# Введение

# Трудно назвать какую-нибудь отрасль народного хозяйства, где древесина не использовалась бы в том или ином виде, и перечислить изделия, в которых древесина не является составной частью. По объему использования и разнообразию применения в народном хозяйстве с ней не может сравниться никакой другой материал. Древесину применяют для изготовления мебели, столярно-строительных изделий. Из неё делают элементы мостов, судов, кузовов, вагонов, тару, шпалы, спортивный инвентарь, музыкальные инструменты, спички, карандаши, бумагу, предметы обихода, игрушки, сувениры. Натуральную или модифицированную древесину применяют в машиностроении и горнорудной промышленности; она является исходным сырьём для целлюлозно-бумажной промышленности, производства древесных плит.

Древесина - это продукт растительного происхождения, по химическому составу представляющий собой сложный комплекс, состоящий в основном из органических веществ различного состава и структуры. Наиболее значимыми для характеристики растительного сырья является целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин, существенное значение имеет содержание экстрактивных веществ, уронновых кислот, зольных компонентов, а так же углеводный состав гидролизатов, образующихся при количественном гидролизе легко- и трудногидролизуемых полисахаридов и других веществ.

# Определение этих компонентов и ведёт к наиболее полной характеристике химического состава растительной ткани.

В последнее время хвойные породы древесины получили широкое применение в лесохимической и деревоперерабатывающей промышленностях, изучение их химического состава, строения и морфологических особенностей играет важную роль в правильном и рациональном использовании древесинных пород.

1. Аналитический обзор

# Сосна (Pinus L.) - вечнозеленое дерево из семейства сосновых (Pinuseae Lindl). В настоящее время насчитывается около ста видов, относящихся к этому роду, из которых в России произрастает четырнадцать и ещё около девяноста было интродуцированно, подвиды некоторых сосен занесены в Красную книгу. Самый распространённый вид сосны, произрастающей в России,- сосна обыкновенная.

Сосна обыкновенная (Pinus silvestris L.) широко распространена на всей территории России. Это одна из ценнейших хвойных пород нашей страны. Дерево первой величины, достигающее высоты (35-40) м, вечнозеленое, однодомное, раздельнополое, анемофильное (ветроопыляемое). При условиях неблагоприятных, например, на болоте, сосна остается карликом, и столетние экземпляры не превышают иногда высоты одного метра. Очень светолюбивая древесная порода. Крона у молодых деревьев конусовидная, позже – округлая, более широкая, а в старости зонтиковидная или плоская. Очень морозо- и жаростойка. Продолжительность жизни дерева от 150 до 200 (иногда 400) лет. Размножается семенами. Обладает пластичной корневой системой, развивающейся в соответствии с характером и структурой почвы. Обычно для сосны обыкновенной выделяют четыре типа корневых систем, достаточно сильно различающиеся по форме и строению.

1. Мощная корневая система с развитым стержневым («редькой») и боковыми корнями типична для почв, достаточно свежих и хорошо дренированных.

2. Мощная корневая система со слабо развитым стержневым корнем, но исключительно сильно развитыми боковыми корнями, располагающимися на ничтожной глубине параллельно поверхности почвы, - типична для сухих почв с очень глубоким горизонтом грунтовых вод.

3. Слабо развитая корневая система, состоящая только из поверхностно расположенных коротких, редко разветвленных корней, - типична для почв с избыточным увлажнением, полуболотных и болотных.

4. Густая, но неглубокая корневая система «щеткой» - типична для плотных почв с глубоким расположением уровня грунтовых вод.

Эта пластичность корневой системы сосны делает её чрезвычайно ценной в лесоводственном отношении древесной породой, давая возможность для искусственного облесения на самых сухих, бедных и заболоченных почвах.

Ствол сосны, растущей в сравнительно сомкнутых насаждениях, стройный, прямой, ровный, высокоочищенный от сучьев; в изреженных насаждениях или на просторе дерево менее высокое, ствол сбежистый и более суковатый. Кора в разных частях дерева различной толщины и разного цвета: в нижней части ствола она толстая, бороздчатая, красно-бурая, почти серая; в средней и верхних частях ствола и на крупных ветвях - желтовато-красная, отслаивающаяся тонкими пластинками, почти гладкая, тонкая. Почки красновато-бурые, удлиненно-яйцевидные, остроконечные, длиной (6-12) мм, в большинстве смолистые, расположены на конце побега мутовчато вокруг конечной почки, иногда почки появляются на побегах сбоку, но ветвей не образуют. Наибольший прирост по высоте дает в благоприятных условиях в возрасте (15-30) лет, достигая к восьмидесяти годам 30 м.

Древесина сосны с розовым или буро-красным ядром и желтовато-бурой заболонью, прямослойная, легкая, смолистая, прочная, легко обрабатывается. Годичные слои хорошо видны, ранняя часть годичного слоя светлая, поздняя – темная.

Хвоя темно-зеленая, растет в пучках по две, длиной (4-7) см, сверху выпуклая, снизу плоская, жесткая, остроконечная. Держится на дереве в течение трех лет, опадает вместе с укороченным побегом. Укороченные побеги располагаются спирально, равномерно покрывая как главный, так и боковые побеги и придавая им радиальную симметрию. Укороченные побеги выходят из пазухи чешуек, представляющих собой редуцированные листья. Эти чешуйки хорошо видны только на молодом побеге. Укороченный побег имеет сложное строение, хорошо различимое сразу после распускания почек. Он состоит из очень короткого от 1 до 2мм стебля, двух хвоинок, между которыми на стебле имеется маленькая спящая почка. Кроме того, укороченный побег имеет еще пленчатые чешуйки двух видов, плотно охватывающие его в виде трубки, - так называемое влагалище укороченного побега. Эти пленчатые чешуйки являются редуцированными листьями. Они хорошо видны только весной на молодых побегах, позже засыхают и опадают. Спящая почка опадает вместе с хвоей. При сильном повреждении хвои, например, насекомыми или при поломке верхней части удлиненного побега, при повреждении верхушечной почки у многих укороченных побегов спящие почки прорастают, и между двумя хвоинками появляется удлиненный побег. Хвоя ежегодно опадает с дерева, но не вся сразу, а частично, так как отдельные иглы живут (2-3) года. Хвоя сосны может служить источником витаминных препаратов. Её широко использовали в годы Великой Отечественной войны для профилактики лечения гипо- и авитаминоза.

В конце мая сосны начинают цвести. В это время можно видеть целые тучи «желтой пыли», поднимающейся над лесом. В случае дождя вся эта пыльца падает на землю и сносится водой в низины, что дает повод несведущим людям говорить о выпадении «серного дождя». На одних ветвях образуются мужские шишки, собранные в большом количестве в виде колосовидного «соцветия», желтого цвета, а на верхушках молодых побегов, того же дерева находятся женские шишки. Женские шишечки овальной формы, длиной от 5 до 6 мм, во время цветения красноватые, сидят на коротких ножках. Опыление происходит весной, а оплодотворение летом следующего года. Зрелые шишки сосны удлиненно-яйцевидные, длиной (2,5-7,0) см и шириной (2-3) см, буровато-серые, матовые, с плотными деревянистыми семенными чешуями, свисающие на загнутых ножках вниз. Щитки, или апофизы, на концах семенных чешуй матовые или слабо блестящие почти ромбические, пупок (бугорок апофиза) слабовыпуклый. Встречаются шишки красно-коричневые, лилово-коричневые, серые, серо-зеленые. Примерно 85% общего урожая орехов в России приходится на сосну сибирскую. В годы со средней урожайностью сырьевой запас орехов составляет 733 тыс. т, из них 672 тыс. т. приходится на Сибирский, 43 тыс. т. на Уральский и 18 тыс. т. на Дальневосточный федеральные округа. Наибольшая плотность урожая орехов приходится на Томскую область, Республику Тыва и на Иркутскую область.

