РЕФЕРАТ

Микроскопическое исследование древесины и целлюлозных волокон

Казань, 2009

Введение

Производство волокнистых полуфабрикатов в ЦБП и разработка новых технологий комплексной химической переработки всей биомассы дерева невозможны без глубокого изучения микроскопического и субмикроскопического строения древесины и целлюлозных волокон. Под древесиной понимают главную часть ствола дерева, освобожденную от коры. С биологической точки зрения древесина — продукт деятельности камбия, состоящего из определенных клеточных элементов. Клетки одинакового строения, выполняющие одну и ту же функцию, образуют ткани. Различают три основных типа тканей: проводящие, механические и запасающие. Большинство клеток древесины направлено вдоль оси ствола и только клетки сердцевинных лучей расположены в радиальном направлении.

Сложное анатомическое строение древесины существенно различается Как у разных древесных пород, так и в пределах одного дерева. Строение ствола дерева и древесины довольно подробно описано в ряде монографий и руководств. В данном учебном пособии приведены описания препаратов древесины некоторых хвойных и лиственных пород, используемых в отечественной целлюлозно-бумажной промышленности, а также основные гистохимические реакции целлюлозных волокон, полученных из древесины различными методами варки и отбелки.

1. Основные методы анатомического анализа древесных тканей и целлюлозных волокон

Основными методами анатомического анализа древесины и целлюлозных волокон являются: микроскопический, гистохимический и метод мацерации тканей. Все исследования проводятся с помощью микроскопа при увеличении 70 X или 120ч и в отдельных случаях, особенно при определении вида волокон по морфологическим признакам, при увеличении 200Х или 500ч.

Микроскопический метод заключается в изготовлении очень тонких, прозрачных срезов и их исследовании в проходящем свете с помощью оптического микроскопа. Этот метод позволяет изучить строение древесины и определить породный состав по диагностическим признакам.

Гистохимический метод основан на способности древесного волокна давать определенную окраску при взаимодействии специфических химических реагентов с каким-либо компонентом клеточной стенки. Подбирая соответствующие реагенты, можно различать по окраске волокнистые полуфабрикаты, изготовленные различными методами варки и отбелки, например сульфатную целлюлозу от сульфитной, беленую от небеленой.

Для выявления различий в породном составе древесины возможности гистохимического метода ограничены. С его помощью можно только отличать древесину хвойных пород от древесины лиственных, для чего чаще всего используют реакцию Мейле, которую проводят не на волокне, а на древесной щепе.

Метод мацерации тканей заключается в разделении древесной ткани на составляющие ее анатомические элементы и последующем определении их размеров: длины, толщины и толщины клеточной стенки.

В научно-исследовательских лабораториях для изучения субмикроскопической структуры стенки древесного волокна, ее изменений при различных технологических процессах получения и переработки целлюлозы широко используют различные физические методы: микроскопию в поляризованном свете, которую применяют, например, для исследования волокон с высокой степенью молекулярной ориентации, обладающих двойным лучепреломлением; микроскопию в ультрафиолетовом свете, позволяющую изучать распределение лигнина в клеточной стенке; электронную микроскопию. Последний метод наиболее эффективен в сочетании с другими методами исследования структуры, особенно с рентгенографией и электронографией.

По способу исследования объектов электронные микроскопы можно разделить на следующие типы:

просвечивающие, в которых исследуемый объект просвечивается пучком электронов, создающим затем на экране или фотопластинке соответствующее изображение;

растровые, в которых изображение создается электронами, отраженными исследуемой поверхностью, причем пучок электронов сканирует поверхность подобно лучу в телевизионном кинескопе;

отражательные, в которых аналогично отражательному металломикроскопу изображение получается за счет потока электронов, отраженных от поверхности рассматриваемого объекта;

эмиссионные, в которых изображение формируется электронами, испускаемыми поверхностью самого исследуемого объекта.

Для исследования древесины и целлюлозных волокон при помощи электронного микроскопа применяют прямые и косвенные методы. К прямым методам относятся метод подготовки объектов необходимой толщины диспергированием и метод ультратонких поперечных и продольных срезов, к косвенным — получение реплик с поверхности образцов древесины, целлюлозных волокон или их срезов.

