

Виды клеток и физиология дерева

Клетки древесины делятся на две основные группы: на прозенхимные (отмершие) и паренхимные (живые), хотя между ними нельзя провести четко выраженной границы.

Прозенхимные клетки – удлиненные, суживающиеся к концу, к ним относятся трахеиды, волокна либриформа и сосуды.

Паренхимные клетки — это короткие клетки, напоминают по форме кирпичики, иногда с закругленными краями, образованную ими ткань называют запасающей.

Проводящие и опорные клетки – это удлиненные ориентированные параллельно оси ствола прозенхимные клетки, основными функциями которых является проведение воды по стволу и придание ему прочности. Проводящими и опорными клетками хвойных деревьев являются трахеиды. Проводящими элементами у лиственных деревьев служат сосуды, а опорными – различные другие волокна. Проводящие и опорные клетки взрослых деревьев – мертвые, их полость заполнена водой и воздухом.

Запасаящими клетками являются короткие паренхимные клетки. В их функции входят продвижение, накопление и различные превращения питательных веществ. Паренхимные клетки – это живые тонкостенные клетки. Они содержат в себе клеточный сок, ядро, продукты обмена и питательные вещества, такие, как крахмал, сахара, жиры, смолы и дубильные вещества. Клетки паренхимы функционируют до тех пор, пока они находятся в заболони. В нормальной древесине выделяют три типа паренхимной ткани: паренхима сердцевины, древесная или вертикальная и эпителиальная.

Паренхима сердцевины, как говорит само название, это паренхима, находящаяся только в сердцевине дерева. Сердцевина хвойных и лиственных деревьев целиком или почти целиком состоит из клеток паренхимы.

Вертикальная паренхима у лиственных деревьев располагается рядами вдоль ствола, у хвойных пород эти ряды сравнительно редки.

Эпителиальная паренхима расположена вокруг смоляных ходов. Она встречается у хвойных пород и у некоторых тропических лиственных деревьев.

Для того чтобы живые клетки дерева могли функционировать гармонично, между ними должна существовать связь. Все живые клетки связаны между собой тонкими нитями протоплазмы. Эти плазмодесмы проникают из клетки в клетку или по узким каналам, находящимся в стенке клетки, или через поры. При помощи таких связей регулируется жизнедеятельность всех функционирующих клеток дерева. Кроме проводящих, опорных и запасящих тканей в древесине образуются особые ткани,

которые выполняют другие функции. Таковой, например, является раневая – для залечивания ран.

Поскольку каждая клетка в древесине связана с соседней клеткой, то кроме своих внутренних функций она выполняет также и общие функции. К важной функции клеток относится передвижение воды вверх по стволу. Сосудами служат полости клеток, а вода от одной клетки к другой передвигается через поры. Поры обычно расположены симметрично в двух соседних клетках, образуя пары пор.

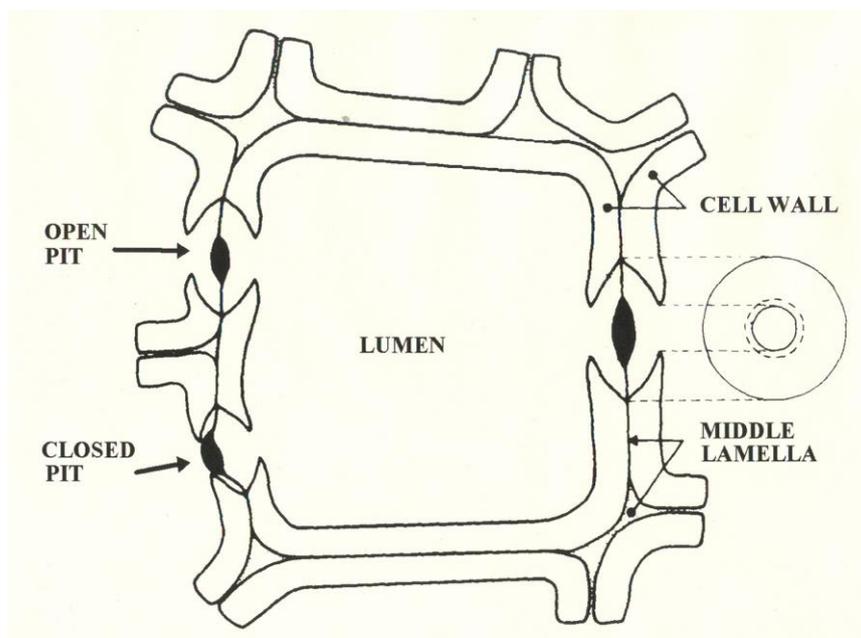


Рисунок – Поры

Клапаном поры является пленка. Она образована первичными оболочками и срединной пластинкой двух соседних клеток.

По строению поры можно разделить на два типа: окаймленные и неокймленные (простые) поры. Окаймленные поры главным образом находятся в мертвых клетках, т. е. в трахеидах, сосудах, в то время как простые – в живых клетках, например в паренхимных. Окаймленные и простые поры могут образовывать между собой три различные пары пор: окаймленная, полуокаймленная и простая пара пор. Иногда в клетках встречаются поры, которые не связаны с порами соседних клеток, а связаны или с межклеточным пространством, или с наружным воздухом. Их называют непарными или слепыми порами.

Поры образуются в процессе роста клеток. Их зачатки можно наблюдать в молодой первичной оболочке, и они формируются во время утолщения оболочки клетки. Количество пор и их строение имеет важное значение для проникновения в древесину варочной кислоты.

У ели, сосны и многих других хвойных пород в середине пленки поры имеется плотное, плоское или линзовидное утолщение (торус), при помощи которого открывается

или закрывается отверстие поры. Микрофибриллы, расположенные в радиальном направлении вокруг торуса, образуют сетку, через которую проходит жидкость.

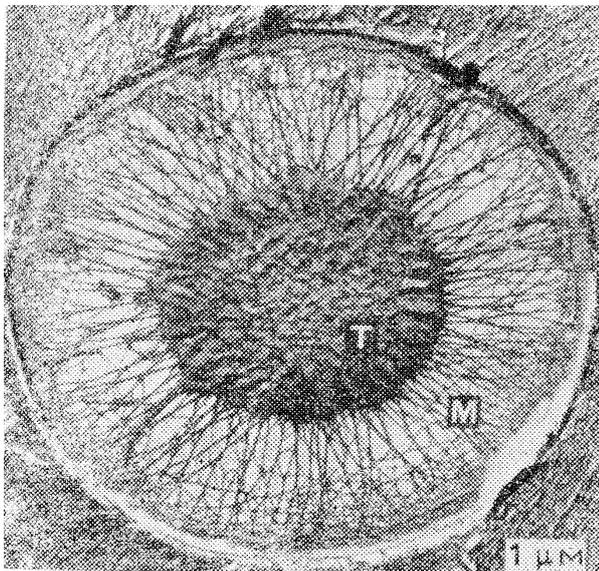


Рисунок – Пленка окаймленной поры. Утолщенную центральную часть пленки поры *T* окружает сетка, состоящая из пучков микрофибрилл; периферийный участок пленки *M*, через который жидкость проходит из одной клетки в другую. Восточный гемлок (*Tsuga canadensis*). 4200-кратное увеличение

В порах лиственных деревьев торус отсутствует. Окаймленные поры в трахеидах ранней древесины – большого размера, с круглыми отверстиями. Поры по форме могут также напоминать узкую щель, как у трахеид поздней древесины и у волокон лиственных пород деревьев.

У полуокаймленной пары пор окаймление находится только со стороны одной клетки. У нее отсутствует торус и поэтому она не может закрываться. Эти поры расположены между мертвыми и живыми клетками. У хвойных пород они находятся между трахеидами и паренхимными клетками, а у лиственных – между сосудами и паренхимными клетками. Таким образом, окаймление у поры может быть только со стороны трахеиды или со стороны сосуда.

У простой пары пор окаймление отсутствует, и пора не может закрываться. Простые поры находятся между живыми клетками, например между паренхимными клетками.

