Savrasova Natalia Alexandrovna - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, assistant professor of Physics and chemistry dept., MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy»; e-mail: savrasova-nataly@mail.ru

Kantieva Ekaterina Valentinovna - Candidate of Technical Sciences, assistant professor of Mechanical Woodworking dept., **FSBE**I HE «The Voronezh state university of forestry and technologies named after G. F. Morozov»; e-mail: ekantieva@mail.ru

DOI: 10.12737/article_5b24061a94a5f2.93144911
УДК 674*038.1

ВЛИЯНИЕ ВАРИАТИВНОСТИ СОСУДОВ НА КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ И ОСИНЫ В СТВОЛЕ ДЕРЕВА

доктор технических наук, доцент **А. Д. Платонов**[1]
старший преподаватель, **М. А. Михеевская**[2]
кандидат биологических наук, доцент **С. Н. Снегирева**[1]
кандидат технических наук, доцент **Т. К. Курьянова**[1]
кандидат биологических наук, доцент **А. В. Киселева**[1]
директор УОЛ**, А.Н. Топчеев**[3]

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Российская Федерация
2 – ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», Ухта, Российская Федерация
3 – УОЛ «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Российская Федерация

Элементом верхнего строения железнодорожного пути являются шпалы, которые изготавливают в основном из древесины хвойных пород. Основным недостатком этих шпал является малый срок службы, качество пропитки и истощенная сырьевая база. Для увеличения срока эксплуатации деревянных шпал, повышения их биостойкости и формоустойчивости необходимо сырье для производства шпал подвергнуть пропитке составом антисептика и стабилизатора, т.е. провести термомеханическую модификацию древесины. Исходя из объемного запаса древесных пород целесообразно для производства модифицированной древесины использовать древесину березы и осины, как одних из самых распространенных рассеяннососудистых мягких лиственных древесных пород на территории РФ. Качество модифицированной древесины во многом зависит от количества введенного антисептика со стабилизатором и степени уплотнения древесины. Реализация технологии производства модифицированной древесины возможна на основе сведений о характере изменения количества и параметров основных проводящих анатомических элементов древесины рассеяннососудистых мягких лиственных пород - сосудов. Изменения в анатомическом строении древесины лежат в основе колебания показателей качества древесины – плотности и прочности. В результате выполненного исследования установлено изменение количества сосудов и диаметра их полостей в древесине березы и осины по высоте ствола. Это позволит определить расход пропитывающего вещества и разработать рациональные режимы прессования древесины (степени прессования) в зависимости от места положения сортимента в стволе дерева с целью получения однородного по качеству материала для производства шпал из модифицированной древесины.

Ключевые слова: древесина осины и березы, сосуд, анатомическая структура**,** плотность, поростость, влажность, ствол, шпала

THE INFLUENCE OF VESSELS VARIABILITY ON WOOD QUALITY OF BIRCH AND ASPEN IN THE TRUNK OF THE TREE

DSc (Engineering), Associate Professor **A.D. Platonov** [1]
Senior lecturer, **M. A. Mikheevskaya**[2]
PhD (Biology), Associate Professor **S.N. Snegireva** [1]
PhD (Engineering), Associate Professor **T. K. Kuryanova**[1]
PhD (Biology), Associate Professor **A.V. Kiseleva**[1]
Director of TaEF**, A.N. Topcheev**[3]

1 – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation
2 – FSBEI HE «Ukhta State Technical University», Ukhta, , Russian Federation
3 – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation

Abstract

The elements of the upper structure of the railway track are sleepers, which are mainly made of coniferous wood. The main disadvantage of these sleepers is short service life, quality of impregnation and depleted raw materials base. To increase the service life of wooden sleepers, increase their biostability and form stability, raw materials for the production of sleepers must be impregnated with a composition of antiseptic and stabilizer, i.e. thermomechanical modification of wood should be made. Proceeding from the voluminous stock of wood species, it is advisable to use birch and aspen wood for production of modified wood, as one of the most widespread diffuse-porous softwood deciduous trees in the territory of the Russian Federation. The quality of the modified wood largely depends on the amount of antiseptic introduced with the stabilizer and the degree of wood compaction. The implementation of the technology for the production of modified wood is possible on the basis of information on the nature of the change in quantity and parameters of the main conductive anatomical elements (vessels) of diffuse-porous softwood deciduous trees. Changes in anatomical structure of wood are the basis for fluctuations in the quality of wood - density and strength. As a result of the performed study, a change in the number of vessels and diameter of their cavities in birch and aspen wood along the trunk height has been established. This enables to determine the consumption of impregnating substance and develop rational wood pressing regimes (degree of pressing), depending on the position of assortment in the tree trunk, in order to obtain a homogeneous material for the production of sleepers from modified wood.

