



УДК 630*32

Н.С. Иванова, П.М. Мазуркин

Мазуркин Петр Матвеевич родился в 1946 г., окончил в 1968 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой природообустройства Марийского государственного технического университета, заслуженный деятель науки и техники Республики Марий Эл, академик РАЕН. Имеет 820 печатных работ в области экологической оценки территорий свойствами деревьев и их популяций, а также долговременными результатами лесозаготовок.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕРЕВЬЕВ БЕРЕЗЫ НА ЛЕСОСЕКЕ ПО СТУПЕНЯМ ТОЛЩИНЫ И ТОВАРНОСТИ**

На основе результатов ленточного перечета деревьев на таксационном выделе и будущих лесосеках березняка выявлены статистические закономерности распределения деревьев березы по ступеням толщины и группам товарности деловых и дровяных деревьев.

Ключевые слова: березняк, лесосека, ленточный перечень, закономерности распределения.

В статистической теории лесозаготовок, которая создается на основе моделирования процессов обработки деревьев и сортиментов биотехническим законом [1–4], основным условием является учет закономерностей распределения деревьев на конкретной лесосеке и (или) таксационном выделе. Это позволяет совершенствовать существующие методики расчета показателей лесозаготовительных работ по объемам заготавливаемой древесины, группам качества и видам сортиментов, производительности работы лесозаготовительных машин, комплексной выработке лесосечной бригады и др., а также оценить экологическое состояние и режимы природопользования на участке леса [5, 6]. По результатам исследований в этих направлениях в МарГТУ получены патенты на изобретения [7–10].

Летом 2005 г. в Суслонгерском лесхозе Республики Марий Эл проведен визуальный осмотр лесосеки, отведенной на таксационном выделе березняка, а затем выполнен ленточный перечень деревьев в квартале № 44, на делянке № 1 площадью 12,6 га. Таксационная характеристика древостоя: возраст 75 лет, состав 8Б1Ос1Лп +Е+С, разряд высот по березе – I, осине – II, липе и ели – III, класс бонитета I, полнота 0,8. Результаты перечета березовых деревьев приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты ленточного перече́та деревьев березы на лесосеке, шт.

Ступень толщины d , см	Число деревьев березы		
	деловых	дровяных	Всего
12	-	5	5
16	30	44	74
20	62	9	71
24	121	22	143
28	119	19	138
32	78	4	82
36	57	4	61
40	14	3	17
44	8	2	10
48	2	-	2
Итого	491	112	603

Таблица 2

Распределение группы деловых деревьев березы на лесосеке, шт.

Ступень толщины d , см	Число деревьев \hat{N} , шт.	Расчетные значения (1)			Составляющие (1)		
		N	ε	Δ , %	N_1	N_2	N_3
16	30	29,81	0,19	0,63	25,37	4,13	-0,31
20	62	62,79	-0,79	-1,27	60,73	9,01	6,95
24	121	120,21	0,79	0,65	97,43	13,12	-9,66
28	119	119,17	-0,17	-0,14	104,74	14,46	0,03
32	78	78,46	-0,46	-0,59	75,45	12,99	9,98
36	57	56,87	0,13	0,23	36,42	9,99	-10,46
40	14	13,12	0,88	6,29	11,78	6,79	5,45
44	8	8,02	-0,02	-0,25	2,55	4,18	-1,29
48	2	3,15	-1,15	<u>-57,5</u>	0,37	2,37	-0,41

Примечание. Условные обозначения: \hat{N} – фактическое число деревьев, шт.; N – расчетное число деревьев, шт.; ε – остаток, т. е. абсолютная погрешность, $\varepsilon = \hat{N} - N$; Δ – относительная погрешность, $\Delta = 100\varepsilon/\hat{N}$. Максимальное значение относительной погрешности Δ_{\max} подчеркнuto. Доверие к уравнениям оценивается разницей $D = 100 - |\Delta_{\max}|$.

Статистические данные ленточного перече́та обработаны с помощью ПЭВМ. Для статистического моделирования использовали математическую среду EUREKA (Eureka Solver), так как по табл. 1 число ступеней толщины не превышает 24.

