

DOI: 10.5281/zenodo.3596664

УДК: 630\*81(477.8)

## ВЛИЯНИЕ ТИПОВ ЛЕСА НА ОБЪЁМНУЮ МАССУ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИКАРПАТЬЯ

Иван СОПУШИНСКИЙ, Ярослав КОПОЛОВЕЦ, Игорь ТЫМОЧКО,  
Руслан МАКСЫМЧУК

Национальный лесотехнический университет Украины

**Abstract.** The paper discusses the research results on the influence of forest types on the wood specific gravity of Scots pine as an integral indicator of wood quality. For the study, pine stands were selected in the forest conditions of the Precarpathian region (Ukraine). In the forest type of wet pine broadleaves biotope, wood density at the moisture content of 8% varied in the range from 356 to 735 kg·m<sup>-3</sup> with an average value of 511 kg·m<sup>-3</sup> and exceeded the similar indicator in fresh pine broadleaves biotope by 11%. A linear relationship between the wood specific gravity and the number of annual tree rings in 1 cm was established, which was described by the equation of the first level. A multiple comparison of the obtained research results allowed to distinguish four groups of wood samples in relation to wood density and the number of growth rings in 1 cm. The average value of the wood density for the first group of samples with the number of annual rings less than 5 pcs·cm<sup>-1</sup> is equal to 385 kg·m<sup>-3</sup>, and for the fourth with the number of annual rings more than 16 pcs·cm<sup>-1</sup> - 601 kg·m<sup>-3</sup>. The last one was characterized by the largest range of changes of the wood density, which varied from 445 to 735 kg·m<sup>-3</sup>. The obtained results are of practical importance for the selection of stemwood for its desired purpose.

**Key words:** *Pinus sylvestris*; Specific gravity; Annual ring; Forest type; Specific gravity; Wood biology; Pre-carpathian.

**Реферат.** В статье рассмотрены результаты исследований влияния типов леса на объёмную массу древесины сосны обыкновенной как интегральный показатель качества древесины. Для исследования отобраны сосновые древостои в лесорастительных условиях Прикарпатья (Украина). Показатели плотности древесины при абсолютной 8% влажности в типах леса влажный сосновый сугруд изменялись в диапазоне от 356 до 735 кг·м<sup>-3</sup> со средним значением 511 кг·м<sup>-3</sup> и превышали аналогичный показатель в свежем сосновом сугруде на 11%. Установлена прямолинейная зависимость между объёмной массой древесины и числом годичных колец в 1 см, которая описывается уравнением первого уровня. Множественные сравнения полученных результатов исследования позволили выделить четыре группы образцов относительно объёмной массы древесины и числа годичных колец в 1 см. Среднее значение объёмной массы для первой группы образцов с числом годичных колец менее 5 шт·см<sup>-1</sup> равно 385 кг·м<sup>-3</sup>, а для четвёртой с числом годичных колец более 16 шт·см<sup>-1</sup> - 601 кг·м<sup>-3</sup>. Последняя характеризуется наибольшим диапазоном изменения объёмной массы древесины, которая изменяется от 445 до 735 кг·м<sup>-3</sup>. Полученные результаты имеют практическое значение для отбора стволовой древесины целевого назначения.

**Ключевые слова:** *Pinus sylvestris*; Объёмная масса; Годичный слой; Тип леса; Биологическое лесоведение; Прикарпатье.

### ВВЕДЕНИЕ

Определение влияния лесорастительных условий и режимов ведения лесного хозяйства на качество древесины имеет как экономическое, так и экологическое значение. Известно, что в ходе роста и развития древесного растения происходят различные морфологические изменения образующих тканей. Растения проходят различные стадии биологического развития, в частности, роста семян из семени, ювенильную, переходную и стадию спелости. Условия этого развития имеют решающее влияние на древесину как биологический продукт и определяют её свойства (Полубояринов, О.И. 1976; Makinen, H., Hynynen, J. 2014; Mederski, P.S. et al. 2015).

Интегральным показателем качества древесины является его объёмная масса, которая определяет все основные физические и механические характеристики древесины, как анизотропного биологического материала. Принимая во внимание общую информацию о древесине как о природном материале необходимо проводить дополнительные измерения, характеризующие качество древесины в растущих деревьях в зависимости от условий произрастания. При этом важным этапом является использование моделей, которые демонстрируют и дают возможность прогнозировать изменения свойств древесины (Grześkiewicz, M. 2007; Peltola, H. et al. 2009; Корчагов, С.А. 2010).

