

УДК 630.812

UDC630.812

СВЯЗЬ ГИСТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА С ШИРИНОЙ ГОДИЧНОГО СЛОЯ РАЗНЫХ ТИПОВ ДРЕВЕСИНЫ

INTERCONNECTION BETWEEN HISTOLOGICAL STRUCTURE AND RATE OF GROWTH OF DIFFERENT WOOD TYPES

Косиченко Николай Ефимович
д.б.н., профессор

Kosichenko Nikolay Efimovich
Dr.Sci.Biol., professor

Вариводина Инна Николаевна
к.т.н., доцент

Varivodina Inna Nikolaevna
Cand.Tech.Sci., associate professor

Неделина Надежда Юрьевна
аспирант
Воронежская Государственная Лесотехническая Академия, Воронеж, Россия

Nedelina Nadezhda Jurievna
postgraduate student
Voronezh state academy of forestry and technologies, Voronezh, Russia

В статье дан обзор результатов определения гистологического состава древесины разных типов в зависимости от ширины годичного слоя. Обсуждается тесная связь гистологического состава с физико-механическими свойствами древесины

In the article, the review of definition of results of wood histological structure of different types, depending on the rate of growth is given. The close interconnection between histological structure and physically-mechanical properties of wood are discussed

Ключевые слова: ШИРИНА ГОДИЧНОГО СЛОЯ, ГИСТОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ДРЕВЕСИНА, ИНТЕГРАЦИОННЫЙ ОКУЛЯР, МИКРОСРЕЗ, АНАТОМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ

Keywords: RATE OF GROWTH, HISTOLOGICAL STRUCTURE, WOOD, INTEGRATION OCULAR, MICROSECTIONS, ANATOMIECAL ELEMENTS

В древесиноведении различают 3 типа древесины: древесина хвойных, лиственных рассеянососудистых и лиственных кольцесосудистых. С возрастом у всех трех типов древесины ширина годичного слоя уменьшается. У хвойных и кольцесосудистых лиственных годичный слой состоит из двух частей - ранней и поздней древесины. Ранняя древесина (внутренняя) обращена к сердцевине, светлая и мягкая; поздняя (наружная) обращена к коре, темная и твердая. Ранняя древесина образуется в начале лета и служит для проведения воды вверх по стволу. Поздняя древесина откладывается к концу лета и выполняет в основном механическую функцию [3]. От количества поздней древесины зависят ее плотность и механические свойства.

Гистологический состав древесины изучали в зависимости от ширины годичного слоя, так как с возрастом дерева происходит редукция

годового слоя и при этом изменяется соотношение между ранней и поздней древесиной и содержанием отдельных элементов в ней. Как показали ранее проведенные исследования [2], у древесных пород различного эволюционного уровня развития этот процесс протекает по-разному.

Ширина годового слоя у хвойных и у лиственных кольцесосудистых складывается из протяженности зон ранней и поздней древесины. У хвойных, от сердцевины по радиусу ствола (в течение всего онтогенеза) ширина поздней части древесины остается почти неизменной, а у лиственных кольцесосудистых, напротив – ширина ранней части.

Объяснение этим явлениям кроется в особенностях структурной специализации, эволюционной подвинутости и доли участия элементов в составе древесины. Как известно, у хвойных древесина в основном состоит из трахеид – примитивных водопроводящих элементов. Специализированные опорные (механические) ткани в древесине голосеменных отсутствуют. Их роль у прогрессивных таксонов, обитание которых мало связано с водной средой, выполняют поздние трахеиды, локализованные в поздней части годового слоя (поздняя древесина).

Вполне закономерно, что ширина поздней части годового слоя древесины хвойных, состоящей из толстостенных, узкопросветных трахеид и выполняющих опорную функцию, будет являться эволюционно молодым прогрессивным признаком и находиться под жестким генетическим контролем, мало варьировать в онтогенезе. В связи с этим редукция годового слоя у хвойных происходит за счет ранней его части, а ширина поздней зоны древесины на протяжении всего онтогенеза изменяется в меньшей степени.