Клетки древесины хвойных пород

Древесина хвойных пород состоит в основном из двух видов клеток: длинных трахеид, которые обычно называют волокнами, и коротких клеток паренхимы. На трахеиды приходится 90÷95 % объема древесины. Кроме длинных трахеид, древесина многих хвойных пород содержит также и короткие трахеиды. Они расположены рядами в верхней и нижней частях сердцевинных лучей; у хвойных деревьев паренхимные клетки находятся в сердцевине и вокруг смоляных ходов, а у некоторых пород они располагаются рядами вдоль ствола.

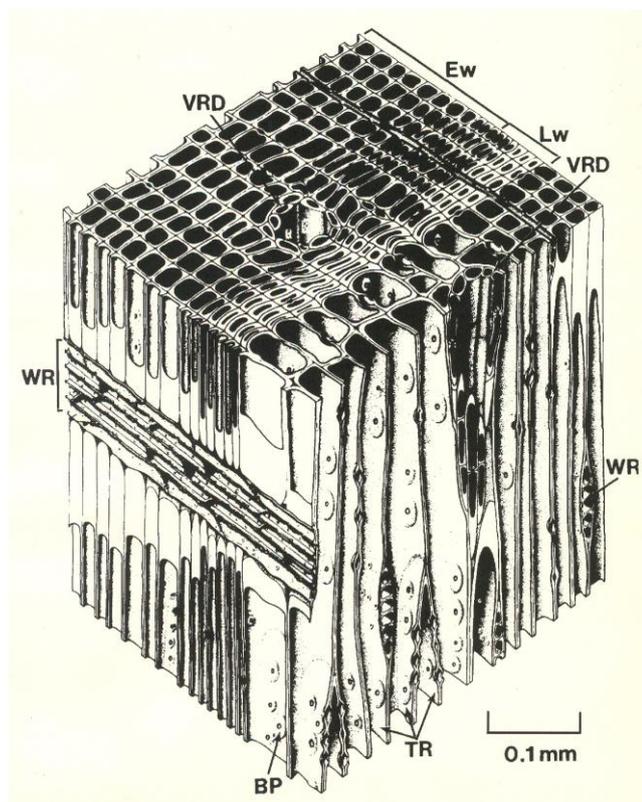
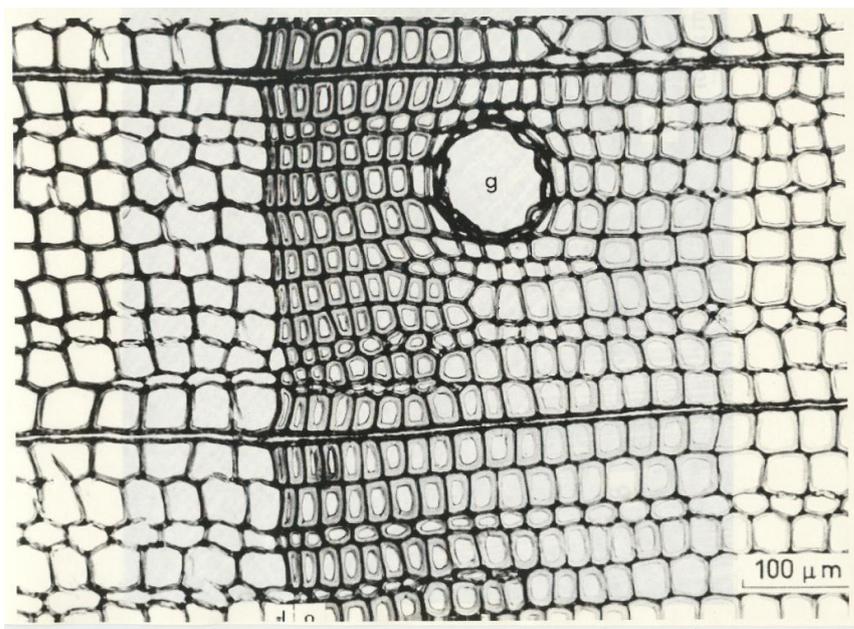


Рисунок – Схематический разрез образца сосновой древесины: BR – окаймленная пора; P – первичная стенка; EW – ранняя древесина; LW – поздняя древесина; TR – трахеида; VRD – вертикальный смоляной канал; WR – древесный луч

Расположенные вдоль оси трахеиды (TR) образуют основу волокон, используемых при производстве бумаги. К другим типам клеток относятся веретенообразные древесные лучи (FRW) и просто древесные лучи (WR). Клетки, окружающие вертикальные и горизонтальные смоляные каналы, на рисунке обозначены как HRD и VRD. Смежные клетки могут иметь пустоты между ними. Окаймленные поры – (BP). Толщина клеточной стенки обычно достигает 3-5 μm для ранней древесины и 8÷12 μm – для поздней древесины. Эти значения могут изменяться в зависимости от породы древесины и расположения клетки в дереве.



Трахеида – основная клетка древесины хвойных пород. Трахеиды представляют собой волокнистые, с обоих концов закрытые клетки. Их длина у сосны и ели, растущих в северных районах, в среднем составляет 2÷4 мм, а ширина 1/100 часть длины, т. е. 0,02—0,04 мм. Трахеиды выполняют две функции: они обеспечивают проведение воды и одновременно придают прочность стволу. Водный ток обычно проходит по трахеидам ранней древесины, в то время как трахеиды поздней древесины выполняют механические функции.

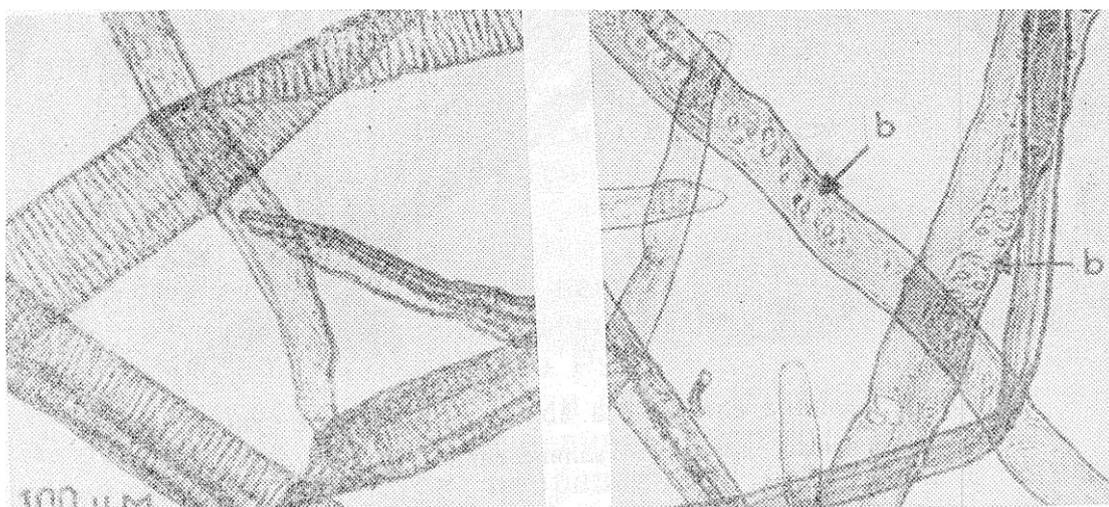


Рисунок – Виды пор на трахеидах хвойной древесины

Поскольку трахеиды выполняют различные функции то их можно разделить на два типа. Трахеиды ранней древесины – тонкостенные с большой внутренней полостью, в поперечном сечении имеют форму четырех- или шестиугольника. Их концы напоминают

форму долота и расположены внахлестку. Между расположенными, таким образом трахеидами образуется хорошая контактная поверхность для прохода воды. Трахеиды поздней древесины – толстостенные. В поперечном сечении имеют форму прямоугольника. Острыми концами трахеиды плотно вклинены между собой. Трахеиды поздней древесины несколько длиннее, чем трахеиды ранней древесины.

Вода поступает из одной трахеиды в другую через окаймленные поры как в радиальном, так и в вертикальном направлении. Большинство окаймленных пор расположено параллельно рядами (1÷4) на радиальных стенках трахеид. Среднее количество пор у трахеид ранней древесины составляет 200 или по 100 на каждой радиальной стенке.