Keywords: aspen and birch wood, vessel, anatomical structure, density, porosity, moisture content, trunk, sleepers.

В настоящее время сырьем для производства шпал являются хвойные породы, в основном сосна. Основным барьером при выборе деревянных шпал является малый срок службы, качество пропитки и истощенная сырьевая база. В тоже время, на лесосеках России ежегодно сгнивает большое количество древесины мягких лиственных пород (береза, осина, ольха, тополь и др.). Плотность, а, следовательно, и прочность у некоторых из этих пород ниже, чем у хвойных и их относят к низкому классу биостойкости. Но повышение плотности может быть достигнуто прессованием древесины, а биостойкости и формоустойчивости пропиткой древесины составом антисептика со стабилизатором. В связи с этим возникает необходимость создания нового высокотехнологичного ресурсосберегающего производства железнодорожных шпал из модифицированной древесины с улучшенными эксплуатационными показателями (прочность, биостойкость, формоустойчивость, износостойкость), превосходящего существующие производства. Изготовленные из модифицированной древесины лиственных пород шпалы с качественной пропиткой по своим физико-механическим показателям не уступают шпалам из натуральной хвойной древесины. Прогнозируемый срок службы шпал из модифици-

рованной древесины может быть существенно выше, чем у деревянных шпал из натуральной хвойной древесины [2].

Технология изготовления модифицированной древесины включает процесс пропитки и прессования. Качество модифицированной древесины зависит от количества введенного антисептика со стабилизатором [3]. Реализация технологии пропитки и уплотнения древесины возможна на основе сведений о характере изменения анатомических элементов. Изменения в анатомическом строении древесины лежат в основе колебания показателей качества древесины – плотности и прочности. Поэтому для объяснения изменения плотности внутри ствола дерева, прежде всего, необходимо увязать эти изменения с вариативностью размеров сосудов и их количеством [7, 10].

Рассеянососудистые породы имеют мелкие сосуды диаметром до 100 мкм, которые не закупорены органическими веществами, что и обусловливает высокую проницаемость этих пород [9]. Равномерное распределение сосудов в годичном слое образует капиллярную систему, также равномерно расположенную по всей поверхности древесины [1].

Увеличение плотности древесины при прессовании происходит в основном за счет сжатия полостей сосудов. Остальные анатомические элементы древесины, образующие механическую и запасающую ткань имеют постоянные размеры, небольшой объем полостей и при прессовании почти не изменяют своей формы [5].

Поэтому целью исследования является изучение вариативности количества основных проводящих элементов (сосудов и диаметра их полостей по высоте ствола), и влияние их на плотность и поростость.

Результаты проведенной работы необходимы:

- для создания рациональных режимов прессования древесины (степени прессования) в зависимости от местоположения сортимента по высоте ствола с целью получения однородного по качеству материала для производства шпал из модифицированной древесины;

- для определения расхода пропитывающего вещества с целью повышения биостойкости и формоустойчивости модифицированной древесины при производстве железнодорожных шпал и столбов ЛЭП в зависимости от места положения сортимента в стволе дерева.

Проведение экспериментов осуществлялось на образцах древесины, выпиленных из модельных деревьев лиственных рассеяннососудистых пород – берёзы бородавчатой (или повислой - *B. Pendula* Roth) и осины (*Popylus tremula* L.) - самая распространенная древесная порода на территории РФ [1, 7]. Отбор модельных деревьев для исследования был произведен согласно требований ГОСТ 16483.6-80 «Древесина. Метод отбора модельных деревьев и кряжей для определения физико-механических свойств древесины насаждений». Исходя из требований ГОСТа модельные деревья исследуемых пород выбирали из числа деревьев, которые по величине диаметра (26 см и более) удовлетворяют требованиям, предъявляемым к лесоматериалам, идущим на изготовление шпал.