Качество древесины специалисты лесного хозяйства чаще всего оценивают по соотношению объёмов растущих деревьев и времени их развития с учётом других параметров, влияющих на плотность древесины. Выращивание деревьев с качественной древесиной требует глубоких знаний зависимостей свойств образованной древесины от лесорастительных условий. Пригодность древесного материала определяется соответствием свойств древесины целевому назначению (Zobel, B.J., Van Buijtenen, J.P. 1989; Spiecker, H. et al. 2009; Auty, D. et al. 2014). К таким показателям относится в частности характеристика годовичных колец, условная плотность, величина прироста, отношение ювенильной и спелой древесины и другие характеристики. Перечисленные параметры важны для оценки биологической производительности лесных насаждений и получения древесной продукции с целевыми характеристиками (Полубояринов, О.И. 1976; Сопушинский, I.M. 2014).

Целью нашего исследования было изучение влияния лесорастительных условий на объёмную массу древесины *Pinus sylvestris* L. в лесорастительных условиях Прикарпатья.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для научного исследования взяты образцы соснового древостоя Прикарпатья (Украина), которые произрастали в двух типах леса Буского (Пробная площадь №1) и Жолковского (Пробная площадь №2) лесхозов (табл. 1). В составе насаждений сосна обыкновенная на этих площадях занимала не менее 70%. Для таксации древостоя диаметр на высоте груди измеряли по 2 см. степени толщины, а высоту деревьев с точностью до 0,5 м. Согласно стандартной методике из шести классов толщины с наибольшим количеством деревьев отобрали по одному модельному дереву [DIN 52180]. Для определения физических свойств древесины на пробных площадях срублено 12 деревьев сосны обыкновенной.

Таблица 1. Краткая лесотаксационная характеристика исследуемых древостоев

Пробная площадь	Тип леса	Состав насаждения	Возраст	Бонитет/ Полнота	Географические координаты
1	Свежий сосновый сугруд	7Сoo3Беп	90	1/0,65	50°06'04.17''N 24°31'20.06''E
2	Влажный сосновый сугруд	8Сoo2Беп	91	2/0,61	50°13'55''N 24°08'14.60''E

Примечание: Сoo – сосна обыкновенная; Беп – береза повислая.

Отличия объёмной массы изучали с использованием общепринятых в биологическом древесиноведении методик, разработанных с учетом особенностей изменения показателей макроструктуры древесины. Программой исследования предусмотрено определение числа годовичных колец в 1 см ( $N_{\text{год.кол.}}$ ) и плотности древесины ( $\rho$ ). Со срубленных модельных деревьев выпилены кряжи для изготовления образцов древесины (рис. 1).

