

1,28 от средней высоты с разностью между ними 74 %. В сосняках [3] пределы высот колеблются от 0,69 до 1,16 с разницей между ними 47 %, т. е. на 27 % меньше, чем в ельниках. Ель как более теневыносливая порода значительно дольше может существовать при недостатке освещения и сильном угнетении, чем сосна. Поэтому амплитуда предельных высот у ели шире, чем у сосны. Для древостоев, прореженных рубками ухода, пределы высот еще меньше. А. В. Тюрин [5] по материалам Швейцарской лесной опытной станции для ели, пихты, бука установил предельные высоты от 0,80 до 1,15 с разницей между ними 35 %. Для таежных лесов эти данные не пригодны. Таксацию северных лесов следует проводить по местным нормативам. Таежные ельники имеют более глубокий полог древостоя. Изменчивость высот в северных ельниках по отдельным ступеням толщины и всего древостоя в 2—3 раза больше, чем в древостоях с убранным отпадом. В прореженных древостоях $C_n = 6-12\%$ [1].

Таким образом, исследования изменчивости высот показали зависимость ее от возраста, структуры древостоя и региональных природных факторов. Все это необходимо помнить при таксации таежных ельников.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анучин Н. П. Лесная таксация: Учебн. для вузов.— 5-е изд., доп.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 552 с. [2]. Гусев И. И. Типы возрастной структуры еловых древостоев Севера.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1975, № 5, с. 5—11. [3]. Левин В. И. К вопросу о строении сосняков Архангельской области.— Тр./АЛТИ, 1949, вып. 13, с. 193—215. [4]. Плохинский Н. А. Биометрия.— М.: МГУ, 1970.— 368 с. [5]. Тюрин А. В. Строение нормальных насаждений.— В кн.: Лесн. хоз-во, лесопромышленность и топливо, 1923, № 2—3, с. 27—28. [6]. Фалалеев Э. Н. Пихтовые леса Сибири и их комплексное использование.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 166 с.

Поступила 28 февраля 1985 г.

УДК 630*5

ЭМПИРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ АЛГОРИТМОВ ТАКСАЦИИ ЗАПАСА ДРЕВОСТОЕВ

Е. И. ЦУРИК

Львовский лесотехнический институт

Проведенная ранее [5] математико-статистическая интерпретация формул для точного определения запаса древостоев показала, что при использовании для этих целей средних арифметических и (или) средних взвешенных значений основных объемообразующих таксационных признаков должны учитываться как их изменчивость в древостое, так и корреляционная взаимосвязь между ними. В частности, была доказана и интерпретировалась следующая формула:

$$M = NG_n H_n F_n K_{g|hf} K_{h|f},$$

где N — число деревьев в древостое;
 G_n, H_n, F_n — средние арифметические значения площади поперечного сечения, высоты и видового числа древостоя;
 $K_{g|hf}, K_{h|f}$ — коэффициенты корректирования произведения средних арифметических величин соответствующих таксационных признаков, учитывающие их изменчивость и взаимосвязь.

Таблица 1

Номер пробной площади Площадь, га	Тип возрастной структуры древостоя	Состав Промышленное	Высота над уровнем моря, м Тип лесного участка	Класс бонитета Полнота	Запас, м ³ на пробной площади на 1 га
$\frac{32}{0,45}$	УО	10Е + Бк, ед.П Смешанное	$\frac{1000}{C_2}$	I 0,9	$\frac{311}{691}$
$\frac{33В}{0,40}$	УР	10Е, ед.П Естественное	$\frac{1150}{C_3}$	I 0,8	$\frac{248}{620}$
$\frac{1}{0,40}$	Р	10Е Естественное	$\frac{1300}{C_3}$	II 1,0	$\frac{272}{681}$

Опытную проверку формул и выявление ошибок таксации запаса древостоев производили по материалам определения объемов и таксационных признаков деревьев ели на пробных площадях со сплошной рубкой, заложенных в ельниках Карпат (табл. 1). Эти еловые древостой представлены тремя типами возрастной структуры: условно одновозрастными (УО), условно разновозрастными (УР) и разновозрастными (Р). На пробных площадях всплошную срублено и измерено соответственно 305, 183 и 311 учетных деревьев ели по известной методике [3].

