,0	92,0	—	—	91,6 ± 0,15
0,4	81,1 ± 0,78	84,1 ± 0,88	85,3 ± 1,08	87,4 ± 0,40	85,7 ± 0,57	87,0 ± 0,52	85,5 ± 0,70	87,6	86,0	—	85,3 ± 0,26
0,5	76,3	83,0 ± 0,69	84,4 ± 0,39	84,7 ± 0,40	84,8 ± 0,55	85,8 ± 0,63	81,0 ± 0,66	84,4	—	—	84,4 ± 0,22
0,6	74,7 ± 0,89	78,0 ± 1,25	79,1 ± 0,77	81,8 ± 0,46	80,3 ± 0,57	80,7 ± 0,49	78,7 ± 0,87	82,1	79,1	—	79,1 ± 0,30
0,7	66,9	77,7 ± 0,58	78,3 ± 0,36	79,1 ± 0,46	78,7 ± 0,49	75,5 ± 0,67	76,4 ± 0,88	77,8	—	—	78,3 ± 0,22
0,8	68,9 ± 0,81	71,8 ± 1,40	71,9 ± 0,74	73,3 ± 0,54	73,2 ± 0,49	73,8 ± 0,49	70,9 ± 0,81	71,1	71,0	—	72,9 ± 0,31
0,9	61,7	71,3 ± 0,59	72,0 ± 0,41	72,7 ± 0,43	72,0 ± 0,58	72,5 ± 0,70	68,9 ± 1,18	69,7	—	—	71,8 ± 0,24
0,9	62,7 ± 0,84	66,2 ± 1,43	65,4 ± 0,67	68,3 ± 0,39	64,6 ± 0,67	65,7 ± 0,68	62,7 ± 0,85	66,5	62,4	—	65,4 ± 0,36
0,9	54,7	65,8 ± 0,62	65,1 ± 0,35	65,0 ± 0,48	64,0 ± 0,63	64,4 ± 0,69	62,0 ± 0,72	65,2	—	—	64,6 ± 0,24
0,9	54,9 ± 0,83	57,7 ± 1,53	56,6 ± 1,02	57,5 ± 0,59	51,4 ± 0,88	55,5 ± 0,82	51,8 ± 1,00	52,4	54,1	—	55,5 ± 0,41
0,9	43,4	53,9 ± 0,61	56,8 ± 0,38	55,2 ± 0,54	54,8 ± 0,65	53,1 ± 0,92	50,7 ± 1,47	54,9	—	—	55,4 ± 0,26
0,9	46,2 ± 0,98	44,2 ± 1,65	41,4 ± 0,76	43,6 ± 0,71	39,8 ± 0,87	40,0 ± 0,68	35,9 ± 1,55	39,9	40,7	—	40,7 ± 0,44
0,9	29,2	45,8 ± 0,65	47,8 ± 0,49	42,9 ± 0,65	41,5 ± 0,65	40,7 ± 0,92	36,0 ± 1,08	41,9	—	—	43,3 ± 0,29
0,9	27,2 ± 1,12	27,4 ± 1,73	26,1 ± 1,20	22,6 ± 0,88	21,1 ± 0,55	21,4 ± 0,87	18,9 ± 0,89	18,7	16,9	—	22,7 ± 0,44
0,9	—	27,3 ± 0,82	29,5 ± 0,47	24,4 ± 0,67	22,1 ± 0,72	22,1 ± 0,78	19,1 ± 0,89	22,5	—	—	25,0 ± 0,31

тер варьирования сбег по ступеням толщины и относительным высотам, но с другими цифровыми величинами.

Ограничимся лишь приведением средних значений относительного сбег стволов березы по относительным высотам, которые приведены в таблице 4.

Таблица 4

Относительная высота	Шейка корня	0,1	0,2	0,3	0,4
Относительный сбег в %	172,6 ± 1,25	100 %	92,3 ± 0,25	85,0 ± 0,30	78,5 ± 0,35
Относительная высота	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Относительный сбег в %	69,7 ± 0,43	58,7 ± 0,46	44,9 ± 0,47	30,5 ± 0,40	14,0 ± 0,27

Оценка степени варьирования приведенных в таблицах 3 и 4 средних величин может быть сделана на основе анализа статистических показателей соответствующих вариационных рядов, т. е. среднего квадратического отклонения (σ), коэффициента варьирования (W), точности исследования (p), что и было проделано для каждой высоты и ступени толщины.