У наиболее высокоорганизованных в эволюционном отношении древесных пород – лиственных кольцесосудистых, наблюдается противоположная картина формирования структуры древесины в

онтогенезе. В составе поздней древесины, господствующей по объему, преобладают специализированные опорные ткани (либриформ) и толстостенные трахеиды. Функция водопроведения сосредоточена в узкой ранней части древесины, сложенной из 1-2 рядов крупных, высокоспециализированных сосудов. У кольцесосудистых ширина ранней древесины в онтогенезе изменяется незначительно, мало подвержена влиянию экологических факторов, находится под жестким генетическим контролем, а годичный слой редуцируется в результате уменьшения ширины поздней древесины.

У рассеянососудистых лиственных годичный прирост древесины, в большинстве случаев, не разделяется на раннюю и позднюю зоны. Как и в древесине хвойных, уменьшение ширины годичного слоя обуславливает повышение плотности древесины. Следует полагать, что у рассеянососудистых видов редукция годичного слоя проходит за счет зоны ранней древесины. Поздняя древесина, отличающаяся меньшей пористостью и преобладанием толстостенных элементов, более приспособленных к механической функции, контролируется генотипом.

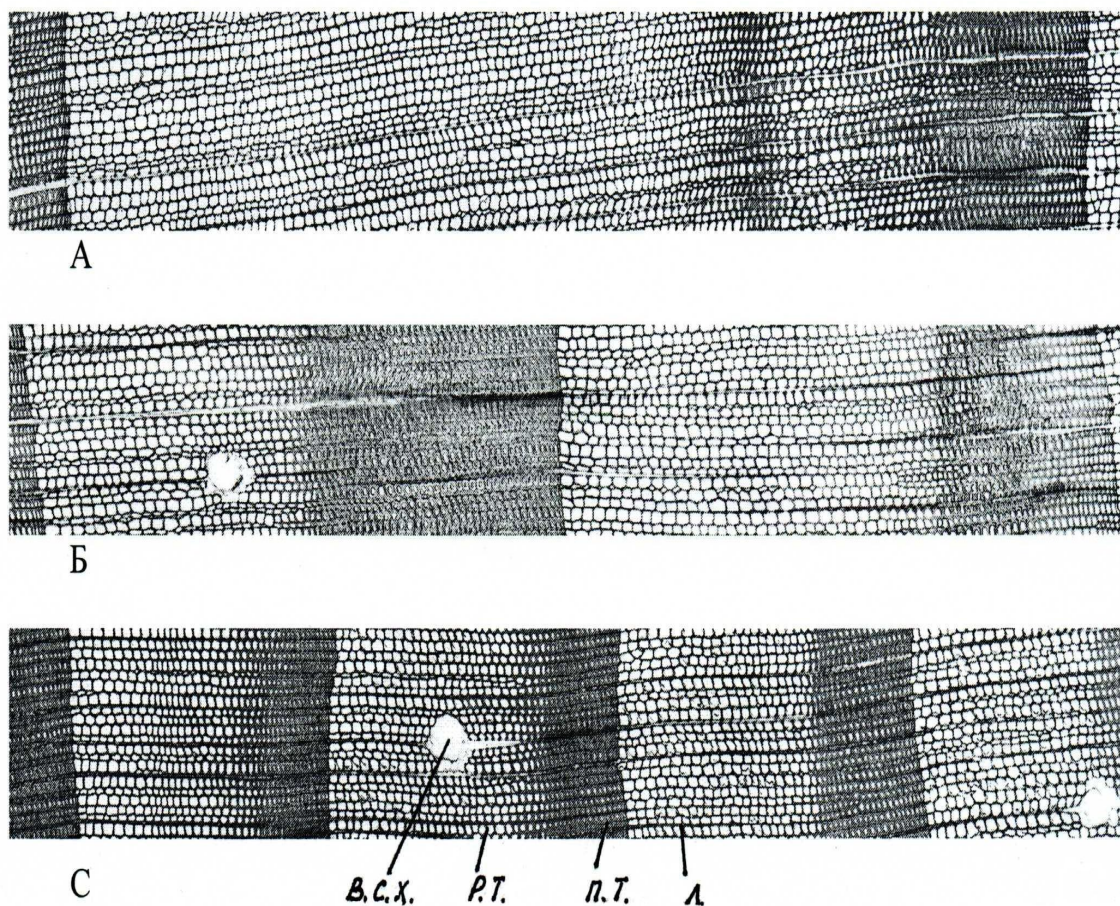
При сравнении структурных и технических свойств древесины с шириной годичного кольца необходимо применять для анализа одинаковый во всех случаях, минимально возможный объем образца – годичный слой древесины. При таком подходе показатели физических свойств древесины (в частности плотность) будут характеризоваться высоким коэффициентом вариации, как и ширина годичного кольца.