Урожайность сибирской сосны зависит от условий ее произрастания. В центре ареала лишь один год из пяти бывает неурожайным, в то же время на северной границе ареала хорошие и средние урожаи бывают три - четыре раза за 10 лет. Среднемноголетняя урожайность сибирских кедровников находится в пределах от 10 до 170 кг/га. В разреженных лесах от 140 до 180-летнего возраста урожаи достигают 800 кг/га.

Семена удлиненно-яйцевидные, длиной (3-4) мм, различной окраски (пестрые, серые, черные) с крылом в три-четыре раза длиннее семян, охватывающим семя с двух сторон, как щипчиками, и легко от него отделяющимся. Время вылета семян растянуто и продолжается с первых дней весны до конца мая – начала июня. Прорастание семян и появление всходов возможно в течение всего вегетационного периода. В лесу сосна начинает плодоносить с сорока лет, при свободном состоянии с (15-30) лет. Семенные годы повторяются через два-три-пять иногда даже до двадцати лет (в зависимости от региона и погодных условий).

Всходы обычно с (4-7) трехгранными семядолями. Хвоинки на всходах одиночные, сидят спирально. Парная хвоя появляется на второй год. Верхушка удлиненного побега второго года заканчивается одной верхушечной и несколькими боковыми почками, из которых весной следующего года образуется первая мутовка. Следовательно, при определении возраста молодых сосенок к числу мутовок надо прибавлять две единицы, так как первые два года мутовки не образуются. Определять возраст сосны по мутовкам сравнительно легко до ( 40-50) лет, поскольку с возрастом сучья нижних мутовок отмирают и делаются незаметными на стволе, зарастая древесиной и корой. К тому же при благоприятных условиях в течение вегетационного периода сосна может за один год давать два и более прироста, соответственно образуя две и более мутовки.

Сосна образует ряд форм, различающихся цветом шишек, формой апофиза, строением крон. У сосны обыкновенной имеются формы с пирамидальной и плакучей кроной, с золотистой, серебристой и беловатой окраской хвои у молодых побегов, с корой пластинчатой и чешуйчатой.

Распространение ареала сосны в Сибири занимает территорию около 5,7 млн. км2 к югу от 66° с.ш. Дальше всего на север она проникает по долине реки Лены (примерно до 68° с.ш.). Наиболее крупные массивы высокопроизводительных сосновых лесов сосредоточены в бассейне реки Ангары, в верховьях Подкаменной Тунгуски, Иртыша и Оби.

Сосна сибирская мало требовательна к плодородию и влажности почвы (мезоксерофит, олиготроф). Может расти на чрезвычайно сухих почвах, на которых не могут расти не только другие древесные породы, но и даже травянистые растения. На сухих и бедных почвах часто образует чистые насаждения – боры. На плодородных почвах она обычно входит в состав смешанных лесов.

Ствол и ветви сосны пронизаны смоляными ходами, наполненными смолой, которую обычно называют «живицей», она имеет большое значение для дерева: заживляет раны, нанесенные ему, отпугивает насекомых вредителей. Живицу добывают путем подсочки. Используют для получения скипидара, канифоли и т.д. «Смолистый воздух», богатый озоном и чистый от микробов, в сосновых лесах издавна славится своими благоприятными свойствами для здоровья человека. В медицине широко используются сосновые почки, собираемые весной до их распускания. В почках содержатся смолы, эфирные масла, крахмал, горькие и дубильные вещества. Хвоя сосны обыкновенной в больших количествах содержит витамин С и каротин. Сосновые леса, благодаря исключительной ценности сосновой древесины, являются основным объектом лесоэксплуатации.

* 1. Строение древесины

Древесина хвойных пород состоит из ранних и поздних трахеид, сердцевинных лучей, смоляных ходов, древесной паренхимы. Макроструктурой называют строение дерева и древесины, видимое невооружённым глазом или через лупу, а микроструктурой – видимое под микроскопом. Обычно изучают три основных разреза ствола: поперечный (торцовый), радиальный, проходящий через ось ствола, и тангенциальный, проходящий по хорде вдоль ствола. При рассмотрении разрезов ствола дерева невооруженным глазом или через лупу можно различить следующие основные его части: кору, камбий, древесину и сердцевину. Сердцевина состоит из клеток с тонкими стенками, слабо связанных друг с другом. Сердцевина совместно с древесной тканью первого года развития дерева образует сердцевинную трубку. Это часть ствола дерева легко загнивает и имеет малую прочность. Кора состоит из кожицы или корки, пробковой ткани и луба. Корка или кожица защищает дерево от вредных влияний среды и механических повреждений. Луб проводит питательные вещества от кроны в ствол и корни. Под лубяным слоем у растущего дерева располагается тонкий кольцевой слой живых клеток – камбий. Ежегодно в вегетативный период камбий откладывает в сторону коры клетки луба и внутрь ствола, в значительно большом объеме, - клетки древесины. Деление клеток камбиального слоя начинается весной и заканчивается осенью. Поэтому древесина ствола (часть ствола от луба до сердцевины) в поперечном срезе состоит из ряда концентрических, так называемых годичных колец, располагающихся вокруг сердцевины. Каждое кольцо состоит из двух слоёв: ранней (весенней) древесины, образующейся весной или в начале лета, и поздней (летней) древесины, которая образуется в конце лета. Ранняя древесина светлая и состоит из крупных, но тонкостенных клеток; поздняя древесина более темного цвета, менее пориста и обладает большой прочностью, так как состоит из мелкополостных клеток с толстыми стенками. В процессе роста дерева стенки клеток древесины внутренней части ствола, примыкающей к сердцевине, постоянно изменяют свой состав, одеревеневают и пропитываются у хвойных пород смолой, а у лиственных – дубильными веществами. Движение влаги в древесине этой части ствола прекращается и она становится более прочной, твердой и менее способной к загниванию. Эту часть ствола, состоящую из мертвых клеток, называют у некоторых пород ядром, у других – спелой древесиной. Часть более молодой древесины ствола ближе к коре, в которой ещё имеются живые клетки, обеспечивающие перемещение питательных веществ от корней к кроне, называют заболонью. Эта часть древесины имеет большую влажность, относительно легко загнивает, мало прочна, обладает большой усушкой и склонностью к короблению. В древесине всех пород располагаются сердцевинные лучи, которые служат для перемещения влаги и питательных веществ в поперечном направлении и создании запаса этих веществ на зимнее время. Древесина легко раскалывается по сердцевинным лучам, по ним же она растрескивается при высыхании.