Из результатов вычислений видно, что статистические показатели варьирования относительных диаметров по ступеням толщины в границах отдельных высот весьма незначительны. Учитывая громоздкость цифровых материалов, ограничимся приведением лишь средних их значений по относительным высотам и отдельно по породам и объектам исследования.

Соответствующий цифровой материал приводится в таблице 5.

Анализ таблицы 5 указывает на незначительную изменчивость среднего квадратического отклонения (σ) по высотам с тенденцией увеличения по мере продвижения к вершине ствола. Исключением является нулевая высота, на которой сказывается влияние корневых наплывов.

Наблюдается повышение коэффициента варьирования (W) по мере увеличения высот измерения диаметров, что в частности вытекает из структуры формулы:

$$W = \frac{\sigma \cdot 100}{M} \quad (1)$$

Таблица 5

Относительная высота	Среднее квадратическое отклонение ($\sigma \pm m_{\sigma}$)			Коэффициент варьирования ($W \pm m_w$)			Точность исследования (p)		
	сосна		береза	сосна		береза	сосна		береза
	сосняк-брусничник	сосняк-черничник	Великореч. лесхоз	сосняк-брусничник	сосняк-черничник	Великореч. лесхоз	сосняк-брусничник	сосняк-черничник	Великореч. лесхоз
0	8,0 $\pm 0,32$	9,9 $\pm 0,57$	15,3 $\pm 0,88$	5,7 $\pm 0,23$	6,3 $\pm 0,37$	8,8 $\pm 0,51$	0,43	0,52	0,71
0,2	3,1 $\pm 0,13$	3,3 $\pm 0,19$	3,0 $\pm 0,18$	3,4 $\pm 0,15$	3,6 $\pm 0,21$	3,3 \pm 0,19	0,19	0,30	0,27
0,3	3,4 $\pm 0,14$	3,2 $\pm 0,19$	3,7 $\pm 0,21$	4,0 $\pm 0,17$	3,8 $\pm 0,22$	4,3 $\pm 0,25$	0,22	0,30	0,35
0,4	3,3 $\pm 0,14$	3,6 $\pm 0,21$	4,3 $\pm 0,25$	4,4 $\pm 0,18$	4,6 $\pm 0,26$	5,5 $\pm 0,32$	0,28	0,38	0,45
0,5	3,7 $\pm 0,15$	3,8 $\pm 0,22$	5,3 $\pm 0,31$	5,1 $\pm 0,20$	5,2 $\pm 0,30$	7,6 $\pm 0,44$	0,35	0,43	0,62
0,6	3,7 $\pm 0,15$	4,4 $\pm 0,26$	5,6 $\pm 0,33$	5,6 $\pm 0,22$	6,8 $\pm 0,39$	9,6 \pm 0,56	0,37	0,55	0,78
0,7	4,1 $\pm 0,17$	5,0 $\pm 0,29$	5,8 $\pm 0,33$	7,7 $\pm 0,31$	9,0 $\pm 0,53$	12,9 $\pm 0,77$	0,47	0,74	1,05
0,8	4,4 $\pm 0,18$	5,3 $\pm 0,31$	4,9 $\pm 0,28$	10,3 $\pm 0,35$	13,1 $\pm 0,78$	16,0 $\pm 0,19$	0,67	1,07	1,32
0,9	4,4 $\pm 0,18$	5,3 $\pm 0,31$	3,3 $\pm 0,19$	19,4 $\pm 0,62$	23,5 $\pm 1,47$	23,8 $\pm 1,49$	1,24	1,94	1,93

При некоторой стабильности значений σ и неуклонном уменьшении средней величины относительного сбега (M) с высотой, естественно, увеличивается и значение W .

Обращает на себя внимание высокая точность исследования (p), которая изменяется в пределах от 0,19 до 1,05% и лишь для высот 0,8 и 0,9 доходит до 1,94%.

* * *

При наличии данных о среднем относительном сбегах стволов сосны двух различных условий местопроизрастания, а также стволов березы представляет теоретический и практический интерес сопоставление этих данных с использованием при этом коэффициента различия:

$$t = \frac{M - M_1}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \quad (2)$$

Результаты таких сопоставлений приводим в таблице 6.