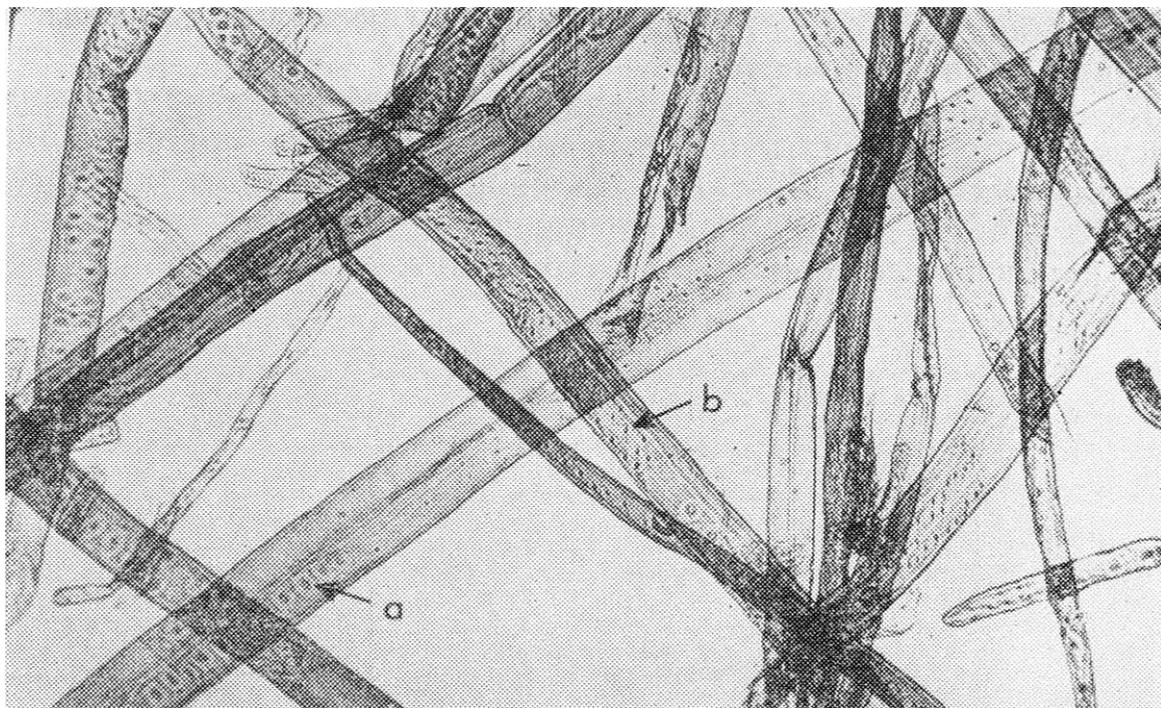


Рисунок – Волокна ели (*Picea abies*). 150-кратное увеличение:
a — окаймленные поры, *b* — эллипсоидные поры (пицеоидные)

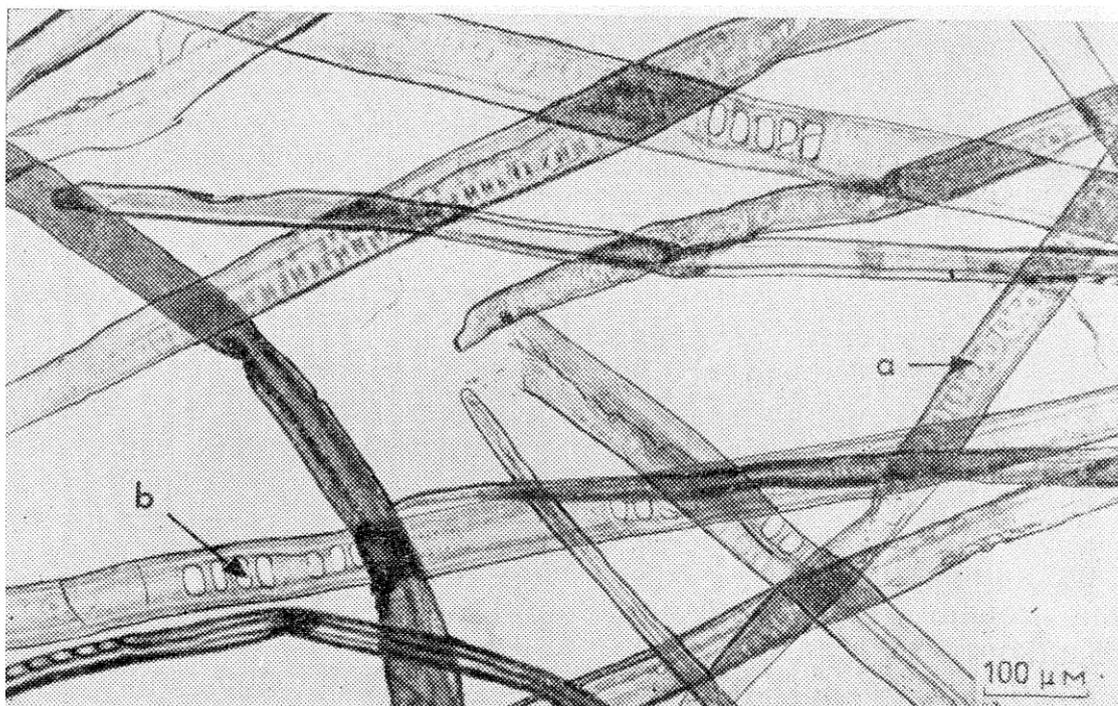


Рисунок – Волокна сосны (*Pinus silvestris*). 150-кратное увеличение:
а — окаймленные поры, b — поры, по форме напоминающие небольшие оконца (оконцевые поры)

Древесная паренхима

Клетки вертикальной (древесной) паренхимы встречаются лишь у некоторых хвойных пород, у отечественной сосны и ели их находят только в корнях.

Сердцевинные лучи

Сердцевинные лучи представляют собой лентовидные ряды клеток, направленные от центра к периферии ствола и состоящие главным образом из паренхимных клеток. Эти ряды клеток передают питательные вещества в радиальном направлении, а именно: от сердцевины к периферии ствола и наоборот. По мере увеличения диаметра ствола увеличивается и количество сердцевинных лучей.

Паренхимные клетки сердцевинных лучей небольшого размера и напоминают форму кирпичиков. Это – живые клетки. В них накапливаются и трансформируются питательные вещества в период роста дерева. В оболочках клеток встречаются только простые поры, через которые питательные вещества поступают из одной клетки сердцевинного луча в другую. Через эти поры питательные вещества поступают также в вертикальные (продольные) клетки ствола. Вещества, содержащиеся в клетках паренхимы, являются причиной различных смоляных затруднений в процессе производства полуфабрикатов и готовой продукции.

Трахеиды сердцевинных лучей подобно продольным трахеидам ствола представляют собой мертвые клетки с окаймленными порами, задача которых состоит в том, чтобы проводить жидкость в радиальном направлении. Доля сердцевинных лучей по отношению

к массе ствола у хвойных деревьев небольшая и составляет в среднем 5÷10 %. У сосны количество сердцевинных лучей, у которых отсутствуют смоляные ходы, составляет 25÷31 на тангенциальном разрезе площадью 4 мм².

