

УДК 630.812

UDC 630.812

**ПОРИСТОСТЬ И БАЗИСНАЯ ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ РАЗНЫХ ТИПОВ**

**POROSITY AND BASIC DENSITY OF DIFFERENT TYPES OF WOOD**

Неделина Надежда Юрьевна  
аспирант  
*Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж, Россия*

Nedelina Nadezhda Yurievna  
postgraduate student  
*Voronezh State Academy of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia*

В статье дан обзор результатов определения пористости и базисной плотности древесины разных типов в зависимости от ширины годичного слоя. Обсуждается тесная связь пористости и плотности древесины

The review of the results of porosity determination and basic wood density of different types, depending on the rate of growth has been presented in the article. The close relationship of porosity and density of the wood has been discussed

Ключевые слова: ШИРИНА ГОДИЧНОГО СЛОЯ, ДРЕВЕСИНА, ПОРИСТОСТЬ, БАЗИСНАЯ ПЛОТНОСТЬ

Keywords: RATE OF GROWTH, WOOD, POROSITY, BASIC DENSITY

Пористость древесины – один из важных показателей физических свойств древесины, имеющих важное значение в процессах варки древесины для получения целлюлозы, при пропитке растворами антисептиков и антипиренов с целью улучшения ее свойств, при сушке древесины, при сплаве лесоматериалов и в других случаях. От пористости древесины зависит ее плотность.

Древесные породы делятся на три группы: хвойные, лиственные рассеянососудистые и лиственные кольцесосудистые. Представителем хвойных пород для исследований явилась сосна обыкновенная, лиственных рассеянососудистых – береза повислая, лиственных кольцесосудистых – дуб черешчатый.

Образцы древесины для определения пористости и базисной плотности взяты в Учебно-опытном лесхозе Воронежской государственной лесотехнической академии, где условия произрастания для этих видов растений наиболее оптимальны. Для исследования отбирали по 9 образцов каждой породы, которые представляли весь

диапазон колебания ширины годичного слоя древесины: от крупнослойных до мелкослойных.

Определяли пористость древесины, характеризующую объем внутренних пустот (полостей клеток, межклеточных пространств), выраженный в процентах от объема древесины в абсолютно сухом состоянии [4]. Знание относительной плотности древесинного вещества ( $r_{\text{д.в.}} = 1530 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ) и плотности древесины в абсолютно сухом состоянии  $r_0$  позволяет рассчитать величину пористости ( $\Pi$ ) по формуле:

$$\Pi = \left( 1 - \frac{r_0}{r_{\text{д.в.}}} \right) 100. \quad (1)$$

Образцы готовили стандартных размеров  $20 \times 20 \times 30$  мм и по ГОСТ 16483.1-84 определяли их плотность в абсолютно сухом состоянии и базисную плотность древесины.

Массу образца устанавливали взвешиванием. Взвешивание проводили на весах с точностью до 0,001 г. Объем образца определяли по трем линейным измерениям (ширине, толщине и высоте). Ширину и толщину образца измеряли посередине высоты, а высоту – между центрами оснований. Измерения проводили штангенциркулем с точностью до 0,01 мм. Объем образца выражаем в долях кубического метра. Вполне очевидно, что точность определения объема образца по описанному способу зависит от тщательности изготовления образца и может снижаться, если образец по форме отличается от прямоугольного параллелепипеда.

Далее образцы увлажняли в дистиллированной воде при  $10-20^\circ\text{C}$  до тех пор, пока разница в размерах образца при измерениях их с интервалом в 3-е суток окажется менее 0,1 мм. По новым размерам образца определяли

$V_{\max}$ ,  $i^3$ . Затем высушивали образцы в сушильном шкафу (при температуре  $103^{\circ}\text{C}$ ) до абсолютно сухого состояния, измеряли их массу и вычисляли их объем  $V_0$ . Плотность в абсолютно сухом состоянии определяли по формуле:

$$r_0 = \frac{m_0}{V_0} \quad (2)$$

где  $m_0$  – масса образца в абсолютно сухом состоянии, кг;  $V_0$  – объем образца в абсолютно сухом состоянии,  $i^3$ .