У большинства хвойных пород, преимущественно в слоях поздней древесины, расположены смоленые ходы – межклеточные пространства, заполненные смолой. В древесине лиственных пород имеются мелкие и крупные сосуды, имеющие форму трубочек, идущих вдоль ствола. В растущем дереве по сосудам передвигается влага от корней к кроне. У хвойных пород сосудов нет, их функции выполняют удлиненные замкнутые клетки, называемые ранними трахеидами. Механическую функцию выполняют поздние трахеиды, образующиеся во вторую половину вегетационного периода. Перемещение в горизонтальном направлении и хранение в период покоя запасных питательных веществ происходит по паренхимным клеткам, из которых состоят сердцевинные лучи. Паренхимные клетки также являются элементом строения смоляных ходов и древесной паренхимы.[1]

Трахеиды составляют от 90 до 95 % объема древесины хвойных пород. Типично прозенхимные клетки, имеют форму сильно вытянутых волокон с кососрезанными концами. Трахеиды - мертвые клетки, в стволе растущего дерева только вновь образующийся (последний) годичный слой содержит живые трахеиды. Их отмирание начинается еще весной, все больше трахеид отмирает к осени, а к середине зимы все трахеиды последнего годичного слоя отмирают.[9]

Форма поперечного сечения трахеид может быть прямоугольная, иногда квадратная, пяти- или шестиугольная. Размеры трахеид в тангенциальном направлении у всех пород практически одинаковы и составляют от 27 до 32 мкм. Размер ранних трахеид в радиальном направлении в два раза больше, чем у поздних, и находится в диапазоне от 21 до 52 мкм. Длина трахеид отечественных пород составляет от 2,5 до 4,5 мм. По длине ранние и поздние трахеиды почти не отличаются. Условия произрастания влияют на величину трахеид, в хороших условиях их длина и толщина увеличиваются. В годичном слое трахеиды расположены правильными радиальными рядами. Ранние трахеиды, составляющие раннюю зону годичного слоя, имеют тонкие стенки и большие внутренние полости; у поздних трахеид, составляющих позднюю зону годичного слоя, стенки толстые, внутренние полости малы. В пределах одного годичного слоя переход от ранних трахеид к поздним постепенный. Характерная особенность трахеид - наличие окаймленных пор, расположенных преимущественно на радиальных стенках у концов трахеид. Количество пор у ранних и поздних трахеид различно. У поздних трахеид поры меньших размеров и в значительно меньшем количестве. У ранних трахеид пор от 70 до 90 на одну трахеиду, у поздних от 8 до 25 пор. Изучая строение древесины под микроскопом, можно увидеть, что основную её массу составляют клетки веретенообразной формы, вытянутые вдоль ствола. Некоторое количество клеток вытянуто в горизонтальном направлении, то есть поперек основных клеток. Одинаковые по форме и функциям группы клеток объединяются в ткани, имеющие различное назначение в жизни древесины: проводящие, запасающие, механические. Живая клетка имеет оболочку, протоплазму, клеточный сок и ядро. Оболочки клеток сложены из нескольких слоёв очень тонких волоконец, называемых микрофибриллами, которые компактно уложены и направлены по спиралям под разным углом к продольной оси клетки в каждом слое. Иногда микрофибриллы ориентированы по встречным спиралям. Микрофибрилла состоит из длинных нитевидных цепных молекул целлюлозы – высокомолекулярного природного полимера со сложным строением макромолекул. Макромолекулы целлюлозы эластичны и сильно вытянуты. В клеточной оболочке содержатся и другие органические вещества – лигнин и гемицеллюлоза, которые размещаются преимущественно между микрофибриллами, а также небольшое количество неорганических веществ в виде солей щелочноземельных металлов.

Таблица 1- Содержание различных элементов в древесине хвойных пород

|  |  |
| --- | --- |
| Порода | Содержание, % от общего объема древесины |
| трахеид | сердцевинныхлучей | смоляныхходов | древесной паренхимы |
| Сосна (разные виды) | 91,0-94,0 | 5,3-8,4 | 0,5-1,1 | - |
| Ель (разные виды) | 92,5-95,0 | 5,0-7,2 | 0,2—0,3 | - |

* 1. Химический состав

Химический состав отдельных видов древесных пород, а также их частей качественно сходен, однако в количественном содержании отдельных компонентов имеются существенные различия. Имеются и индивидуальные особенности в количественном содержании отдельных компонентов внутри одного вида, связанные с возрастом и условиями произрастания. Древесина состоит из органических веществ, в состав которых входят углерод, водород, кислород и немного азота. Абсолютно сухая древесина сосны в среднем содержит: 49,5 % углерода; 6,1 % водорода; 43,0 % кислорода; 0,2 % азота.

Кроме органических веществ, в древесине есть минеральные соединения, дающие при сгорании золу, количество которой колеблется в пределах (0,2—1,7) %; однако у отдельных пород (саксаула, ядра фисташки) количество золы достигает (3—3,5) %. У одной и той же породы количество золы зависит от части дерева, положения в стволе, возраста и условий произрастания. Больше золы дают кора и листья; Древесина ветвей содержит золы больше, чем древесина ствола; например, ветви березы и сосны дают при сгорании 0,64 и 0,32% золы, а стволовая древесина — 0,16 и 0,17 % золы. Древесина верхней части ствола дает золы больше, чем нижняя; это указывает на большое содержание золы в древесине молодого возраста.

В состав золы входят главным образом соли щелочноземельных металлов. В золе из древесины сосны, ели и березы содержится свыше 40 % солей кальция, свыше 20 % солей калия и натрия и до 10 % солей магния. Часть золы от 10до 25 % растворима в воде (главным образом, щелочи — поташ и сода). В прежнее время поташ К2СО3, употребляемый в производстве хрусталя, жидкого мыла и других веществ, добывали из древесной золы. Зола от коры содержит больше солей кальция (до 50% у ели), но меньше солей калия, натрия и магния. Входящие в состав древесины и названные выше основные химические элементы (С, Н и О) образуют сложные органические вещества.

Главнейшие из них образуют клеточную оболочку (целлюлоза, лигнин, гемицеллюлозы — пентозаны и гексозаны) и составляют 90—95% массы абсолютно сухой древесины. Остальные вещества называются экстрактивными, то есть извлекаемыми различными растворителями без заметного изменения состава древесины; из них наибольшее значение имеют дубильные вещества и смолы. Содержание основных органических веществ в древесине в некоторой мере зависит от породы. Это видно из таблицы 2

**Таблица 2- Содержание органических веществ в древесине разных пород**

|  |  |
| --- | --- |
| Органические вещества | Содержание органических веществ, % от массы абсолютно сухой древесины |
| сосны | ели | бука | березы |
| Растворимые в эфире..... | 4,91 | 1,87 | 0,45 | 1,50 |
| Растворимые в горячей воде | 2,98 | 3,19 | 3,41 | 2,30 |
| Целлюлоза, свободная от пентозанов | 56,50 | 55,17 | 47,75 | 47,20 |
| Лигнин | 27,05 | 27,00 | 27,72 | 19,10 |
| Пентозаны | 10,45 | 11,24 | 23,40 | 28,70 |

В среднем можно принять, что в древесине хвойных пород содержится (48—56) % целлюлозы, (26—30) % лигнина, (23—26) % гемицеллюлоз, содержащих (10—12)% пентозанов и около 13% гексозанов; в то же время древесина лиственных пород содержит (46—48) % целлюлозы, (19—28) % лигнина, (26—35) % гемицеллюлоз, содержащих (23—29) % пентозанов и (3—6) % гексозанов. Из этих таблицы 2 видно, что древесина хвойных пород содержит повышенное количество целлюлозы и гексозанов, а для древесины лиственных пород характерно высокое содержание пентозанов. В клеточной оболочке целлюлоза находится в соединении с другими веществами. Особенно тесная связь, характер которой до сего времени не ясен, наблюдается между целлюлозой и лигнином. Ранее считали, что лигнин лишь механически примешан к целлюлозе; однако в последнее время все более приходят к убеждению, что между ними существует химическая связь.