В настоящее время наряду с усовершенствованием просвечивающих электронных микроскопов находит все более широкое применение растровая электронная микроскопия. Растровый микроскоп отличается большой универсальностью и благодаря высокой глубине фокуса дает возможность с достаточной резкостью наблюдать поверхности образцов в трех измерениях. Для исследования в растровом микроскопе объекты готовят с помощью замораживания, травления или непосредственно изучают объект без специальной подготовки.

2. Микроскопическое исследование срезов древесины

Для микроскопического изучения строения древесины пользуются тремя срезами в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: поперечным и двумя продольными — радиальным и тангенциальным, параллельным касательной окружности дерева.

Древесина как хвойных, так и лиственных пород на поперечном сечении состоит из концентрических годичных слоев. Эти слои можно различать благодаря образованию ранней и поздней древесины. Ранняя древесина менее плотная и более темная. Годичные слои хорошо различимы в древесине хвойных и кольцесосудистых лиственных пород и мало заметны у рассеянно-сосудистых. Ширина годичного слоя составляет от 1 до 10 мм и зависит от породы деревьев и условий роста: чем лучше условия роста, тем шире годичный слой. На радиальном срезе также можно заметить годичные слои, а на тангенциальном они отсутствуют, так как разрез может пройти только в какой-то одной части годичного слоя — в ранней или поздней древесине.

Микроскопическое исследование срезов древесины позволяет изучать ее анатомические элементы. Отдельные анатомические элементы и их диагностические признаки изучают также используя метод мацерации древесной ткани.

3. Подготовка препаратов и работа с микроскопом

Для приготовления препаратов к исследованию в микроскопе необходимы предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, копьецо, стеклянные капельницы, чашки Петри, кристаллизаторы, ситечки и фильтровальная бумага. Предметные стекла—стеклянные пластинки прямоугольной формы размером 75ч25 мм, толщиной 1,2 мм. Покровные стекла — тонкие стеклянные пластиночки размером 18X 18, 20ч20 мм. Предметные и покровные стекла должны быть чистыми, перед употреблением их протирают кусочком мягкой ткани, хранят в специальных коробочках.

Подготовка срезов. Изготовление срезов древесины проводят вручную остро отточенной бритвой или на специальных приборах — микротомах и ультрамикротомах. Первый метод, хотя и имеет большую давность, не потерял своего значения до настоящего времени. Основные его преимущества перед работой на микротомах — это быстрота и простота в приготовлении среза.

Получение срезов древесины на микро- или ультрамикротоме требует сложных методов фиксации и резки материала.. Подготовка срезов состоит в последовательном проведении следующих операций: обезвоживания; пропитки; полимеризации; заточки блока; изготовления ножа; резки; освобождения от полимеризата; окраски; промывки; фиксации. Этот метод используют главным образом для приготовления ультратонких срезов для электронной микроскопии. Для изготовления срезов древесины вручную применяют опасную бритву, имеющую одну совершенно плоскую сторону, без выемки или лезвия безопасной бритвы. Исследуемый образец древесины цилиндрической или прямоугольной формы вырезают из кусочка ствола острым ножом или скальпелем. Перед резкой образец древесины кипятят в течение 30 мин, а иногда и нескольких часов в воде с последующим переносом его в холодную воду или остыванием в том же сосуде, в котором проводилось кипячение. Это необходимо для удаления из древесины пузырьков воздуха и получения образца с определенной твердостью. Свежесрубленная древесина в большинстве случаев режется без всякой подготовки, но при этом ее необходимо держать в воде. Фиксированные образцы тщательно промывают водой в течение некоторого времени, чтобы удалить фиксирующий материал.