Таблица 6

Относительная высота	Сосна по типам леса		Коэффициент различия t	Береза	Коэффициент различия t с сосной	
	сосняк-брусничник	сосняк-черничник			сосняк-брусничник	сосняк-черничник
0,1	100	100	—	100	—	—
0,2	91,6±0,15	92,2±0,27	2,0	92,3±0,25	2,6	0,27
0,3	84,4±0,22	85,3±0,26	2,6	85,0±0,30	1,6	0,83
0,4	78,3±0,22	79,1±0,30	2,1	78,5±0,35	0,5	1,3
0,5	71,8±0,24	72,9±0,31	2,8	69,7±0,43	4,3	6,8
0,6	64,6±0,24	65,4±0,36	1,9	58,7±0,46	11,3	11,5
0,7	55,4±0,26	55,5±0,41	0,27	44,9±0,47	19,6	17,2
0,8	43,3±0,29	40,7±0,44	4,9	30,5±0,40	26,0	17,1
0,9	25,0±0,31	22,7±0,44	4,3	14,0±0,27	27,0	16,8

Как известно, при значениях t меньше трех сопоставляемые средние величины $M \pm m$ статистически однородны, и абсолютные различия между ними несущественны.

Из таблицы 6 видно, что в отношении стволов сосны двух различных условий местопроизрастания средняя форма до высоты 0,8 практически одинакова и лишь в области кроны, где форма ствола деформирована влиянием ее развития, проявляется более резкое различие.

В отношении стволов березы до высоты 0,4 форма ствола совпадает с показателями сосны, и лишь во второй половине ствола наблюдается резкое падение сбега.

Отмеченные различия формы стволов сосны и березы наглядно иллюстрируются рисунком 1. Приведенные результаты исследования наглядно демонстрируют преимущества нашей методики, позволяющей охарактеризовать среднюю форму древесных стволов отдельных пород и проводить сопоставления, опираясь на объективные и цифровые измерители. Выяснилось при этом, что формы стволов двух различных условий местопроизрастания оказались одинаковыми. Стволы березы, как породы с другими биологическими свойствами, проявили свои индивидуальные особенности.

Полученные нами показатели формы стволов сосны были сопоставлены с соответствующими данными таблиц сбега различных авторов. С этой целью были сделаны переводы абсолютного сбега таблиц с интервалами обычно в 2 м в сбег относительный через 0,1 высоты.

Ввиду большой громоздкости материалов по ступени толщины ограничимся сопоставлением лишь средних величин сбега по относительным высотам (табл. 7).

Результаты сопоставления показали, что наибольшее согласование относительного сбега наших данных получено с

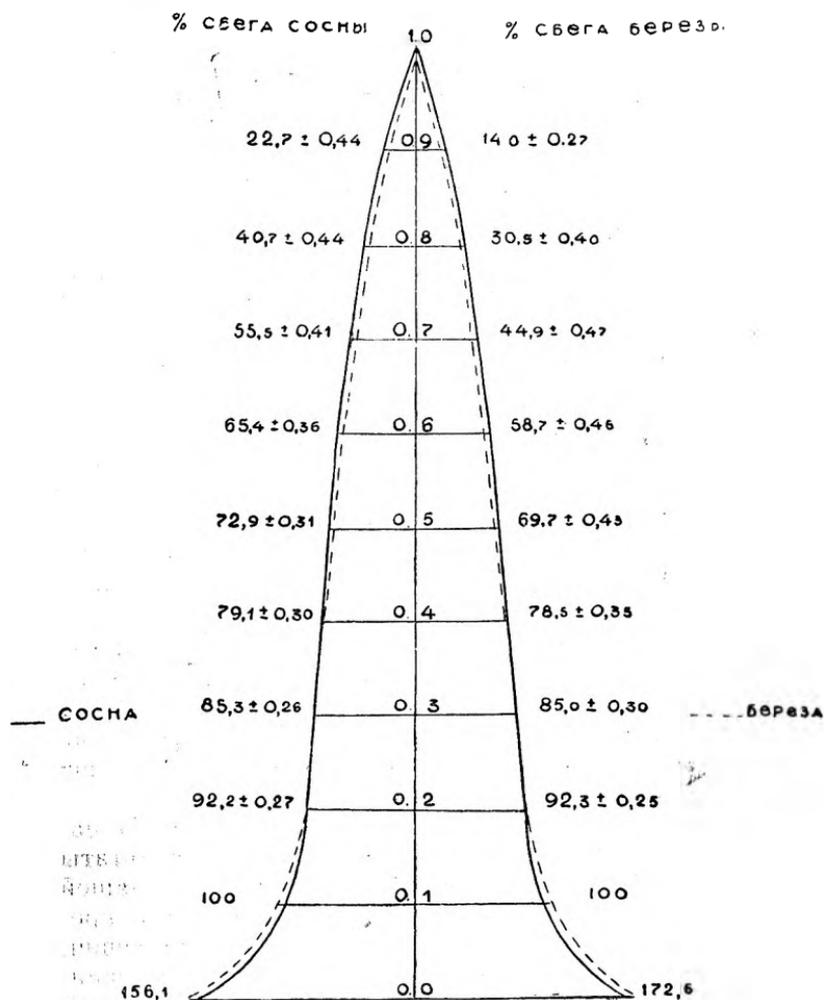


Рис. 1. Средняя форма стволов сосны и березы по относительным высотам.