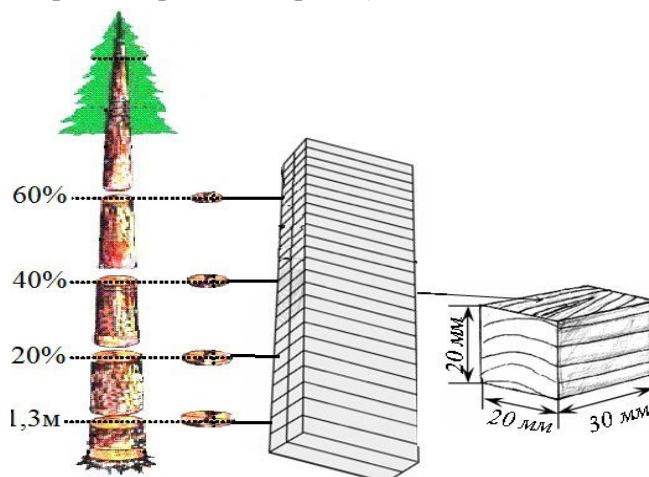


Рисунок 1. Схема отбора образцов древесины с модельного дерева

Определение объёмной массы образцов древесины сосны обыкновенной производили согласно международным требованиям к таким исследованиям (Normen für Holz, 2009; Сопушинский, I. M., Винтонів, I. C. 2014). Статистическая обработка результатов исследования выполнена с использованием программных продуктов Excel 2013 и SPSS 17.0. Для обработки полученных данных углублённого понимания независимых групп значений был использован регрессионный анализ, позволяющий проверить наличие связи и зависимости величин. Регрессивные уравнения позволили определить одну или две независимые группы значений. Для проверки базы данных на Т-тест проанализировано среднее значение двух групп (свойств). Нулевая гипотеза предполагала отсутствие разницы между средними значениями двух групп, Группы значений считались независимыми, если величина значимости была меньше 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Возрастающее значение древесины обуславливает изыскание путей рационального использования древесного сырья с учетом объективной необходимости выращивания древесины целевого назначения (Полубояринов, О. И. 1976). Решение этой задачи связано с влиянием экологических условий на биологические процессы образования ксилемы, оцениваемой показателями макроструктуры и объёмной массы древесины. Для древесины сосны обыкновенной нами принято отношение ювенильной и спелой древесины как один к четырём радиуса ствола дерева. Результаты исследования физических свойств древесины сосны обыкновенной свидетельствуют о наличии существенной разницы между свойствами древесины на пробных площадях (табл. 2).

**Таблица 2.** Статистические показатели объёмной массы древесины и числа годовых колец в 1 см сосны обыкновенной

Показатели	Количество образцов	Минимальное значение	Среднее арифметическое и его ошибка	Максимальное значение	Точность измерений [%]
Пробная площадь 1					
$N_{\text{год.кол.}}$ , шт·см <sup>-1</sup>	160	3	9 <sup>±0,34</sup>	20	3,8
$\rho_{8\%}$ , кг·м <sup>-3</sup>	160	340	455 <sup>±6,14</sup>	634	1,4
Пробная площадь 2					
$N_{\text{год.кол.}}$ , шт·см <sup>-1</sup>	160	3	12 <sup>±0,44</sup>	26	3,6
$\rho_{8\%}$ , кг·м <sup>-3</sup>	160	356	511 <sup>±6,76</sup>	735	1,3

Разница в показателях макроструктуры и объёмной массы древесины, произрастающей на пробных площадях, свидетельствует о существенном влиянии типа леса как комплекса биологических факторов на рост сосны обыкновенной (табл. 2). Среднее значение плотности древесины при абсолютной влажности 8% сосны обыкновенной произрастающей во влажных типах леса равно 511 кг·м<sup>-3</sup> и превышает аналогичный показатель в свежих лесорастительных условиях на 11%. Такая же тенденция соблюдается для показателя количества годовых колец в 1 см.

Для исследования биологической производительности важным является выявление закономерных изменений свойств древесины в пределах целого дерева, где особое внимание заслуживает стволовая древесина, из которой выпиливают высококачественные сортаменты целевого назначения. Определение качественных свойств древесины и их диагностирования обусловлено требованиями современного международного рынка древесины и является определяющим для технологических процессов её обработки.

Результаты множественного сравнения объёмной массы пихты белой относительно числа годовых колец в 1 см приведены в табл. 1.

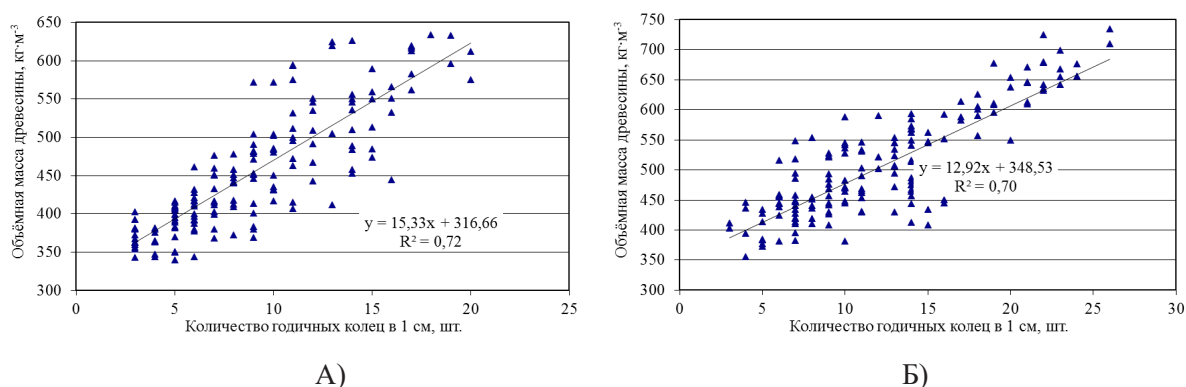


Рисунок 2. Зависимость между объёмной массой древесины и числом годичных колец в 1 см: А – пробная площадь №1 и Б – пробная площадь №2