Образец мокрой древесины помещают между двумя кусочками пробки или бузины и для образования ровной поверхности срезают древесину острым ножом. Затем поверхность древесины смачивают водой и осторожно с нее снимают бритвой слои вместе с пробкой. Бритву также все время смачивают водой или спиртом, держат наискось, плоской стороной вниз, острием от себя и протягивают через объект скользящим движением, свободно и легко. Нельзя при этом прижимать локти к туловищу или опираться ими на стол, так как это лишит руки свободы движения. Если бритва врезалась в древесину слишком глубоко, лучше вынуть ее во избежание поломки. Срезы должны получаться очень маленькими и совсем прозрачными. Полученные срезы снимают с лезвия очень осторожно мягкой кисточкой, переложив бритву в левую руку и не выпуская объект. Для проверки качества срезы переносят в заранее приготовленную каплю воды на предметном стекле и просматривают при малом увеличении микроскопа. Если срезы плохие, то их выбрасывают и делают новые.

Следует отметить, что приготовление срезов вручную требует известного навыка и умения владения опасной бритвой, чтобы получить с ее помощью удовлетворительные срезы. Необходимо бережно обращаться с бритвой, постоянно точить и править ее, оберегать от ударов и реактивов, держать сухой и закрытой.

Подготовка препаратов. Из полученных срезов готовят временные или постоянные препараты. Изучать древесину и целлюлозные материалы с помощью микроскопа через воздушную прослойку нецелесообразно, так как вследствие отражения лучей света от боковых частей материала его контуры будут видны очерченными слишком темными линиями. Поэтому исследуемый материал заключают в какую-либо жидкость, которая уменьшает отражение лучей и увеличивает прозрачность.

Для более контрастного выявления особенностей строения анатомических элементов на срезах древесины до заключения их в ту или иную среду проводят окрашивание. Наиболее часто для окраски применяют 1%-ный водный раствор сафранина или комбинацию красителей: сафранин и водный синий; хризоидин и водный синий либо светлый зеленый. Срезы помещают в ванночку с красителем и выдерживают в нем в течение 5 мин, затем избыток красителя отмывают водой, глицерином или спиртом.

Приготовление временных препаратов. Каплю воды наносят пипеткой или стеклянной палочкой на середину чистого сухого предметного стекла, препаровальными иглами переносят в нее срез и накрывают покровным стеклом. Покровное стекло прикладывают к предметному под острым углом так, чтобы оно касалось края капли; после этого его осторожно опускают. Капли жидкости, выступающие по краям покровного стекла, удаляют слегка смоченной фильтровальной бумагой, подводя ее к одному краю покровного стекла. Если жидкости под стеклом мало, ее добавляют, приподняв покровное стекло, или наносят каплю воды вплотную к краю покровного стекла. При резком опускании покровного стекла в жидкости остаются пузырьки воздуха, заметные под микроскопом, в виде черных резко очерченных кружков, которые мешают изучению объекта в микроскопе.

Временные препараты могут быть использованы для исследований только на одном занятии. Долго сохранять их невозможно, так как вода быстро испаряется.

Приготовление постоянных препаратов. Для сохранения препарата в течение длительного времени окрашенные срезы древесины заключают не в воду, а в глицерин-желатиновую смесь или в пихтовый бальзам. Перед заделкой срезы обезвоживают.

В случае приготовления глицерин-желатиновых препаратов воду и избыток красителя из срезов удаляют тщательной промывкой глицерином с его отсасыванием. Эту операцию можно проводить на воронке фильтрующей обратной типа ВФОТ диаметром 10...20 мм. После этого срезы заключают в глицерин-желатину.

Глицерин-желатину стеклянной палочкой наносят на срез, предварительно помещенный на предметное стекло. Чтобы глицерин-желатина сразу не застыла на холодном предметном стекле, его слегка подогревают на спиртовке. На теплую каплю накладывают покровное стекло, также прогретое на пламени спиртовки, и кончиком иглы осторожно придавливают стекло, равномерно распределяя глицерин-желатину. Когда среда остынет, края покровного стекла можно обвести лаком, чтобы предотвратить высыхание желатины. Этот способ приготовления препаратов достаточно простой, но срезы со временем обесцвечиваются.

Для заключения среза в бальзам процесс обезвоживания осуществляется значительно сложнее, так как ксилол, в котором растворен бальзам, совершенно не смешивается с водой. Вода, оставшаяся в срезе, образует муть. Обезвоживание проводят водным этанолом восходящей концентрации: 40%-ным в течение I мин; 70 и 96%-ми — по 2 мин. Для удаления последних следов воды срез обрабатывают двумя каплями фенол-ксилола в течение 2...3 мин и после просветления для удаления фенола срез промывают в чистом ксилоле.