таблицами А. Крюденера, для составления которых было измерено свыше 41 тыс. сосновых стволов по двухаршинным секциям (1,42 м). Таблицы белорусские, а также б. Союзлеспрома дали некоторое снижение относительного сбега, что тем

Таблица 7

	Средние значения относительного сбега сосны по относительным высотам								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Сосна									
Наши данные . . .	100	92,2	85,3	79,1	72,9	65,4	55,5	40,7	22,7
Удельные таблицы .	100	92,4	85,9	79,8	72,9	65,4	55,5	40,7	22,7
Союзлеспрома									
II разряд . . .	100	89,0	81,4	75,3	68,9	60,8	50,4	37,0	19,4
III разряд . . .	100	88,9	81,1	75,1	68,4	60,7	50,1	37,5	20,8
Белорусские									
II разряд . . .	100	90,8	82,6	76,6	70,2	60,9	51,6	37,7	18,6
III разряд . . .	100	90,1	82,5	76,7	69,9	60,9	51,6	37,9	18,9
Береза									
Наши данные . . .	100	92,3	85,0	78,5	69,7	58,7	44,9	30,5	14,0
Удельные таблицы .	100	92,0	85,4	78,9	71,0	61,2	49,6	36,3	—
Белорусские									
II разряд . . .	100	91,7	83,3	75,1	66,6	57,1	46,7	33,9	17,1
III разряд . . .	100	91,8	83,1	74,5	66,6	57,6	47,8	34,0	17,1

не менее не дает оснований для констатации существенных различий в форме стволов сосны с данными сопоставляемых таблиц, поскольку методы их составления были различны, отразились также неизбежные погрешности интерполяции сбега для перечисления абсолютных диаметров через 2 м в относительные величины через 0,1 высоты стволов.

Результаты проведенных исследований о средней форме стволов сосны и березы свидетельствуют о единстве средней формы отдельных древесных пород, выраженной в относительных величинах по относительным высотам.

Естественно возникает вопрос, не находятся ли такие результаты исследований в противоречии с основами мичуринской биологической науки?

Выдвигаемый нами в качестве гипотезы вывод о единстве средней формы стволов, по нашему убеждению, не противоречит положениям о единстве развития растений и среды.

Различия условий местопроизрастания древесных пород, например по типам леса, найдут свое отражение в разной величине средних диаметров и высот насаждений, запасах, приростах при одинаковых возрастах, а также в технических качествах древесины, обусловленных различиями анатомического строения. Об этом убедительно говорят таблицы хода роста

посаждений при различных условиях среды их произрастания. По общему плану формирования древесного ствола, выраженным в относительных величинах по относительным высотам, отражающая биологические особенности отдельных древесных пород, остается единой.

* * *

Результаты изучения относительного сбега по относительным высотам имеют преимущественно теоретическое значение, производство же нуждается в таблицах абсолютного сбега в зависимости от диаметра на высоте 1,3 м и высот дерева.

Связующим звеном для перехода от относительного сбега к абсолютному являются установленные закономерные связи линейного характера в однородных древостоях между диаметрами на высоте груди (1,3 м) и диаметрами на относительных и абсолютных высотах, из которых для нас, в первую очередь, важны и необходимы связи между ступенями толщины и высотами на 0,1 и 0,5 Н.

По материалам сосняка-черничника были установлены соотношения между d и H по ступеням толщины.

Средние диаметры по ступеням толщины на высоте 1,3 м и относительным высотам, будучи нанесены на график, выявляют линейный характер этой зависимости (рис. 2).

Вычисленные дополнительно коэффициент корреляции (r) и корреляционное отношение (η) между диаметрами на 1,3 м и на 0,5 Н оказались $r \pm m_r = 0,953 \pm 0,0075$; $\eta \pm m_\eta = 0,957 \pm 0,0078$.

Столь же высокая корреляционная зависимость оказалась между d 1,3 и диаметрами на других относительных высотах, а также между диаметрами по отдельным относительным высотам.