Гистологический состав древесины анализировали с помощью точечного интеграционного окуляра и электрического счетчика форменных элементов крови СФК–МИНИЛАБ. Данный метод анализа предложили немецкие исследователи Хёстер и Шпринг для определения гистологического состава растительных тканей, использованный нами применительно к годичным слоям древесины.

В одном поле зрения производится подсчет 100 точек, с распределением их по учитываемым элементам древесины, при четырех положениях линий окуляра (горизонтальное, $+45^0$, вертикальное, $+45^0$), что достигается поворотом окуляра вокруг продольной оси. Всего вдоль годичного слоя проводили подсчет элементов древесины в 10 полях зрения, что обеспечивало 1000 учетных точек на микроструктуру одного годичного слоя. Точность определения гистологического состава древесины по данному методу составляет около 1 %.

Для анализа гистологического состава древесины выбрали типичных представителей хвойных и лиственных пород – сосну обыкновенную, березу повислую, дуб черешчатый, образцы древесины, которых разделены на 3 группы по ширине годичного слоя: широкослойные, среднеслойные, узкослойные. Микросрезы готовили на микротоме и использовали для приготовления временных (помещенных в глицерин) и постоянных (в канадский бальзам) микропрепаратов [4].

Хвойные породы являются голосеменными растениями, менее развитыми в эволюционном отношении, чем представители покрытосеменных лиственных пород. Древесина сосны обыкновенной (рис. 1) отличается простым строением и радиальным расположением основных элементов.



А – широкослойная; Б – среднеслойная; С – узкослойная
 р.т. – ранние трахеиды; п.т. – поздние трахеиды; в.с.х. – вертикальный
 смоляной ход; л. – сердцевинный луч

Рисунок 1. Древесина сосны обыкновенной (поперечный срез, 10*).

В таблице 1 приведен гистологический состав древесины сосны обыкновенной, а в таблице 2 – размеры ее анатомических элементов, который были измерены с помощью винтового окуляра.

Таблица 1 – Процентное соотношение элементов древесины сосны в зависимости от ширины годичного слоя

Число годичных слоев в 1 см	Ранние трахеиды	Поздние трахеиды	Вертикальный смоляной ход	Сопровождающая паренхима	Сердцевинные лучи
11,5	64,9	28,9	0,5	0,4	5,3
5,5	67,5	26,2	0,8	0,5	5,0
2,5	74,4	18,8	1,1	0,6	5,1

Таблица 2 – Размеры элементов древесины сосны, мкм

Элементы древесины	Ранние трахеиды	Поздние трахеиды	Вертикальный смоляной ход, диаметр	Сердцевинный луч	Древесная паренхима
Поперечник					
тангентальный	34,8±0,87	31,6±0,79	156±3,9	8,2±0,21	20,5±0,51
радиальный	39,8±0,99	18,6±0,46	160±4,1		22,3±0,56