Химический состав ранней и поздней древесины в годичных слоях, то есть содержание целлюлозы, лигнина и гемицеллюлоз, практически одинаков. Ранняя древесина содержит лишь больше веществ, растворимых в воде и эфире- это особенно характерно для лиственницы. По высоте ствола химический состав древесины меняется мало. Так, в составе древесины дуба по высоте ствола не обнаружено практически ощутимых различий. У сосны, ели и осины в возрасте спелости обнаружено незначительное увеличение содержания целлюлозы и понижение содержания лигнина и пентозанов в средней по высоте части ствола. В древесине ветвей сосны, ели и осины содержится меньше целлюлозы (44—48) %, но больше лигнина и пентозанов. Однако у дуба не обнаружено заметных различий в химическом составе древесины ствола и крупных ветвей, лишь в мелких ветвях найдено меньше дубильных веществ (8 % в стволе и 2 % в ветвях). Различие в химическом составе древесины заболони и ядра летнего дуба видно из данных таблицы 3.

**Таблица 3- Различие в химическом составе древесины заболони и ядра сосны**

|  |  |
| --- | --- |
| Частьдревесины | Состав, % от массы в абсолютно сухом состоянии |
| целлюлозы, свободной от пентозанов | лигнина | пентозанов | дубильныхвеществ | золы |
| Заболонь | 31,52 | 22,35 | 19,47 | 3,9 | 0,58 |
| Ядро | 32,91 | 21,07 | 24,42 | 10,1 | 0,20 |

Как видим из таблицы, заметное различие обнаружилось только в содержании пентозанов и дубильных веществ: в древесине ядра их больше (а золы меньше). Химический состав оболочек клеток камбия, вновь образовавшейся древесины и заболони, сильно различается: в элементах древесины резко возрастает содержание целлюлозы и лигнина (у ясеня с 20,2 до 4,6 % в камбии, до 58,3 и 20,9 % в заболони), но также резко снижается содержание пектинов и протеинов (с 21,6 и 29,4 % в камбии и до 1,58 и 1,37 % в заболони). Влияние условий произрастания на химический состав древесины изучено мало.

Содержание целлюлозы в древесине сосны убывает по мере ухудшения почвенных условий: в древостоях I бонитета — 58 %; III бонитета — 56,8 %; IV бонитета — 52,9 % и V бонитета— 51,5 %; аналогичное явление обнаружено и для древесины ели: в древостоях III бонитета — 52,1 % и IV бонитета 48,5 %.

Целлюлоза - природный полимер, полисахарид с длинной цепной молекулой. Общая формула целлюлозы (C6H10O5)n, где n степень полимеризации составляет от 6000 до 14000. Это очень стойкое вещество, нерастворимое в воде и обычных органических растворителях (спирте, эфире и других), белого цвета. Пучки макромолекул целлюлозы - тончайшие волоконца называются микрофибриллами. Они образуют целлюлозный каркас стенки клетки. Микрофибриллы ориентированны преимущественно вдоль длинной оси клетки, между ними находится лигнин, гемицеллюлозы, а также вода. Целлюлоза состоит из длинных цепных молекул, образованных повторяющимися звеньями, состоящими из двух глюкозных остатков. Каждая пара связанных между собой глюкозных остатков называется целлобиозой. Глюкозные остатки образуются после выделения молекулы воды при соединении молекул глюкозы в процессе биосинтеза полисахарида целлюлозы. В целлобиозе глюкозные остатки повернуты на 1800, первый углеродный атом одного из них связан с четвертым углеродным атомом соседнего звена.[1]

Рассматривая целлюлозу на молекулярном уровне, можно сказать, что макромолекула ее имеет вид вытянутой неплоской цепи, образованной различными структурами звеньев. Наличие различных звеньев связано со слабыми внутримолекулярными связями между гидроксильными группами (ОН-ОН) или между гидроксильной группой и кислородом (ОН - О).

Целлюлоза на 70 % обладает кристаллической структурой. По сравнению с другими линейными полимерами целлюлоза имеет особые свойства, что объясняется регулярностью строения цепи макромолекулы и значительными силами внутри- и межмолекулярного взаимодействия.

При нагревании до температуры разложения целлюлоза сохраняет свойства стеклообразного тела, то есть ей присущи в основном упругие деформации. Целлюлоза - химически стойкое вещество, она не растворяется в воде и большинстве органических растворителей (спирте, ацетоне и др.). При действии щелочей на целлюлозу протекают одновременно физико-химические процессы набухания, перегруппировки и растворения низкомолекулярных фракций. Целлюлоза мало устойчива к действию кислот, что обусловлено глюкозидными связями между элементарными звеньями. В присутствии кислот происходит гидролиз целлюлозы с разрушением цепей макромолекул. Целлюлоза - это вещество белого цвета, плотностью от 1,54 до 1,58 г/см3. [3]

Понятием гемицеллюлоза объединяется группа веществ, близких по химическому составу к целлюлозе, но отличающихся от нее способностью легко гидролизоваться и растворяться в разбавленных щелочах. Гемицеллюлозы представляют собой главным образом полисахариды: пентозаны (C5H8O4)n и гексозаны (C6H10O5)n с пятью или шестью атомами углерода в основном звене. Степень полимеризации гемицеллюлоз (n =60-200) значительно меньше, чем целлюлозы, т. е. цепочки молекул короче. При гидролизе полисахаридов гемицеллюлоз образуются простые сахара (моносахариды); гексозаны переходят в гексозы, а пентозаны — в пентозы. Обычно из древесины не получают гемицеллюлоз в виде товарных продуктов. Однако при химической переработке древесины они широко используются для получения многих ценных веществ. Например, при нагревании древесины с двенадцатипроцентной соляной кислотой почти все пентозаны (93—96) % переходят в простые сахара — пентозы — и после отщепления от каждой молекулы моносахарида трех молекул воды образуется фурфурол — продукт, широко применяемый в промышленности. В растущем дереве гексозаны — запасные вещества, а пентозаны выполняют механическую функцию [2].

Кроме углеводов (целлюлозы и гемицеллюлоз), в состав клеточной оболочки входит ароматическое соединение — лигнин, которое отличается высоким содержанием углерода. Целлюлоза содержит 44,4 % углерода, а лигнин (60—66 )%. Лигнин менее стоек, чем целлюлоза, и легко переходит в раствор при обработке древесины горячими щелочами, водными растворами сернистой кислоты или ее кислых солей. На этом основано получение технической целлюлозы. Лигнин получается в виде отходов при варке сульфитной и сульфатной целлюлозы, при гидролизе древесины. Содержащийся в черных щелочах лигнин в основном сжигается при регенерации.

Лигнин используется в качестве пылевидного топлива, заменителя дубильных веществ, в производстве крепителей формовочных земель (в литейной промышленности), пластических масс, искусственных смол, для получения активированного угля, ванилина и другого. Однако вопрос о полном квалифицированном химическом использовании лигнина пока еще не решен. Из остальных органических веществ, содержащихся в древесине, наибольшее промышленное использование получили смолы и дубильные вещества.

## Под смолой подразумевают гидрофобные вещества, растворимые в нейтральных неполярных растворителях.

Эту группу веществ принято делить на нерастворимые в воде смолы (жидкие и твердые) и камедесмолы, содержащие растворимые в воде камеди. Среди жидких смол наибольшее значение имеет живица, которую получают из древесины (иногда из коры) хвойных пород в результате подсочки. Подсочка сосны и кедра ведется следующим образом. Осенью на очищенном от грубой коры участке ствола специальными инструментами проводится вертикальный желобок, а с наступлением теплой погоды весной систематически снимаются направленные под углом 30° к желобку полоски коры и древесины и образуются так называемые подновки. Глубина подновок обычно (3—5) мм. Рана, наносимая дереву при подсочке, называется каррой.

Из перерезанных смоляных ходов живица, находящаяся под давлением (10— 20) атмосфер, вытекает в подновки и по желобку направляется в приемник. После нанесения четырех-пяти подновок из конического приемника стальной лопаточкой выбирают живицу. Для увеличения выхода живицы применяют химические стимуляторы (хлорную известь или серную кислоту), которыми обрабатывают свежевскрытую поверхность древесины.