Базисная плотность древесины выражается отношением массы абсолютно сухого образца  $m_0$  к его объему при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок  $V_{\max}$ :

$$r_a = \frac{m_0}{V_{\max}}, \frac{e\tilde{a}}{i^3}. \quad (3)$$

Хвойные породы относятся к отделу голосеменных растений. Наиболее распространённой породой хвойных является сосна обыкновенная. Она занимает около 1/6 площади всех лесов России. Древесина сосны обыкновенной широко применяется в строительстве, машиностроении, сельском хозяйстве, столярно-мебельном производстве, железнодорожном транспорте, судо-, вагоностроении. Результаты исследований физических свойств древесины сосны обыкновенной представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования физических свойств древесины сосны обыкновенной

№	Число год. сл. в 1 см $n$	Масса образца в абсолютно сухом состоянии $m_0$ , г	Объем образца в абсолютно сухом состоянии $V_0, \text{дм}^3$	Объем образца при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок $V_{\text{max}}, \text{дм}^3$	Плотность абсолютно сухой древесины $r_0, \text{г/см}^3$	Пористость древесины П, %	Базисная плотность $r_a, \text{г/см}^3$
1	2,5	4,75	10,35	11,56	0,459	70	0,411
2	3,0	4,88	10,52	11,51	0,464	69,7	0,424
3	4,5	5,26	11,07	12,23	0,475	69	0,430
4	5,5	5,93	12,30	13,54	0,482	68,5	0,438
5	6,5	6,08	12,41	14,84	0,490	68	0,450
6	8,0	6,77	13,48	13,51	0,502	67,2	0,456
7	9,0	5,66	11,09	14,84	0,510	66,7	0,465
8	10,5	5,88	11,31	12,51	0,520	66	0,470
9	12,0	6,76	12,68	14,08	0,533	65,2	0,480

По результатам исследования построен график зависимости между пористостью древесины сосны обыкновенной и ее базисной плотностью.

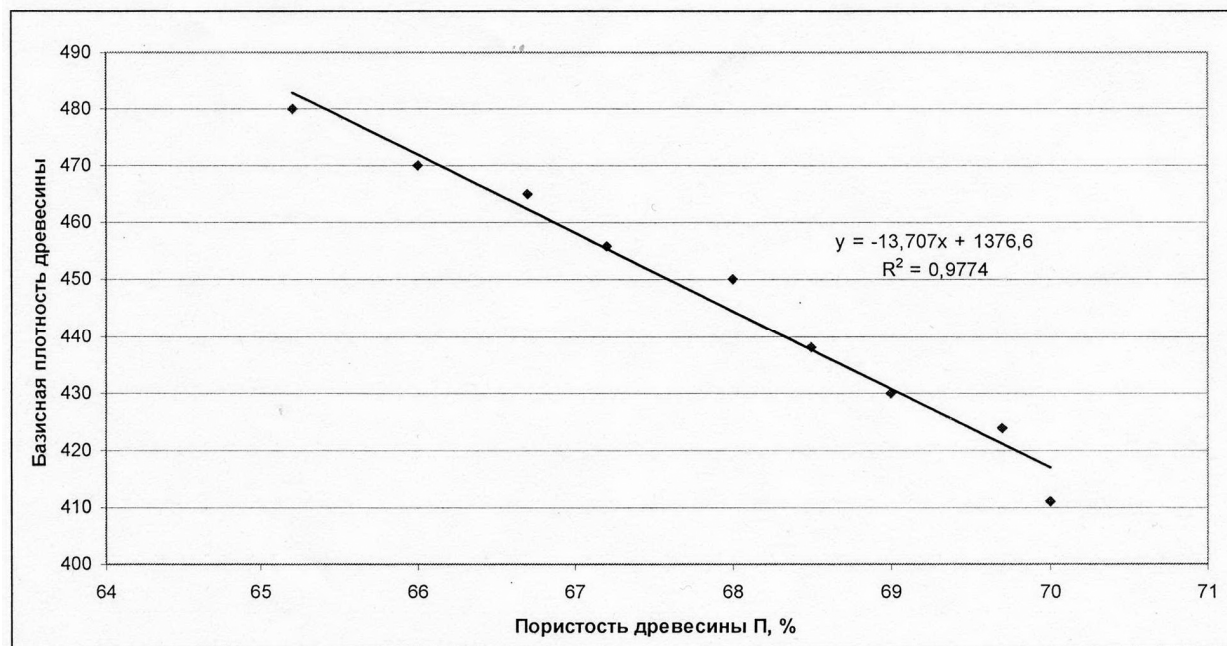


Рисунок 1. График зависимости между пористостью П (%) и базисной плотностью  $r_a (\text{г/дм}^3)$  древесины сосны обыкновенной

