

УДК 634.0.561 + 630.56: 519.876: 502.3: 51

**СОРТИМЕНТНО-СОРТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕРЕВЬЕВ  
НА ПРОБНОЙ ПЛОЩАДИ РАЗНОВОЗРАСТНОГО СОСНЯКА**

Мазуркин П.М.

*Марийский государственный технический университет,  
Йошкар-Ола, Россия*

**Исторически развитие лесной таксации происходило на основе многовекового позитивного (для лесного хозяйства, также и для леса как экологической системы) опыта взаимодействия людей с деревьями.**

**Исходя из биотехнического принципа в лесной таксации, показана возможность моделирования возрастных распределений лесных деревьев по сортности бревен, экспертно назначаемых таксатором на стволе растущих деревьев подеревной глазомерной таксацией.**

**Ключевые слова:** сортименты, сортность, распределение, пробная площадь.

**Введение**

Исторически развитие лесной таксации происходило на основе многовекового позитивного (для лесного хозяйства, также и для леса как экологической системы) опыта взаимодействия людей с деревьями.

Способ *подеревного глазомерного учета выхода сортиментов* из древостоев [1. с.7-8] возник интуитивно и широко применялся в России в дореволюционное время под названием коммерческой таксации. Этот способ заключался в том, что из каждого дерева тщательным осмотром и выявлением внутренних и внешних пороков древесины определялся наиболее хозяйственно высокий выход сортиментов с указанием последовательности заготовки и наименования, их длины и диаметра в верхнем отрубе.

Цель статьи – исходя из *биотехнического принципа* в лесной таксации [2, 3] показать возможности моделирования возрастных распределений лесных деревьев *по сортности бревен*, экспертно назначаемых таксатором на стволе растущих деревьев подеревной глазомерной таксацией.

Таким образом, в царской России, и даже до конца 20-х годов XX века (до известных реформ индустриализации), в лесном хозяйстве произошел резкий переход в понимании деревьев как массовый статистический материал заготовки круг-

ляка для нужд социалистического строительства.

Этот кризис понимания леса как склада древесины в виде кругляка продолжается и его преодоление возможно только на основе ускоренного развития *дендрометрии* [4, 5], причем измерения деревьев нужно проводить на основе способов мировой новизны [6] при понимании каждого лесного дерева как достойного объекта геодезических измерений [7].

Пока приходится брать первичные данные по модельным деревьям.

**Объект измерений**

Для анализа качества ствола по сортиментам и их сортам был принят пример полной таксации более 200 сосен (табл. 1 и табл. 2) на пробной площади № 4-1963 в сосняке брусничном III класса бонитета [1]. Размер пробы – 130×70 м или по площади 0,91 га. Полнота древостоя была 0,76 с удельным запасом стволовой древесины 302,1 м<sup>3</sup>/га.

В табл. 1 представлена часть квалитметрической шкалы, предложенной проф. В.Л. Черных, для квалитметрической оценки качества сортиментов, получаемых в ходе анализа стволов сосен на всей пробной площади лесного выдела.

В табл. 2 приняты следующие условные обозначения параметров деревьев:

$A$  - возраст деревьев сосны, лет;

$H_c$  - высота ствола от пня, м;

$L_c$  - длина сортиментов на стволе дерева по коду шкалы качества табл. 1, м;

$L_c/H_c$  - относительная длина сортимента данного качества в стволе;

$V_c$  - объем сортиментов без коры данного качества на стволе, м<sup>3</sup>;

$V^k$  - общий объем ствола лесного дерева в коре, м<sup>3</sup>;

$\eta_c = V_c/V^k$  - коэффициент качества по сортиментам у ствола дерева.