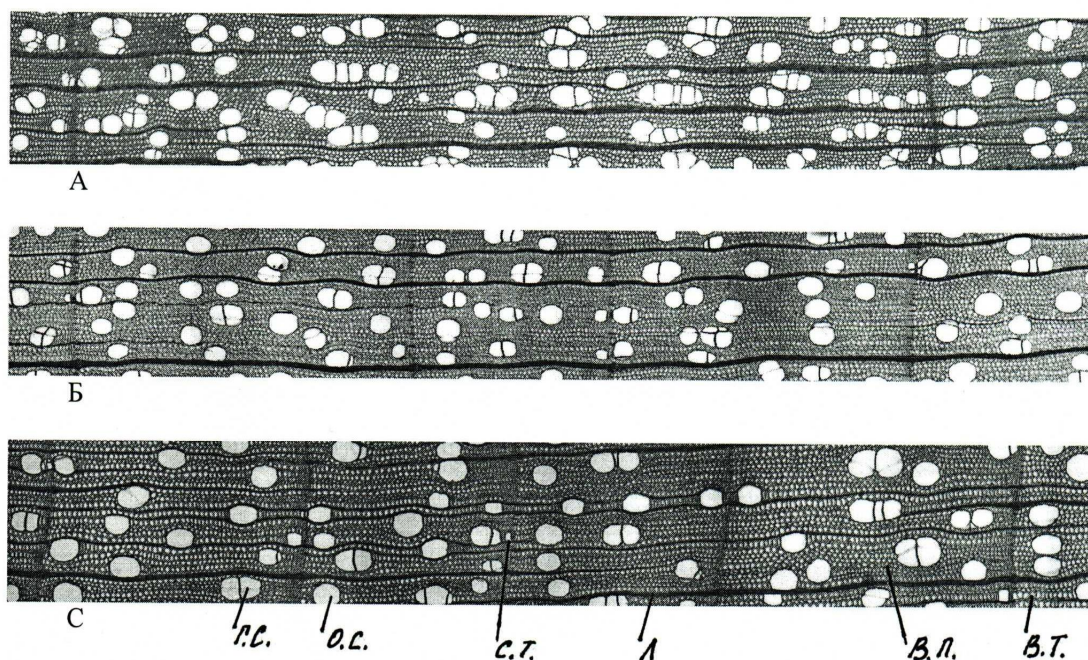
Древесина сосны состоит из клеток одного типа – трахеид, составляющих в среднем 93,6% ее объема. Ранние трахеиды наиболее широкие, имеют тонкие стенки и широкие полости. Они выполняют проводящие функции. Поздние трахеиды наиболее узкие, имеют толстые стенки и узкие полости, при чем размер по радиальному направлению (18,6±0,46мкм) меньше, чем по тангентальному (31,6±0,79мкм). Они выполняют механические функции. При сокращении ширины годичного слоя у сосны доля поздних трахеид увеличивается, следовательно, возрастает плотность и прочностные свойства древесины. Объемный состав смоляных ходов, сопровождающей паренхимы и сердцевинных лучей остается постоянным. Сердцевинные лучи у хвойных пород узкие (8,2±0,21мкм), слабо заметные или вовсе не заметные простым глазом. Они состоят преимущественно из паренхимных клеток. Паренхима выполняет наряду с проводящей, запасующую функцию. В ее клетках

хранятся резервные вещества, содержатся экстрактивные вещества и минеральные. У хвойных деревьев часть запасов питательных веществ хранится также в хвое и поэтому доля паренхимных клеток довольно мала (до 6%). Смоляные ходы — особенность строения древесины хвойных пород. Они представляют собой клетки, вырабатывающие и хранящие смолу. Наличие смоляных ходов отрицательно сказывается на гидротермической, механической (строгание, лущение, пиление, склеивание) обработке и отделке древесины.

