

УДК 674.048

DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-73-80

ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ В ОСУШАЕМЫХ СОСНЯКАХ КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВЫХ

О.Н. Тюкавина, канд. с.-х. наук, доц.; ResearcherID: [H-2336-2019](https://orcid.org/0000-0003-4024-6833),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4024-6833>

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; e-mail: o.tukavina@narfu.ru

Плотность древесины является важнейшим показателем ее качества. Для эффективного и рационального ее использования необходимо выявить факторы, влияющие на этот показатель. Знание особенностей формирования древесины в различных лесорастительных условиях позволит целенаправленно проводить ее заготовку для промышленного использования. Плотность древесины сосны исследовали в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновых Архангельского лесничества. Закладывали пробные площади ленточной формы шириной 20 м вблизи осушителя и в межканальном пространстве на расстоянии 40 м от осушителя. Расстояние между осушителями – 100 м. Керны древесины отбирали на высоте 1,3 м с северной стороны ствола и разделяли на части длиной 5 мм. Условную плотность древесины определяли способом максимальной влажности образцов, имеющих сравнительно небольшой объем. Условная плотность древесины сосны в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновых изменялась в диапазоне от 0,390 до 0,697 г/см³, вблизи осушителя она была меньше, чем в межканальном пространстве. В загущенных насаждениях удаленность от осушителя не влияет на этот показатель, в средневозрастных насаждениях он возрастает при увеличении густоты, но в древостоях старше 100 лет не изменяется. При увеличении возраста предельное значение условной плотности древесины сосны составляет 0,486 г/см³, при увеличении густоты древостоя – 0,532 г/см³. Отмечается тенденция возрастания плотности древесины при уменьшении ширины годичного слоя. В средневозрастных сосняках выявлена значительная корреляционная зависимость плотности древесины сосны от процента поздней древесины. Установлено, что в средней части радиуса ствола плотность древесины понижается.

Для цитирования: Тюкавина О.Н. Плотность древесины сосны в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновых // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 2. С. 73–80. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-73-80

Ключевые слова: осушаемые сосняки кустарничково-сфагновые, условная плотность древесины, густота древостоя, гидромелиорация, процент поздней древесины.

Введение

Одним из важнейших показателей качества древесины сосны является ее плотность, которую необходимо учитывать как при лесовыращивании, так и при промышленном использовании [6, 12, 16, 20, 21]. Плотность влияет не только на физические, но и на механические свойства древесины [5, 6, 10]. Для эффективного и рационального использования древесины сосны необходимо знать, как изменяются ее свойства при произрастании в различных лесорастительных условиях и под влиянием антропогенных факторов. На 16 % площадей, занятых сосняками в Архангельском лесничестве, проведена гидромелиорация. Влияние осушения на плотность древесины изучено недостаточно [1, 4]

по сравнению с влиянием рубок ухода и внесением удобрений [2, 8, 9, 13–15, 17, 19, 22, 23].

Цель исследования – оценка условной плотности древесины сосны в сосняках кустарничково-сфагновых осушенных.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в сосняках кустарничково-сфагновых, осушенных в 1969 г. Объект расположен в квартале 108 Усть-Двинского участкового лесничества Архангельского лесничества. Таксационные показатели древостоев на пробных площадях (ПП) отражены в табл. 1.

Таблица 1

Таксационная характеристика древостоев (состав 10С)

ПП	Класс возраста	Средние		Относительная полнота	Густота, шт./га	Запас, м ³ /га
		диаметр, см	высота, м			
1	III	9,0	8,1	0,45	1451	42,9
2	III	6,9	6,4	0,39	1873	27,8
3	III	6,2	6,7	1,03	6297	78,8
4	III	5,4	5,6	1,07	7867	64,6
5	VI	10,7	8,5	0,62	1436	62,2
6	VI	11,8	8,9	0,68	1335	72,7
7	VII	18,6	12,2	0,53	512	87,9
8	VII	17,6	12,6	0,54	598	93,4

