

производственного совещания. Гомель, 1982, с. 109–112. 6. С л о б о д а В.Т. Вероятностная шкала для нанесения численности. — В кн.: Сб. науч. тр. ЛитСХА. Каунас — Академия, 1983, с. 27–29. 7. Г у м б е л ь Э. Статистика экстремальных значений. — Мир: 1965. — 450 с. 8. Б л у м Г. Почти оптимальные линейные оценки параметров расположения и рассеяния. — В кн.: Введение в теорию порядковых статистик. М.: Статистика, 1970, с. 43–53. 9. К о р н Г., К о р н Т. Справочник по математике! (для научных работников и инженеров). — М.: Наука, 1978. — 832 с. 10. С м о л я к Л.П. Мелиоративные типы черноольховых лесов БССР. — Бюл. НТИ Ин-та лесн. хоз-ва, Минск, 1960, вып. 5–6, с. 29–33.

УДК 630*566:681.31

А.Ф.КИСЕЛЕВ, О.А.АТРОЩЕНКО,
кандты техн. наук (БТИ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЕЛОВЫХ КУЛЬТУР БЕЛОРУССИИ

Таблицы хода роста и производительности насаждений издавна применяются в лесном хозяйстве. Таблицы хода роста и математические модели роста насаждений являются синонимами, хотя существуют различия в их построении.

Модели роста и производительности насаждений требуются для различных аспектов контроля и управления лесными ресурсами: таксации древостоев и прогнозирования их продуктивности; контроля уровня растущего запаса; оценки вариантов ухода за лесом и производительности условий местопроизрастания [1]. Главная цель математических моделей роста насаждений — обеспечить данными для анализа и проверки многочисленных вариантов (гипотез)

Таблица 1. Рост и продуктивность еловых культур Белоруссии

Древостой в целом									
Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт.	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число	Запас, м ³	Прирост		
							Средний, м ³	Текущий м ³	%
Ельник снытьевый									
10	4,3	3,4	5779	5,2	0,698	16 1,9	5,8	49,1	
15	8,2	6,4	3506	11,2	0,575	53 4,6	10,0	29,1	
20	12,1	9,4	2438	16,8	0,542	110 7,0	14,2	17,3	
25	15,7	12,2	1895	22,1	0,522	182 8,9	16,8	11,5	
30	18,9	14,8	1577	27,0	0,509	260 10,5	18,2	8,3	
35	21,7	17,1	1371	31,4	0,499	340 11,7	18,6	6,2	
40	24,1	19,2	1228	35,4	0,491	418 12,5	18,3	4,8	
45	26,1	21,0	1124	38,9	0,485	493 13,0	17,5	3,8	
50	27,8	22,6	1046	42,1	0,481	562 13,4	16,3	3,1	

режимов ведения лесного хозяйства. Совместно с моделями оптимизации лесохозяйственных мероприятий модели роста насаждений дают ключевую информацию для принятия правильных решений в управлении лесами, особенно в условиях внедрения АСУ-лесхоз.

Опытный материал представлен 125 пробными площадями, заложенными в ельниках снытьевом, кисличном и мшистом. Использованы также данные таблиц хода роста еловых насаждений, составленные в 1962 г. [2].

Математическое моделирование хода роста еловых культур выполнено на ЕС ЭВМ по программе множественного линейного регрессионного анализа [3]. При оценке и выборе моделей связи приняты основные предпосылки регрессионного анализа: детерминация, ошибка уравнений, значимость коэффициентов, автокорреляция и анализ остатков [4].

Модели хода роста по высоте, диаметру и запасу имеют вид:

$$\lg H = -4,1906 + 3,4636 \lg A - 0,8534 \lg^2 A + 1,4114 \lg H100;$$

$$\lg D = -2,7966 + 3,1216 \lg A - 0,7193 \lg^2 A + 0,5894 \lg H100;$$

$$\lg M = -5,5670 + 6,2734 \lg A - 1,4993 \lg^2 A + 1,2666 \lg H100,$$

где H — средняя высота, м; D — средний диаметр, см; M — запас древостоя, м^3 ; A — возраст, лет; $H100$ — индекс класса бонитета (высота в возрасте 100 лет по общепониманной шкале — $I^a - 33,0$; $I - 29,0$; $II - 25,0$).