Сглаживание полученных таким путем средних диаметров может быть произведено тремя способами: 1) графически, 2) аналитически и 3) путем использования коэффициента среднего относительного сбега по относительным высотам.

Мы использовали два последних способа, которые, как показал опыт, давали однородные результаты. Для относительных высот 0,1—0,5 сглаживание было произведено с использованием следующих линейных уравнений:

$$\text{для сосны: } d_{0,1} = 0,86x + 2,08, \quad (3)$$

$$d_{0,5} = 0,642x + 0,90; \quad (4)$$

$$\text{для березы: } d_{0,1} = 0,70x + 4,80, \quad (5)$$

$$d_{0,5} = 0,56x + 1,72, \quad (6)$$

где x —ступени толщины по диаметрам на высоте 1,3 м.

В соответствии с методикой исследования диаметры стволов на 0,1 Н принимались в качестве базиса, равного 100%; диаметры же на остальных высотах выражались в процентах от этой исходной величины. Используя полученные по уравне-

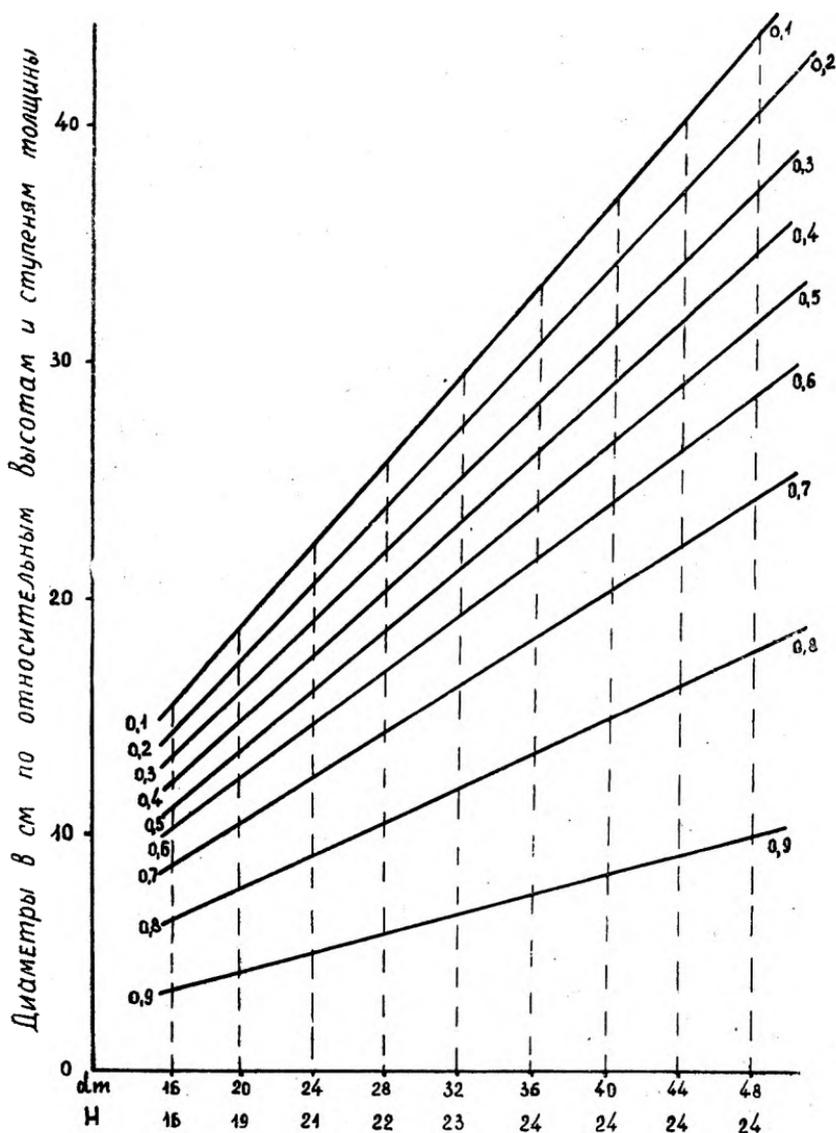


Рис. 2. Сбег стволов сосны в см по относительным высотам.