Согласно критериям оценки качества осушительной сети [11], состояние осушительных каналов хорошее. Средневозрастные сосновые насаждения характеризуются 5-м классом бонитета, спелые и перестойные – 5а классом бонитета в соответствии с требованиями ОСТ 56-69–83 и рекомендациями В.Г. Рубцова и А.А. Книзе [7] закладывали ленточной формы шириной 20 м вблизи осушителя и в межканальном пространстве на расстоянии 40 м от осушителя. Расстояние между осушителями 100 м. На каждой ПП подбирали 20 модельных деревьев пропорционально представленности по ступеням толщины. У каждого дерева оценивали морфометрические характеристики: высоту, диаметр ствола, количество ветвей в кроне. На высоте 1,3 м с северной стороны дерева возрастным буром отбирали керны древесины. КERN разделяли на части длиной 0,5 см, отмечая их расположение относительно сердцевины. Ширину годичных слоев в образцах определяли полуавтоматическим комплексом для распознавания годичных колец «Линтаб-6» с точностью $\pm 0,01$ мм.

Условную (базисную) плотность древесины ($\rho_{\text{усл}}$, г/см³) рассчитывали способом максимальной влажности образцов, имеющих сравнительно небольшой объем [3, 6]:

$$\rho_{\text{усл}} = \frac{1}{\frac{m_w}{m_0} - 0,346},$$

где m_w – масса образца, предельно насыщенного влагой, г; m_0 – масса абсолютно сухого образца древесины, г.

Выборки данных проверены на нормальность распределения. Асимметрия кривых распределения изменяется от $-0,71$ до $0,71$, достоверность асимметрии – от $0,45$ до $1,30$. Эксцесс кривых распределения варьирует от $-0,53$ до $-1,33$, достоверность эксцесса – от $0,49$ до $1,20$. Для проверки различий между выборками использован критерий Стьюдента при уровне значимости $p = 0,05$. Обработка данных проведена с помощью программ MS Excel 2000 и Statistica 10.

Результаты исследования и их обсуждение

Условная плотность древесины сосны в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновых изменяется в диапазоне от $0,390$ до $0,697$ г/см³. В загущенных средневозрастных, приспевающих и спелых древостоях близость к осушителю не повлияла на плотность древесины сосны (табл. 2).

Таблица 2

Условная плотность древесины сосны с учетом макроскопических показателей годичных слоев

ПП	Условная плотность*, г/см ³	Радиальный прирост*, мм	Доля поздней древесины, %
1	$0,451 \pm 0,004$	$1,56 \pm 0,08$	$26,9 \pm 0,95$
2	$0,486 \pm 0,005$	$1,20 \pm 0,06$	$31,7 \pm 1,07$
3	$0,529 \pm 0,006$	$0,98 \pm 0,05$	$35,1 \pm 0,96$
4	$0,517 \pm 0,006$	$0,96 \pm 0,08$	$33,9 \pm 0,95$
5	$0,480 \pm 0,008$	$0,89 \pm 0,18$	$32,1 \pm 0,86$
6	$0,481 \pm 0,006$	$0,62 \pm 0,08$	$30,1 \pm 0,92$
7	$0,480 \pm 0,005$	$0,70 \pm 0,04$	$31,5 \pm 0,88$
8	$0,486 \pm 0,010$	$0,84 \pm 0,04$	$30,1 \pm 0,62$

* Приведены средние значения показателей.

В средневозрастных древостоях с полнотой $0,39...0,45$ (см. табл. 1) вблизи осушителя отмечается снижение плотности древесины на 7% по сравнению с межканальным пространством. Различие значимо ($t = 5,4$ при $t_{st} = 2,0$; $F = 2,6$ при $F_{0,05} = 2,0$).

Более плотная древесина формируется в загущенных средневозрастных сосняках. При увеличении густоты древостоя в 4 раза плотность древесины сосны, растущей вблизи осушителя, возрастает на 17% , в межканальном пространстве – только на 6% ($t = 8,2$; $3,2$ соответственно при $t_{st} = 2,0$; $F = 1,8$; $1,5$ при $F_{0,05} = 2,0$). Увеличение плотности древесины сосны в результате повышения густоты древостоя обусловлено сокращением радиального прироста на $20...37\%$ и возрастанием доли поздней древесины на $2...8\%$.

В средневозрастных сосновых насаждениях отмечается тенденция увеличения плотности древесины с уменьшением ширины годичного слоя. Теснота корреляционной связи умеренная ($r = -0,45$ при $t = 4,3$). На увеличение плотности древесины с уменьшением ширины годичного слоя указывали O. Bouriaud, M. Teodosiu, A.V. Kirdeyanov, C. Wirth [14]. Выявлена значительная значимая корреляционная зависимость плотности от процента (доли) поздней древесины ($r = 0,67$ при $t = 7,9$) (рис. 1), что согласуется с результатами исследований других авторов [6, 18].