Деловые деревья березы распределяются по ступеням толщины согласно статистической закономерности (табл. 2)

$$\begin{aligned}
 N = & 106,898 \exp[-0,0125(d - 26,7230)^2] + \\
 & + 1,5045 \cdot 10^{-9} d^{9,8997} \exp(-0,3572d) - 9,9341 \cdot 10^{-10} d^{9,8899} \exp(-0,3433d) \times \\
 & \times \cos\{\pi d / [2,1535 + 0,4718d^{0,7250} \exp(-0,02022d)] + 0,2109\}. \quad (1)
 \end{aligned}$$

Первая составляющая (N_1) уравнения (1) выражает закон нормального распределения. *Идеальный древостой* соответствует этой устойчивой закономерности, которая в составных статистических моделях является естественной. Деревья образуют биологическую популяцию, поэтому параметры их распределения отклоняются от нормального закона, а вторая составляющая (N_2) изменяется по биотехническому закону [1–6].

Вместе первая и вторая составляющие характеризуют *нормальный древостой*, который соответствует данным условиям произрастания.

Третья составляющая (N_3) показывает колебательное возмущение древостоя как биологической популяции на антропогенное воздействие (на проведенные рубки, загрязнение, пожары и другие катастрофы). Отрицательный знак соответствует кризисному (негативному) волновому возмущению. Перед функцией косинуса представлено выражение амплитуды колебания, изменяющейся по биотехническому закону. Внутри косинуса в знаменателе биотехнический закон показывает изменение половины периода колебательного возмущения, что характеризует частоту колебания структуры древостоя.

В итоге третья составляющая показывает всю амплитудно-частотную характеристику структурного изменения березняка (рис. 1).

Для характеристики точности модели исключаем последнюю ступень толщины, поскольку она не типична для всей популяции деревьев. При этом расчетное число деревьев больше фактического ($3,15 > 2$). Это означает, что рубками была изъята часть самых крупных берез. Без ступени 48 см максимальная относительная погрешность равна 6,29 %, поэтому доверие к формуле (1) будет не ниже $100 - 6,29 = 93,71$ %.

Число дровяных деревьев березы на лесосеке изменяется по формуле (табл. 3)

$$N = 24,158 \exp[-0,00374(d - 15,7383)^2] + 0,0426d^{3,8494} \exp(-0,2667d) \times \cos\{\pi d / [3,4310 + 0,006369d^{1,0598} \exp(0,03752d)] - 1,8960\}. \quad (2)$$

Эту формулу можно считать математической моделью, если учесть ограничения изменения влияющей переменной от 12 до 44 см. Она имеет

Рис. 1. Графики распределения деловых деревьев березы: 1 – N (точками показаны фактические значения); 2 – N_1 ; 3 – N_2 ; 4 – N_3

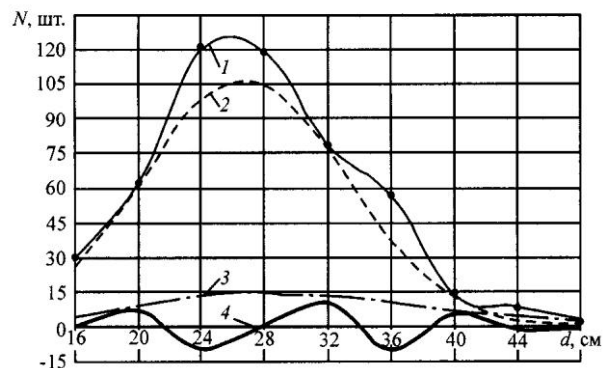


Таблица 3

Распределение группы дровяных деревьев березы на лесосеке, шт.

Ступень толщины d , см	Число деревьев \hat{N} , шт.	Расчетные значения (2)			Составляющие (2)	
		N	ε	Δ , %	N_1	N_2
12	5	5,00	0,00	0,00	22,93	-17,93
16	44	44,00	0,00	0,00	24,15	19,85
20	9	9,00	0,00	0,00	22,57	-13,57
24	22	22,00	0,00	0,00	18,72	3,28
28	19	18,99	0,01	0,05	13,77	5,22
32	4	4,03	-0,03	-0,75	8,98	-4,95
36	4	3,90	0,10	2,50	5,20	-1,30
40	3	3,27	-0,27	-9,00	2,67	0,60
44	2	1,74	0,26	<u>13,00</u>	1,22	0,52

достаточно высокую точность. Наибольшее отклонение расчетного значения числа деревьев приходится также на последнюю ступень толщины. При этом расчетное значение меньше фактического ($1,74 < 2$). Таким образом, доверие к статистической модели (2) равно не менее 87 %. Можно сказать, что при дальнейшем росте всего березняка число дровяных деревьев будет увеличиваться, а деловых – уменьшаться.