Относительная высота	Абсолютный сбеги в см по ступеням толщины в коре сосны/березы								
	16	20	24	28	32	36	40	44	48
0	24,2	29,7	35,2	40,7	46,2	51,7	57,2	62,7	68,2
	27,3	32,2	37,1	42,0	47,0	51,9	56,8	67,7	66,6
0,1	15,5	19,0	22,6	26,1	29,6	33,1	36,6	40,2	43,7
	15,8	18,7	21,5	24,4	27,2	30,0	32,9	35,7	38,6
0,2	14,3	17,6	20,8	24,1	27,3	30,5	33,8	37,0	40,3
	14,6	17,3	19,8	22,5	25,1	27,7	30,4	33,0	35,6
0,3	13,2	16,2	19,3	22,3	25,2	28,2	31,2	34,3	37,3
	13,5	15,9	18,3	20,7	23,1	25,5	27,9	30,3	32,7
0,4	12,3	15,1	17,8	20,6	23,4	26,2	29,0	31,8	34,6
	12,4	14,7	16,9	19,2	21,4	23,6	25,8	28,0	30,3
0,5	11,2	13,7	16,3	18,9	21,4	24,1	26,6	29,2	31,7
	10,7	12,9	15,2	17,4	19,6	21,9	24,1	26,4	28,6
0,6	10,2	12,5	14,8	17,1	19,4	21,7	24,0	26,3	28,6
	9,3	11,0	12,6	14,3	16,0	17,6	19,3	21,0	23,0
0,7	8,6	10,6	12,5	14,5	16,4	18,4	20,3	22,3	24,2
	7,1	8,4	9,7	11,0	12,2	13,5	14,0	16,0	17,3
0,8	6,3	7,8	9,2	10,6	12,1	13,5	14,9	16,4	17,8
	4,8	5,7	6,6	7,4	8,3	9,2	10,0	10,9	11,8
0,9	3,5	4,3	5,1	5,9	6,7	7,5	8,3	9,1	9,9
	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4

ниям (3) и (5) абсолютные значения диаметров на 0,1 Н и умножая их на средние коэффициенты сбега по соответствующим относительным высотам, мы переходим от относительного сбега к абсолютному. Результаты таких расчетов приведены в таблице 8, которая включает данные абсолютного сбега стволов сосны и березы по ступеням толщины и относительным высотам (сглаженные—в коре). В числителе дана сосна, в знаменателе—береза.

* * *

Установленные по уравнениям (4) и (6) соотношения между диаметрами на высоте груди (1,3 м) и на 0,5 Н дают возможность получить значения еще двух важных таксационных признаков деревьев, а именно коэффициента формы

$$q_2 = d_{0,5} : d_{1,3}$$

и видовых чисел (Г) для обеих древесных пород.

Располагая данными о коэффициентах формы (q_2) по высотам и отвечающим им значениям видовых чисел, на основе соотношений между H , q_2 и f , приведенных в соответствующих таблицах и формулах (таблица соотношений H , q_2 и f М. Е. Ткаченко, формула Шиффеля), мы свободно разрешаем задачу вычисления объемов древесных стволов при данных соотношения $d_{1,3}$ и H , используя формулу:

$$V = gHf. \quad (7)$$

Таблица 9

Таксационные признаки стволов сосны и березы, на основе которых получены их объемы

Ступени толщины	Высоты		Коэффициенты формы (q_2)		Видовые числа (f)		Объемы в м ³	
	сосна	береза	сосна	береза	сосна	береза	сосна	береза
16	16	16	0,698	0,668	0,498	0,473	0,160	0,152
20	19	19	0,686	0,646	0,485	0,452	0,289	0,270
24	21	21	0,680	0,632	0,473	0,433	0,449	0,411
28	22	22	0,673	0,622	0,463	0,424	0,627	0,575
32	23	23	0,670	0,614	0,462	0,416	0,817	0,769
36	24	23	0,667	0,608	0,460	0,415	1,077	0,972
40	24	24	0,663	0,603	0,452	0,406	1,364	1,225
44	24	24	0,662	0,599	0,452	0,406	1,649	1,481
48	24	24	0,661	0,596	0,452	0,405	1,964	1,759

Приведенные в таблице 9 объемы были проверены затем при составлении таблицы сбега по сумме объемов 2-метровых секций, причем получилось полное их совпадение.

Из таблицы 9 видно, что стволы березы по всем показателям являются менее полнодревесными по сравнению с сосной, что находит отражение и в конечных объемах стволов.

Приведенные в таблице 9 объемы стволов сосны и березы, полученные нами по оригинальной методике, на весьма ограниченном материале (150 стволов), собранном на одной пробной площади, были сопоставлены с данными таблиц объема сосны, составленных отдельными авторами с использованием многих тысяч обмеренных стволов. Для сравнения был вычислен по нашему перечету запас древостоя в Велико-речском лесхозе, принятый за 100%. Запасы по 12 другим таблицам (местным и общим) Европейской и Азиатской частей СССР, Закавказья, а также немецким и шведским выражались в м³ и в процентах от исходного запаса.