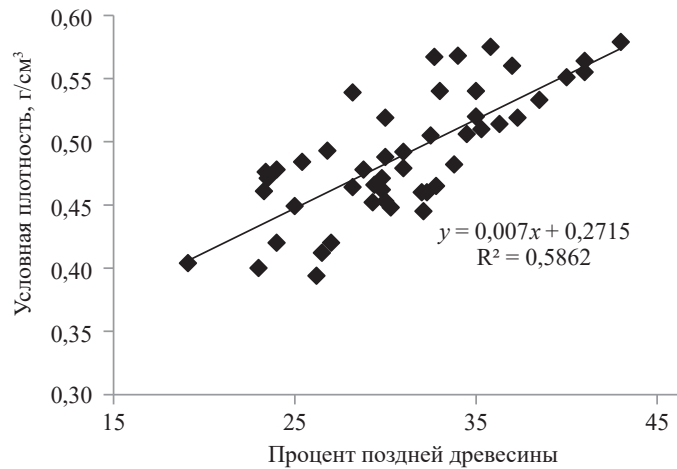


Рис. 1. Зависимость условной плотности от количества поздней древесины сосны в средневозрастных сосняках

Fig. 1. The dependence of conventional density on the number of pine late wood in middle-aged pine forests

Согласно рис. 1, при доле поздней древесины около 20 % условная плотность будет составлять около 0,400 г/см³, при 40 % и более – около 0,550 г/см³.

В древостоях старше 100 лет условная плотность древесины остается относительно стабильной – 0,480...0,486 г/см³ независимо от густоты древостоя и близости к осушителю. В приспевающих и перестойных насаждениях корреляционной связи между плотностью древесины и шириной годичного слоя, процентом поздней древесины не выявлено.

Не установлено корреляционной зависимости условной плотности древесины сосны от количества ветвей в кроне и возраста деревьев.

При анализе распределения условной плотности древесины сосны в радиальном направлении отмечается понижение ее в средней части радиуса ствола. Сравним распределение плотности древесины в поперечном сечении стволов в ступени толщины 12...16 см, которая присутствует в древостоях разных классов возраста (рис. 2).

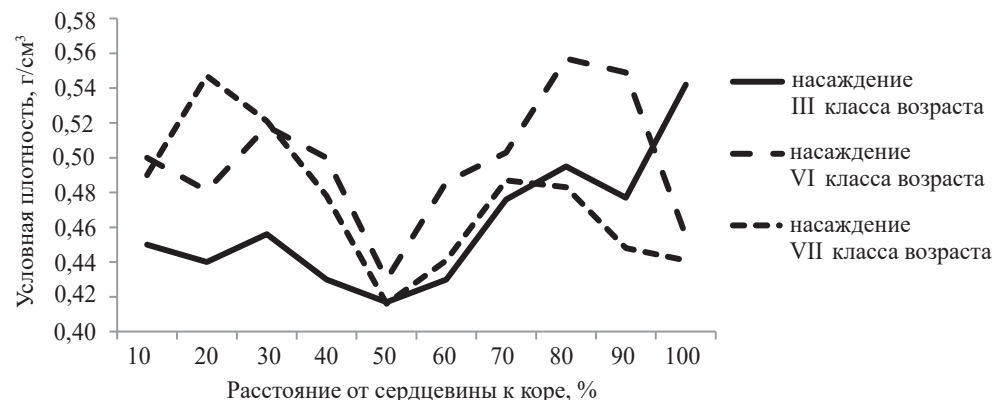


Рис. 2. Изменение плотности древесины сосны по радиусу ствола на примере деревьев ступени толщины 12...16 см в приканальной полосе (средние данные для 3–10 деревьев)

Fig. 2. The change in the pine wood density along the radius of the trunk on the example of trees with steps of thickness 12–16 cm in the canal-side forest strip (mean values for 3–10 trees)

На расстоянии, составляющем 50 % радиуса от коры, плотность древесины понижается на 16...23 % от максимального значения на периферии.