Таблица 1

Шкала качества сортиментов на пробе 4-1963 сосняка Сибири

Назначение	Крупность	Сортность	Код
Деловая древесина	Крупные	I	1
		II	2
		III	3
		IV	4
	Средние	II	6
		III	7
Дровяная древесина	Малые	I	13
	Технологическая	-	18
	Топливная	-	19

Таблица 2

Измеренные и расчетные таксационные показатели сосен на пробной площади СибНИИЛХЭ № 4-1963 разновозрастного сосняка Сибири (фрагмент)

№ сосны	A, лет	H <sub>c</sub> , м	V <sup>k</sup> , м <sup>3</sup>	Длина сортиментов по коду качества бревен, м						
				1	2	3	4	6	7	13
1	277	22.5	1.8762	8.0	0	0	0	0	9.0	0
2	208	24.0	2.1526	6.4	5.5	4.0	0	0	4.0	0
3	145	19.6	0.2220	0	0	0	0	0	0	15.5
4	153	26.0	1.1610	5	0	0	0	14.0	0	0
5	147	18.0	0.1526	0	0	0	0	0	0	14.0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
199	136	28.3	0.9494	0	0	0	0	18.0	0	4.0
200	199	18.5	0.2684	0	0	0	0	0	0	10.5
201	207	22.9	0.5286	0	0	0	0	5.0	0	4.0
202	220	28.3	2.1484	6.4	11.9	0	0	0	4.0	0
203	223	27.4	1.9238	8.9	8.0	0	0	0	4.0	0
сумма	33354	4399,2	250,2222	291,7	519,8	200	61,5	832,2	348,6	738,2

Примечание: Табличная модель продолжается по столбцам по кодам качества 18, 19, 1+2, 1+2+3, 1+2+3+4, 1+13, 2+6, 3+7, 6+7, 18+19 для параметров длины, относительной длины, объема древесины и относительного объема сортиментов.

### Возраст деревьев

В дендрометрии возраст является основным параметром деревьев в древостое [4, 5]. Свойства древесины ствола могут измеряться по способам экологического мониторинга [6]. Для лесного насаждения возраст, из-за постоянного значения для культур, заменится на диаметр, измеряемый на высоте 1,3 м от корневой шейки ствола [7].

Для разновозрастного сосняка Сибири [1] были выделены следующие моменты:  $\tau_{1963}$  - время проведения измерений в 1963 г.;  $A_{\max}$  - возраст старого в древостое дерева сосны, в нашем примере  $A_{\max} = 449$  лет;  $A_{\min}$  - возраст молодого

дерева в 76 лет;  $\tau_{1514}$  - начало жизни старой сосны в 1514 г.;  $\tau_{1887}$  - начало жизни молодой сосны в 1887 г.

### Пробная площадь

Из 203 модельных дерева два были исключены из-за ошибок в первичной записи исходных данных. По 201 дереву сосны в табл. 3 приведены **кумулятивные параметры** пробной площади сосняка.

В табл. 3 приняты условные обозначения:

$N_V$  - количество деревьев сосны на пробной площади, на которых находятся сортименты данного кода качества по объему древесины, шт.;

$\Sigma L_c$  - сумма длин сортиментов, м;

$\Sigma V_c$  - сумма объемов древесины по кодам и группам сортиментов, м<sup>3</sup>;

$\eta'_c$  - выход сортиментов данного качества из объема древесины на пробной площади.

**Таблица 3**

Кумулятивные параметры всех деревьев на пробной площади разновозрастного сосняка

Код качества	Значения кумулятивных параметров древостоя				
	$N_V$ , шт.	$\Sigma L_c$ , м	$L_c / H_c$	$\Sigma V_c$ , м <sup>3</sup>	$\eta'_c$
1	49	291.7	0.0661	39.2975	0.1594
2	66	519.8	0.1177	56.8751	0.2306
3	34	200.0	0.0453	17.6623	0.0716
4	14	61.5	0.0139	9.0386	0.0367
6	82	832.2	0.1884	23.2263	0.0942
7	60	348.6	0.0789	14.1845	0.0575
13	107	738.2	0.1672	8.0419	0.0326
18	160	962.6	0.2180	50.6905	0.2056
19	194	461.6	0.1045	27.5710	0.1118
Всего	201	4416.2	1	246.5877	1
1+2	80	811.5	0.1838	96.1726	0.3900
1+2+3	83	1011.5	0.2290	113.8350	0.4616
1+2+3+4	85	1073.0	0.2430	122.8740	0.4983
1+13	154	1029.0	0.2330	46.1122	0.1870
2+6	142	1352.0	0.3061	84.1010	0.3411
3+7	79	548.6	0.1242	31.8470	0.1292
6+7	127	1180.8	0.2674	41.4108	0.1679
18+19	201	1424.2	0.3225	78.2615	0.3174

Исчисление по объему оказалось точнее по сравнению с измерениями длин, однако длина ствола и размеры его участков по качественным отрезкам просты в практической реализации, например, по способу [7] (российский патент №2224418) измерений непосредственно на растущем дереве.