Подсочка ели ведется путем нанесения карр в виде узких продольных полос. Для получения живицы из лиственницы просверливают каналы вглубь ствола до встречи с крупными смоляными «карманами», которые часто образуются в нижней части ствола. Лиственничная живица высоко ценится и применяется в лакокрасочной промышленности для изготовления лучших сортов лаков и эмалевых красок. Пихтовая живица добывается из «волдырей», образующихся в коре. Живицу из проколотых «волдырей» выдавливают в переносные приемники. Пихтовая живица напоминает по своим свойствам канадский бальзам и находит применение в оптике, микроскопической технике и тому подобное.

В наибольших количествах добывается сосновая живица, которая представляет собой прозрачную смолистую жидкость с характерным сосновым запахом. На воздухе живица твердеет и превращается в хрупкую белесоватую массу — баррас. Полученная в результате подсочки сосновая живица содержит примерно 75 % канифоли и 19 % скипидара, остальное составляет вода. Живицу можно рассматривать как раствор твердых смоляных кислот (канифоль) в жидком терпентинном масле (скипидар). Переработка живицы осуществляется на канифольно-терпентинных заводах и заключается в отгонке с водяным паром летучей части — скипидара. Остающаяся нелетучая часть представляет собой канифоль.

Скипидар и канифоль можно получать путем экстракционной переработки пневого осмола — ядровой части сосновых пней, обогатившихся смолой за счет отгнивания малосмолистой заболони. В качестве растворителя чаще всего используют бензин. Полученный экстракт подвергают разгонке. Растворитель и скипидар отгоняются, а канифоль остается. Экстракционные продукты уступают по качеству скипидару и канифоли, полученным из живицы. Скипидар находит широкое применение как растворитель в лакокрасочной промышленности, для производства синтетической камфоры и других продуктов. Камфора в больших количествах используется в качестве пластификатора в производстве целлулоида, лаков и кинопленки.

Основной потребитель канифоли — мыловаренная промышленность, где она используется для изготовления хозяйственного мыла. В большом количестве используется канифольный клей для проклейки бумаг. Глицериновый эфир канифоли вводят в состав нитролаков для придания пленке блеска. Канифоль используется для приготовления электроизоляционных материалов, в производстве синтетического каучука и др. Большое промышленное значение имеет камедь лиственницы. Камедь экстрагируется из измельченной древесины кислой водой (концентрация уксусной кислоты 0,2 %) при температуре 30°. После упаривания до концентрации (60—70) % получают товарный продукт. Применяют ее в текстильном производстве для изготовления красок, в полиграфической, бумажной промышленности. [2]

Понятием дубильные вещества или танниды объединяются все вещества, которые обладают свойствами дубить сырую кожу, придавая ей стойкость против гниения, эластичность, способность не разбухать. Наиболее богата дубильными веществами древесина ядра дуба от 6 до 11 % и каштана от 6 до 13 %. В коре дуба, ели, ивы, лиственницы и пихты содержится от 5 до 16 % таннидов. В наростах на листьях дуба — галлах содержится от 35 % до 75 % таннидов (одной из разновидностей дубильных веществ). В листьях и корнях бадана содержание таннидов составляет (15-25) %.

Танниды растворимы в воде и спирте, обладают вяжущим вкусом, при соединении с солями железа дают темно-синюю окраску, легко окисляются. Дубильные вещества экстрагируют горячей водой из измельченной древесины и коры. Товарным продуктом является либо жидкий, либо сухой экстракт, который получают после упаривания раствора в вакуум-аппарате и сушки. Из древесных растений можно получать также эфирные масла, лакторезины и красящие вещества.

## Эфирные масла относят к группе терпенойды (изопренойды) – углеводороды построенные из различного количества изопреновых единиц.

Из хвои и шишек разных видов пихты добывают пихтовое масло, представляющее собой прозрачную, бесцветную ароматическую жидкость, быстро испаряющуюся на воздухе. Хвоя сибирской пихты содержит от 0,63 до 3 %, а хвоя кавказской пихты 0,2 % пихтового масла. Пихтовое масло имеет применение в фармацевтическом производстве, в парфюмерии и для приготовления лаков. Летучие эфирные масла хвойных пород сосны, ели, западной туи, обладают свойствами фитонцидности, т. е. способностью убивать микробов, находящихся в воздухе или в воде.

Почки сосны содержат эфирное масло, смолы, крахмал, дубильные вещества, пинипикрин. В хвое много аскорбиновой кислоты, дубильных веществ, а также содержатся алкалоиды, эфирное масло. В живице до 35 % эфирного масла и смоляные кислоты. В медицине почки сосны применяются в виде настоя, настойки, отвара, экстракта как отхаркивающее, мочегонное, дезинфицирующее, противовоспалительное и противоцинготное средство. Почки сосны являются составной частью грудного сбора; в сочетании с хвойными иглами в виде настоя и экстракта могут быть применены для приготовления хвойных ванн. Полипренол — активный компонент сосновой хвои обладает антисеротонинергическим действием. Из хвойных игл готовят концентраты и настои, применяемые при цинге, а также для лечебных ванн. Экстракт сосновых почек обладает бактерицидными свойствами по отношению стафилококка, шигелл и кишечной палочки. Скипидар входит в состав мазей, линиментов, употребляемых при невралгиях, миозитах, для растираний. Его назначают внутрь и для ингаляций при бронхитах, бронхоэктазах. Деготь обладает дезинфицирующим и инсектицидными свойствами, оказывает местное раздражающее действие. Он используется в виде мазей для лечения кожных заболеваний и ран. Кора содержит дубильные вещества. Живица из коры кедровой сосны содержит скипидар и канифоль.

**Лакторезины** — млечные соки некоторых растений, близкие к смолам. К ним относятся каучук и гуттаперча. Каучук добывается из коры дерева Hevea brasiliensis и представляет собою аморфную массу от желтого до темного цвета, растворимую в сероуглероде, хлороформе, эфире и скипидаре. Гуттаперчу получают из некоторых тропических древесных пород (например, Isonandra gutta Hook и других). Из российских пород гуттаперчу содержат в коре корней (до 7 %) бересклет бородавчатый и европейский. Очищенная гуттаперча представляет собой твердую массу бурого цвета, легко растворимую в сероуглероде, хлороформе и скипидаре. Из нее изготавливают клише для рисунков, изоляцию электрических кабелей и другое.

Красящие вещества могут находиться как в древесине, так и в коре, листьях и корнях. В древесине встречаются красящие вещества красного, желтого, синего и коричневого цветов. Из произрастающих в нашей стране пород для окрашивания тканей и пряжи в желтый цвет местное население на Кавказе использует древесину маклюры, шелковицы, скумпии, кору граба, сумаха и хмелеграба, для окраски в красный цвет — сухую кору крушины, в коричневый — древесину скумпии, кожуру грецкого ореха и другое.

**Химический состав коры** деревьев резко отличается от химического состава древесины (ксилемы). Нужно также отметить, что внутренняя и внешняя части коры, имеющие разное функциональное назначение и соответственно строение, существенно отличаются друг от друга и по составу. Но достаточно часто анализ **химического состава коры** делается без разделения ее на луб и корку.