Выбранные модельные деревья для проведения исследования были разрезаны на кряжи. Из каждого дерева было выпилены диски толщиной 3,0-3,5 см через один метр длины. Затем были выпилены образцы древесины для изготовления микросрезов. Перед приготовлением микросрезов, образцы древесины выдерживались в растворе глицерина и спирта в соотношении 1:1 в течение 24 ч. Это позволяет исключить возможность образования пузырьков воздуха и снизить твердость древесины березы и осины для работы на микротоме. Срезы древесины делали на санном микротоме марки МС-1 в поперечном сечении. Исследование микроструктуры древесины выполнено при помощи микроскопа марки «Биолам» с объектив 4^x и насадкой для цифрового фотоаппарата марки *Canon Power Shot A620*. Для обработки полученных фотографий микроструктуры древесины использована программа *Image Tool v. 300*, позволяющая производить измерение линейных размеров микрообъектов.

Исследование плотности древесины по сечению ствола были выполнены в соответствии с ГОСТ 16483.1-84. Из дисков были изготовлены

малые чистые образцы для исследования плотности размером 20×20×30 мм, последний вдоль волокон.

Поростость древесины – это объем внутренних пустот (полостей клеток и межклеточных пространств). Выражается поростость в процентах от объема древесины в абсолютно сухом состоянии. Зная плотность древесинного вещества и плотность древесины в абсолютно сухом состоянии можно определить величину поростости по формуле (1) [4]

$$П = \left(1 - \frac{\rho_о}{\rho_{д.в.}}\right) \cdot 100 \ \%, \qquad (1)$$

где V_0 и $V_{д.в.}$ – соответственно объёмы образца и

содержащегося в нем древесинного вещества при влажности $W = 0$ %.

ρ_o – плотность древесины в абсолютно сухом состоянии, кг/м^3;

$\rho_{д.в.}$ – плотность древесинного вещества, кг/м^3.

Результаты исследования вариативности количества сосудов и их диаметров по высоте ствола древесины березы и осины представлены на рис. 1-2 и в табл. 1.

На основании данных представленных в табл. 1 и рис. 1-2, можно сделать следующие выводы:

- количество сосудов в древесине березы увеличивается от комлевой части к вершине в 2,71 раза; а в древесине осины увеличивается незначительно - на 5,4 %;

- диаметры полостей сосудов уменьшаются от комлевой части к вершинной, в древесине березы от в среднем на 25 % с незначительными колебаниями диаметров по высоте ствола, на которые могут влиять изменения почвенно-климатических условий; в древесине осины диаметр сосудов уменьшается в среднем на 20 %.