Для заключения препарата в бальзам одну-две капли его раствора в ксилоле наносят стеклянной палочкой на срез и накладывают покровное стекло. Слегка надавливая на покровное стекло препаровальной иглой, удаляют из под него избыток бальзама и пузырьки воздуха. Выступивший вокруг покровного стекла бальзам удаляют нагретым копьецом или перочинным ножом. Через несколько дней бальзам у краев стекла подсохнет и препарат может быть окончательно вычищен бензином.

Все операции по заключению в бальзам и глицерин-желатину могут быть проведены непосредственно на предметном стекле. Обычно на одно предметное стекло помещают рядом три среза: поперечный срез располагают слева, а продольные — справа один под другим. За ходом обработки следят при малом увеличении микроскопа или в штативной лупе, не покрывая срезы покровным стеклом. Готовые постоянные препараты хранят в коробочках в вертикальном положении.

Методика мацерации древесной ткани. Мацерацию древесной ткани осуществляют разрушением межклеточного вещества в результате делигнификации сильными окислителями. Наиболее часто в качестве окислителей используют 10 или 20%-ные растворы хромовой кислоты или концентрированную азотную кислоту с добавлением небольшого количества хлората калия.

Мацерацию древесины азотной кислотой осуществляют следующим образом: кусочек древесины толщиной в спичку и длиной 10...20 мм вырезают из той или иной части ствола дерева, помещают в пробирку, заливают 3...4 см-1 концентрированной азотной кислоты и вносят кристаллик бертолетовой соли. Пробирку нагревают на небольшом пламени спиртовки при слабом кипении в течение 3...4 мин. Чтобы не произошло выброса смеси, необходимо нагревание проводить осторожно по всей поверхности пробирки. Нагревание прекращают при первых признаках мацерации, т.е. при появлении в жидкости отдельных волокон и их пучков. После охлаждения мацерированную древесину промывают дистиллированной водой путем многократного декантирования. Из полученных мацерированных волокон готовят препараты по указанной выше методике и исследуют с помощью оптического микроскопа.

Работа с микроскопом. Перед работой с микроскопом необходимо ознакомиться с инструкцией по его эксплуатации. Приступая к работе с микроскопом, необходимо снять с него чехол, аккуратно протереть от пыли мягкой тканью, затем с помощью зеркала и источника света, глядя в окуляр, добиться яркого, равноосвещенного поля зрения.

Для получения отчетливого изображения предметное стекло с изучаемым объектом помещают на предметный столик и с помощью макрометрического винта перемещают зрительную трубу по высоте, пока объект не будет ясно виден. Далее посредством микрометрического винта микроскоп устанавливают таким образом, чтобы можно было рассмотреть препарат по всей его толщине.

При исследовании препаратов древесины необходимо рассмотреть под микроскопом и зарисовать изображение всех трех срезов, отмечая при этом основные анатомические элементы. Наблюдаемые срезы необходимо сравнить с микрофотографиями аналогичных образцов древесины в литературе; и др. В лаборатории по анатомии древесины должны также иметься соответствующие атласы и плакаты. По окончании работы следует убрать препарат, удалить пыль и следы жидкости с предметного столика и покрыть микроскоп чехлом.

4. Исследование срезов древесины хвойных пород

Древесина хвойных пород имеет сравнительно простое строение и состоит главным образом из ранних и поздних трахеид, которые занимают свыше 90% ее объема. Ранние трахеиды, образующиеся весной и летом, имеют тонкие стенки и широкие полости и являются водоироводящими элементами. На радиальных стенках трахеид находятся многочисленные окаймленные поры, обеспечивающие движение восходящего тока из клетки в клетку. Поздние трахеиды — толстостенные с узкими полостями. Они длиннее ранних, имеют меньшее число пор и выполняют механическую и частично запасающую функции. Длина трахеид от 2,6 до 5,0 мм. Радиальный размер ранних трахеид составляет в среднем 40 мкм, поздних — 20 мкм. Живая паренхимная ткань представлена паренхимой сердцевинных лучей, В древесине некоторых хвойных имеются смоляные ходы. Они представляют собой межклеточные каналы, выстланные по периферии паренхимными клетками.