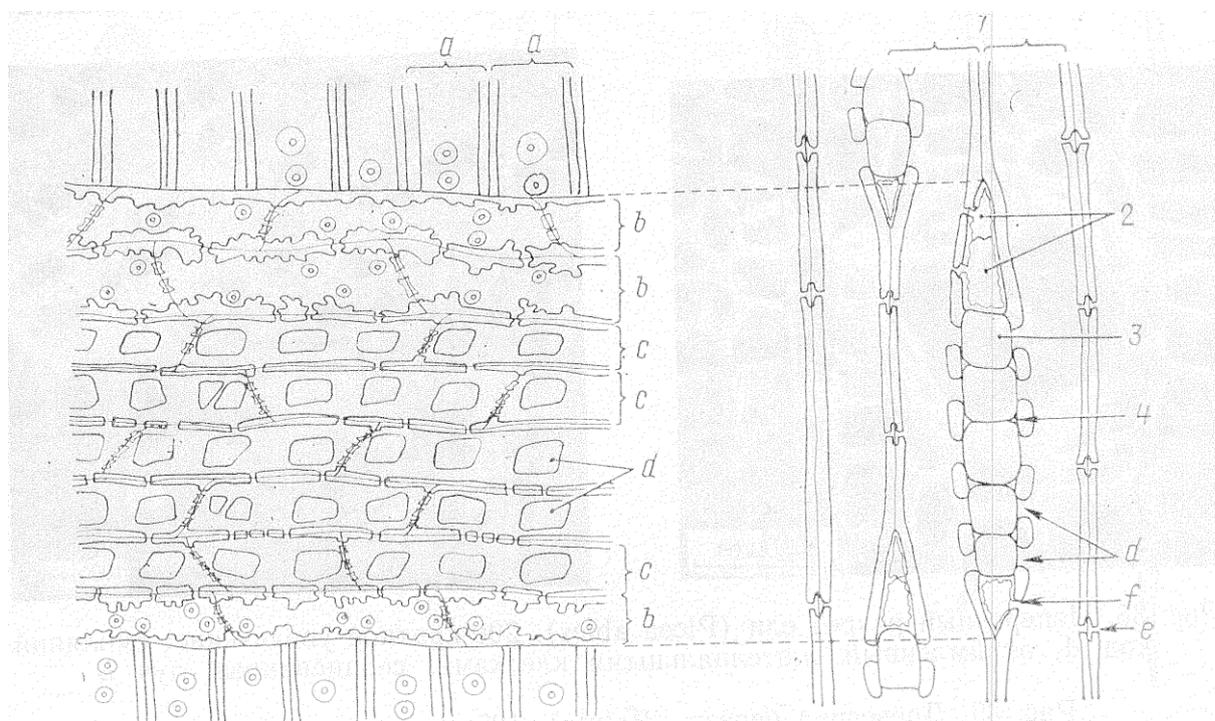


Рисунок – Радиальный разрез и тангентальный разрез сердцевинного луча сосны

Смоляные ходы

Смоляной ход представляет собой заполненный смолой длинный межклеточный ход. По направлению в стволе различают вертикальные и горизонтальные смоляные ходы. В стволе они образуют единую систему. Радиальные ходы находятся внутри сердцевинных лучей, и их несколько больше, чем вертикальных. Смоляные ходы окаймлены выделительными клетками, которые синтезируют смолу.

Количество и размер смоляных ходов зависит от породы дерева, а также варьирует в пределах одного и того же вида. Вертикальные смоляные ходы распределяются неравномерно. Больше всего их в поздней древесине. Количество смоляных ходов у сосны больше, чем у ели и других хвойных пород. Кроме того, смоляные ходы у сосны небольших размеров. Толщина оболочек эпителиальных клеток смоляных ходов также различна.

Смола предохраняет древесину от порчи. Смола всегда образуется до момента разрушения тканей луба. Смола повышает сопротивляемость дерева против гнилей. Смоляные ходы настолько малы, что их невозможно различить невооруженным глазом. Однако их положение можно определить на свежем срезе по смоляным пятнам. У сосны

диаметр вертикального хода составляет примерно 0,08 мм, а горизонтального 0,03 мм. Длина смоляного хода у сосны в среднем 50 см (10÷80 см), у лиственницы 20÷30 см.

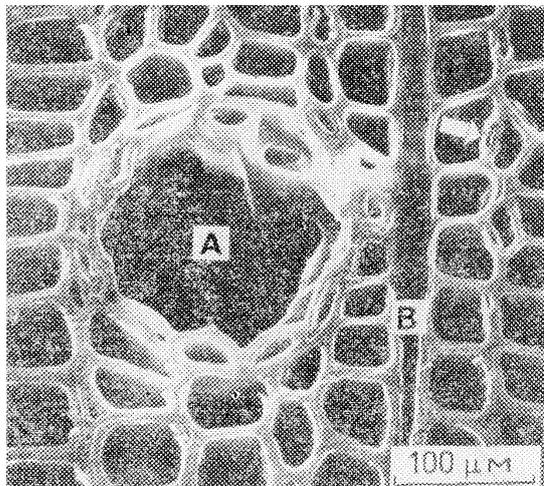


Рисунок – Поперечный разрез ели (*Picea abies*). 200-кратное увеличение: смоляной ход *A*, окаймленный эпителиальными клетками; сердцевинный луч – *B*

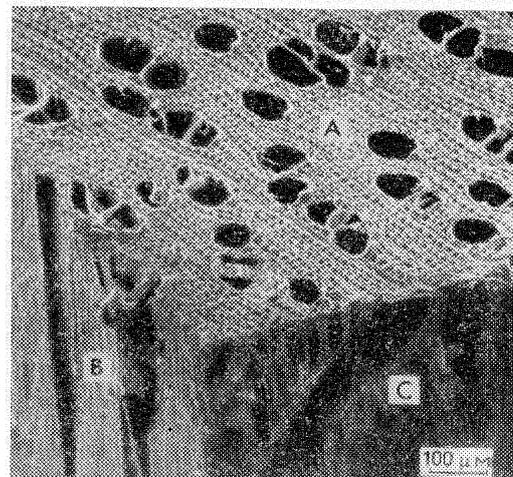


Рисунок – Древесина березы (*Betula*). 125-кратное увеличение:
A — на поверхности торцового среза видны сосуды и расположенные между ними волокна; *B* — радиальный срез; *C* — тангенциальный срез

Клетки древесины лиственных пород

Древесина лиственных пород построена из большего числа разных клеток, чем древесина хвойных. Если ксилема хвойных пород состоит главным образом из ткани одного вида, то лиственные породы имеют три вида тканей: проводящую, механическую и запасную.

Кроме того, у лиственных пород строение клеток значительно отличается от вида к виду. Древесина лиственных пород имеет следующие виды клеток.

Сосуды, образующие проводящую ткань, состоят из отдельных клеток, так называемых члеников сосудов.

Клетки, выполняющие механические функции, представляют собой толстостенные древесные волокна с узкими полостями.

Клетки паренхимы, образующие запасную ткань.

Паренхимные клетки делятся на две группы: клетки продольной (древесной) паренхимы и паренхимы сердцевинных лучей.

Кроме этих видов клеток в древесине лиственных пород можно выделить различные промежуточные формы (рис. 41). Одни из них по своей природе ближе всего к проводящим элементам (сосудистые трахеиды, межсосудистые трахеиды), другие – к механическим клеткам (волокнистые трахеиды).

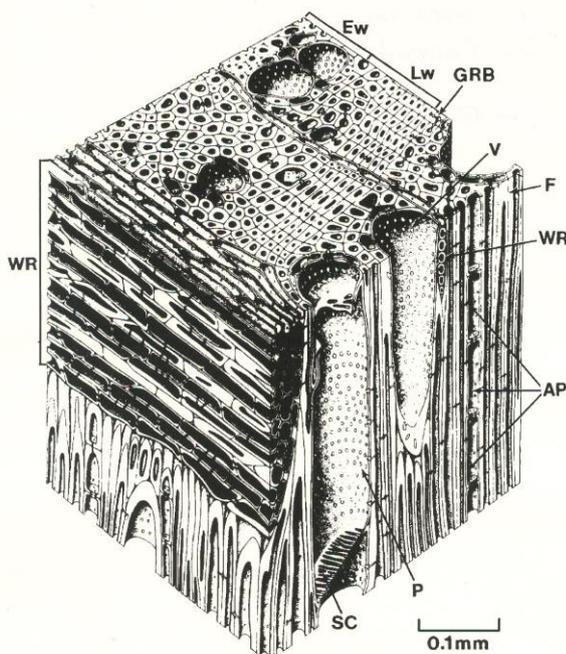


Рисунок – Схематический разрез образца лиственной древесины: AP – осевая паренхима, F – волокна либриформа; EW – ранняя древесина; LW – поздняя древесина