Древесина лиственных пород характеризуется большим набором высокоспециализированных элементов и их переходных форм. Основной объём древесины березы повислой составляют сосуды и сосудистые трахеиды, волокнистые трахеиды волокна либриформа, паренхимные клетки (рис. 2). Гистологический состав древесины березы приведен в таблице 3, а размеры ее анатомических элементов в таблице 4.

Таблица 3 – Процентное соотношение элементов древесины березы в зависимости от ширины годичного слоя

Число годич. слоев в 1 см	Сосуды	Сосудистые трахеиды	Волокнистые трахеиды	Волокна либриформа	Паренхима	Сердцевинные лучи
10	16,2	10,3	28,0	37,8	2,0	5,8
6	22,5	7,4	24,2	37,8	1,6	6,5
2	24,0	7,0	22,1	38,3	1,8	6,8



А – широкослоистая; Б – среднеслоистая; С – узкослоистая

г.с. – группа сосудов; о.с. – одиночный сосуд; с.т. – сосудистая трахеида; в.т. – волокнистая трахеида; в.л. – волокно либриформа; л – сердцевинный луч

Рисунок 2. Древесина березы повислой (поперечный срез, 10*).

Таблица 4 – Размеры элементов древесины березы, мкм

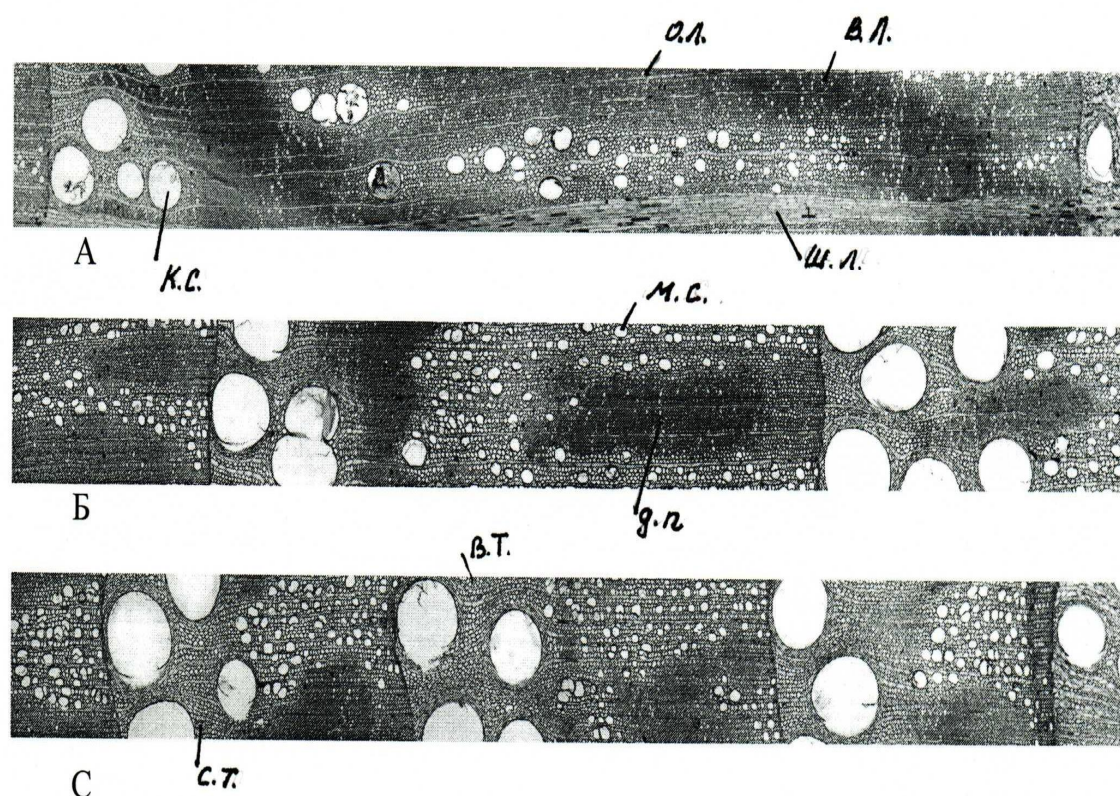
Элементы древесины						
Поперечник	Сосуды	Сосудистые трахеиды	Волокнистые трахеиды	Волокна либриформа	Сердцевинные лучи	Паренхима
тангентальный	70,5±1,76	13,3±0,33	21,1±0,53	21,2±0,53	1рядные- 3,1±0,08	22,3±0,55
радиальный	71,9±1,79	23,2±0,58	21,7±0,054	29,3±0,51	2рядные- 6,7±0,16 3рядные- 11,1±0,27	6,7±0,16