Как видно из графика (см. рис. 1), зависимость между пористостью и базисной плотностью у сосны обыкновенной линейная, обратно пропорциональная. Уравнение регрессионной зависимости имеет вид:

$$y = 1376,6 - 13,7x . \quad (4)$$

Лиственные древесные породы – покрытосеменные растения. Древесина березы является типичным представителем рассеянососудистых пород. Она имеет весьма широкое применение и является основным сырьем для фанерной промышленности, при изготовлении ружейных лож, в сельскохозяйственном машиностроении, для мебельной промышленности. Распространенность березы, доступность в эксплуатации и высокие механические свойства обуславливают широкое и разнообразное применение этой породы, занимающей по промышленному значению первое место среди лиственных пород [5]. В таблице 2 представлены результаты исследований физических свойств древесины березы повислой.

Таблица 2 – Результаты исследования физических свойств древесины березы повислой

№	Число год. сл. в 1 см $n$	Масса образца в абсолютно сухом состоянии $m_0$ , г	Объем образца в абсолютно сухом состоянии $V_0, \tilde{n}i^3$	Объем образца при влажности равной или выше предела насыщения клеточных стенок $V_{max}, \tilde{n}i^3$	Плотность абсолютно сухой древесины $r_0$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость древесины П, %	Базисная плотность $r_a$ , г/см <sup>3</sup>
1	2,0	7,45	12,46	15,62	0,598	60,9	0,480
2	3,0	7,10	11,81	14,67	0,601	60,7	0,484
3	4,0	7,25	12,00	14,86	0,604	60,5	0,488
4	5,0	7,41	12,21	15,06	0,607	60,3	0,492
5	7,0	7,87	12,76	15,89	0,612	60,0	0,495
6	9,0	7,91	12,76	15,60	0,620	59,5	0,507
7	9,5	7,64	12,30	15,04	0,621	59,4	0,508
8	10,5	7,62	12,21	14,94	0,624	59,2	0,510
9	11,0	7,73	12,35	15,09	0,626	59,1	0,512

По результатам исследования физических свойств древесины березы повислой построен график зависимости между пористостью и базисной плотностью древесины (рис. 2).