В центральной части радиуса ствола деревьев в средневозрастных насаждениях выявлено понижение плотности древесины у 67 % деревьев, в средневозрастных загущенных – у 40 %, в приспевающих – у 75 %, в спелых – у 82 % деревьев. Согласно О.И. Полубояринову [6], повышенная плотность околосердцевинной древесины связана со значительным процентом крени, с процессами ядрообразования; повышенная плотность периферийной древесины обусловлена формированием в старшем возрастном периоде более тяжелой «зрелой» древесины независимо от ширины годичного слоя. Понижение плотности внешних годовых слоев у старых деревьев зависит от формирования «перезрелой» древесины [6].

В приспевающих и спелых древостоях древесина, сформировавшаяся после проведения гидромелиорации, составляет от 5 до 20 % наружной части радиуса ствола. Значимого различия в плотности древесины до и после осушения не наблюдается.

Заключение

Условная плотность древесины сосны в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновых изменяется в диапазоне от 0,390 до 0,697 г/см³. При густоте древостоя 1451...1873 шт./га условная плотность древесины сосны вблизи осушителя сокращается на 7 % по сравнению с межканальным пространством. В загущенных насаждениях древостоев старше 100 лет удаленность от осушителя не влияет на этот показатель. В средневозрастных насаждениях при увеличении густоты древостоя в 4 раза плотность древесины сосны вблизи осушителя возрастает на 17 %, в межканальном пространстве – на 6 %. Изменение густоты древостоев старше 100 лет не влияет на условную плотность древесины сосны. Предельное значение условной плотности древесины сосны при увеличении возраста составляет 0,486 г/см³, при увеличении густоты древостоя – 0,532 г/см³. В средневозрастных сосняках плотность древесины сосны зависит от процента поздней древесины. При распределении условной плотности древесины сосны в радиальном направлении отмечается ее понижение в средней части радиуса ствола.

Полученные результаты могут быть использованы при составлении схем эффективного рационального природопользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Данилов Д.А., Беляева Н.В., Зайцев Д.А. Запас и плотность древесины насаждений сосны в черничном осушенном типе леса // Вестн. МГУЛ – Лесн. вестн. 2016. № 5. С. 142–146. [Danilov D.A., Beliaeva N.V., Zaytsev D.A. Stock and Density of Wood of Pine Tree Stand in the Dried Myrtillosum Forest Type. *Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2016, no. 5, pp. 142–146].

2. Данилов Д.А., Скупченко В.Б. Изменения в строении древесины сосны и ели на анатомическом уровне в древостоях, пройденных рубками ухода и комплексным уходом // Изв. вузов. Лесн. журн. 2014. № 5. С. 70–88. [Danilov D.A., Skupchenko V.B. Changes in the Structure of Pine and Spruce on the Anatomical Level in the Stands Passed Cutting and Complex Care. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2014, no. 5, pp. 70–88]. URL:

<http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/41d/8-izmeneniya-v-stroenii-drevesiny-sosny-i-eli-.pdf>

3. Ермакова М.В., Бессонова Т.П. Связь морфологических нарушений ствола с характеристиками древесины и размерами междуузлий у деревьев сосны обыкновенной (*PINUS SYLVESTRIS* L.) I класса возраста // Аграр. вестн. Урала. 2010. № 1(67). С. 70–71. [Ermakova M.V., Bessonova T.P. Relationship of Morphological Violations of Trunk with Description of Wood and Spear Length of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) of I Class of Age. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2010, no. 1(67), pp. 70–71].

4. Кистерная М.В., Аксененкова Я.А. Изменение анатомического строения древесины сосны под влиянием комплекса лесохозяйственных мероприятий // Изв. вузов. Лесн. журн. 2007. № 4. С. 20–26. [Kisternaya M.V., Akseenenkova Ya.A. Change of Anatomic Structure of Pine Timber under Influence of Forest Management Measures. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2007, no. 4, pp. 20–26]. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/e9a/e9aa9d4eb2d4b04001952ba4de4adc6e.pdf>

5. Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А. Качество древесины сосны в культурах. Архангельск: АГТУ, 2003. 110 с. [Melekhov V.I., Babich N.A., Korchagov S.A. *Quality of Pine Wood in Crops*. Arkhangelsk, ASTU Publ., 2003. 110 p.].

6. Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 160 с. [Poluboyarinov O.I. *Wood Density*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1976. 160 p.].