Анатомическое строение древесины хвойных пород рассмотрим на примере древесины сосны обыкновенной. Схема строения древесины сосны представлена на рис. 3.

Поперечный срез древесины. Рассматривая поперечный срез, следует найти все слагающие древесину клетки — тонкостенные ранние и толстостенные поздние трахеиды. Tpaхеиды должны быть расположены правильными рядами и иметь форму, близкую к прямоугольнику. Срединные пластинки будут отчетливо видны как тонкие линии, расширяющиеся в местах сближения трех-четырех клеток. Не составляет труда обнаружить границу годичного слоя — границу между поздними трахеидами предыдущего года и ранними трахеидами следующего. Необходимо рассмотреть сердцевинные лучи. Они узкие, большей частью однорядные, пересекают годичные слои по радиусу. Следует разыскать среди трахеид вертикальные смоляные ходы, которые, как правило, находятся в поздней части годичного слоя. На поперечном срезе хорошо видны их округлые каналы, окруженные живыми клетками эпителия. Диаметр смоляного хода примерно равен поперечнику четырех трахеид. Эпителий смоляных ходов сосны состоит из тонкостенных клеток. При изготовлении препаратов эти клетки сминаются или рвутся, на срезах они часто видны в виде отверстия с неровными краями. Однако в препарате всегда можно найти смоляные ходы и в хорошем состоянии.

Радиальный срез. На радиальном срезе нужно найти хорошо заметные годичные слои, включающие ранние трахеиды с широкими полостями и поздние толстостенные трахеиды с узкими полостями. При рассмотрении среза можно заметить, что весенние трахеиды в радиальном направлении по размеру больше, чем в тангенциальном, концы трахеид слегка закруглены. На стенках трахеид видны многочисленные окаймленные поры. Осенние трахеиды на радиальном разрезе меньше, чем на тангенциальном; концы их заострены. Обратить внимание на немногочисленность пор. Они малозаметны и у некоторых трахеид вообще отсутствуют. Поэтому окаймленные поры в поздних трахеидах лучше рассматривать на тангенциальном срезе. Окаймленные поры на препарате найти очень легко, так как такая пора на радиальной стенке ранней трахеиды представлена в виде двух хорошо заметных окружностей, вписанных одна в другую. Большая окружность — это дно камеры поры, меньшая — отверстие. Между большой и малой окружностями при большом увеличении можно видеть ясно выраженный торус, в виде несколько размытого с неровными краями кружка.

На радиальном срезе следует разыскать вертикальный смоляной ход, проходящий параллельно трахеидам. Если срез прошел точно по оси смоляного хода, то на препарате виден канал, по периферии которого располагаются тонкостенные эпителиальные клетки, а за ними находятся клетки сопровождающей паренхимы. Чаще всего радиальный срез проходит по касательной к смоляному ходу, поэтому на разрезе канала видны только довольно крупные прямоугольные тонкостенные паренхимные клетки, сопровождающие смоляной ход.

Далее следует рассмотреть сердцевинные лучи, проходящие перпендикулярно трахеидам и вертикальным смоляным ходам и включающие несколько слоев паренхимных клеток. Верхние и нижние слои клеток сердцевинного луча состоят из горизонтальных лучевых трахеид, имеющих одревесневшие клеточные стенки, снабженные мелкими окаймленными порами. Внешняя поверхность стенок лучевых трахеид гладкая, внутренняя — с характерными зубчатыми утолщениями, придающими этим клеткам ажурный вид. Горизонтальные трахеиды, как и ранние вертикальные, выполняют водопроводящую функцию. Внутренние ряды состоят из живых паренхимных длинных клеток с гладкими стенками и служат для распределения органических веществ по радиусу ствола и хранения запасных питательных веществ.