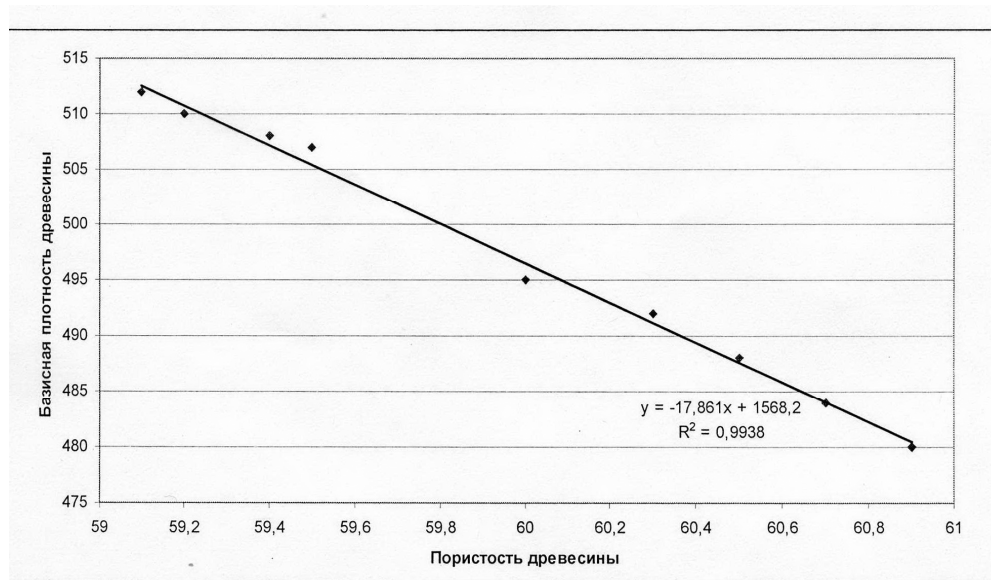


Рисунок 2. График зависимости между пористостью  $\Pi$  (%) и базисной плотностью  $r_d$  (г/см<sup>3</sup>) древесины березы повислой

Как видно из графика (см. рис. 2), зависимость между пористостью и базисной плотностью  $y$  березы повислой линейная, обратно пропорциональная. Уравнение регрессионной зависимости имеет вид:

$$y = 1568,2 - 17,9x. \quad (5)$$

Древесина дуба является типичным представителем кольцесосудистых пород. В нашей стране произрастает несколько разновидностей дуба, наиболее распространен дуб летний черешчатый, который занимает 95 % площади дубовых лесов. Спрос на древесину дуба со стороны различных отраслей народного хозяйства весьма значителен. Древесина дуба твердая, тяжелая, хорошо строгается, сверлится и полируется, даже гнётся в распаренном состоянии, характеризуется высокой степенью стойкости против гниения и прочностью, красивой текстурой и цветом. Дуб имеет пористую структуру с ярко выраженными крупными сосудами [5]. По результатам экспериментов составили таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты исследования физических свойств древесины дуба черешчатого

№	Число год. сл. в 1 см <i>n</i>	Масса образца в абсолютно сухом состоянии $m_0$ , г	Объем образца в абсолютно сухом состоянии $V_0, \tilde{n}i^3$	Объем образца при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок $V_{max}, \tilde{n}i^3$	Плотность абсолютно сухой древесины $r_0$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость древесины, П, %	Базисная плотность $r_a$ , г/см <sup>3</sup>
1	2,0	8,86	11,70	13,86	0,757	50,5	0,639
2	2,5	8,67	11,51	13,76	0,753	50,8	0,630
3	3,0	9,42	12,56	15,07	0,750	51,0	0,625
4	4,5	8,66	11,75	14,08	0,737	51,8	0,615
5	5,0	8,38	11,41	13,69	0,734	52,0	0,612
6	5,5	8,17	11,19	13,39	0,730	52,3	0,610
7	6,0	8,14	11,19	13,41	0,727	52,5	0,607
8	6,5	8,22	11,38	13,70	0,722	52,8	0,600
9	7,5	8,16	11,41	13,83	0,715	53,3	0,590

По результатам исследования физических свойств построен график зависимости между пористостью древесины дуба черешчатого и его базисной плотностью (рис. 3).