У лиственных рассеянососудистых (березы повислой) водопроводящие элементы представлены сосудами и сосудистыми трахеидами, примыкающих к ним. Механические элементы состоят из волокнистых трахеид и волокон либриформа между водопроводящими элементами. Границы годичных слоев выражены более или менее отчетливо и составлены в основном из сплюснутых клеток терминальной древесной паренхимы. При сокращении ширины годичного слоя доля сосудов уменьшается. Сосуды одиночные, в коротких цепочках или в группах по 2 – 3, реже больше. Они одного типа: членики сосудов средние, ширина полости $66,5 \pm 1,66$ мкм, толщина клеточной стенки $2,4 \pm 0,06$ мкм. Равномерное рассеянное распределение сосудов среднего диаметра наиболее благоприятно для обработки. Она равномерно сохнет, хорошо режется, пропитывается.

Объемный состав волокнистых трахеид, волокон либриформа, древесной паренхимы и сердцевинных лучей остается постоянным. Сосудистую трахеиду можно рассматривать как промежуточный элемент между типичной трахеидой и члеником сосуда. Волокнистая трахеида в свою очередь представляет собой переходный элемент от трахеиды к волокну либриформа, она имеет тонкие стенки и средние полости, поры окаймленные. Волокна либриформа представляют собой длинные клетки с заостренными концами, с толстыми оболочками и узкими полостями. Стенки волокон либриформа всегда одревесневшие, имеют узкие каналы — щелевидные поры. Волокна либриформа — наиболее прочные элементы древесины, выполняют механические функции. Серцевинные лучи не имеют между собой существенных различий по ширине ($6,7 \pm 0,16$ мкм), что способствует однородности свойств древесины.

Древесина дуба (рис. 3.) состоит из сосудов, сосудистых трахеид, волокнистых трахеид, волокон либриформа, лучевой и тяжелой паренхимы. На поперечном разрезе древесины дуба хорошо видна граница

годового слоя, вдоль которой проходит полоса из 2...3 рядов радиально сжатых волокнистых трахеид. В ранней древесине располагаются крупные сосуды, образуя кольцо из 1...3 рядов крупных отверстий, идущих параллельно годовичному слою. Мелкие сосуды поздней зоны собраны в радиальные группы (язычки пламени). Волокна либриформа имеют 5...6-угольную форму, толстую стенку и очень малую внутреннюю полость, располагаются между сосудами. Среди волокон либриформа встречаются желатинозные волокна. Гистологический состав древесины дуба приведен в таблице 5, а размеры его анатомических элементов в таблице 6.



А – широкослойная; Б – среднеслойная; С – узкослойная

к.с. – крупный сосуд; м.с. – мелкий сосуд; с.т. – сосудистая трахеида; в.т. – волокнистая трахеида; в.л. – волокно либриформа; д.п. – древесная паренхима; о.л. – одиночный сердцевинный луч; ш.л. – широкий сердцевинный луч

Рисунок 3. Древесина дуба черешчатого (поперечный срез, 10*).