В наших работах [2, 3] уже констатировалось, что с увеличением разновозрастности карпатских ельников меняется местоположение среднего дерева в ранжированном ряду, повышается изменчивость диаметров, высот, видовых чисел и других таксационных признаков деревьев в древостоях, расширяется амплитуда значений редуционных чисел стволов и т. п. [3, с. 56]. Как видно из табл. 2, где приведены результаты дальнейшей математико-статистической обработки материалов указанных пробных площадей, с увеличением разновозрастности древостоев повышается также изменчивость площадей поперечного сечения стволов, их видовых высот и объемов равновеликих по высоте цилиндров. Так, коэффициенты варьирования площадей поперечного сечения стволов с повышением разновозрастности увеличиваются от 46,9 до 67,7 %, видовых высот — от 14,0 до 17,4 %, объемов равновеликих по высоте цилиндров — от 56,0 до 76,5 % и видовых площадей сечения — от 44,0 до 56,4 %. Характерно, что изменчивость объемов

равновеликих по высоте цилиндров заметно больше варьирования объемов стволов на соответствующих пробных площадях, а изменчивость площадей сечения стволов хотя и несколько меньше, но близка к варьированию их объемов.

Наличие такой взаимосвязи практически позволяет использовать коэффициенты варьирования площадей поперечного сечения деревьев для ориентировочного суждения об изменчивости их объемов. Коэффициенты же варьирования площадей поперечного сечения стволов в древостое могут определяться как обычным способом непосредственной математико-статистической обработки материалов перечета, так и через взаимосвязь их с коэффициентами изменчивости диаметров данной совокупности деревьев в древостое с использованием выведенной нами [4] формулы

Таблица 2

Показатели	Обозначение	Значение показателей для пробных площадей			
		32	33В	1	
Среднее арифметическое значение таксационных признаков $T_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i$	H_n	29,58	28,48	24,21	
	G_n	0,0710	0,0998	0,0782	
	F_n	0,472	0,462	0,452	
	$H F_n$	13,94	12,99	10,74	
	$H G_n$	2,198	3,089	2,083	
	$F G_n$	0,0330	0,0441	0,0332	
	V_n	1,020	1,355	0,875	
	D_n	29,25	34,27	29,85	
Коэффициент варьирования таксационных признаков $C_t = \frac{\sigma_t}{T_n} 100$	C_h	12,69	19,27	19,77	
	C_g	46,91	56,46	67,71	
	C_f	9,08	11,72	14,09	
	C_{hf}	13,95	17,39	17,06	
	C_{hg}	56,03	71,21	76,51	
	C_{gf}	44,00	48,61	56,40	
	C_v	53,06	62,97	67,82	
	C_d	23,81	28,56	34,33	
Коэффициент корреляции между таксационными признаками $r_{t p} = \frac{\mu_{t p}}{\sigma_t \sigma_p}$	$r_{g h}$	0,784	0,799	0,427	
	$r_{h f}$	-0,209	-0,563	-0,665	
	$r_{g f}$	-0,364	-0,638	-0,369	
	$r_{h g f}$	0,797	0,830	0,795	
	$r_{g h f}$	0,471	0,464	0,375	
	$r_{f g h}$	-0,344	-0,603	-0,652	
	$r_{f g h}$	-0,344	-0,603	-0,652	
Среднее взвешенное значение таксационных признаков $T_p = T_n K_{t p}$	H_g	30,96	30,95	26,62	
	H_f	29,51	28,11	23,77	
	H_{gf}	30,90	30,69	26,36	
	$H F_g$	14,38	13,58	11,19	
	$H G_f$	2,160	2,933	1,937	
	G_h	0,0743	0,1085	0,0860	
	G_f	0,0699	0,0956	0,0735	
	G_{hf}	0,0732	0,1043	0,0815	
	$G F_h$	0,0345	0,0476	0,0362	
	F_h	0,471	0,456	0,444	
	F_g	0,465	0,442	0,424	
	F_{gh}	0,464	0,439	0,420	
	Коэффициент корректирования произведения средних арифметических величин в точных формулах таксации запаса древостоев $K_{t p} = 1 + r_{t p} \frac{C_t}{100} \frac{C_p}{100}$	$K_{g h}$	1,0467	1,0870	1,0994
		$K_{h f}$	0,9976	0,9873	0,9815
$K_{g f}$		0,9845	0,9578	0,9388	
$K_{h g f}$		1,0445	1,0778	1,0887	
$K_{g h f}$		1,0308	1,0456	1,0414	
$K_{f g h}$		0,9825	0,9497	0,9297	