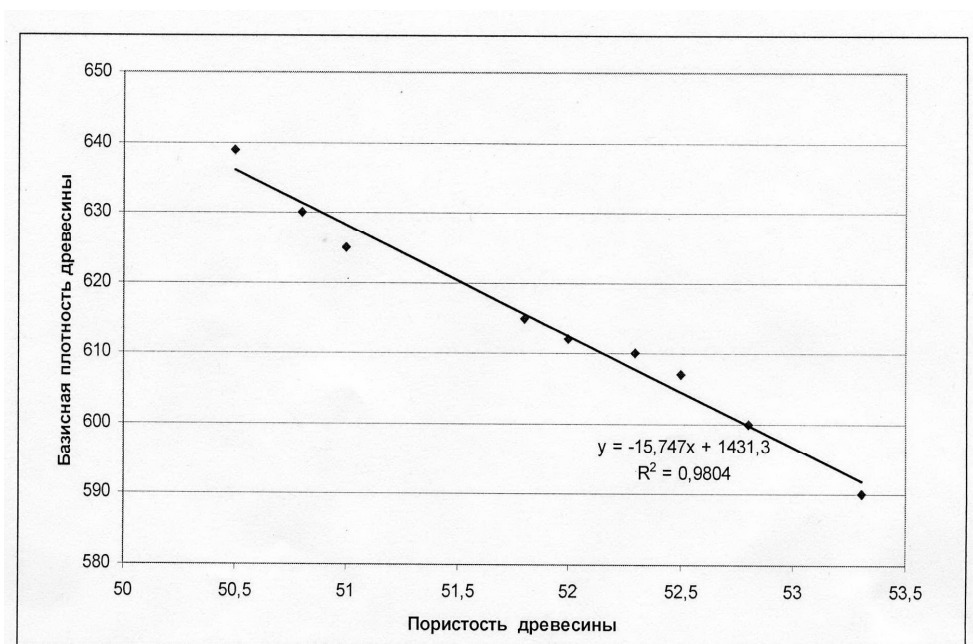


Рисунок 3. График зависимости между пористостью П (%) и базисной плотностью  $r_a$  ( $\tilde{e}\tilde{a}/i^3$ ) древесины дуба черешчатого

Как видно из графика (см. рис. 3), зависимость между пористостью и базисной плотностью у дуба черешчатого линейная, обратно пропорциональная. Уравнение регрессионной зависимости имеет вид:

$$y = 1431,3 - 15,7x \quad (6)$$

Исследования подтвердили наличие зависимости между пористостью и базисной плотностью, следовательно, подобная связь может быть между базисной плотностью и числом годичных слоев в 1 см (рис. 4), так как зависимость пористости от числа годичных слоев нами была уже доказана [1, 2].

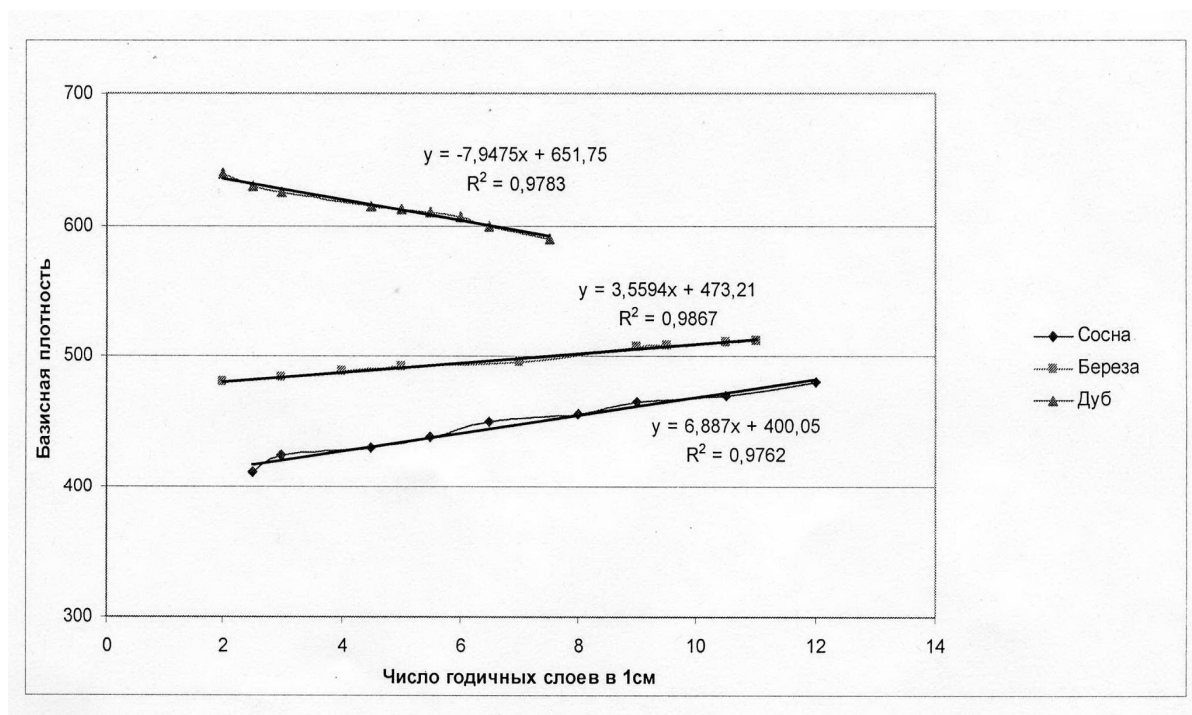


Рисунок 4. График зависимости между базисной плотностью древесины и числом годичных слоев в 1 см.