Сумма площадей сечений древостоя получена делением запаса на видовую высоту. На ЭВМ выполнен перебор возможных моделей связи видовой высоты (HF) с таксационными показателями в функции

$$HF = f(H, HD^{-2}, D^2, H100, H100 \lg H).$$

Окончательная модель имеет вид

Отпад (выбираемая часть)						Общая производительность		
Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт	Сумма площадей сечений, м^2	Видовое число	Запас, м^3	Сумма промежуточного пользования, м^2	Сумма площадей сечений, м^3	Запас, м^3
(С, Д, З) I^b	класса бонитета							
2,2	1,3	3480	0,5	2,942	3	3	5,7	19
5,9	4,1	2274	3,0	0,710	12	16	14,7	69
7,9	5,7	1067	2,7	0,611	13	29	23,0	140
9,9	7,3	543	2,3	0,570	13	42	30,6	224
11,9	8,9	318	2,0	0,549	13	55	37,5	315
13,7	10,4	206	1,8	0,535	13	68	43,7	408
15,4	11,9	143	1,6	0,524	13	81	49,3	499
17,0	13,3	104	1,4	0,516	13	94	54,3	586
18,6	14,6	78	1,3	0,510	12	106	58,7	668

Древостой в целом

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт.	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число	Запас, м ³	Прирост		
							Средний, м ³	Текущий м ³	%
55	29,2	24,1	985	44,8	0,477	625	13,5	15,0	2,5
60	30,4	25,4	937	47,3	0,474	682	13,5	13,6	2,1
65	31,4	26,5	898	49,4	0,472	732	13,4	12,2	1,7
70	32,2	27,5	867	51,3	0,470	776	13,2	10,9	1,4
75	32,9	28,3	841	52,9	0,468	815	13,0	9,5	1,2
80	33,4	29,1	820	54,3	0,467	847	12,7	8,3	1,0
85	33,8	29,7	802	55,6	0,466	875	12,4	7,1	0,8
90	34,1	30,3	787	56,6	0,466	898	12,0	6,0	0,7
95	34,3	30,8	774	57,5	0,465	916	11,6	5,0	0,6
100	34,4	31,2	764	58,3	0,465	931	11,3	4,1	0,4
Ельник кисличный									
10	3,7	3,2	5964	4,7	0,787	14	16	4,7	46,1
15	7,0	6,0	3853	10,7	0,609	46	3,9	8,4	28,4
20	10,3	8,8	2731	16,4	0,563	96	6,0	12,2	17,2
25	13,4	11,4	2139	21,8	0,539	157	7,7	14,5	11,5
30	16,1	13,8	1787	26,7	0,522	225	9,0	15,7	8,2
35	18,5	16,0	1557	31,2	0,511	294	10,0	16,1	6,2
40	20,5	17,9	1397	35,2	0,502	362	10,7	15,0	4,8
45	22,2	19,6	1281	38,8	0,495	426	11,1	15,1	3,8
50	23,7	21,2	1192	41,9	0,490	486	11,5	14,1	3,1
55	24,9	22,5	1124	44,7	0,486	541	11,6	13,0	2,5
60	25,9	23,7	1070	47,2	0,483	590	11,7	11,8	2,1
65	26,7	24,7	1026	49,3	0,480	634	11,6	10,5	1,7
70	27,4	25,7	991	51,2	0,478	672	11,4	9,3	1,4
75	28,0	26,5	961	52,9	0,477	705	11,2	8,2	1,2
80	28,4	27,2	937	54,3	0,475	733	10,9	7,1	1,0
85	28,7	27,8	917	55,5	0,474	757	10,7	6,1	0,8
90	29,0	28,3	900	56,6	0,474	777	10,4	5,2	0,7
95	29,2	28,7	886	57,6	0,473	793	10,0	4,3	0,5
100	29,3	29,1	874	58,2	0,473	805	9,7	3,5	0,4
Ельник мшистый (В2-3)									
10	3,0	2,9	6042	4,1	0,921	11	1,4	3,7	42,6
15	5,8	5,5	4210	10,1	0,661	39	3,2	7,0	27,7
20	8,6	8,1	3062	15,8	0,596	81	5,0	10,3	17,1
25	11,2	10,6	2426	21,2	0,563	133	6,5	12,3	11,4
30	13,4	12,8	2040	26,2	0,543	191	7,6	13,3	8,2
35	15,4	14,8	1784	30,7	0,529	250	8,5	13,6	6,2
40	17,1	16,6	1605	34,7	0,519	307	9,1	13,4	4,8
45	18,5	18,2	1474	38,3	0,511	362	9,5	12,7	3,8
50	19,7	19,6	1374	41,5	0,505	413	9,7	11,9	3,1
55	20,7	20,9	1297	44,3	0,500	459	9,8	11,0	2,5