Формула или модель (2) содержит две составляющие.

Первая естественная составляющая (N_1) также изменяется по закону нормального распределения Гаусса – Лапласа. Из данных табл. 3 и графиков на рис. 2 видно, что она сначала возрастает и достигает максимума при ступени толщины около 16 см, после чего постепенно убывает. Здесь отсутствует вторая составляющая из формулы (1), поэтому можно считать, что дровяные деревья больше относятся к косному веществу (по В.И. Вернадскому), чем к живому.

Вторая составляющая (N_2) формулы (2), показывающая влияние внешних воздействий (как природных так и антропогенных,) на биологический объект, изменяется по закону волнового возмущения с амплитудой по биотехническому закону. Частота волнового возмущения увеличивается с возрастом деревьев (ступень толщины косвенно характеризует возраст деревьев). В итоге в самых худших условиях произрастания оказались

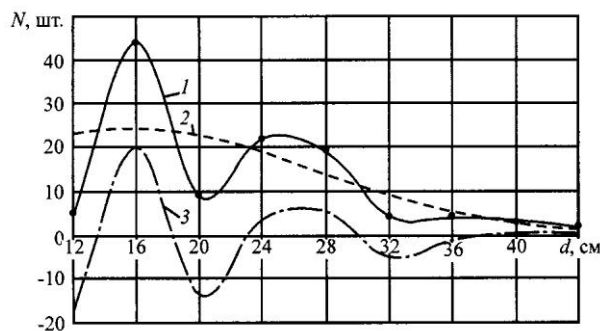


Рис. 2. Графики распределения дровяных деревьев березы. Обозначения см. на рис. 1

Таблица 4

Распределение всех деревьев березы на лесосеке, шт.

Ступень толщины d , см	Число де- ревьев \hat{N} , шт.	Расчетные значения (3)			Составляющие (3)		
		N	ε	Δ , %	N_1	N_2	N_3
12	5	5,30	-0,30	-6,00	8,31	8,81	-11,82
16	74	74,11	-0,11	-0,15	28,26	20,47	25,38
20	71	70,77	0,23	0,32	64,55	30,35	-24,13
24	143	142,60	0,40	0,29	98,97	33,85	9,78
28	138	138,34	-0,34	-0,25	101,87	31,01	5,46
32	82	82,49	-0,49	-0,60	70,39	24,61	-12,51
36	61	60,97	0,03	0,05	32,65	17,50	10,82
40	17	16,35	0,65	3,82	10,17	11,41	-5,23
44	10	10,05	-0,05	-0,50	2,13	6,93	0,99
48	2	2,03	-0,03	-1,50	0,29	3,98	-2,24

44 березы ступени 16 см. Этот факт показывает, что данный древостой не имеет перспективы роста и развития.

Распределение всех деревьев березы на лесосеке характеризуется статистической моделью (табл. 4)

$$N = 105,648 \exp[-0,01245(d - 26,2898)^2] + 8,5810 \cdot 10^{-6} d^{6,9738} \exp(-0,2906d) + 0,09075d^{3,0037} \exp(-0,1659d) \times \cos\{\pi d / [1,4423 - 2,1110 \cdot 10^{-6} d^{-5,0054} \exp(0,5935d)] + 3,1288\}. \quad (3)$$

Из данных таблицы видно, что формула (3) с высокой точностью описывает численность всех деревьев березы по ступеням толщины, доверие к статистической модели (3) не менее 94 %.

Отличие структуры статистической модели заключается в третьей составляющей. Она имеет положительное возмущение с убывающей частотой колебания численности по ступеням толщины (рис. 3). Но это убывание происходит по аномальному биотехническому закону (из-за смены знаков при параметрах модели в знаменателе под функцией косинуса).