Как видно из графика (см. рис. 4), зависимость между числом годичных слоев в 1 см и базисной плотностью древесины сосны обыкновенной и березы повислой линейная, прямо пропорциональная, а у дуба черешчатого – линейная, обратно пропорциональная.

Уравнения регрессионной зависимости имеют вид:



$$\text{сосна} \quad y = 400 + 6,9x \quad (7)$$

$$\text{береза} \quad y = 473,2 + 3,6x \quad (8)$$

$$\text{дуб} \quad y = 651,8 - 7,9x \quad (9)$$

Прямые функций четко выражены, а простые уравнения функций позволяют с достаточной степенью точности и достоверности, научно обоснованно определять базисную плотность древесины по числу годовичных слоев в 1 см.

Проведенное исследование актуально для древесиноведения, оно значительно сокращает трудовые и энергетические затраты при определении базисной плотности. Базисная плотность  $r_a$  широко используется для расчетов процессов нагревания, сушки, пропитки древесины, определения содержания сухого вещества в древесном сырье для целлюлозно-бумажной промышленности и других целей.

### Список литературы

1. Вариводина И.Н., Косиченко Н.Е., Неделина Н.Ю., Вариводин В.А. Пористость древесины основных лиственных кольцесосудистых пород // XX symposium «Adhesives in wood working industry» Zvolen. Technical University. – Zvolen, Slovakia, 2011. С 255–259.
2. Косиченко Н.Е., Вариводина И.Н., Неделина Н.Ю., Вариводин В.А. Ширина годовичного слоя, пористость и водопоглощение сосны обыкновенной // Современные технологические процессы получения материалов и изделий из древесины. Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 50-ю факультета технологии деревообработки ГОУ ВПО «ВГЛТА» 17–21 мая 2010 г. – Воронеж, ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2010. С. 273–276.
3. Косиченко Н.Е. Формирование структуры и плотности древесины в онтогенезе // Строение, свойства и качество древесины 2000: Матер. 3 Межд. симп. 11–14 сентября 2000г. – Петрозаводск, Ин-т леса Кафедра НЦ РАН, 2000. С. 58–61.
4. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения [текст]: Учебник / Б.Н. Уголев. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – 351 с.
5. Яценко-Хмелевский А.А., Кобак К.И. Анатомическое строение древесины основных лесообразующих пород СССР. – Л.: Изд-во ЛТА, 1978. – 63 с.

### References

1. Varivodina I.N., Kosichenko N.E., Nedelina N.Ju., Varivodin V.A. Poristost' drevesiny osnovnyh listvennyh kol'cesosudistyh porod // XX symposium «Adhesives in wood working industry» Zvolen. Technical University. – Zvolen, Slovakia, 2011. S 255–259.

2. Kosichenko N.E., Varivodina I.N., Nedelina N.Ju., Varivodin V.A. Shirina godichnogo sloja, poristost' i vodopogloshhenie sosny obyknovennoj // Sovremennye tehnologicheskie processy poluchenija materialov i izdelij iz drevesiny. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii, posvjashhennoj 50-ju fakul'teta tehnologii derevoobrabotki GOU VPO «VGLTA» 17–21 maja 2010 g. – Voronezh, FGBOU VPO «VGLTA», 2010. S. 273–276.
3. Kosichenko N.E. Formirovanie struktury i plotnosti drevesiny v ontogeneze // Stroenie, svojstva i kachestvo drevesiny 2000: Mater. 3 Mezhd. simp. 11–14 sentjabrja 2000g. – Petrozavodsk, In-t lesa Kafedra NC RAN, 2000. S. 58–61.
4. Ugolev B.N. Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedenija [tekst]: Uchebnik / B.N. Ugolev. – M.: GOU VPO MGUL, 2007. – 351 s.
5. Jacenko-Hmelevskij A.A., Kobak K.I. Anatomicheskoe stroenie drevesiny osnovnyh lesoobrazujushhih porod SSSR. – L.: Izd-vo LTA, 1978. – 63 s.