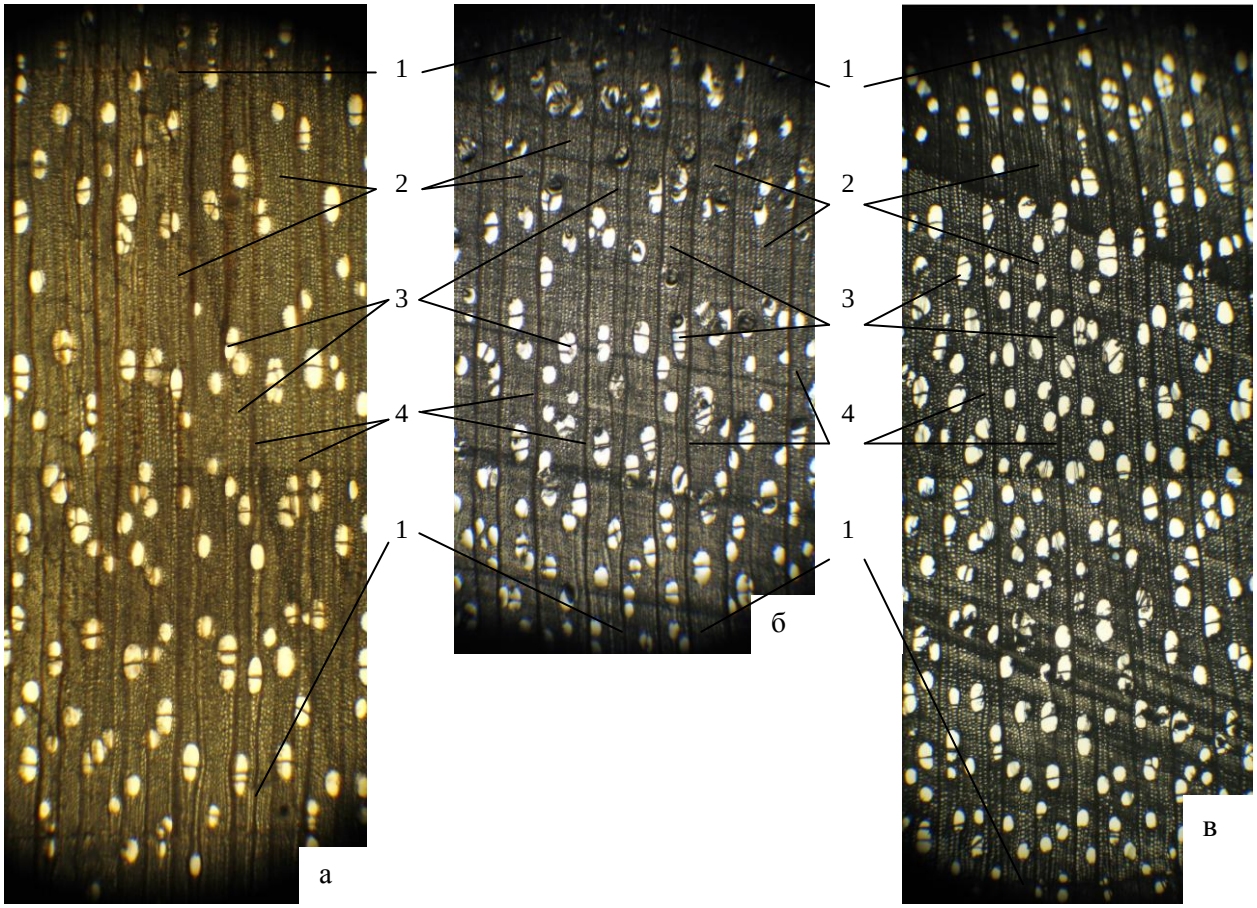
Вариативность количества сосудов и диаметров их полостей изменяют поростость древесины березы от 61 % комлевой части, до 69 % в вершинной; в древесине осины от 66 % в комлевой части до 73 % в вершинной.

Исследования микроструктуры древесины березы и осины по высоте ствола позволяют сделать вывод о том, что количество и размер полостей сосудов будут определять различие плотности внутри ствола рассеяннососудистых пород. Кроме основных факторов вариативности микроструктуры древесины, определяющих закономерности изменения плотности древесины внутри ствола, необходимо учитывать и нагрузки статические и динамические на стоящее дерево [6, 8]. Сопротивление сжимающим усилиям от веса ствола и кроны испытывает комлевая древесина, поэтому прочность её самая высокая в столе дерева. Сопротивление изгибающим нагрузкам от воздействия ветра испытывает ствол дерева, поэтому самая прочная древесина по сечению на поверхности ствола.

Таблица 1

Вариативность количества сосудов и диаметров их полостей в древесине березы и осины по высоте ствола

Высота h, м	Количество сосудов на 1 мм^2 поперечного среза, шт		Средний диаметр полостей сосудов, мкм	
	Береза	Осина	Береза	Осина
1	21	130	62,22	47,23
2	30	131	64,67	41,15
3	39	134	67,02	38,77
4	42	136	59,43	36,99
5	42	135	50,16	38,23
6	47	136	43,22	37,05
7	50	136	47,62	37,20
8	53	137	48,98	38,11
9	57	137	50,47	38,62