Таблица 5 – Процентное соотношение элементов древесины дуба в зависимости от ширины годичного слоя

Число год.сл. в 1 см	Крупные сосуды	Мелкие сосуды	Широкий сердцевинный луч	Узкий сердцевинный луч	Сосудистые трахеиды	Волокнистые трахеиды	Волокна либриформа	Паренхима
12,5	11,8	9,4	9,0	1,5	21,1	8,1	35	4,1
8	7,6	10,9	8,5	1,2	24,0	8,0	35,5	4,3
3	5,1	12,2	8,1	1,3	25,5	7,0	36,0	4,8

Таблица 6 – Размеры элементов древесины дуба, мкм

Элементы древесины	Крупные сосуды	Мелкие сосуды	Сосудистые трахеиды	Волокнистые трахеиды	Волокна либриформа	Серцевинные лучи
Поперечник						
тангентальный	251,3±6,28	41,0±1,02	16,6±0,41	16,8±0,42	13,6±0,34	1рядные – 11,5±0,28 многорядные – 177,8±4,44
радиальный	293,0±7,32	44,4±1,11	24,4±0,61	15,5±0,38	13,6±0,34	

У лиственных кольцесосудистых пород (дуб) увеличение ширины годичных слоев происходит за счет поздней зоны, поэтому увеличивается прочность, плотность и твердость древесины. Древесина дуба лучше гнется, так как в ранней зоне расположены крупные сосуды (293,0±7,32мкм), которые дают возможность древесине уплотниться без разрушения. Следовательно древесина с большим числом годичных слоев в 1см будет гнуться больше, так как при сокращении годичного слоя у дуба доля крупных сосудов увеличивается. Древесина дуба из-за зоны

крупных сосудов имеет ряд недостатков при механической обработке: трещины, разрывы, пробивание лака.

Объемный состав волокнистых и сосудистых трахеид, волокон либриформа, древесной паренхимы, широких и узких сердцевинных лучей остается постоянным. Механическую функцию у дуба выполняют сильно вытянутые по длине узкополостные клетки с толстыми стенками – волокна либриформа ($13,6 \pm 0,34$ мкм). Плотность и прочность древесины дуба выше, чем у березы, так как толщина клеточной стенки волокна либриформа у дуба выше. Особая форма строения лучевой системы – сочетание широких сердцевинных лучей ($177,8 \pm 4,44$ мкм) с однорядными ($11,5 \pm 0,28$ мкм), сильно влияет на свойства дуба. Это проявляется в неоднородности древесины на разных участках. Крупные лучи становятся причиной сильной усушки, коробления. Древесина дуба из-за своего анатомического строения – присутствия крупных участков волокон либриформа и волокнистых трахеид в поздней зоне (более 40% общего состава тканей) тяжело обрабатывается. При этом окончания древесных волокон раздваиваются и содержат зубчики, что обуславливает высокую прочность древесины дуба на разрыв. Присутствие желатинозных волокон повышает эластичность древесины – прочность на изгиб. Древесина дуба отличается долговечностью и высокой биостойкостью.

В заключение необходимо отметить, что метод, используемый нами в определении гистологического состава, позволяет в короткий срок при минимальной погрешности определить точное процентное соотношение анатомических элементов в древесине. Это дает возможность более ясно представить себе структуру древесины, выявить ее влияние на физические и механические свойства и наметить пути создания эффективных технологических процессов переработки древесины. При отборе образцов для физико-механических испытаний древесины

необходимо учитывать показатель ширины годичного слоя – число годичных слоев в 1 см.

Список использованной литературы

1. Колосова М.И., Хумбо Салазар К.А. Оценка древесины как конструкционного материала по признакам анатомического строения: Учеб. пособие. Л.: ЛТА, 1983. С. 4 – 15.
2. 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.
3. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. 351с.
4. Фурст Г.Г. Методы анатомо – гистохимического исследования растительных тканей. М.: Наука, 1979. 155с.
5. Яценко – Хмелевский А.А. Основы и методы анатомического исследования древесины. М.: Из – во академии наук СССР, 1954. 337с.