В табл. 3 показаны вклады групп сортности бревен, намечаемых на стволе деревьев. На пример, все крупные бревна оцениваются суммой кодов 1+2+3+4 и они занимают 24,30 % от общей длины стволов

201 сосны в 4416,2 м. А по объему крупные бревна занимают из общего объема сортиментов без коры в 246.5877 м<sup>3</sup> долю в 49,83 %. При этом такие крупные бревна находятся на 85 деревьях.

**Статистические модели**

Для возрастных распределений учетных параметров сосен  $\Sigma L_c$ ,  $L_c / H_c$ ,  $\Sigma V_c$  и  $\eta'_c$  (табл. 4) по кодам и группам кодов качества сортиментов действительно общее уравнение [2-5] вида

$$y = a_1 A^{a_2} \exp(-a_3 A^{a_4}) + a_5 A^{a_6} \exp(-a_7 A^{a_8}), \tag{1}$$

где  $y$  - таксационный показатель модельных деревьев сосны,  $a_1 \dots a_8$  - параметры двухчленной биотехнической закономерности (1).

Из-за неточностей отнесения дров по длинам отрезков ствола модели типа (1) не были получены и поэтому в табл. 4 они проставлены прочерки.

**Первый сорт бревен**

Примем уровень адекватности получаемых моделей по условию превышения коэффициента корреляции 0,6. Данные приведены в табл. 5, из которых видно, что почти все относительные показатели выпали из-за значений коэффициента корреляции менее 0,6000.

Таблица 4

Корреляционная матрица биотехнической закономерности (1)

Код качества бревен	Коэффициент корреляции по таксационным показателям			
	Длина сортиментов $L_c$ , м	Относительная длина $L_c / H_c$	Объем древесины $V_c$ , м <sup>3</sup>	Относительный объем $\eta_c = V_c / V^k$
1	0.5210	0.4486	0.7353	0.3162
2	0.2754	0.3119	0.4696	0.3359
3	0.3448	0.2819	0.4787	0.6660
4	0.5166	0.5975	0.3607	0.0841
6	0.1843	0.2374	0.2105	0.2590
7	0.2638	0.3471	0.1985	0.3683
13	0.1981	0.2879	0.0951	0.2458
18	-	-	0.6554	0.5449
19	-	-	0.6281	0.6276
1+2	0.1817	0.1378	0.5492	0.1254
1+2+3	0.3991	0.3809	0.5364	0.3051
1+2+3+4	0.4431	0.3911	0.5692	0.3092
1+13	0.2311	0.3961	0.8399	0.2010
2+6	0.3450	0.4788	0.5748	0.5044
3+7	0.1601	0.1629	0.5201	0.2510
6+7	0.3371	0.4180	0.1241	0.5617
18+19	0.6715	0.5440	0.7252	0.4579

Таблица 5

Корреляционная матрица при  $r \geq 0,6$ 

Код качества	$L_c$ , м	$V_c$ , м <sup>3</sup>	$\eta_c$
1		<b>0.7353</b>	
3			0.6660
18	-	0.6554	
19	-	0.6281	0.6276
1+13		<b>0.8399</b>	
18+19	0.6715	0.7252	

Наибольшую адекватность получила группа сортиментов 1+13, то есть сумма крупных и мелких бревен первого сорта. Поэтому для коммерческой таксации деревьев необходимо **принять первосортные участки ствола** вне зависимости от крупности возможных в будущем бревен.

С коэффициентом корреляции 0,8399 была получена (рис. 1) биотехническая закономерность (в интервале 76...449 лет) в виде формулы

$$V_c = 2,06587 \cdot 10^{-9} A^{3,86026} \exp(-0,00070407A^{1,38887}) \quad (2)$$

Заметно, что максимум объема первого сорта в древостое был достигнут к 400-летнему возрасту самой старой из популяции в 201 особь сосны. При этом и в общей модели (1) проявляется только вторая составляющая.