а, б, в – высота 0,1 м, 4 м, 9 м; 1 – граница годичного слоя; 2 – механическая ткань (волокна либриформа, волокнистые трахеиды); 3 – проводящая ткань (сосуды, сосудистые трахеиды); 4 – запасающая ткань (сердцевинный луч)

Рис. 1. Микроструктура древесины березы на высоте ствола 0,1 м, 4 м и 9 м (Ув. 4^x)

Таблица 2

Влажность, плотность и поростость древесины берёзы по высоте ствола

Высота ствола *h*, м	Влажность *W*, %	Плотность ρ, кг/м^3			Поростость *П*, %
		плотность по высоте при начальной влажности, ρ_w	при нормализованной влажности, ρ_{12}	в абсолютно сухом состоянии, ρ_0	
1	52,0	789,2	657,6	616,6	59,7
2	52,5	788,5	657,1	609,0	60,2
3	50,2	785,0	665,2	601,6	60,7
4	50,4	759,0	643,2	580,3	62,1
5	54,1	740,4	611,5	591,3	61,4
6	56,9	752,1	587,6	576,6	62,3
7	66,0	720,1	583,0	567,1	62,9
8	67,6	711,2	547,0	565,0	63,1
9	62,5	700,9	531,0	568,4	62,8

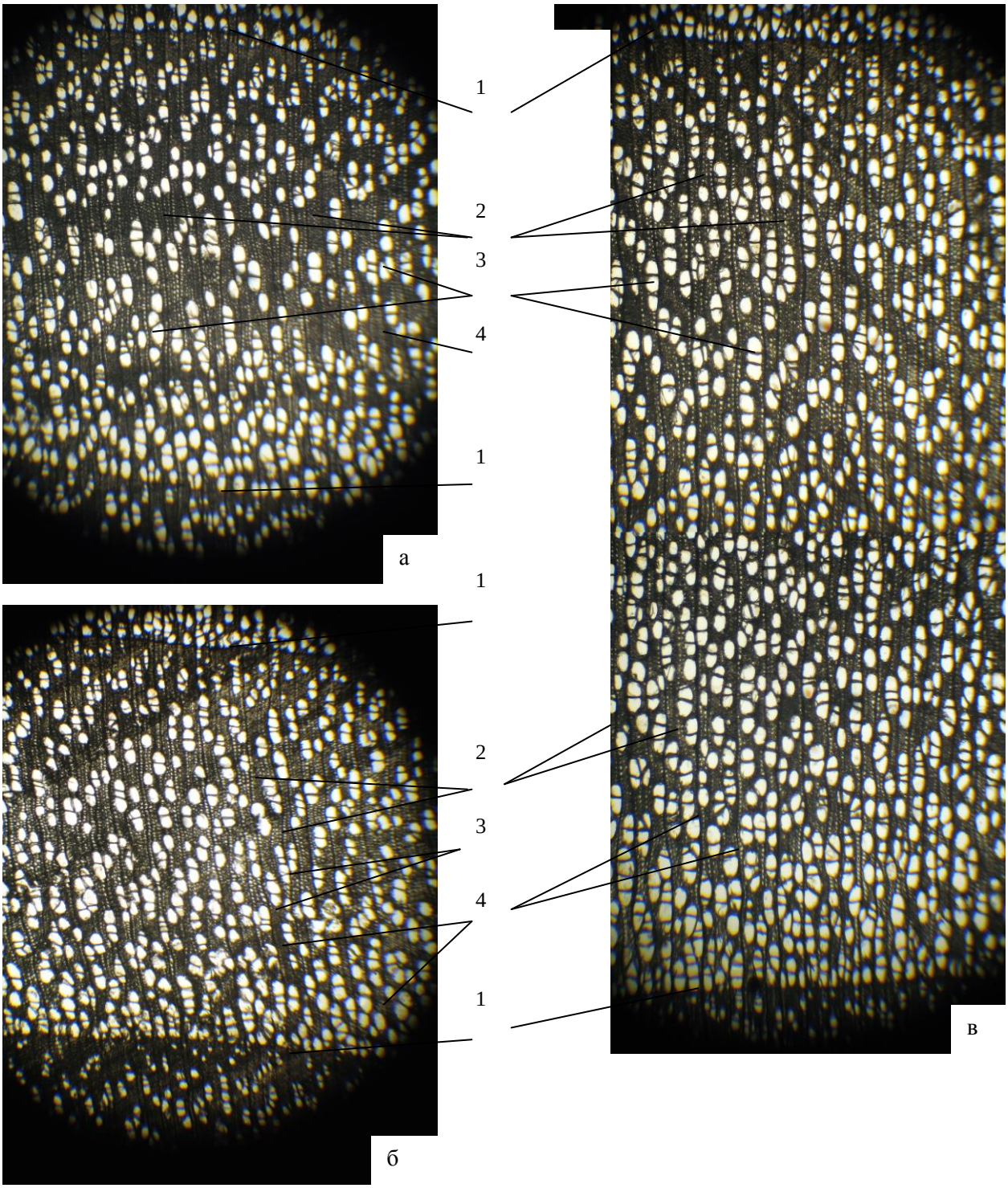
Определение плотности и влажности древесины по высоте ствола выполнено на чистых малых образцах. Результаты исследования влажности, плотности и поростости древесины березы по высоте ствола представлены в табл. 2.