7. Рубцов В.Г., Книзе А.А. Закладка и обработка пробных площадей в осушенных насаждениях. Л.: ЛенНИИЛХ, 1974. 56 с. [Rubtsov V.G., Knize A.A. *Laying out and Treatment of Sample Plots on Drained Plantations*. Leningrad, LenNILKh Publ., 1974. 56 p.].

8. Синькевич С.М. Влияние разреживания и удобрения на качество древесины в средневозрастном сосняке // Сосново-лиственные насаждения Карелии и Мурманской области. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1981. С. 115–122. [Sin'kevich S.M. The Effect of Thinning and Fertilization on the Wood Quality in a Middle-Aged Pine Forest. *Pine Deciduous Stands in Karelia and Murmansk Region*. Petrozavodsk, Karel'skiy filial AN SSSR Publ., 1981, pp. 115–122].

9. Смирнов А.А. Влияние комплексного ухода на форму ствола и плотность древесины // Строение, свойства и качества древесины–2004: тр. IV Междунар. симп. Т. 1. СПб.: СПбГЛТА, 2004. С. 131–133. [Smirnov A.A. The Effect of Complex Care on the Trunk Shape and the Wood Density. *Wood Structure, Properties and Quality – 2004: Proceedings of the 4th International Symposium*. Vol. 1. Saint Petersburg, SPbGLTA Publ., 2004, pp. 131–133].

10. Тамби А.А., Юркова О.В., Куницкая О.А., Степанищева М.В. Исследования влияния физических свойств и строения древесины сосны на ее прочность // Системы. Методы. Технологии. 2017. № 4(36). С. 157–161. [Tambi A.A., Yurkova O.V., Kunitskaya O.A., Stepanishcheva M.V. Research of the Influence of the Physical Properties and Structure of Pine Wood on Its Strength. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. [Systems. Methods. Technologies.], 2017, no. 4(36), pp. 157–161]. DOI: 10.18324/2077-5415-2017-4-157-161

11. Тараканов А.М., Шлендева Н.А. Методические указания по контролю качества и эффективности лесосушения при лесоустройстве. Архангельск: АИЛиЛХ, 1991. 29 с. [Tarakanov A.M., Shlendeва N.A. *Methodology Guidelines for Quality Control and Efficiency of Forest Drainage in Forest Management*. Arkhangelsk, AILiLKh Publ., 1991. 29 p.].

12. Auty D., Achim A., Macdonald E., Cameron A.D., Gardiner B.A. Models for Predicting Wood Density Variation in Scots Pine. *Forestry*, 2014, vol. 87, iss. 3, pp. 449–458. DOI: [10.1093/forestry/cpu005](https://doi.org/10.1093/forestry/cpu005)

13. Beets P.N., Gilchrist K., Jeffreys M.P. Wood Density of Radiate Pine: Effect of Nitrogen Supply. *Forest Ecology and Management*, 2001, vol. 145, iss. 3, pp. 173–180. DOI: [10.1016/S0378-1127\(00\)00405-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00405-9)

14. Bouriaud O., Teodosiu M., Kirdeyanov A.V., Wirth C. Influence of Wood Density in Tree-Ring-Based Annual Productivity Assessments and Its Errors in Norway Spruce. *Biogeosciences*, 2015, vol. 12, iss. 20, pp. 6205–6217. DOI: [10.5194/bg-12-6205-2015](https://doi.org/10.5194/bg-12-6205-2015)

15. Dobner Jr. M., Huss J., Tomazello Filho M. Wood Density of Loblolly Pine Trees as Affected by Crown Thinning and Harvest Age in Southern Brazil. *Wood Science and Technology*, 2018, vol. 52, iss. 2, pp. 465–485. DOI: [10.1007/s00226-017-0983-9](https://doi.org/10.1007/s00226-017-0983-9)

16. Guller B., Isik K., Cetinay S. Variations in the Radial Growth and Wood Density Components in Relation to Cambial Age in 30-Year-Old *Pinus brutia* Ten. at Two Test Sites. *Trees*, 2012, vol. 26, iss. 3, pp. 975–986. DOI: [10.1007/s00468-011-0675-2](https://doi.org/10.1007/s00468-011-0675-2)