Максимумы составляющих (в табл. 4 выделены жирным шрифтом) смещаются к деревьям меньших ступеней толщины.

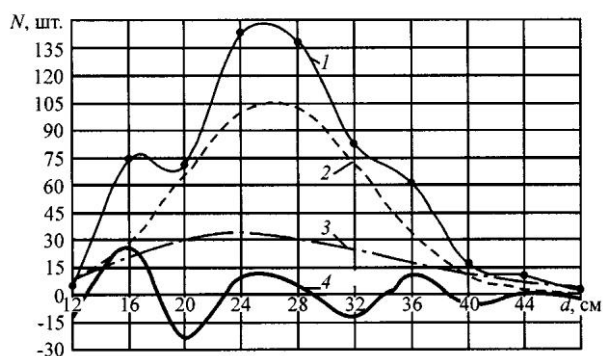


Рис. 3. Графики распределения всех деревьев березы.

Обозначения те же

Более подробный анализ волновых составляющих приведенных статистических моделей позволяет дать количественную оценку места произрастания березняка. Модель (1) может быть применена для оценки объемного выхода сортиментов, в том числе фанерного кряжа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазуркин, П.М. Динамика рубок леса [Текст]: науч. изд. / П.М. Мазуркин, Э.Н. Бедертдинов, А.Н. Фадеев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 218с.
2. Мазуркин, П.М. Закономерности распределения деревьев и измерение влияния рубок ухода за лесом [Текст] / П.М. Мазуркин, С.Е. Анисимов // Лесн. вестн. МГУЛ. – 2003. – Вып. 3. – С. 101–108.
3. Мазуркин, П.М. О статистической теории лесозаготовки [Текст] / П.М. Мазуркин, А.Н. Фадеев // Лесн. журн. – 1999. – № 5. – С. 41–46. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Мазуркин, П.М. Оценка и прогноз качества лесной территории [Текст] / П.М. Мазуркин, Э.Н. Бедертдинов, П.А. Перов // Там же. – 2003. – № 4. – С. 33–41.
5. Мазуркин, П.М. Экологическая оценка территории по ведомости перечета деревьев на лесосеке [Текст] / П.М. Мазуркин, Е.В. Светлакова // Лесозаготовка: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: СибГТУ, 2004. – Вып. 5. – С. 77–82.
6. Мазуркин, П.М. Экологический мониторинг (способы испытания деревьев) [Текст]: учеб. пособие / П.М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 224 с.
7. Пат. 2224418 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 23/02. Способ измерения учетного дерева [Текст] / Мазуркин П.М., Кошкина Т.А. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. техн. ун-т. – № 2002116082/12; заявл. 18.06.02; опубл. 27.02.04, Бюл. № 6.
8. Пат. 2229127 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 N 33/46, А 01 G 23/00. Способ испытания растущих деревьев после рубок прореживания и проходных [Текст] / Мазуркин П.М., Колесникова А.А., Бедертдинов А.Н., Русинова Н.В. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. техн. ун-т. – № 2001115403/12; заявл. 04.06.01; опубл. 20.05.04, Бюл. № 14.
9. Пат. 2254704 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 23/00, 23/02, G 01 N/46. Способ анализа комлевой части растущего дерева [Текст] / Мазуркин П.М., Михайлова Т.Ф. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. техн. ун-т. – № 2004105917/12; заявл. 27.02.04; опубл. 27.06.05, Бюл. № 18.
10. Пат. 2250599 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 23/02, 23/08, 213/081, 23/083. Способ обработки деревьев и заготовки сортиментов валочно-пакетирующей машиной [Текст] / Мазуркин П.М., Анисимов С.Е., Голомидова И.А., Владимиров А.А., Иванова Н.С. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. техн. ун-т. – «№ 2004102547/12; заявл. 28.01.04; опубл. 27.04.05, Бюл. № 12.

Марийский государственный
технический университет

Поступила 21.08.06

N.S. Ivanova, P.M. Mazurkin

Distribution of Birch Trees on Cutting Area according to Thickness Steps and Merchantability

The statistic regularities of birch trees distribution according to thickness steps and merchantability classes of timber and firewood are revealed based on tape tally of trees in the allotment and future cutting areas of birch forests.