Плотность древесины березы при начальной и нормализованной влажности изменяются по высоте ствола. Уменьшение плотности от комлевой части к вершине составляет в среднем 14,0 кг/м^3 или 2,12 % на каждый метр по высоте. Влажность древесины возрастает по высоте ствола в среднем на 20 %. Анализ данных табл. 2 показывает, что поростость древесины березы от комлевой части к вершине возрастает по высоте ствола в среднем на 0,35 % на каждый метр. Результаты исследования влажности, плотности и поростости древесины осины представлены в табл. 3.

Таблица 3

Влажность, плотность и поростость древесины осины по высоте ствола

Высота ствола *h*, м	Влажность *W*, %	Плотность ρ, кг/м^3			Поростость *П*, %
		плотность по высоте при начальной влажности, ρ_w	при нормализованной влажности, ρ_{12}	в абсолютно сухом состоянии, ρ_0	
1	75,6	690,3	450,6	464,1	69,7
2	79,8	729,0	476,5	450,8	70,5
3	83,7	702,7	459,3	434,5	71,6
4	86,5	680,9	445,2	421,2	74,0
5	88,5	669,7	440,6	416,8	72,8
6	88,9	649,4	432,9	409,5	73,2
7	92,4	636,7	427,3	404,2	73,6
8	91,7	623,1	421,0	398,3	74,0
9	94,1	613,2	417,1	394,6	74,2



а, б, в – высота 1 м, 4 м, 9 м; 1 – граница годичного слоя; 2 – механическая ткань (волокна либриформа, волокнистые трахеиды); 3 – проводящая ткань (сосуды, сосудистые трахеиды); сосуд; 4 – запасающая ткань (сердцевинный луч)

Рис. 2. Микроструктура древесины осины на высоте ствола 1 м, 4 м и 9 м (Ув. 4^{x})

Из табл. 3 видно, что плотность древесины осины в абсолютно сухом состоянии уменьшается по высоте от комля к вершине на 7,7 кг/м^3 или на 1,6 %, на каждый метр. Самая прочная древесина находится в комлевой части. Данные о вариативности плотности в стволе дерева являются фактором качества сортиментов, полученных из различных частей ствола, которые будут учитываться при раскряжевке ствола на заготовки для производства шпал. Влажность древесины осины возрастает по высоте ствола на 25 %.

Анализ данных представленных в табл. 3 показывает, что поростость древесины осины возрастает от комлевой части к вершине в стволе в среднем на 0,5 % на каждый метр. Изменение поростости по высоте ствола объясняет уменьшение плотности от комлевой части к вершинной. Изменение поростости в стволе дерева будет влиять на степень поглощения пропитывающих растворов сортиментами, расположенными в различных частях ствола. Кроме того, в зависимости от поростости сортиментов, выпиленных из различных частей ствола, будет определяться их местоположение в пресс-форме для получения шпал из модифицированной древесины березы и осины с однородными свойствами, которые зависят от степени прессования.