Зависимость между объёмной массой древесины и числом годичных колец в 1 см в свежем сосновом сугруде описывается уравнением первого уровня ( $y = 15,33x + 316,66$  при достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,72$ ). Эти показатели необходимо учитывать при селективном отборе ствольной древесины сосны обыкновенной. Следует отметить, что аналогичная зависимость характерна для исследуемых образцов древесины, взятых из разных типов леса. Важно, что для исследуемого диапазона значений плотности древесины и числа годичных колец в 1 см целесообразно выделить группы образцов. Их свойства необходимо сравнить с механическими показателями древесины при дальнейшем использовании в деревообрабатывающей и строительной отраслях. Результаты множественного сравнения объёмной массы относительно числа годичных колец в 1 см с критерием Шеффе приведены в табл. 3.

Таблица 3. Множественные сравнения объёмной массы древесины с критерием Шеффе

(I) группа	(J) группа	Разность средних	Стандартная ошибка	Значимость	95% доверительный интервал	
					Нижняя граница	Верхняя граница
I	II	-63,293*	8,274	0,000	-86,54	-40,04
	III	-125,193*	8,743	0,000	-149,76	-100,62
	IV	-216,352*	9,576	0,000	-243,26	-189,44
II	I	63,293*	8,274	0,000	40,04	86,54
	III	-61,900*	6,949	0,000	-81,43	-42,37
	IV	-153,059*	7,972	0,000	-175,46	-130,66
III	I	125,193*	8,743	0,000	100,62	149,76
	II	61,900*	6,949	0,000	42,37	81,43
	IV	-91,159*	8,457	0,000	-114,93	-67,39
IV	I	216,352*	9,576	0,000	189,44	243,26
	II	153,059*	7,972	0,000	130,66	175,46
	III	91,159*	8,457	0,000	67,39	114,93

Примечание: Группы образцов древесины (I) и (J) с числом годичных колец (г.к.) в 1 см: I –  $\leq 5$  г.к.; II – 6-10 г.к.; III – 11-15 г.к.; IV –  $\geq 16$  г.к.; \*Разность средних значений на уровне 0.05.

Данные таблицы 3 свидетельствуют о существенной разнице между группами образцов древесины по объёмной массе и числу годичных колец в 1 см. Для диагностики качественных показателей древесины сосны обыкновенной целесообразно выделить четыре группы в зависимости от числа годичных колец: I –  $\leq 5$  г.к.; II – 6-10 г.к.; III – 11-15 г.к. и IV –  $\geq 16$  г.к., что имеет практическое значение при визуальной сортировке древесины. Важным показателем являются не только среднее значение объёмной массы древесины, но и её вариация (табл. 4).

**Таблица 4.** *Описательная статистика объёмной массы ( $\rho_{8\%}$ ) древесины сосны*

Группы по числу годовичных колец в 1 см, шт.	Среднее значение, кг·м <sup>-3</sup>	Стандартная ошибка	95% доверительный интервал для среднего		Минимум, кг·м <sup>-3</sup>	Максимум, кг·м <sup>-3</sup>
			Нижняя граница	Верхняя граница		
I – ≤5 г.к.	385	3,51	378	392	340	446
II – 6-10 г.к.	448	4,19	440	457	344	589
III – 11-15 г.к.	510	5,49	499	521	407	627
IV – ≥16 г.к.	601	8,94	584	619	445	735

Первая группа образцов древесины сосны обыкновенной характеризуется наименьшим отклонением значений объёмной массы от среднего значением в 385 кг·м<sup>-3</sup>. Максимальные значения плотности древесины при абсолютной влажности 8% находятся в четвёртой группе, где её среднее значение равно 601 кг·м<sup>-3</sup>. Важно отметить о пропорциональном увеличении плотности древесины с возрастанием числа годовичных колец в 1 см. Разница между средними значениями I и II-ой, а также между II и III-ей группой образцов составляет 63 и 62 кг·м<sup>-3</sup>, что свидетельствует о пропорциональном разделении групп по исследуемым показателям.