17. Jyske T. *The Effects of Thinning and Fertilization on Wood and Tracheid Properties of Norway Spruce (Picea abies) – The Results of Long-Term Experiments*. Dissertations Forestales 55. Helsinki, 2008. 59 p. DOI: [10.14214/df.55](https://doi.org/10.14214/df.55)

18. Kamala F.D., Sakagami H., Oda K., Matsumura J. Wood Density and Growth Ring Structure of *Pinus patula* Planted in Malawi, Africa. *IAWA Journal*, 2013, vol. 34, iss. 1, pp. 61–70. DOI: [10.1163/22941932-00000006](https://doi.org/10.1163/22941932-00000006)

19. Nyakuengama J.G., Downes G.M., Ng J. Growth and Wood Density Responses to Later-Age Fertilizer Application in *Pinus radiata*. *IAWA Journal*, 2002, vol. 23, iss. 4, pp. 431–448.

20. Peltola H., Gort J., Pulkkinen P., Gerendiain A.Z., Karppinen J., Ikonen V.-P. Differences in Growth and Wood Density Traits in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Genetic Entries Grown at Different Spacing and Sites. *Silva Fennica*, 2009, vol. 43, no. 3, pp. 339–354. DOI: [10.14214/sf.192](https://doi.org/10.14214/sf.192)

21. Sattler D.F., Finlay C., Stewart J.D. Annual Ring Density for Lodgepole Pine as Derived from Models for Earlywood Density, Latewood Density and Latewood Proportion. *Forestry*, 2014, vol. 88, iss. 5, pp. 622–632. DOI: [10.1093/forestry/cpv030](https://doi.org/10.1093/forestry/cpv030)

22. Valinger E. Effects of Thinning and Nitrogen Fertilization on Growth of Scots Pine Trees: Total Annual Biomass Increment, Needle Efficiency, and Aboveground Allocation of Biomass Increment. *Canadian Journal of Forest Research*, 1993, vol. 23(8), pp. 1639–1644. DOI: [10.1139/x93-204](https://doi.org/10.1139/x93-204)

23. Valinger E., Elfving B., Mörling T. Twelve-Year Growth Response of Pine to Thinning and Nitrogen Fertilisation. *Forest Ecology and Management*, 2000, vol. 134, iss. 1-3, pp. 45–53. DOI: [10.1016/S0378-1127\(99\)00244-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00244-3)

THE DENSITY OF PINE WOOD IN DRAINED SHRUB-SPHAGNUM PINE FORESTS

O.N. Tyukavina, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [H-2336-2019](https://orcid.org/0000-0003-4024-6833),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4024-6833>

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: o.tukavina@narfu.ru

The density of wood is a key indicator of its quality. It is necessary to identify the factors affecting the density of wood for its effective and rational use. Knowledge of the features of wood formation in various forest growing conditions will allow to provide its well-targeted production for industrial use. Determination of pine wood density was carried out in the drained shrub-sphagnum pine forests of the Arkhangelsk forestry. Linear sample plots (20 m wide) were laid out near the drainage channel and in the interchannel space at a distance of 40 m from the channel. The distance between drainage channels is 100 m. Wood cores were selected at a height of 1.3 m on the trunk shady side and divided into parts 5 mm long. The conventional wood density was determined by the method of maximum humidity of the samples with a relatively small volume. The conventional wood density of pine in the drained

shrub-sphagnum pine forests varied in the range from 0.390 g/cm³ to 0.697 g/cm³; near the drainage channel it was less in comparison with the interchannel space. The distance from the drainage channel in high-density plantations does not affect the conventional wood density. The density of pine wood in middle-aged plantations increases with increasing stand density. In mature and over-mature stands changes in the stand density do not affect the conventional wood density. The limiting values of the conventional wood density of pine are 0.486 g/cm³ with age increase and 0.532 g/cm³ with stand density increase. There is a tendency to increase the wood density with a decrease in the annual ring width. A significant correlation between the density of pine wood and the percentage of late wood was detected in middle-aged pine forests. A decrease in the wood density of the middle part of the trunk radius was found.

For citation: Tyukavina O.N. The Density of Pine Wood in Drained Shrub-Sphagnum Pine Forests. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 2, pp. 73–80. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-73-80

Keywords: drained shrubs-sphagnum pine forests, conventional wood density, stand density, hydromelioration, percentage of late wood.

Поступила 22.03.19 / Received on March 22, 2019