Отличительной особенностью химического состава коры является высокое содержание экстрактивных веществ и наличие неких специфичных компонентов, не удаляемых нейтральными растворителями. Последовательным экстрагированием растворителями с увеличивающейся полярностью из коры разных видов извлекают от 15 до 55 % ее массы. Следующая обработка однопроцентным раствором NaOH дополнительно растворяет от 20 до 50 % массы. В результате таких поочередных обработок древесная кора теряет от 10 до 75 % собственной массы. При всем этом из коры удаляются не только некоторая часть гемицеллюлоз, но и такие специфические составляющие, как суберин и полифенольные кислоты коры, которые нельзя относить к экстрактивным веществам. Особенности строения и **химического состава коры** вызывают определенные трудности при ее анализе и требуют модифицирования методик, разработанных для анализа древесины, а именно, введения дополнительных предварительных обработок водным и спиртовым растворами и фоксида натрия. В противном случае наличие суберина и полифенольных кислот может привести к значительному завышению результатов определения холоцеллюлозы и лигнина. Кора если сравнивать с древесиной содержит больше минеральных веществ (1,5-5,0)%. Иногда это обусловлено отложением в коре кристаллов карбонатов. Зольность коры в значительной степени зависит от условий произрастания дерева (состава и влажности почвы и другого.).

Массовая доля холоцеллюлозы в коре приблизительно в два раза меньше, чем в древесине, при этом в лубе ее содержание выше, чем в корке. Целлюлоза в коре, как и в древесине, является главным полисахаридом, но в отличие от древесины ее нельзя назвать преобладающим компонентом коры В литературе для массовой доли целлюлозы в непроэкстрагированных образцах коры приводятся значения от 10 до 30 %.

Как и в древесине, главные гемицеллюлозы коры хвойных пород — глюкоманнаны и ксиланы, а лиственных — ксиланы. В стенках пробковых клеток найден глюкан — каллоза. Каллоза появляется и во флоэме в качестве вещества, закупоривающего ситовидные пластинки. Обращает на себя внимание довольно большая массовая доля уроновых кислот в коре, особенно в тканях луба, что связывают с высоким содержанием пектиновых веществ. С этим согласуется значительно большее количество водорастворимых полисахаридов в коре по сравнению с древесиной Состав пектиновых веществ коры существенно не отличается от состава этих веществ в древесине. Отмечают только более высокое содержание арабинозы.

Как уже подчеркивалось, нужно осторожно относиться к имеющимся в литературе данным по определению лигнина и других компонентов в коре. К примеру, для сосны ладанной (Pinus taeda) интервал результатов определения лигнина в коре весьма широк: от 20,4 до 52,2 %. Различия могут быть обусловлены внедрением различных способов подготовки образцов коры к анализу и проведения самого анализа.

Лигнин в тканях коры распределен менее равномерно, чем в древесине. Внешний слой коры наиболее лигнифицирован, чем внутренний. Наиболее лигнифицированы стенки каменистых клеток. Лигнин также содержится в стенках волокон и некоторых типов паренхимных клеток флоэмы и корки. Распределение лигнина среди разных видов клеток в коре имеет сильные видовые различия. Лигнин коры наиболее конденсирован, чем в древесине этой же древесной породы, что в какой то степени подтверждается данными по делигнификации коры. Кора труднее делигнифицируется, чем древесина.

Характерным компонентом наружного слоя коры является суберин продукт сополиконденсации, главным образом, высших (С16-С24) насыщенных и одноненасыщенных алифатических а, дикарбоновых кислот с гидроксикислотами (последние могут быть дополнительно гидроксилированы). Участие в поликонденсации мономеров с тремя и более многофункциональными группами (карбоксильными, гидроксильными) приводит к образованию сложного полиэфира с сетчатой структурой. Некоторые исследователи допускают существование и простых эфирных связей. В результате суберин невозможно выделить из коры в неизмененном виде, так как он не экстрагируется нейтральными растворителями, а сложноэфирные связи делают его весьма лабильным компонентом. Из коры суберин выделяют в виде субериновых мономеров после омыления водным или спиртовым растворами щелочи и разложения образовавшегося суберинового мыла минеральной кислотой.

Суберин содержится в перидерме, в том числе и в раневой. Он локализуется в пробковых клетках, являясь составной частью клеточной стенки. Пробковые ткани пробкового дуба содержат (42-46) % суберина, бразильского тропического дерева паосанта (Kielmeyera coriacea ) — 45 %, а пробковые клетки березы бородавчатой — 45 % суберина. Массовая доля суберина во внешнем слое коры изредко превышает (2-3) %, но есть древесные породы, отличающиеся высоким содержанием суберина. В вышеперечисленных древесных породах субериновые мономеры составляют (2-40) % массы внешней части коры. Характерной особенностью пробковой ткани березы — бересты является накопление наряду с суберином тритерпенового спирта — бетулина. Состав субериновых мономеров весьма разнообразен. Кроме упомянутых выше дикарбоновых и гидроксикислот, в состав субериновых мономеров входят одноосновные жирные кислоты, одноатомные высшие жирные спирты (до 20 % массы суберина), фенольные кислоты, дилигнолы (димеры фенилпропановых единиц) и другие.

Как уже отмечалось, обработкой предварительно проэкстрагированной нейтральными растворителями коры однопроцентным водным раствором NaOH извлекается до (15-50) % материала, представляющего собой группу фенольных веществ, обладающих кислыми свойствами. Это дало повод назвать их полифенольными кислотами. Однако в них обнаружены не карбоксильные, а карбонильные группы. После осаждения из щелочного раствора лодкислением минеральными кислотами полифенольные кислоты становятся частично растворимыми в воде и полярных органических растворителях. По всей вероятности, «полифенольные кислоты» — полимерные вещества флавоноидного типа, родственные конденсированным танинам и способные поэтому в щелочной среде претерпевать перегруппировку с появлением карбонильных групп.

Существенные различия в строении и **химическом составе коры** и древесины обусловливают необходимость раздельной переработки этих составных частей биомассы дерева как с технологической, так и с экономической точек зрения. Однако существующие методы удаления коры (окорки) сопряжены с потерями древесины. В отходах окорки наряду с корой содержится значительное количество древесины, что осложняет химическую переработку такого сырья. Разнообразие представленных в коре химических соединений делает привлекательной идею извлечения наиболее ценных компонентов. Развитие данного направления утилизации коры сдерживается относительно низким содержанием извлекаемых компонентов. Вследствие этого основные направления переработки коры все еще ограничены ее утилизацией как органического материала в качестве топлива, в сельском хозяйстве и т.п. Редкие примеры использования коры отдельных древесных пород для выделения дубильных веществ, производства пробки, получения дегтя (из бересты березы) и выделения из коры растущих деревьев пихты пихтового бальзама не улучшают, к сожалению, общую картину неэффективного использования содержащихся в коре ценных органических соединений.

1.3 Физические свойства

Физическими называют такие свойства древесины, которые наблюдаются при взаимодействии её с внешней средой и не приводят к изменению состава и целостности древесины. Данные свойства характеризуются внешним видом древесины (цвет, блеск, текстура), плотностью, влажностью, гигроскопичностью, теплоёмкостью и другими.

1 Свойства, определяющие внешний вид древесины. Из числа таких свойств отметим её цвет, блеск и текстуру. Цвет древесины чрезвычайно разнообразен. Он зависит от породы дерева и климата. Как правило, древесные породы умеренного пояса имеют бледную окраску, а породы тропического пояса – яркую. Так, древесина сосны, ели, осины, берёзы окрашена слабо, а породы тёплой зоны (дуб, орех, самшит, белая акация) имеют более интенсивную окраску. Интенсивность окраски повышается с возрастом дерева. Древесина меняет свою окраску также под влиянием света и воздуха. Некоторые породы дерева обладают блеском. Блеск древесины зависит от степени развитости сердцевинных лучей. В радиальном разрезе блеском обладают такие породы, как клён, бук, белая акация, красное дерево. Сильно развитые сердцевинные лучи дуба в радиальном разрезе дают блестящие пятна. Текстура древесины представляет собой рисунок в радиальном или тангенциальном разрезе и зависит от строения древесины. Она складывается из ясно различимых крупных сосудов, широких сердцевинных лучей, годовых слоёв, направления волокон. Чем сложнее строение древесины, тем разнообразнее её текстура. Красивой текстурой в радиальном разрезе обладают породы дуба и бука, а в тангенциальном разрезе – ясень, каштан, орех, дуб, лиственница. Запах древесины зависит от нахождения в ней смолы, эфирных масел, дубильных и других веществ. Характерный запах смолы имеют хвойные породы – сосна, ель. Дуб имеет запах дубильных веществ. В свежесрубленном состоянии древесина обладает более сильным запахом, чем после высыхания.