### ВЫВОДЫ

В результате проведения исследований, влияния типов леса на объёмную массу древесины сосны обыкновенной в лесорастительных условиях Прикарпатья, нами выделено четыре класса качества древесины в зависимости от числа годовичных колец в 1 см и объёмной массы. Древесину сосны обыкновенной группировали по числу годовичных колец в 1 см на: I – ≤5 г.к. со средним значением объёмной массы 385 кг·м<sup>-3</sup>; II – 6-10 г.к. – 448 кг·м<sup>-3</sup>; III – 11-15 г.к. – 510 кг·м<sup>-3</sup> и IV – ≥16 г.к. 601 кг·м<sup>-3</sup>. Наибольшим диапазоном изменения объёмной массы древесины характеризуется четвёртая группа, плотность которой изменяется от 445 до 735 кг·м<sup>-3</sup>. Полученные данные имеют практическое значение в диагностике высококачественной древесины для целевого назначения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. AUTY, D., ACHIM, A., MACDONALD, E., CAMERON, A.D., GARDINER, B.A. (2014). Models for predicting wood density variation in Scots pine. In: *Forestry*, vol. 87(3), pp. 449-458. DOI 10.1093/forestry/cpu005
2. GRZEŚKIEWICZ, M., ed. (2007). *Quality control for wood and wood products: The first conference COST E 53, October 15<sup>th</sup>-17<sup>th</sup>, 2007 Warsaw: University of Life Sciences*. 173 p.
3. MAKINEN, H., HYNYNEN, J. (2014). Wood density and tracheid properties of Scots pine: responses to repeated fertilization and timing of the first commercial thinning. In: *Forestry* vol. 87(3), pp. 437-447. DOI 10.1093/forestry/cpu004
4. MEDERSKI, P.S., BEMBENEK, M., KARASZEWSKI, Z., GIEFING, D.F., SULIMA-OLEJNICZAK, E., ROSIŃSKA, M., ŁACKA, A. (2015). Density and mechanical properties of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) wood from a seedling seed orchard. *Drewno*, Vol. 58, No. 195, 117-124. DOI 10.12841/wood.1644-3985.123.10
5. NORMEN über HOLZ. (2009). *DIN-Taschenbuch 31*. Berlin: Beuth.
6. PELTOLA, H., GORT, J., PULKKINEN, P., ZUBIZARRETA GERENDIAIN, A., KARPPINEN, J. IKONEN, V.P (2009). Differences in growth and wood density traits in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) genetic entries grown at different spacing and sites. In: *Silva Fennica*, vol. 43(3), pp. 339-354. DOI 10.14214/sf.192
7. SPIECKER, H., HEIN, S., MAKKONEN-SPIECKER, K., THIES, M. (2009). *Valuable broadleaved forests in Europe*. Leiden: Martinus Nijhoff Publisher. 256 p. ISBN 978-90-04-16795-7.
8. ZOBEL, B. J., VAN BUIJTENEN, J. P. (1989). *Wood variation, its causes and control*. New York: Springer. 363 p.
9. КОРЧАГОВ, С.А. (2010). Повышение качественной продуктивности насаждений на лесоводственной основе: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.01, 06.03.02. Архангельск. 339 с.
10. ПОЛУБОЯРИНОВ, О.И. (1976). *Квалиметрия древесного сырья в процессе лесовыращивания* : автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук. Ленинград: ЛТА. 46 с.
11. СОПУШИНСЬКИЙ, І.М. (2014). Внутрішньовидова диференціація клена-явора (*Acer pseudoplatanus* L.), бука лісового (*Fagus sylvatica* L.) і ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) за декоративністю деревини: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.03. Львів. 402 с.
12. СОПУШИНСЬКИЙ, І.М., ВІНТОНІВ, І.С. (2014). *Деревинознавство: лаб. практикум*. Львів: Ліга-Прес. 144 с. ISBN 978-966-397-237-0

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**СОПУШИНСКИЙ Иван\*** <https://orcid.org/0000-0002-7392-9385>

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, профессор, Кафедра ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса, Институт садово-паркового и лесного хозяйства, Национальный лесотехнический университет Украины

**КОПОЛОВЕЦ Ярослав** <https://orcid.org/0000-0002-4581-7466>

научный сотрудник, Кафедра ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса, Институт садово-паркового и лесного хозяйства, Национальный лесотехнический университет Украины

**ТЫМОЧКО Игорь** <https://orcid.org/0000-0001-9893-3869>

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Кафедра ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса, Институт садово-паркового и лесного хозяйства, Национальный лесотехнический университет Украины

**МАКСЫМЧУК Руслан** <https://orcid.org/0000-0001-5297-4542>

аспирант, Кафедра ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса, Институт садово-паркового и лесного хозяйства, Национальный лесотехнический университет Украины

*Corresponding author: [sopushynskyy@gmail.com](mailto:sopushynskyy@gmail.com)*

Received: 20 September 2019

Accepted: 18 October 2019