#### Крупные первосортные бревна

Из данных табл. 4 видно, что в отдельности тонкие бревна первого сорта дают закономерность с коэффициентом корреляции всего 0,0951. Поэтому можно измерять первосортные участки только на крупных стволах деревьев.

Для пробы № 4-1963 сосняка Сибири была получена (рис. 2) модель

$$V_c = 0,00015436A^{3,66809} \exp(-0,00027742A^{1,36435}) \quad (3)$$

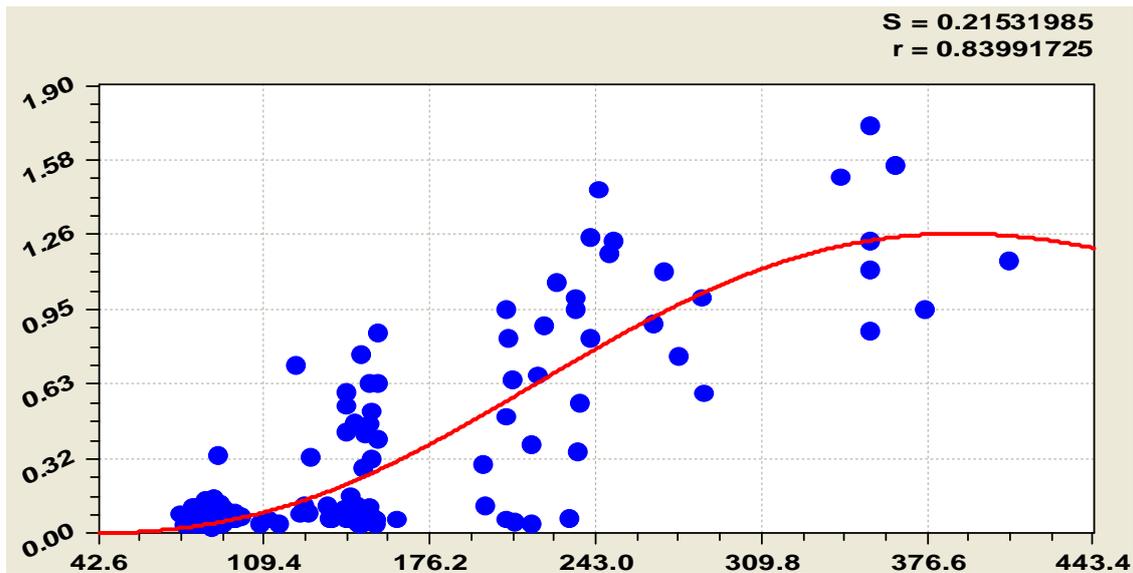


Рис. 1. Возрастное распределение крупных и мелких бревен первого сорта в сосняке (абсцисса – возраст сосны, ордината – объем сортиментов по стволам сосен)