Для вычислений запасов взят следующий перечень:

Ступени толщины	16	20	24	28	32	36	40	44	48	Итого
Высота в м	16	19	21	22	23	24	24	24	24	
Число стволов	6	32	46	51	72	52	36	8	4	307

Общий запас древостоя, вычисленный по различным таблицам, приводим в таблице 10.

Таблица 10

Наименование таблиц	Запас	
	в м ³	в %
По нашим данным	247,8	100
По таблицам Союзлеспрома	250,4	101,1
„ Ленинградской, Вологодской и Архангельской обл. (табл. 10 „Справочника“ проф. Третьякова, V разр.)	238,1	96,1
Карело-Финские (табл. 15 „Справочника“ Третьякова, V разр.)	256,7	103,5
Белорусские (проф. Захарова, 1928)	250,2	101,0
Украинские (проф. Шустова, 1928)	248,4	100,2
Среднего Урала (табл. Лестяжпрома, 1938)	239,9	96,8
Бурят-Монгольские (табл. 15 „Справочника“ проф. Третьякова, V разр.)	256,7	103,5
Читинской обл. (табл. 23 „Справочника“ проф. Третьякова)	232,1	93,7
Акмоло-Кокчетавские (Малькова)	236,7	95,6
Закавказские (Гифлис, 1932)	248,2	100,2
Германские (Шваппаха)	254,3	102,3
Шведские (Мааса) ($q_2=0,67$)	250,1	100,8
Средние по 12 таблицам	245,9±2,04	99,2

При этом выяснилось, что среднее значение запасов по 12 таблицам составило 99,2% от исходного запаса. Наибольшее отклонение (6,3%) дали лишь местные таблицы Читинской области, относительно которых мы не располагаем ни данными о методах их составления, ни о количестве и качестве исходного материала для их составления.

Построенный по запасам 12 таблиц вариационный ряд дал следующие статистические показатели:

$$M \pm m = 245,9 \pm 2,04; \sigma = 7,4; w = 2,98; P = 0,83\%.$$

Обращают внимание весьма незначительная величина коэффициента варьирования (2,98%) и высокая точность средней величины ($P=0,83\%$).

Результаты такого сопоставления являются апробацией предложенной нами методики, свидетельствуя о научной ее обоснованности и достоверности, с одной стороны, и ставят под сомнение целесообразность и необходимость составления и применения многочисленных местных таблиц объемов стволов, с другой.

* * *

Располагая данными о соотношениях диаметров и высот, а также материалами абсолютного сбega по относительным высотам (табл. 8), нетрудно построить в масштабе график образующих древесного ствола, используя для этого ординаты 12 точек образующей.

Проведя затем сечения, перпендикулярные оси дерева, через интервалы 1 или 2 м, легко отсчитать по масштабу величину диаметра на любой абсолютной высоте и, сгладив таковые при помощи линейного графика, аналогичного графику 2, внести уточненные диаметры (в коре и без коры) в таблицу сбega.

В целях наглядности и контроля строится сводный график образующих древесных стволов для всех наличных соотношений между диаметрами и высотами.

* * *

В заключение считаем необходимым осветить вопрос обоснования потребного количества экспериментального материала, необходимого для составления таблиц объема и сбega древесных стволов по изложенной нами методике.

Поставленный вопрос разрешается на основе изучения степени варьирования таксационных признаков деревьев и насаждений и требуемой точности исследования.

По нашим исследованиям коэффициенты варьирования (W) деревьев и насаждений характеризуются величинами, приведенными в таблице 11.

Была дополнительно исследована степень варьирования диаметров по относительным высотам и ступеням толщины.

Как показали результаты, основные статистические показатели варьирования таких диаметров не зависят ни от ступени толщины, ни от относительной высоты, что позволяет характеризовать сбег стволов средними показателями.

Среднее квадратическое отклонение (σ) диаметра составило 1,17 см, коэффициент варьирования (W) равен 6,3%.