Отпад (выбираемая часть)						Общая производительность		
Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число	Запас м ³	Сумма промежуточного пользования, м ³	Сумма площадей сечений, м ²	Запас, м ³
20,0	15,8	61	1,2	0,504	12	118	62,7	743
21,2	17,0	48	1,1	0,499	11	129	66,2	811
22,4	18,0	39	1,0	0,496	11	140	69,3	873
23,5	18,9	31	0,9	0,492	10	151	72,1	927
24,4	19,8	26	0,8	0,489	10	160	74,5	975
25,3	20,6	21	0,7	0,487	9	169	76,6	1016
26,1	21,3	18	0,6	0,485	8	177	78,5	1052
26,8	21,9	15	0,6	0,483	7	184	80,1	1082
27,4	22,5	12	0,5	0,481	7	191	81,5	1107
27,9	23,0	10	0,4	0,480	6	196	82,7	1127
(С ₂ Д ₂ I ^a класса бонитета)								
2,0	1,1	3098	0,4	4,138	3	3	5,1	16
5,2	3,6	2111	2,2	0,867	10	13	13,3	59
7,1	5,0	1123	2,2	0,697	11	24	21,2	119
8,9	6,5	591	2,0	0,625	11	35	28,5	192
10,7	8,0	352	1,8	0,587	11	46	35,2	271
12,4	9,3	230	1,6	0,564	11	57	41,3	351
14,0	10,7	160	1,4	0,548	11	68	46,7	430
15,4	11,9	117	1,3	0,536	11	79	51,6	505
16,8	13,1	88	1,2	0,527	11	89	55,9	576
18,1	14,2	68	1,1	0,519	10	99	59,8	640
19,2	15,2	54	1,0	0,513	10	109	63,2	699
20,3	16,1	44	0,9	0,508	9	118	66,3	752
21,2	17,0	36	0,8	0,504	9	127	69,0	799
22,1	17,7	29	0,7	0,500	8	135	71,3	840
22,9	18,4	24	0,6	0,497	7	142	73,4	875
23,6	19,1	20	0,6	0,494	7	149	75,2	906
24,2	19,6	17	0,5	0,492	6	155	76,8	932
24,8	20,1	14	0,5	0,490	5	160	78,1	953
25,3	20,6	12	0,4	0,489	5	165	79,3	971
I класса бонитета								
1,8	0,8	2516	0,2	5,509	2	2	4,3	14
4,7	3,2	1832	1,5	1,084	7	10	11,8	49
6,3	4,4	1148	1,7	0,823	9	19	19,3	100
7,9	5,7	636	1,6	0,704	9	28	26,3	161
9,6	7,0	387	1,5	0,643	9	37	32,8	228
11,1	8,3	255	1,4	0,607	9	46	38,6	296
12,5	9,4	179	1,2	0,582	9	55	43,9	363
13,8	10,5	131	1,1	0,565	9	64	48,7	426
15,0	11,6	100	1,0	0,552	9	73	52,9	486
16,2	12,5	78	1,0	0,541	8	81	56,6	541

Древостой в целом

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число	Запас, м ³	Прирост		
							Средний, м ³	Текущий	
							м ³	%	
60	21,6	22,0	1235	46,8	0,496	501	9,8	9,9	2,1
65	22,3	22,9	1186	48,9	0,493	538	9,8	8,9	1,7
70	22,8	23,8	1145	50,8	0,491	570	9,6	7,9	1,4
75	23,3	24,5	1112	52,5	0,489	598	9,5	6,9	1,2
80	23,7	25,2	1084	53,9	0,488	622	9,2	6,0	1,0
85	23,9	25,7	1061	55,1	0,487	643	9,0	5,2	0,8
90	24,2	26,2	1041	56,2	0,486	659	8,7	4,4	0,7
95	24,3	26,6	1025	57,1	0,485	673	8,5	3,6	0,5
100	24,4	27,0	1011	57,9	0,485	684	8,2	3,0	0,4

$$HF = 3,802 + 0,333N + 7,6501ND^{-2} - 0,2429 N100 + 0,1661 N100 \lg N. \quad (1)$$