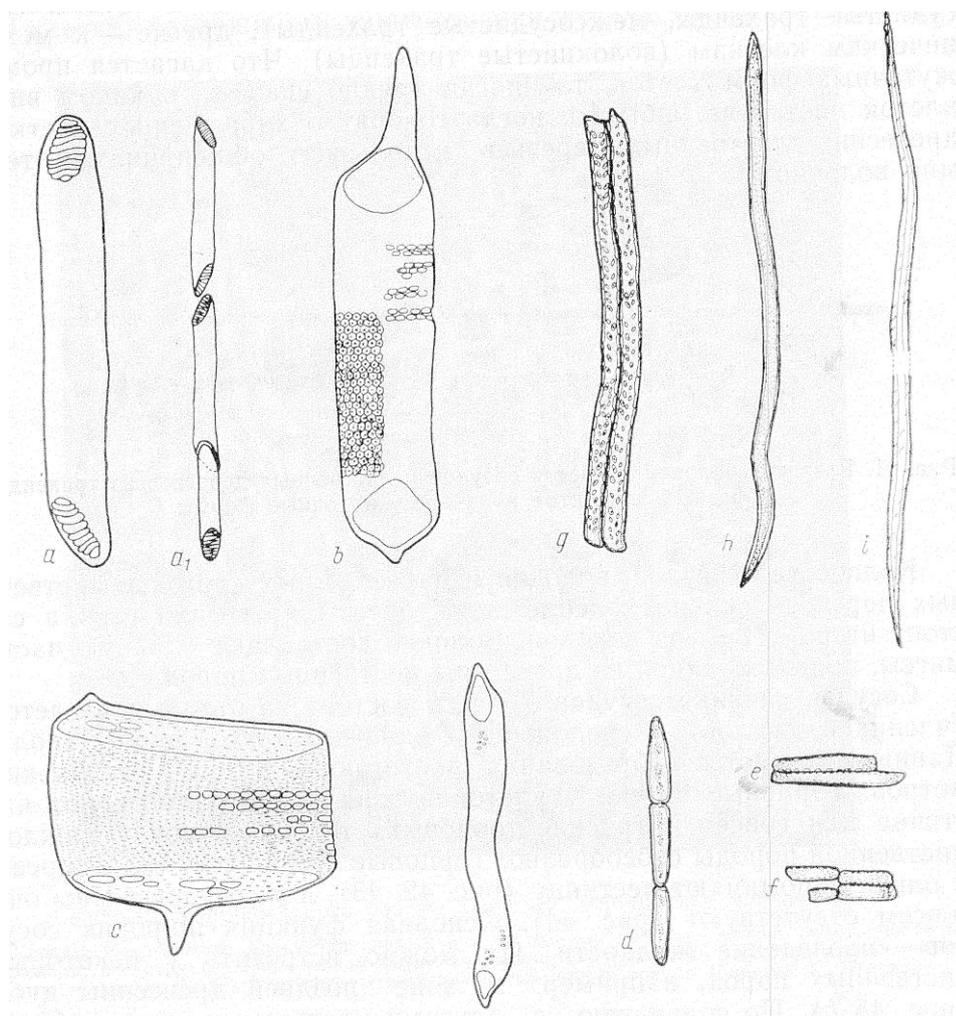


Рисунок – Клетки древесины лиственных пород
a – членик сосуда березы; *a*₁ – сосуд березы; *b* – членик сосуда сосны; *c*, *c*₁ – членик сосуда дуба;
d – продольная паренхима дуба; *e*, *f* – паренхима сосны и березы; *g*, *h*, *i* – трахеиды и волокна дуба и березы

Количество сосудов, волокон и паренхимных клеток у лиственных деревьев сильно колеблется. У березы древесина ствола состоит на 65÷70 % из волокон. Волокна составляют главную часть массы, приготовленной из древесины лиственных пород.

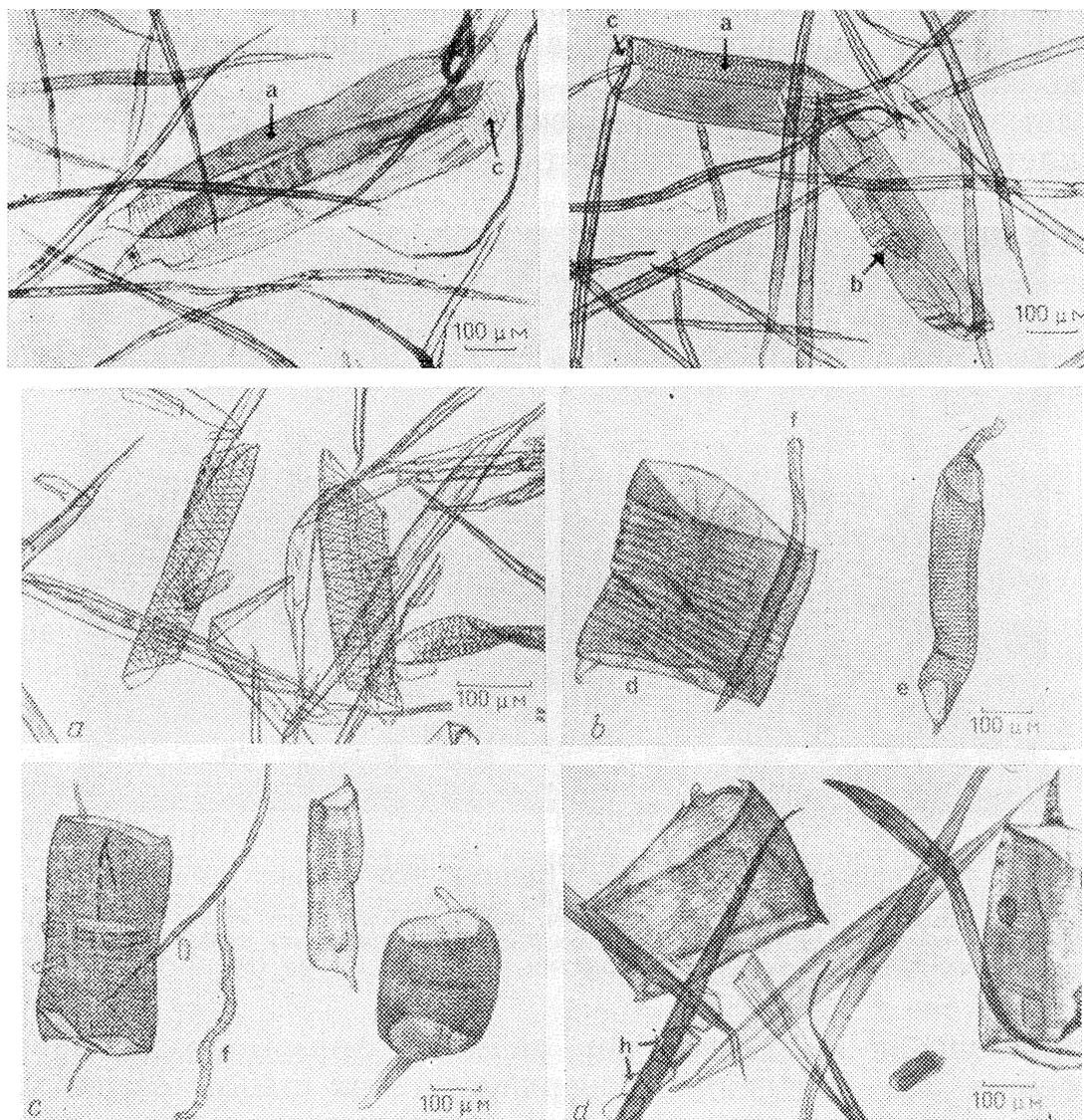


Рисунок – Волокна и членики сосудов лиственной древесины

Сосуды, членики сосудов

Сосуды состоят из отдельных клеток (члеников сосудов), расположенных одна над другой вдоль ствола. Данные членистые образования достигают длины нескольких метров. Торцовые стенки у клеток в этих рядах отсутствуют частично или совсем. Строение торцовых стенок сосудов у каждой лиственной породы своеобразно. Торцовые стенки сосудов у березы и ольхи напоминают лестницу, а у сосудов осины они совсем отсутствуют. Основная функция широких сосудов – проведение жидкости. По сравнению с другими клетками у сосудов большая внутренняя полость, и их можно наблюдать невооруженным глазом. Вследствие этого ток воды по сосудам древесины лиственных

пород осуществляется значительно легче, чем по трахеидам у хвойных. Для лиственных пород это необходимо, так как они нуждаются в большем количестве воды, чем хвойные.