Особое внимание необходимо обратить на пересечение вертикальной трахеиды с клеткой луча, называемое полем перекреста. Характер и число пор на поле перекреста имеют основное диагностическое значение. На радиальном срезе сосну обыкновенную легко отличить от других хвойных пород по наличию одной крупной оконцевой поры на поле перекреста. На препарате видно, что паренхимные клетки луча довольно' длинные, занимают до десятка полей перекреста, поэтому на одной клетке луча встречается до 10 и более оконцевых пор.

Среди сердцевинных лучей следует попытаться найти горизонтальный смоляной ход. Если срез прошел по оси смоляного хода, то в центре сердцевинного луча хорошо виден канал с крупными тонкостенными эпителиальными клетками, а за ними — паренхимные клетки серцевинного луча. Если срез прошел по касательной к оси смоляного хода, то на срезе просматриваются только эпителиальные клетки.

Тангенциальный срез. На тангенциальном срезе годичных слоев не видно, так как срез проходит только в какой-то одной части годичного слоя — в ранней или поздней древесине. Необходимо заметить, что трахеиды на тангенциальных стенках — без окаймленных пор; окаймленные поры видны в виде утолщений на рассеченных радиальных стенках. Параллельно длинным стенкам трахеид почти во всех препаратах можно найти вертикальные смоляные ходы, которые имеют тот же вид, что и на радиальном срезе, Сердцевинные лучи, разрезанные поперек, имеют вид полосок. На этом срезе луча следует подсчитать число клеток по высоте и по ширине. Большинство лучей однорядные многослойные. Встречаются и широкие сердцевинные лучи с горизонтальными смоляными ходами. Канал смоляного хода выстлан эпителиальными клетками и окружен паренхимными клетками сердцевинных лучей.

Анатомическое строение древесины ели, лиственницы и пихты. По анатомическому строению древесины ель и лиственница очень сходны между собой. На полях перекреста сердцевинных лучей с трахеидами как у ели, так и у лиственницы имеется по 4...6 мелких пицеоидных пор. Смоляные ходы немногочисленные. Эпителиальные клетки толстостенные и по своей форме отличаются от эпителиальных клеток сосны. Однако древесина лиственницы отличается от древесины ели резким переходом от ранней части к поздней в пределах одного годичного» слоя, а также большей шириной ранних трахеид и двурядным расположением в них окаймленных пор.

Древесину пихты легко отличить от древесины других хвойных пород отсутствием смоляных ходов и наличием в поле перекреста двух — четырех таксодиоидных пор. Переход ранних трахеид в поздние в пределах годичного слоя, как правило, постепенный. Сердцевинные лучи однорядные, многослойные.

Таким образом, основными диагностическими признаками при определении породного состава древесины хвойных пород являются: строение, форма и число пор на поле перекреста сердцевинных лучей с трахеидами; присутствие или отсутствие в древесине смоляных ходов; однорядное или двурядное расположение окаймленных пор. Диагностические признаки наиболее легко установить на радиальном срезе, но лучше рассматривать все три среза.

5. Исследование срезов древесины лиственных пород

Древесина лиственных пород по сравнению с древесиной хвойных имеет наиболее сложное строение. Механическую функцию выполняют волокна либриформа и волокнистые трахеиды. Водопроводящие ткани состоят из сосудов и сосудистых трахеид. Паренхимные клетки образуют сердцевинные лучи и вертикальную паренхиму. В древесине лист венных пород отсутствуют смоляные ходы.

Волокна либриформа представляют собой мертвые, сильно вытянутые по длине прозенхимные клетки с заостренными концами и толстыми одревесневшими стенками. Длина волокон либриформа колеблется от 0,3 до 2,6 мм. Поры на стенках немногочисленные, узкие, щелевидные. Наличие большего или меньшего числа волокон либриформа в древесине определяет ее твердость и плотность.

Сосуды представляют собой трубки длиной около 2 см, а в отдельных породах до 10 см и более. Сосуды состоят из элементарных сосудов, разделенных между собой перфорационными пластинками. Тип перфорационных пластинок является постоянным и характерным для каждой породы и может служить для их распознавания.