Оценка регрессий связи среднего диаметра деревьев отпада производилась согласно функции

$$D^{\text{отп}} = f(D^2, \lg A, \lg N, \lg N^{\text{отп}}, N100),$$

где $D^{\text{отп}}$ — средний диаметр деревьев отпада; N — число деревьев в древостое; $N^{\text{отп}}$ — число деревьев отпада.

Лучшая регрессионная модель имеет вид

$$D^{\text{отп}} = 15,8061 + 0,0147D^2 - 3,0336 \lg N + 0,0386 N100x \lg A - 1,3548 \lg N^{\text{отп}}.$$

Модель связи диаметров и высот деревьев отпада

$$\lg H^{\text{отп}} = 0,0280 + 0,0889 \lg A + 0,9051 \lg D^{\text{отп}},$$

где $H^{\text{отп}}$ — средняя высота деревьев отпада.

Видовая высота деревьев отпада оценивалась по модели (1). Остальные таксационные показатели получены расчетным путем.

Общая производительность еловых культур получена как сумма запасов древостоев и отпадов; текущий и средний приросты по запасу — общепринятым методом [5].

Для моделирования роста и производительности насаждений на ЕС ЭВМ составлена программа на ФОРТРАНЕ-IV в ДОС ЕС ЭВМ.

Отпад (выбираемая часть)					Общая производительность			
Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число	Запас, м ³	Сумма промежуточного пользования, м ³	Сумма площадей сечений, м ²	Запас, м ³
17,2	13,4	62	0,9	0,533	8	89	60,0	590
18,2	14,3	50	0,8	0,526	8	97	62,9	635
19,0	15,0	41	0,7	0,520	7	104	65,6	674
19,8	15,7	33	0,6	0,516	7	111	67,8	709
20,5	16,3	28	0,6	0,512	6	117	69,9	739
21,1	16,9	23	0,5	0,509	6	122	71,6	765
21,7	17,4	19	0,5	0,506	5	127	73,1	787
22,2	17,8	16	0,4	0,503	5	132	74,4	805
22,7	18,2	14	0,4	0,501	4	136	75,6	820

Таблицы роста и производительности еловых культур составлены по 5-летиям для всего насаждения в целом, в том числе таксационные показатели отпада (табл. 1).

ЛИТЕРАТУРА

1. А т р о щ е н к о О.А., К о с т е н к о А.Г. Направления применения моделей роста леса (на примере БССР): Обзор. информ. Минск: БелНИИНТИ, 1980. — 46 с.
 2. К и с е л е в А.Ф. Исследование хода роста культур ели Белорусской ССР: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — Киев, 1962. — 18 с.
 3. Математическое обеспечение ЕС ЭВМ. Пакет научных программ*(руководство для программиста). — Минск: АН БССР, 1973, вып. 2.— 271 с.
 А т р о щ е н к о О.А. Регрессионные модели связи диаметров и высот деревьев в березовых древостоях. — В кн.: Лесоведение и лесн. хоз-во. Минск: Выш. шк., 1982, вып. 17, с. 77—80.
 5. С в а л о в Н.Н. Прогнозирование роста древостоев. Лесоведение и лесоводство. Т.2. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 150 с.

УДК 630*5

В.Ф.БАГИНСКИЙ, канд. с.-х. наук
(БелНИИЛХ)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫБОРОЧНО-ПЕРЕЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТОВАРИЗАЦИИ ДРЕВОСТОЕВ БССР

В последние годы товаризация древостоев с помощью выборочно-перечислительных методов (ВПМ) приобретает все большее распространение [1—3 ; 5, 7]. Есть мнение [3], что применение ВПМ экономически оправдано начиная с площади 1,5 га, т.е. в условиях интенсивного ведения лесного хозяйства.