Сосуды размещаются в древесине одиночно или группами по два и более. Их размер и расположение меняется в зависимости от породы дерева. Если сосуды почти одинакового размера и равномерно распределены по зоне годичного кольца, то такую древесину называют рассеяннососудистой (береза, осина). Если сосуды в ранней древесине по размерам значительно больше сосудов в поздней древесине, то в этом случае речь идет о кольцесосудистой древесине (дуб). Древесина, которая явно не входит ни в одну из названных групп, получила название полукольцесосудистой (липа).

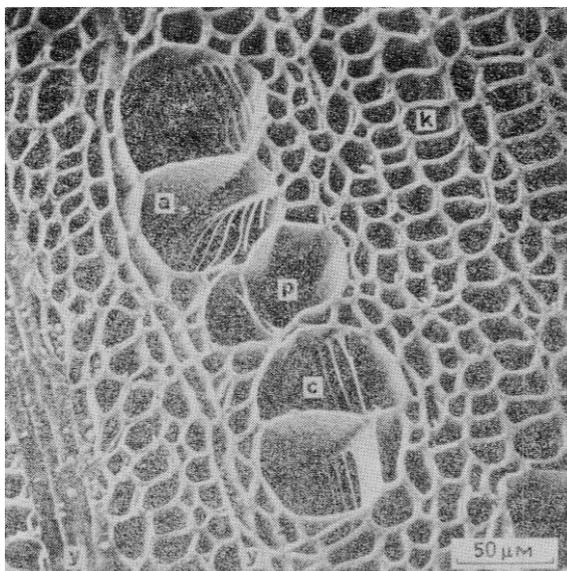


Рисунок – Торцовый срез березы (*Betula*). 400-кратное увеличение: *p* — сосуд; *k* — волокно; *У* — сердцевинный луч, в клетках которого можно видеть частицы крахмала; *a* — структура пор между двумя сосудами; *c* — наклонная торцовая стенка, напоминающая по форме лестницу, между двумя члениками сосуда (рисунок Х. Эклунд)

Клетки сосудов подобно трахеидам хвойных пород – это мертвые клетки, содержащие жидкость или воздух. В их стенках находится большое количество пор, размер и форма которых зависят от породы.

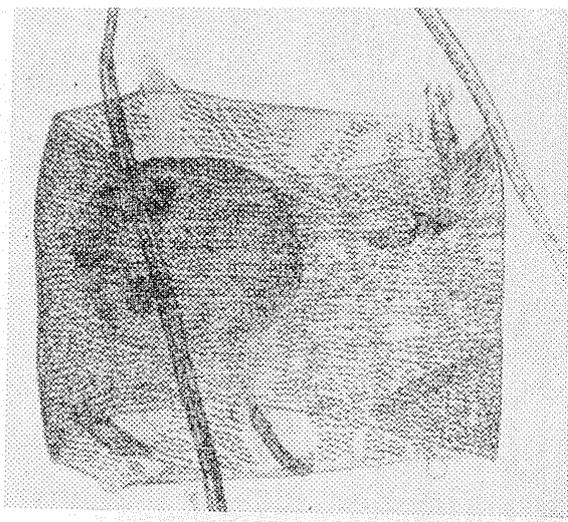


Рисунок – Тилла в сосудах гиккори. (100-кратное увеличение)

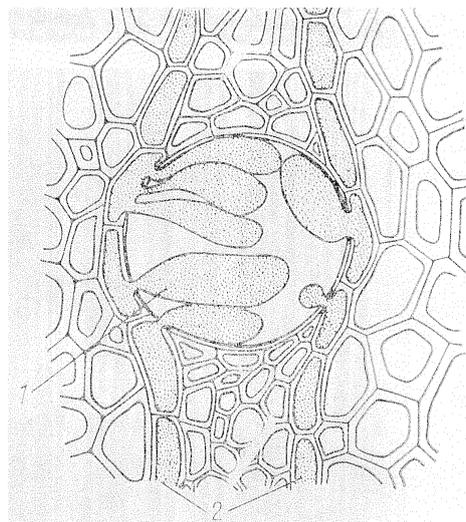


Рисунок – Образование тилл в сосудах (торцовый срез)

Находящиеся рядом с сосудом клетки паренхимы проталкивают мешкообразные утолщения в полость сосуда: 1 — тилла; 2 — паренхимные клетки

У некоторых лиственных пород, например таких, как дуб, ясень и бук, в процессе образования ядра сосуда закупориваются тиллами. Тиллы – это выросты протопласта расположенных рядом с сосудами паренхимных клеток. Сосуд, закупоренный тиллами, не пропускает воду и даже воздух. Поэтому древесина с затилованными сосудами является хорошим материалом для изготовления бочек (дуб). Тиллы образуются главным образом в кольцесосудистой древесине, где вокруг сосудов с большими внутренними полостями располагается большое количество паренхимных клеток. У нормальной древесины березы и осины тиллы отсутствуют.

Трахеиды

Полагают, что трахеиды лиственных пород — это особые по строению и форме клетки, которые по своим функциям напоминают проводящую ткань. Они напоминают и короткие трахеиды хвойных пород и небольшие членики сосудов. У них окаймленные поры, которые обычно располагаются вблизи сосудов. Эти трахеиды встречаются сравнительно редко, и их не всегда можно найти у пород лиственных деревьев. Можно выделить два типа трахеид в древесине лиственных пород: сосудистые и межсосудистые трахеиды. В самих названиях трахеид заключены некоторые различия между ними.

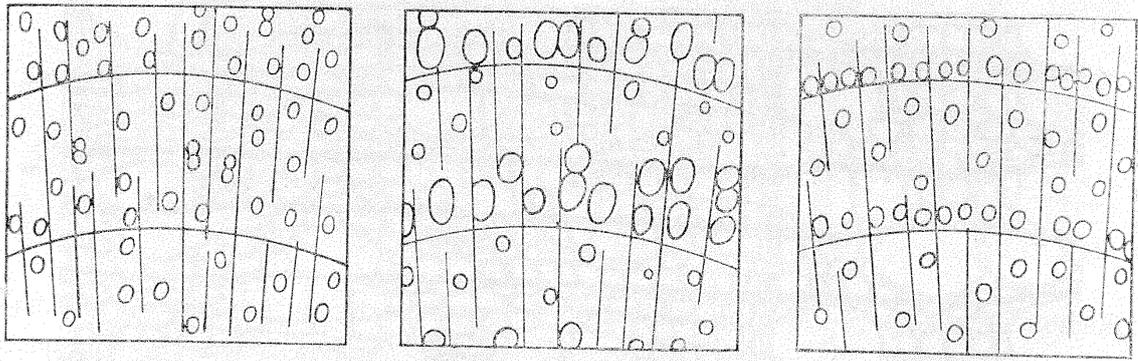


Рисунок-схема торцового среза ствола (расположение сосудов в древесине лиственных пород): а — рассеянносудистая древесина (береза, осина, ольха, ива, граб, бук, клен); б — кольцесудистая древесина (дуб, каштан, ясень, вяз); с — полукольцесудистая древесина (липа)

Сосудистые трахеиды – это промежуточные формы между клетками сосудов и трахеидообразной первоосновой. Они напоминают небольшие членики сосудов из зоны поздней древесины с торцевыми стенками. Трахеиды расположены вертикально рядами для лучшей проводимости воды. В рядах могут также присутствовать и членики сосудов. Во всех стенках сосудистых трахеид, в том числе в торцевых стенках, имеется большое количество окаймленных пор. На стенках клеток можно видеть утолщения в виде спиралей. На торцовом срезе среди сосудистых трахеид совершенно невозможно различить сами сосуды. Сосудистые трахеиды встречаются в древесине березы, вяза, американского бука.