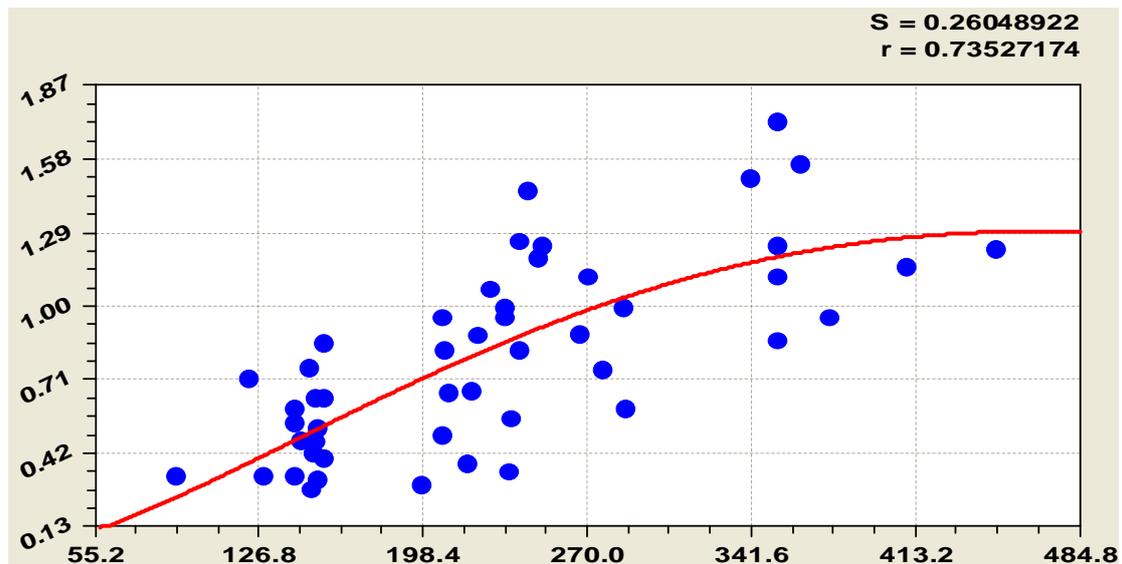


Рис. 2. Возрастное распределение крупных и мелких бревен первого сорта в сосняке

Вместо 154 дерева по табл. 3 придется измерять всего 49 деревьев с крупными стволами, то есть трудоемкость дендрометрических измерений уменьшится в  $154 / 49 = 3,14$  раза, то есть более чем в три раза.

**Дровяная древесина**

Из данных табл. 5 видно, что изменение дровяной части ствола деревьев возможно как по объему, так и по длинам фаутных участков. По распределению дров, после исключения одной резко выделяющейся от других точки, была получена (рис. 3) биотехническая зависимость вида

$$V_c = 2,86082 \cdot 10^{-10} A^{4,14201} \exp(-0,00065113A^{1,36556}) \quad (4)$$

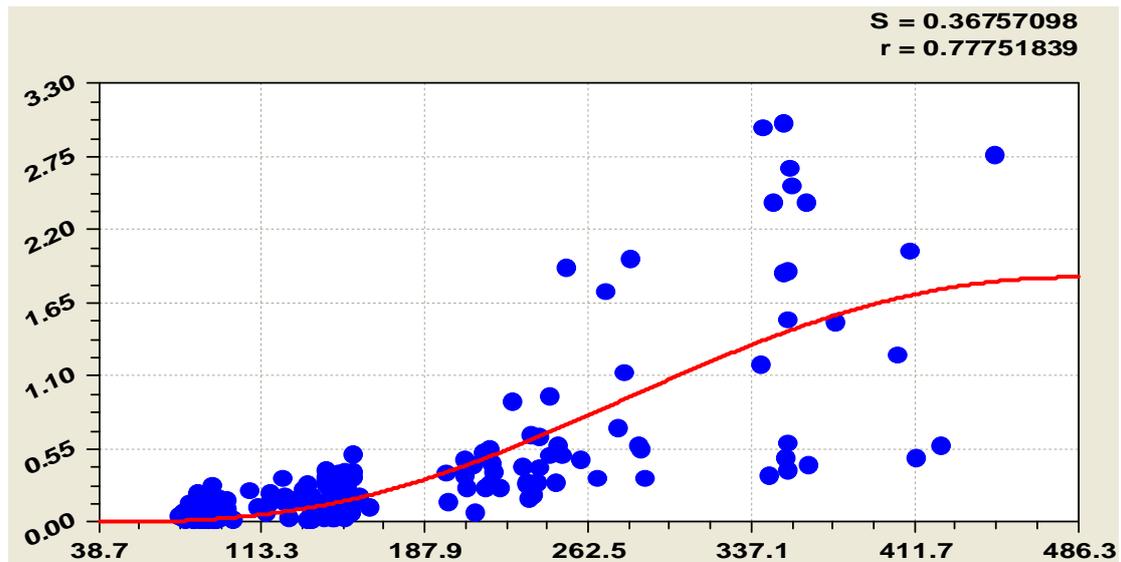


Рис. 3. Возрастное распределение объема древесины деревьев на стволах в сосняке Сибири

Коэффициент корреляции 0,7775 стал даже выше по сравнению с адекватностью по первосортным крупным бревнам в 0,7353. Но при этом придется измерять фауны у всех растущих на данной пробной площади деревьев.

#### Дровяные участки ствола

Простота исполнения дистанционными способами [6, 7] измерения ствола и кроны деревьев позволяет рекомендовать лесному хозяйству *метод анализа ствола по дровяным участкам*.