На основе приведенных средних показателей варьирования диаметров по относительным высотам, применяя формулу:

Таблица II

Таксационные признаки	Коэффициент варьирования (W)	Требуемая точность (P)	Потребные наблюдения
Высоты деревьев в составе насаждения в целом	8—10	2—3	12—15
То же по ступеням толщины по результатам данного исследования	7—8	2—3	6—12
Диаметры деревьев в составе насаждений	25—30	2	200—225
То же по 4-сантиметровым ступеням толщины	6—8	2	9—16
Видовое число в составе насаждений	8	2	16
То же по ступеням толщины	4—5	2	4—5
Коэффициент формы q_2 насаждения	5	1—2	6—25
То же для ступеней толщины	2—3	1	4—9

$n = \frac{\sigma^2}{m^2}$; потребуется измерений при заданной точности

точность установления сбега по d в мм: 3 — 4 — 5;
 потребно моделей по ступеням толщины в среднем: 21—12—8.

Таким образом, для составления таблиц сбега с приемлемой для производства точностью 4—5 мм достаточно обмерить для каждой 4-сантиметровой ступени толщины 8—12 стволов. Если принять для подобных расчетов в среднем 15 ступеней толщины и вышеприведенную точность установления сбега, то для составления таблиц объема и сбега отдельной породы потребуется от 120 до 180 моделей, или в среднем 150 моделей (такое количество и было принято в нашем исследовании).

Учитывая степень варьирования остальных таксационных признаков, изложенных в таблице 11, и требуемую точность исследования, можно констатировать, что взятое нами число моделей в целом и по ступеням толщины удовлетворяет предъявляемым требованиям точности исследования.

ВЫВОДЫ

1. Относительный средний сбег стволов, выраженный в процентах от диаметра на 0,1 высоты ствола, характеризуется по относительным высотам некоторой стабильной величиной.

2. Изменение абсолютного сбega по ступеням толщины, относительным и абсолютным высотам носит линейный характер и может быть выражено уравнением прямой линии.

3. Статистические показатели вариационных рядов относительного сбega по относительным высотам свидетельствуют о высокой точности исследования средней формы стволов по предложенной методике с использованием незначительного по количеству опытного материала (150 моделей); точность исследования изменяется в пределах от 0,19 до 1,93%.

4. Сопоставление наших данных о средней форме сосны двух различных условий местопроизрастания с данными различных таблиц объема и сбega приводит к выводу о единстве формы стволов сосны, выраженной в относительных величинах.

5. Полученные по предложенной методике критерии сбega в относительных величинах позволяют охарактеризовать действительную форму древесных пород конкретными и объективными показателями, не зависящими от высоты и диаметров на высоте груди, и получать наглядные и убедительные признаки для сопоставлений формы стволов отдельных древесных пород.

6. Предложенная методика предельно упрощает и уточняет технику составления таблиц объема и сбega древесных стволов при крайне ограниченном по количеству экспериментальном материале и может быть рекомендована для практического использования в производственных и научно-исследовательских учреждениях в области лесного хозяйства.

7. Целесообразно продолжение аналогичных исследований с охватом других древесных пород при различных условиях местопроизрастания и различной возрастной структуре.

ЛИТЕРАТУРА

Белоновский И. Об исследовании формы древесного ствола. „Лесной журнал“, вып. 1—3, 1917.

Турский Г. М. Лесная таксация, 1927.

Крюденер А. Массовые таблицы и таблицы сбega для суходольной сосны в удельных лесах южной половины Европейской России. Вып. III, часть III, С.-Петербург, 1912.

Крюденер А. Массовые таблицы и таблицы сбega березы в удельных лесах южной половины России. Вып. II, часть II, С.-Петербург, 1910.

Союзлеспром ВНИЛП. Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины по классам бонитета, М., 1931.

Захаров В. К. Таблицы объемов, сбегов и сортиментные для сосны, ели, дуба, ясени, ольхи, осины, березы, граба, Минск, 1928.

Закавказский научно-исследовательский лесопромышленный институт. Массовые и сортиментные таблицы для бука, дуба, граба, ясени, ольхи, пихты, ели и сосны по классам бонитета, Тифлис, 1932.

Третьяков П. П., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора, Л., 1952.

Захаров В. К. Изучение изменчивости формы древесных стволов и методика таксации леса. Ж. „Лесное хозяйство и лесная промышленность“ № 7, 1929.

Захаров В. К. Варьирование таксационных признаков древостоев. Ж. „Лесное хозяйство“ № 11, 1950.

Захаров В. К. Определение коэффициента формы (q_2) на стоящих деревьях. Сборник научных трудов Института леса АН БССР, Минск, 1952.

Юркевич И. Д. Типы лесов Белорусской ССР, Минск, 1948.

Grundner-Schwappach. Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender waldbäume und waldbestände, 1928.

Schiffel. Form und Inhalt der weisfohre, 1907.

Maass A. Schaftinhalt und Schaftform der Kiefer in Schweden, 1911.