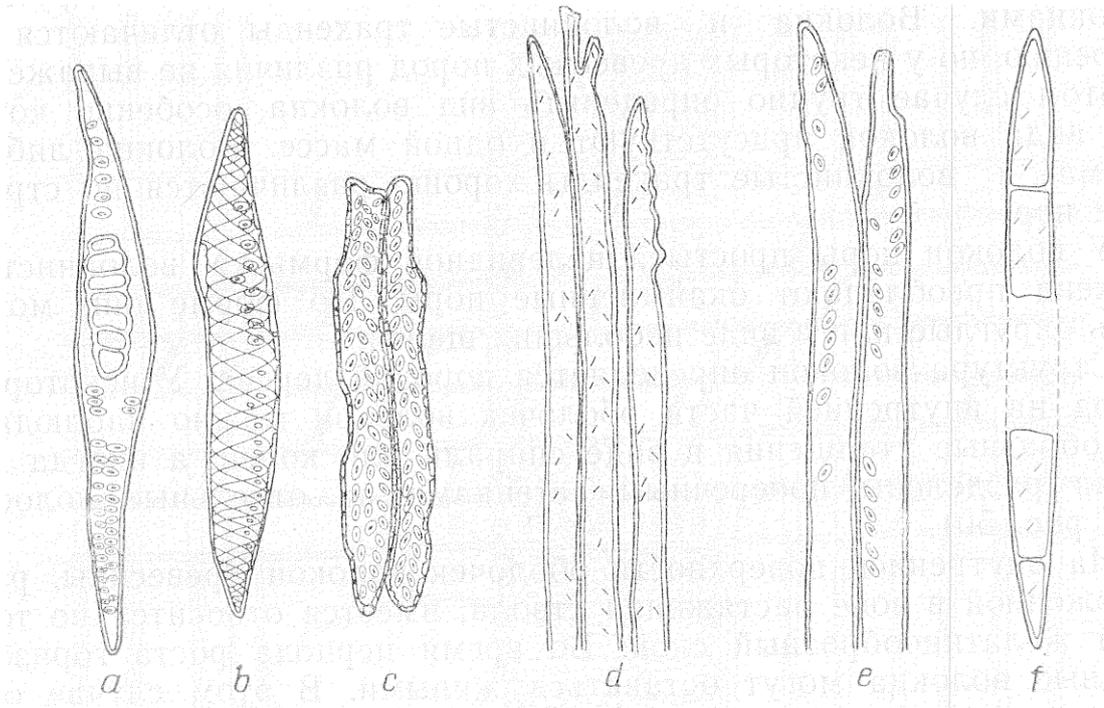


Рисунок – Трахеиды и волокна лиственных деревьев:
а — сосудистая трахеида (обилие окаймленных пор); б — сосудистая трахеида (окаймленные поры и утолщения); с — межсосудистые трахеиды (обилие окаймленных пор); д — волокна (узкие простые поры); е — волокнистые трахеиды (окаймленные поры); ф — перегородчатая волокнистая трахеида

Межсосудистые трахеиды имеются у кольцесосудистых пород вокруг больших сосудов в зоне ранней древесины. Их можно встретить у дуба, ясеня и каштана. Они отличаются от сосудистых трахеид непостоянством своей формы. Кроме того, межсосудистые трахеиды не располагаются вертикальными рядами. В стенках этих трахеид, как и в стенках сосудистых, находится большое количество окаймленных пор.

Волокна

Механическая ткань древесины лиственных пород состоит из волокон либриформа и волокнистых трахеид. Волокнистые трахеиды являются промежуточной формой между волокнами либриформа и трахеидами. Если волокна выполняют исключительно механические функции, то волокнистые трахеиды могут принимать участие в проведении воды. Волокна лиственных деревьев напоминают трахеиды из зон поздней древесины у хвойных пород, но они несколько уже и короче, чем у хвойных пород. Это толстостенные волокна, преимущественно с узкой полостью и заостренными концами. Концы часто вилкообразной формы или зубчатые, что улучшает контакт с другими волокнами. Волокна и волокнистые трахеиды отличаются по строению, но у некоторых древесных пород различия не выражены. В этом случае трудно определить вид волокна, особенно когда оба вида волокон присутствуют в одной массе. Волокна либриформа и волокнистые трахеиды хорошо различаются по структуре пор.

У волокон поры простые, щелевидной формы. У волокнистых трахеид преобладают окаймленные поры. По форме они могут быть округлые или в виде небольших щелей.

Клетки древесной паренхимы

Паренхимные клетки, расположенные вдоль оси ствола, у лиственных пород более универсальны, чем у хвойных. Клетки вертикальной паренхимы размещаются в стволе одиночно и короткими вертикальными рядами, вблизи сосудов. В поздней древесине они располагаются в виде отдельных зон.

Особенно велико количество паренхимы в тропических лиственных породах, где их доля может составлять половину всего объема ствола. В зонах с умеренным климатом только у таких пород деревьев, как вяз, ясень и бук, их доля ощутима. У березы и осины вертикальная паренхима встречается крайне редко. Ткань вертикальной паренхимы просматривается в древесине в виде •более темных или более светлых зон.

Сердцевинные лучи лиственных пород состоят из паренхимных клеток (рис. 51), у хвойных встречаются и одревесневшие трахеиды. По строению сердцевинные лучи лиственных пород можно разделить на две группы:

гомогенные сердцевинные лучи; все клетки в этих лучах одного размера и состоят из радиально вытянутых клеток (береза, осина, дуб, американский бук) или из клеток, вытянутых в вертикальном направлении;

гетерогенные сердцевинные лучи; паренхимные клетки этих лучей разных размеров и ориентированы в различных направлениях, обычно в середине сердцевинного луча они вытянуты в радиальном направлении, а ближе к периферии – в вертикальном (ива, граб).

Сердцевинные лучи различных пород хвойных деревьев мало отличаются друг от друга. У лиственных пород сердцевинные лучи довольно значительно отличаются друг от друга по ширине, высоте и плотности.

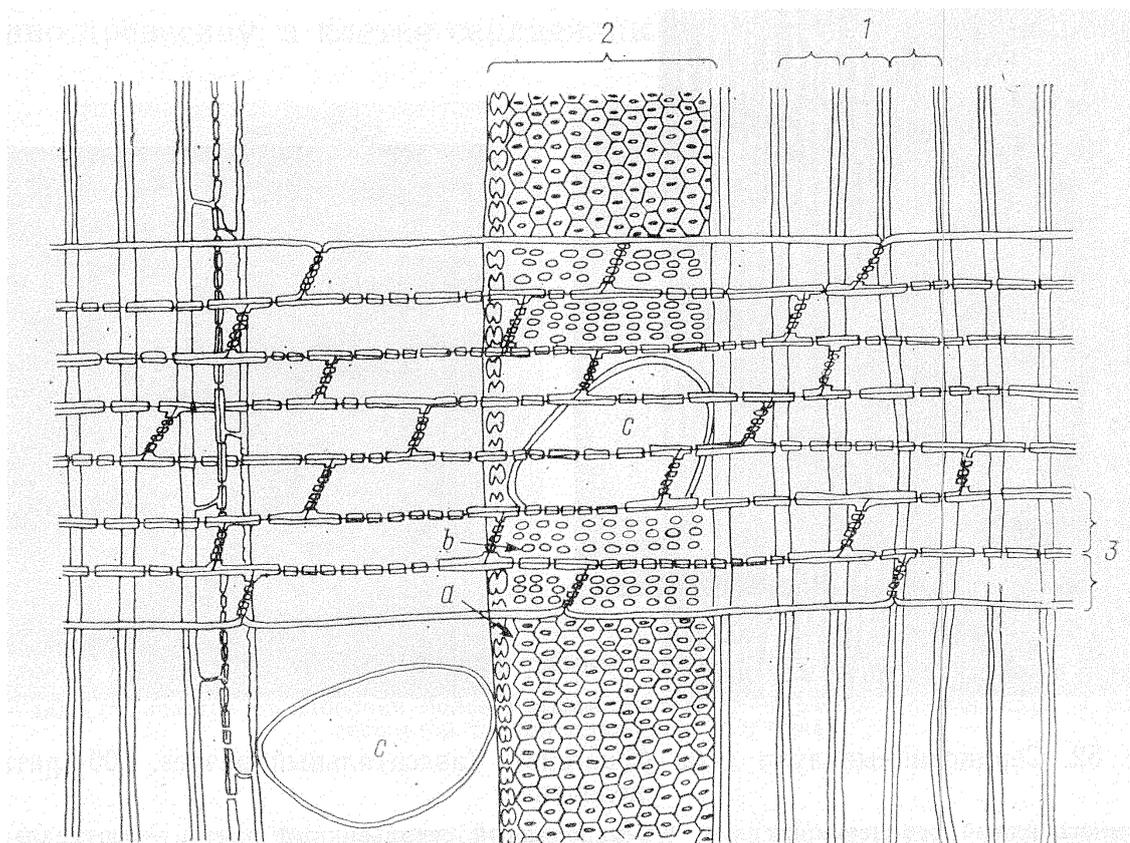


Рисунок – Радиальный срез осины по сердцевинному лучу. Гомогенный сердцевинный луч: 1 – волокна; 2 – сосуд; 3 – паренхимные клетки; *a* – шестиугольные поры между двумя сосудами; *b* – овальные поры в месте соприкосновения сосуда с клетками сердцевинного луча; *c* – поры между членами сосуда