Примечание. Индексами g, h, f и их сочетаниями обозначены таксационные признаки соответственно: площади поперечного сечения, высоты, видового числа, видовой высоты и т. д.

$$C_g = 2C_d \frac{\sqrt{1 + A_d \frac{C_d}{100} + \frac{E_d + 2}{4} \left(\frac{C_d}{100}\right)^2}}{1 + \left(\frac{C_d}{100}\right)^2},$$

где C_g и C_d — коэффициенты варьирования площадей поперечного сечения стволов и диаметров стволов соответственно;

A_d и E_d — асимметрия и эксцесс ряда распределения числа деревьев по диаметру в древостое.

Из приведенной формулы видно, что коэффициент варьирования площадей сечения стволов зависит не только от коэффициента изменчивости по диаметру, но и от других основных показателей таксационного строения древостоев — асимметрии и эксцесса ряда распределения числа деревьев по данному признаку. Это обстоятельство в известной мере объясняет причину непостоянства места, занимаемого средним деревом в древостое по толщине и по другим показателям. А поскольку изменчивость площадей поперечного сечения в том или ином виде входит в корректирующий коэффициент формулы для точного определения запаса древостоев, то асимметрия и эксцесс ряда распределения числа стволов по диаметру, несомненно, оказывают свое влияние на точность определения запаса древостоя через его таксационное строение.

Наиболее тесная корреляционная связь линейного характера наблюдается между высотами и видовыми площадями поперечного сечения стволов (табл. 2). Взаимосвязь между другими таксационными признаками, характеризуемая коэффициентами корреляции, менее выражена, но является умеренной и значительной [1]. По-видимому, теснота корреляционной связи между этими таксационными признаками также достаточно высока, но эта связь нелинейная.

Коэффициенты корректирования произведения средних арифметических величин в формулах точного определения запаса древостоев, учитывающие одновременно изменчивость и взаимосвязь таксационных признаков, во всех случаях отличаются от единицы. Наибольшие различия имеют место в разновозрастных ельниках, а наименьшие — в условно разновозрастных. Необходимость учета этих коэффициентов при таксации запаса древостоев хорошо видна из данных сравнения запасов, рассчитанных по различным формулам (табл. 3).

Таблица 3

Расчетные формулы	Номер пробной площади					
	32		33В		1	
	Запас, м ³	Ошиб. ка, %	Запас, м ³	Ошиб. ка, %	Запас, м ³	Ошиб. ка, %
Сумма объемов стволов	311	0	248	0	272	0
По точным формулам	311	0	248	0	272	0
$M = NG_n HF_n$	302	-3,0	237	-4,4	262	-4,0
$M = NGH_n F_n$	317	+1,9	261	+5,3	293	+7,6
$M = NH_n GF_n$	299	-4,3	230	-7,2	250	-8,1
$M = NH_n G_n F_n$	303	-2,8	240	-3,1	266	-2,2
$M = NGH_n F_g$	312	+0,1	250	+0,7	275	+1,0
$M = NGF_n H_g$	312	+0,1	250	+0,7	275	+1,0
$M = NG_n H_g F_g$	312	+0,1	250	+0,7	275	+1,0
$M = NG_n H_g F_n$	317	+1,9	261	+5,3	293	+7,6
$M = NG_n H_n F_g$	299	-4,3	230	-7,2	250	-8,1