2 Гигроскопичность и влажность. Древесина, имея волокнистое строение и большую пористость от 30 до 80 %, обладает огромной внутренней поверхностью, которая легко собирает водяные пары из воздуха (гигроскопичность). Влажность, которую приобретает древесина в результате длительного нахождения на воздухе с постоянной температурой и влажностью, называется равновесной влажностью. Она достигается в тот момент, когда упругость паров над поверхностью древесины оказывается равной упругости паров окружающего её воздуха. По содержанию влаги различают мокрую древесину – с влажностью до 100 % и более; свежесрубленную – 35 % и выше; воздушно-сухую – (15-20) %; комнатно-сухую – (8-12) % и абсолютно сухую древесину, высушенную до постоянной массы при температуре 100-105 °С. Вода в древесине может находиться в трёх состояниях – свободном, физически связанном и химически связанном. Свободная или капиллярная вода заполняет полости клеток и сосудов и межклеточные пространства. Связанная или гигроскопическая вода находится в стенках клеток и сосудов древесины в виде тончайших гидратных оболочек на поверхности мельчайших элементов, слагающих стенки клеток. Влажность древесины, когда стенки клеток насыщены водой, а полости и межклеточные пространства свободны от воды, называется приделом гигроскопической влажности. Для древесины различных пород она колеблется от 23 до 35 % (в среднем 30 %) от массы сухой древесины. Гигроскопическая вода, покрывая поверхность мельчайших частиц в стенках клеток водными оболочками, увеличивает и раздвигает их. При этом объём и масса древесины увеличиваются, а прочность снижается. Свободная вода, накапливаясь в полостях клеток, существенно не изменяет расстояние между элементами древесины и поэтому не влияет на её прочность и объём, увеличивая лишь массу и теплопроводность.

3 Усушка и разбухание. Усушка древесины с уменьшением её линейных размеров и объёма происходит только при испарении гигроскопической влаги, но не капиллярной. Однако при испарении гигроскопической влаги происходит линейное сокращение и, наоборот, при поглощении гигроскопической влаги – разбухание. Усушка древесины вследствие неоднородности её строения в различных направлениях неодинакова. Вдоль волокон линейная усушка для большинства древесных пород не превышает 0,1 %, в радиальном направлении – (3-6) %, а в тангенциальном – (7-12) %. Это сопровождается возникновением внутренних напряжений в древесине, что может вызвать ее коробление и растрескивание. Коробление может быть продольным и поперечным. При разбухании древесины в результате поглощения воды, пропитывающей оболочки клеток, она увеличивается в объёме. Разбухание древесины неодинаково в различных направлениях: вдоль волокон (0,1-0,8) %, в радиальном направлении (3-5) % и тангенциальном – (6-12) %. При увлажнении, в результате насыщения оболочек клеток водой, древесина увеличивается в весе и объеме. После дальнейшего насыщения древесины водой влага насыщает полости клеток и пространства между ними. При этом вес древесины изменяется. А объём не увеличивается.

4 Плотность и объемная масса. Так как в составе всех древесных пород преобладает одно и тоже вещество – целлюлоза, плотность их древесины примерно одинакова и составляет в среднем 1,54 г/ см3. Объемная масса древесины разных пород и даже одной и той же породы зависит от строения и пористости растущего дерева, изменяющихся от климата, почвы, затененности и других природных условий. У большинства древесных пород в абсолютно сухом состоянии она меньше 1 г/ см3 . С повышением влажности объемная масса древесины увеличивается, поэтому характеристика древесины по объемной массе всегда производиться при одинаковой влажности. В соответствии с ГОСТом объемную массу древесины принято определять при влажности в момент испытания 11-13 %, а также в абсолютно сухом состоянии. По объемной массе при влажности 12 % древесные породы разделяются на группы: малой плотности (540 кг/ м3), средней плотности (550-740 кг/ м3.), высокой плотности (750 кг/м3).

5 Теплопроводность. Теплопроводностью древесины называется ее способность проводить тепло через всю толщу от одной поверхности к другой. Теплопроводность сухой древесины незначительна, что объясняется пористостью ее строения. Коэффициент теплопроводности древесины (0,12-0,39) Вт/(м\*град). Полости, межклеточные и внутриклеточные пространства в сухой древесине заполнены воздухом, который является плохим проводником теплоты. Благодаря низкой теплопроводности древесина получила широкое распространение в строительстве. Плотная древесина проводит теплоту несколько лучше рыхлой. Влажность древесины повышает ее теплопроводность, так как вода по сравнению с воздухом является лучшим проводником теплоты. Кроме того, теплопроводность древесины зависит от направления ее волокон и породы. Например, теплопроводность древесины вдоль волокон примерно вдвое больше, чем поперек.

6 Звукопроводность. Свойство материала проводить звук называется звукопроводностью. Она характеризуется скоростью распространения звука в материале. В древесине быстрее всего звук распространяется вдоль волокон, медленнее – в радиальном и очень медленно – в тангенциальном направлениях. Звукопроводность древесины в продольном направлении в 16 раз, а в поперечном в три-четыре раза больше звукопроводности воздуха. Это отрицательное свойство древесины требует при устройстве древесных перегородок, полов и потолков применения звукоизолирующих материалов. Звукопроводность древесины и ее способность резонировать (усиливать звуки без искажения тока) широко используется при изготовлении музыкальных инструментов. Повышенная влажность древесины понижает ее звукопроводность.

7 Электропроводность. Электропроводность древесины характеризуется ее сопротивлением прохождению электрического тока. Электропроводность древесины зависит от породы, температуры, направления волокон и влажности. Электропроводность сухой древесины незначительна, это позволяет применять ее в качестве изоляционного материала. При увеличении влажности в диапазоне от 0 до 30 % электрическое сопротивление падает в миллионы раз, а при увеличении влажности свыше 30 % - в десятки раз. Электрическое сопротивление древесины вдоль волокон меньше в несколько раз, чем поперек волокон, повышение температуры древесины приводит к уменьшению ее сопротивления примерно в два раза.

8 Свойства древесины, проявляющиеся под воздействием электромагнитных излучений. Поверхностные зоны древесины могут эффективно прогреваться с помощью невидимых инфракрасных лучей. Значительно глубже - до (10-15) см - проникают в древесину лучи видимого света. По характеру отражения световых лучей можно оценивать наличие видимых пороков древесины. Световое лазерное излучение прожигает древесину и в последнее время успешно используется для выжигания деталей сложной конфигурации. Ультрафиолетовые лучи проникают гораздо хуже в древесину, но вызывают свечение - люминесценцию, которое может быть использовано для определения качества древесины. Рентгеновские лучи используются для определения особенностей тонкого строения древесины, выявления скрытых пороков и в других случаях. Из ядерных излучений можно отметить бета-излучения, которые используются при денсиметрии растущего дерева. Гораздо шире могут применяться гамма-излучения, которые глубже проникают в древесину и используются при определении её плотности, обнаружении гнилей в рудничной стойке и конструкциях.