Выводы

1. Исследована вариативность сосудов древесины березы и осины по высоте ствола и установлено, что:

- количество сосудов в древесине березы увеличивается от комлевой части к вершине в 2,71 раза; в древесине осины увеличивается незначительно - на 5,4 %;

- диаметры полостей сосудов уменьшаются от комлевой части к вершинной (высота 9 м), в древесине березы в среднем на 25 % с незначительными колебаниями диаметров по высоте ствола, которые могут влиять на изменения почвенно-климатических условий; в древесине осины диаметр сосудов уменьшается в среднем на 20 %.

2. Исследована изменчивость влажности, плотности и поростости древесины березы и осины в стволе дерева. Установлено, что:

- влажность повышается от комлевой части к вершинной, в среднем на 15 % для берёзы и на 20 % для осины;

- плотность понижается в среднем от комля к вершине на 15,2 кг/м^3 или 2,11 % на каждый метр у древесины березы и на 8,52 кг/м^3 или 1,24 % у древесины осины;

- поростость древесины березы возрастает от комлевой части ствола к вершине в среднем на 0,35 %, осиныы 0,5 % на каждый метр.

Исследование вариативности количества и размеры полостей сосудов обосновывает изменение плотности и поростости древесины по высоте ствола. Для обеспечения однородности шпал по качеству необходимо учитывать местоположение сырья в стволе дерева. Это позволит обосновать параметры технологического процесса модификации древесины по степени прессования и количество пропитывающего раствора.

Работа выполнена в рамках проекта госзадания № 11.3960.2017/4.6.

Библиографический список

1. Полубояринов, О. И. Плотность древесины [Текст] / О. И. Полябояринов. − М. : Лесн. пром-сть, 1976. − 160 с.

2. Состояние вопроса производства и эксплуатации железнодорожных шпал из различных материалов [Текст] / Т. К. Курьянова, А. Д. Платонов, М. А. Михеевская, Д. А. Паринов и др. // Лесотехнический журнал. – 2017. -Т.7.- № 4 (28). – С. 157-166.

3. Теоретические основы получения модифицированной древесины [Текст] / Т.К. Курьянова, А.Д. Платонов, М. А. Михеевская, С.Н. Снегирева и др. // Лесотехнический журнал. – 2018. -Т.8.- № 1(29). – С. 146-154.

4. Уголев, Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения [Текст] : учеб. / Б. Н. Уголев. – 3 изд., перераб. и доп. – М. : МГУЛ, 2007. – 340 с.

5. Хухрянский, П. Н. Прессование древесины [Текст] / П. Н. Хухрянский // 2-е издание исправленное и доп. – М.: Лесная промышленность. 1964 – 361 с.

6. Чудинов, Б. С. Вода в древесине [Текст] / Б. С. Чудинов. – Новосибирск : Наука, 1984. – 270 с.

7. Яценко-Хмелевский, А. А. Анатомическое строение основных лесообразующих пород СССР [Текст] / А. А. Яценко-Хмелевский, К. И. Кобак. − Л. : ЛТА, 1978. − 63 с.

8. Leclercq A, Riboux A, Jourez B (2001) Anatomical characteristics of tension wood and opposite wood in young inclined stems of poplar (*Populus euramericana* cv ‘Ghoy’). Iawa Дж 22:133-157.

9. Minzhen Bao, Xianai Huang, Yahui Zhang, Wenji Yu, Yanglun Yu (2016). Effect of density on the hygroscopicity and surface characteristics of hybrid poplar compreg. Journal of Wood Science. Vol. 62, pp 441–451.

10. Zhu RX, Yu WJ (2010) Effect of density on physical and mechanical properties of reconstituted small-sized bamboo fibrous sheet composite. Adv Mater Res 150:634–639.

References

1. Poluboyarinov O. I. *Plotnost' drevesiny* [Плотность древесины]. − M. : Lesnaya promyshlennost', 1976. p. 160.

2. Kur'yanova T. K., Platonov A. D., Mikheevskaya M. A., Parinov D. A., Safonov A. O., Mozgovoy N. V., Pervakova E. A. *Sostoyanie voprosa proizvodstva i ekspluatatsii zheleznodorozhnykh shpal iz razlichnykh materialov* [Состояние вопроса производства и эксплуатации железнодорожных шпал из различных материалов]. *Lesotekhnicheskiy zhurnal*. 2017. Т.7. № 4 (28). pp. 157-166.