Как видно из табл. 3, при определении запасов древостоев по средним арифметическим значениям объемобразующих таксационных признаков без корректирующих коэффициентов допускаются существенные систематические ошибки как с положительными, так и с отрицательными знаками. Так, наибольших отрицательных величин — (4,3—8,1) % достигают систематические ошибки при определении запасов древостоев по средним арифметическим значениям высот и видовых площадей сечения стволов; наибольшие положительные систематические ошибки + (1,9—7,6) % получаются при таксации запасов древостоев по средним арифметическим значениям видовых чисел и объемов равновеликих по высоте цилиндров. Меньшие систематические ошибки допуска-

ются при таксации запасов древостоев по средним арифметическим значениям площадей сечения, высот и видовых чисел стволов — (2,2—3,1) %, а также по средним арифметическим значениям площадей сечения и видовых высот стволов — (3,0—4,4) %. С увеличением разновозрастности исследованных ельников систематические ошибки заметно возрастают.

Произвольное, необоснованное использование средних взвешенных значений таксационных признаков в формулах для таксации запаса древостоев также приводит к систематическим ошибкам, как меньшим, так и большим, чем при использовании средних арифметических значений (табл. 3). В частности, к уменьшению ошибок до + (0,1—1,0) % приводит замена средних арифметических высот и видовых чисел (H_n и F_n) на средние взвешенные значения этих таксационных признаков через площади сечения (соответственно H_g и F_g) в следующих расчетных формулах:

$$M = NGH_n F_g; \quad M = NGF_n H_g; \quad M = NG_n H_g F_g.$$

Однако использование средней взвешенной высоты H_g в формуле $M = NG_n H_g F_n$ приводит к увеличению положительных до + (1,9—7,6) %, а использование среднего взвешенного видового числа F_g в формуле $M = NG_n H_n F_g$ — к увеличению отрицательных до — (4,3—8,1) % систематических ошибок.

Таким образом, результаты опытных вычислений запасов древостоев, выполненных по материалам таксации деревьев на пробных площадях со сплошной рубкой, подтверждают теоретические выводы, полученные нами при математико-статистической интерпретации точных формул для таксации запаса древостоев [5]. Использование для определения запаса древостоев средних арифметических и средних взвешенных величин без необходимого математического обоснования приводит к систематическим ошибкам, недопустимым во всех лесотаксационных работах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гусев И. И. Вариационная статистика.— Архангельск: АЛТИ, 1970.— 98 с.
[2]. Цурик Е. И. Возрастная структура еловых древостоев Украинских Карпат.— Лесоведение, 1974, № 6, с. 19—23. [3]. Цурик Е. И. Ельники Карпат.— Львов: Вища школа, 1981.— 184 с. [4]. Цурик Е. И. О точности методов таксации запаса древостоев.— Львов: ЛЛТИ, 1983.— 36 с.— Рукопись представлена ЛЛТИ. Деп. в ЦБНТИ-лесхоз 3 окт. 1983, № 248лх—Д83. [5]. Цурик Е. И. Математико-статистическая интерпретация таксации запаса древостоев.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 6, с. 10—14.

Поступила 4 февраля 1985 г.

УДК 630*181.22

К ПОЗНАНИЮ ПРИРОДЫ МОРОЗОБОЯ

А. К. ДЕНИСОВ, С. А. ДЕНИСОВ

Марийский политехнический институт

Морозобойными трещинами, или морозобоем, поражаются многие древесные породы: осина, ольха, ива, тополь, но особенно часто твердолиственные — дуб, ясень, ильмовые, клен, бук и др.

Морозобой поражает самую лучшую, свободную от сучьев, нижнюю часть ствола деревьев. Резко понижается выход деловой древесины, а нередко, особенно при множественном поражении, ствол переходит в ка-