На рис. 4 показан график биотехнической закономерности вида

$$L_c = 0,061539A^{0,93508} \exp(-0,00013154A) \quad (5)$$

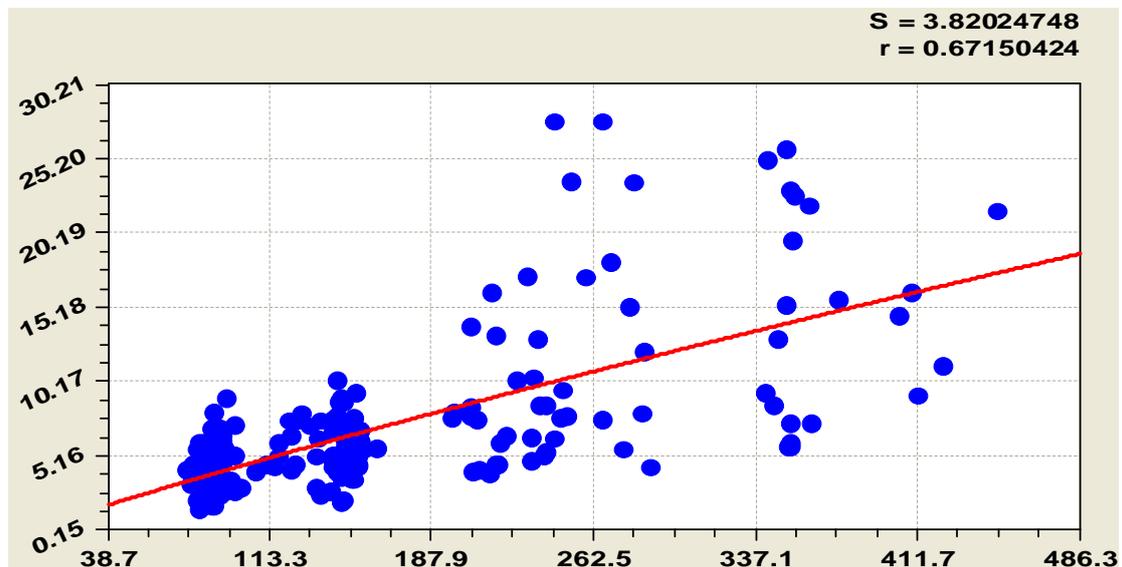


Рис. 4. Возрастное распределение длины деревьев на стволах в разновозрастном сосняке

Предлагаемый метод хотя и прост в реализации, однако потребует подеревной таксации каждого учетного дерева в древостое.

#### Полнота модели

Разные лесные древостои могут иметь различающиеся распределения коэффициента корреляции, показанные в

табл. 4. Поэтому вначале лесному арендатору рекомендуется проводить измерения на наиболее экологически и технически ценных лесных земельных участках.

После разработки комплекса биотехнических закономерностей (по табл. 4 всего было получено 64 формулы) на пробных площадках с учетными деревья-

ми выясняются наиболее значимые коды и группы кодов качества древесины на участках ствола. Повторные идентификации биотехнической закономерности (1) потребуют намного меньше труда и времени.

Среди всех 64 уравнений полными по конструкции (рис. 5) были:

- относительная доля объема крупных и мелких сортиментов I сорта

$$\eta_c = 1,44729 \cdot 10^{-12} A^{5,14850} \exp(-0,0011706A^{1,38569}) + 0,54266A^{0,057590} \exp(-0,0023953A^{1,25291}); \quad (6)$$

- относительная доля средних сортиментов III сорта

$$\eta_c = 1,04387 \cdot 10^{-5} A^{2,11464} \exp(-0,0085091A^{1,00706}) + 8,37776 \cdot 10^{-12} A^{6,47140} \exp(-0,025778A^{1,18272}); \quad (7)$$