Длина паренхимных клеток сердцевинных лучей у хвойных пород составляет $0,01 \div 0,16$ мм, а их ширина $0,002 \div 0,050$ мм.

В таблице приведены размеры трахеид (длина и ширина) хвойных пород, произрастающих в Европе и в Америке. Волокна деревьев, произрастающих в Америке, несколько длиннее волокон европейских деревьев. У некоторых деревьев, растущих на западном побережье Америки, волокна очень длинные, например у секвойи длина волокна больше 6 мм. Длина трахеиды у араукарии, произрастающей в Южной Америке, превышает 7 мм. Это самые длинные волокна, которые можно встретить у деревьев, используемых для производства целлюлозы.

Длина волокна в различных частях ствола варьирует и зависит от возраста древесины, места расположения по высоте ствола и быстроты роста волокна.

Длина волокон изменяется в пределах ствола в направлении от сердцевины к периферии ствола. У дерева в старшем возрасте волокна длиннее, чем у более молодого. Длина волокон увеличивается от сердцевины к периферии по всей высоте ствола, причем у сердцевины длина волокон увеличивается быстрее по сравнению с периферийной зоной ствола. Достигнув определенного максимального размера, длина волокон стабилизируется или незначительно уменьшается. Длина волокон от сердцевины к периферии увеличивается неодинаково по высоте ствола – в середине ствола быстрее, чем у комля.

Таблица – Размеры трахеид у хвойных пород, произрастающих за рубежом

Порода	Трахеиды	
	Длина, мм	Ширина (тангентальная плоскость), мкм
Центральная Европа		
Ель обыкновенная (европейская)	3,4(1,1-6,0)	31 (21÷40)
Сосна обыкновенная	3,1 (1,8÷4,5)	35 (14÷46)
Лиственница европейская Пихта белая (европейская)	3,5(1,4÷6,2) 3,7(1,6÷5,7)	38 (24÷52) 38(18÷58)
Северная Америка 2		
Сосна веймутова	3,0(1,6÷5,0)	25÷35
Сосна Банка	3,5(1,5÷5,7)	28÷40
Сосна болотная	4,9(1,6÷6,9)	35÷45
Сосна желтая	3,6(1,5÷5,0)	35÷45
Лиственница американская	3,6(1,7÷5,6)	25÷35
Ель черная	3,3(1,3÷4,9)	25÷30
Ель ситхинская	5,6(3,6÷7,3)	35÷45
Псевдотсуга тисолистная	3,9(1,7÷7,6)	35÷45
Тсуга западная	4,2(1,8÷6,0)	30÷40
Пихта бальзамическая	3,5(1,9÷5,6)	30÷40
Секвойя гигантская	6,1 (2,9÷9,3)	50÷65
Туя гигантская (складчатая)	3,5(1,4÷5,9)	30÷40
Южная Америка 3		
Араукария узколистная	7,2(5,7÷9,1)	

Максимальная длина волокна у отечественной сосны 40 лет в середине ствола, а у сосны 80 лет – у комля. Волокна ели, расположенные в различных частях поперечного среза (у сердцевины средней части и периферии ствола), существенно различаются по длине, что видно из приведенных ниже данных. Длина волокна, мм

Сердцевина	1,9 (1,28÷2,70)*
Средняя часть	3,0 (1,69÷3,88)
Периферия	3,7 (2,80÷4,29)

Данные в скобках показывают пределы изменений длины волокон. Образцы древесины отбирались на высоте 1,5 м от 60-, 70-, 100-летних елей, растущих на юге Финляндии.

Время роста дерева, которое требуется, чтобы волокно достигло максимальной длины, зависит от породы древесины, от возраста дерева, от скорости увеличения длины волокна и от места расположения древесины по высоте ствола.

У некоторых деревьев оно составляет меньше 10 лет, а у красного дерева, которое живет свыше 1000 лет, этот период составляет 200÷300 лет. У большинства деревьев, растущих в лесу, волокно достигает своей максимальной длины быстрее, чем у деревьев, которые растут на просторе.

Размеры волокон изменяются по высоте ствола. В одном и том же годичном кольце длина волокна изменяется по высоте ствола. В середине ствола она достигает максимальной величины, а затем уменьшается по направлению к вершине. У вершины волокна короче, чем у комля. У спелой сосны и ели волокна имеют максимальную длину в середине ствола.

Таблица - Ширина трахеид в радиальном направлении, мм

Годичные слои	Четырех первых клеток ранней древесины	Четырех последних клеток поздней древесины
11-18	37	18
49-53	47	17
115-119	55	19

*Примечание. Образцы отобраны на высоте 10,3 м.

Таблица – Размеры волокон у лиственных пород

Вид	Волокна		Членики сосудов	
	Длина, мм	Диаметр, мкм	Длина, мм	Диаметр, мкм
<i>Центральная Европа</i>				
Береза бородавчатая	0,8-1,6			
Тополь	0,7-1,6	14-40	0,3-0,6	30-130
Каштан благородный	0,6-1,6	20-44	0,5	20-150
Дуб скальный	0,6-1,6	10-30	0,2	15-500
Явор	0,7-1,1	10-30	0,1-0,4	10-400

Липа	0,5-1,4	10-20	0,3	30-110
Бук европейский	0,6-1,3	10-30	0,4	20-90
Граб обыкновенный	0,9-1,3	16-20	0,3-0,7	5-100
<i>Северная Америка</i>				
Береза желтая	1,8(0,8-2,7)	20-36	0,84	
Осина американская	1,0(0,4-1,9)	10-27	0,67	
Бук крупнолистный	1,2(0,6-1,9)	16-22	0,61	
Луб	1,4	14-22		
Липа американская	1,1(0,4-1,9)	24-36	0,43	
Клен серебристый	0,8(0,3-1,3)	16-30	0,41	
Ликвидамбар смолоносный	1,7(1,0-2,5)	20-40	1,32	
Нисса лесная	1,8(0,8-2,7)	20-32	1,11	
<i>Тропический пояс 3</i>				
Эвкалипт шаровидный	1,2(1,0-1,5)			
Аукумея Клаина	0,5-1,2	5-50		100-280
Акация	1,4(0,9-2,0)			
Хлопковое дерево	1,8(1,4-2,4)			
Манговое дерево	2,0(1,6-2,4)			

Толстые оболочки у волокон лиственных пород и у трахеид хвойных. Т

Толщина оболочки клетки, мкм

Трахеиды..... 2÷8

Волокно..... 3÷6,5

Членики сосудов..... 1,6÷3

Паренхимные клетки..... 2÷4,5

Толщина оболочки трахеид у отечественной ели и сосны в ранней древесине составляет 2÷4 мкм, в поздней – 4÷8 мкм. На границе ранней и поздней древесины характер изменения толщины оболочки трахеид зависит от породы дерева. У ели и сосны толщина их увеличивается постепенно, у лиственницы резко. Толщина оболочки волокна березы равна 3÷4 мкм.