3. Kur'yanova T. K., Platonov A. D., Mikheevskaya M. A., Snegireva S.N., Pervakova E.A. *Teoreticheskie osnovy polucheniya modifitsirovannoy drevesiny* [Теоретические основы получения модифицированной древесины]. *Lesotekhnicheskiy zhurnal*. 2018. Т.8. № 1 (29). pp. 146-154.

4. Ugolev B. N. *Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedeniya* [Древесиноведение с основами лесного товароведения] 3 izd., pererab. i dop. – M. : *MGUL*, 2007. p. 340.

5. Khukhryanskiy P. N. *Pressovanie drevesiny* [Прессование древесины]. 2-e izdanie ispravlennoe i dop. *M.*: *Lesnaya promyshlennost'*. 1964. p. 361.

6. Chudinov, B. S. *Voda v drevesine* [Вода в древесине]. – *Novosibirsk : Nauka*, 1984. p. 270.

7. Yatsenko-Khmelevskiy A. A, Kobak K. I. *Anatomicheskoe stroenie osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod SSSR* [Анатомическое строение основных лесообразующих пород СССР].. − *L.* : *LTA*, 1978. p. 63.

8. Leclercq A, Riboux A, Jourez B (2001) Anatomical characteristics of tension wood and opposite wood in young inclined stems of poplar (*Populus euramericana* cv ‘Ghoy’). Iawa Dg 22:133-157.

9. Minzhen Bao, Xianai Huang, Yahui Zhang, Wenji Yu, Yanglun Yu (2016). Effect of density on the hygroscopicity and surface characteristics of hybrid poplar compreg. Journal of Wood Science. Vol. 62, pp 441–451.

10. Zhu RX, Yu WJ (2010) Effect of density on physical and mechanical properties of reconstituted small-sized bamboo fibrous sheet composite. Adv Mater Res 150:634–639.

Сведения об авторах

Платонов Алексей Дмитриевич – заведующий кафедрой древесиноведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, доцент; г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: aleksey66@yandex.ru

Михеевская Марина Александровна – старший преподаватель кафедры технологии и машин лесозаготовок Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет»; г. Ухта, Российская Федерация; e-mail: voronin.mary@yandex.ru

Снегирева Светлана Николаевна – доцент кафедры древесиноведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат биологических наук, доцент; г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vgltawood@yandex.ru

Курьянова Татьяна Казимировна – доцент кафедры древесиноведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, доцент; г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vgltawood@yandex.ru

Киселева Александра Владимировна – доцент кафедры древесиноведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, доцент; г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: avk50@yandex.ru

Топчеев Андрей Николаевич – директор Учебно-опытного лесхоза Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, доцент; г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: uol.topcheev@gmailcom

Information about the author

Platonov Aleksei Dmitrievich – Head of the Chair of Wood Science of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov", Doctor of Engineering, Associate Professor; Voronezh, Russian Federation; e-mail: aleksey66@yandex.ru

Mikheevskaya Marina Aleksandrovna - Senior lecturer of the Chair of Technologies and Machines of loggingwok of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ukhtinsky State Technical University"; Ukhta, Russian Federation; e-mail: voronin.mary@yandex.ru

Snegireva Svetlana Nikolaevna – Associate Professor of the Chair of Wood Science of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov", Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; Voronezh, Russian Federation; e-mail: vgltawood@yandex.ru

Kuryanova Tatyana Kazimirovna – Associate Professor of the Chair of Wood Science of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov", Candidate of Technical Sciences, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vgltawood@yandex.ru

Kiseleva Aleksandra Vladimirovna – Associate Professor of the Chair of Wood Science of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov", Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Voronezh, Russian Federation; e-mail: avk50@yandex.ru

Topcheev Andrey Nikolaevich – Head of UOL of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov", Candidate of Technical Sciences, Associate Professor ; e-mail: uol.topcheev@gmailcom