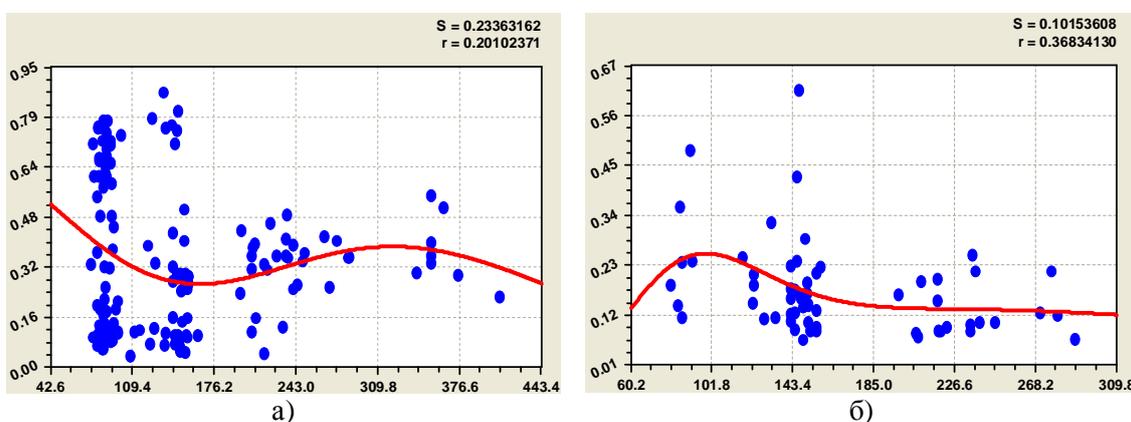


Рис. 5. Распределение доли от объема ствола в коре

(абсцисса – возраст сосны, ордината – доля объема ствола в коре):

а – крупных и мелких бревен первого сорта; б – средних сортиментов третьего сорта

Коэффициент корреляции формулы (6) равен всего 0,2010. Однако относительный параметр возрастного распределения сортиментов первого сорта позволяет сравнивать между собой технически различные древостои.

**Заключение.** Анализ сортиментно-сортного распределения модельных деревьев на пробной площади 4-1963 разновозрастного сосняка Сибири показал, что в лесном хозяйстве могут быть применены два способа оценки:

1) *технического качества древесины* по распределениям сортиментов первого сорта, причем вне зависимости от различий по крупности;

2) *экологического качества древесины* по распределениям дровяных участков на стволах растущих учетных деревьев.

*Статья подготовлена и опубликована при поддержке гранта 3.2.3/4603 МОН РФ*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верхунов, П.М. Товарная структура разновозрастных сосняков / П.М. Верхунов. - Новосибирск: Наука, 1980. - 208 с.
2. Верхунов, П.М. Биотехнический принцип в лесной таксации / П.М. Верхунов, П.М. Мазуркин, В.Л. Черных // Известия академии наук и искусств Чувашской республики. Естественные науки. - 1996. - №3. - С.94-99.
3. Верхунов, П.М. Таксация древесного ствола лесных насаждений: Учеб. пос. / П.М. Верхунов, П.М. Мазуркин. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. - 72с.
4. Мазуркин, П.М. Дендрометрия. Статистическое древоведение / П.М. Мазуркин. -

Учеб. пос. - Часть 1. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. - 308с.

5. Мазуркин, П.М. Дендрометрия. Статистическое древоведение / П.М. Мазуркин. – Учеб. пос. - Часть 2. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. - 205с.

6. Мазуркин, П.М. Экологический мониторинг (Способы испытания деревьев):

Учеб. пос. / П.М. Мазуркин- Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 224 с.

7. Мазуркин, П.М. Дендрогеодезия: пути и перспективы развития / П.М. Мазуркин, Т.А. Кошкина, О.Г. Щекова // Сб. материалов III Межвузовской научно-методической конференции. - М.: МГУП, 2001. -С.24-25.

**LOG-SORTABLE DISTRIBUTION OF TREES  
ON THE TRIAL AREA OF A UNEVEN-AGE PINE FOREST**

Mazurkin P.M.

*Mari state technical university, Yoshkar-Ola, Russia*

Historically, the development of forest inventory done on the basis of centuries of positive (for the forestry, also for the forests as ecological systems) experience, interaction of people with trees.

Based on the principle of biotechnology in forest inventory, the possibility of simulation of age distributions of forest trees on the grade of timber, expert appointed appraiser for the trunk of trees inventories.

Keywords: assortments, grade, distribution, the test area.