1.4 Механические свойства

Механические свойства характеризуют способность древесины сопротивляться воздействию внешних сил (нагрузок). По характеру действия сил различают нагрузки статические, динамические, вибрационные и долговременные. Статическими называют нагрузки, возрастающие медленно и плавно. Динамические, или ударные, нагрузки действуют на тело мгновенно и в полную силу. Вибрационными называют нагрузки, у которых меняются и величина, и направление, Долговременные нагрузки действуют в течение очень продолжительного времени. Под действием внешних сил в древесине нарушается связь между отдельными ее частями и изменяется форма. Из-за сопротивления древесины внешним нагрузкам в древесине возникают внутренние силы. К механическим свойствам древесины относятся прочность, твердость, деформативность, ударная вязкость.

1 Прочность. Прочностью называется способность древесины сопротивляться раздражению под действием механических нагрузок. Прочность древесины зависит от направления действующих нагрузок, породы. Она характеризуется пределом прочности – напряжением, при котором разрушается образец. Существенное влияние на прочность древесины оказывает только связанная влага, содержащаяся в клеточных оболочках. При увеличении связанной влаги прочность древесины уменьшается (особенно при влажности (20-25) %. Дальнейшее повышение влажности за предел гигроскопичности (30 %) не оказывает влияния на показатели прочности древесины. Кроме влажности на показатели механических свойств древесины оказывает влияние и продолжительность действия нагрузок. Поэтому при проведении испытаний древесины придерживается заданной скорости нагружения на каждый вид испытания. Различают основные виды действий сил: растяжение, сжатие, изгиб, скалывание. Предел прочности при растяжении. Средняя величина придела прочности при растяжении вдоль волокон для всех пород составляет 130 МПа. На прочность при растяжении вдоль волокон оказывает большое влияние строение древесины. Даже небольшое отклонение от правильного расположения волокон вызывает снижение прочности. Прочность древесины при растяжении поперек волокон очень мала и в среднем составляет 1/20 предела прочности при растяжении вдоль волокон, то есть 6,5 МПа. Поэтому древесина почти не применяется в деталях, работающих на растяжение поперек волокон. Прочность древесины поперек волокон имеет значение при разработке режимов резания и режимов сушки древесины. Предел прочности при сжатии. Различают сжатие вдоль и поперек волокон. При сжатии вдоль волокон деформация выражается в небольшом укорочении. Разрушение при сжатии начинается с продольного изгиба отдельных волокон; во влажных образцах и образцах из мягких и вязких пород оно проявляется как смятие торцов и выпучивание боков, а в сухих образцах и в твердой древесине вызывает сдвиг одной части образца относительно другой. Прочность древесины при сжатии поперек волокон ниже, чем вдоль волокон, примерно в восемь раз. При сжатии поперек волокон не всегда можно точно установить момент разрушения древесины и определить величину разрушения груза. Древесину испытывают на сжатие поперек волокон в радиальном и тангенциальном направлениях. Предел прочности при статическом изгибе. При изгибе, особенно при сосредоточенных нагрузках, верхние слои древесины испытывают напряжение сжатия, а нижние – растяжение вдоль волокон. Примерно по середине высоты элемента проходит плоскость, в которой нет ни напряжения сжатия, ни напряжения растяжения. Эту плоскость называют нейтральной; в ней возникают максимальные касательные напряжения. Предел прочности при сжатии меньше, чем при растяжении, поэтому разрушение начинается в растянутой зоне и выражается в разрыве крайних волокон. Предел прочности древесины зависит от породы и влажности. При изгибе в два раза больше предела прочности при сжатии вдоль волокон. Прочность древесины при сдвиге. Внешние силы вызывающие перемещение одной части детали по отношению к другой, называются сдвигом. Различают три случая сдвига: скалывание вдоль волокон, поперек волокон и перерезание. Прочность при скалывании вдоль волокон составляет 1/5 прочности при сжатии вдоль волокон. Предел прочности при скалывании поперек волокон примерно в два раза меньше предела прочности при скалывании вдоль волокон. Прочность древесины при скалывании поперек волокон в четыре раза выше прочности при скалывании вдоль волокон. Сопротивление древесины скалыванию. Раскалываемостью называется способность древесины под действием клина разделяться на части вдоль волокон. Раскалывание древесины по действию силы и характеру разрушения напоминает растяжение поперек волокон, которое в этом случае является внецентренным, то есть результатом действия растяжения и изгиба. Растяжение может проходить по радиальной и тангенциальной плоскостям. Сопротивление по радиальной плоскости у древесины лиственных пород меньше, чем по тангенциальной. Это объясняется влиянием сердцевинных лучей. У хвойных пород, наоборот, скалывание по тангенциальной плоскости меньше, чем по радиальной. При тангенциальном раскалывании у хвойных пород разрушение происходит по ранней древесине, прочность которой значительно меньше прочности поздней древесины.

2 Твердость. Твердостью называется способность древесины сопротивляться внедрению в нее более твердых тел. Твердость торцовой поверхность выше тангенциальной и радиальной на 30 % у лиственных породи на 40 % - у хвойных. На величину твердости оказывает влияние влажность древесины. При изменении влажности на 1 % торцовая твердость изменяется на 3 %, а тангенциальная и радиальная - на 2 %. По степени твердости все древесные породы при 12 % - ной влажности можно разделить на три группы:

А) мягкие (торцовая твердость 38,6 Мпа и менее) - сосна, ель, кедр, пихта, тополь, липа, осина, ольха;

 Б) твердые (торцовая твердость от 338,6 до 82,5 МПа) - лиственница сибирская, береза, бук, вяз, ильм, карагач, клен, яблоня, ясень;

В) очень твердые (торцовая твердость более 82,5 МПа) - акация белая, береза железная, граб, кизил, самшит.

Твердость древесины имеет существенное значение при обработке ее режущими инструментами: фрезеровании, пилении, лущении, а также в тех случаях, когда она подвергается истиранию при устройстве полов, лестниц перил.

3 Износостойкость. Износостойкость - способность древесины сопротивляться износу, т.е. постепенному разрушению её поверхностных зон при трении. Испытания на износостойкость древесины показали, что износ с боковых поверхностей значительно больше, чем с поверхности торцевого разреза. С повышением плотности и твёрдости древесины износ уменьшился. У влажной древесины износ больше, чем у сухой.

4 Способность удерживать крепления. Уникальным свойством древесины является способность удерживать крепления: гвозди, шурупы, скобы, костыли и др. При забивании гвоздя в древесину возникают упругие деформации, которые обеспечивают достаточную силу трения, препятствующую выдёргиванию гвоздя. Усилие, необходимое для выдёргивания гвоздя, забитого в торец образца, меньше усилия, прилагаемого к гвоздю, забитому поперёк волокон. С повышением плотности сопротивление древесины выдергиванию гвоздя или шурупа увеличивается. Усилия, необходимые для выдёргивания шурупов (при прочих равных условиях), больше, чем для выдёргивания гвоздей, так как в этом случае к трению присоединяется сопротивление волокон перерезанию и разрыву.

5 Способность гнуться. Технологическая операция гнутья древесины основана на её способности сравнительно легко деформироваться при действии избегающих усилий. Способность гнуться выше у кольцесосудистых пород - дуба, ясеня и других, а из рассеянно-сосудистых – бука. Хвойные породы обладают меньшей способностью к загибу. Гнутью подвергают древесину, находящуюся в нагретом и влажном состоянии. Это увеличивает податливость древесины и позволяет вследствие образования замороженных деформаций при последующем охлаждении и сушке под нагрузкой зафиксировать новую форму детали.