У отдельных видов крупные сосуды расположены в ранней древесине в один, два, три ряда кольцом вдоль границы годичного слоя. Поэтому их древесину называют кольцесосудистой или кольцепоровой. У березы, осины, ольхи, ивы крупных сосудов нет, а мелкие располагаются равномерно по всему годичному слою радиальными группами по два-три и больше. Древесину этих пород относят к типу рассеянно-сосудистой. Диагностическое значение имеют также форма и размеры пор в стенках сосудов.

Волокнистые и сосудистые трахеиды лиственных пород, в отличие от трахеид хвойных пород, имеют меньшую длину, редко превышающую 0,5 мм. От волокон либриформа они отличаются более заметной полостью, меньшей толщиной оболочки, а также наличием мелких окаймленных пор. Сосудистые трахеиды имеют большую полость и большее число пор, чем волокнистые, и выполняют водопроводящую роль.

Паренхимные клетки в древесине лиственных пород образуют, кроме сердцевинных лучей, вертикальную паренхиму, располагающуюся обычно около крупных сосудов и являющуюся запасающей тканью. Клетки паренхимы имеют форму удлиненных четырехгранных призм. Обычно эти клетки соединяются вместе и образуют продолговатые паренхимные тяжи, разделенные поперечными перегородками. Верхняя и нижняя клетки имеют по одному заостренному концу.

Анатомическое строение древесины лиственных пород рассмотрим на примере древесины березы бородавчатой.

Поперечный срез. Рассматривая поперечный срез, следует прежде всего определить границу годичного слоя по двум-трем рядам сплюснутых в тангенциальном направлении волокон либриформа. Основную часть годичного слоя представляют собой волокна либриформа. В поперечном разрезе — это мелкоклетная ткань с заметно утолщенными стенками и узкими полостями.

Далее необходимо найти сосуды, хорошо заметные среди либриформа своими более крупными отверстиями. Они примерно одинакового диаметра располагаются более или менее равномерно по всему годичному слою радиальными группами по два-три. Однако встречаются как одиночные сосуды, так и группы по шесть-восемь сосудов. Очертание одиночных сосудов овальное, а в группах — многоугольное.

Следует обратить внимание на сердцевинные лучи — узкие полоски, пересекающие поперек годичные слои древесины. Они видны на срезе в виде одного-двух или реже трех-четырех рядов клеток. Клетки вертикальной паренхимы и трахеиды очень небольшие и найти их на поперечном срезе без дополнительного окрашивания почти невозможно.

Радиальный срез. На срезе как при малом, так и при большом увеличении хорошо наблюдается граница годичного слоя в виде двух-трех рядов сплюснутых клеток либриформа. Волокна либриформа на радиальном срезе — длинные клетки с заостренными концами, равномерно утолщенными стенками и довольно узкими полостями. Наряду с волокнами либриформа встречаются волокнистые трахеиды с едва заметными окаймленными порами. Обратить внимание, что у сосудов отчетливо видны лестничные перфорации между отдельными члениками. На тонких стенках некоторых сосудов можно наблюдать очень мелкие окаймленные поры.

На радиальном срезе нужно попытаться обнаружить и клетки вертикальной паренхимы в виде удлиненных тяжей. Затем следует рассмотреть сердцевинные лучи, вытянутые перпендикулярно волокнам либриформа и сосудам. Если срез прошел строго вертикально и рассек весь луч по его высоте, нужно сосчитать число слоев. В местах полей перекреста между сосудами и сердцевинными лучами находятся полуокаймленные поры, форма которых подобна форме окаймленных пор сосудов.

Тангенциальный срез. На этом срезе граница годичного слоя не наблюдается. Волокна либриформа видны, как и на радиальном срезе, в виде узких толстостенных клеток с заостренными концами. В их стенках можно найти щелевидные поры. У сосудов необходимо найти остатки лестничной перфорации и хорошо просматриваемые многочисленные мелкие, сомкнутые, реже сближенные окаймленные поры. По ширине сосуда насчитывается до 12... 18 рядов пор.

При рассмотрении среза обратить внимание на веретенообразную форму поперечного разреза сердцевинных лучей. Высота их различна и может быть очень большой, ширина же невелика. Лучи часто однорядные, но встречаются трехрядные и редко четырехрядные.

Анатомическое строение осины и дуба. По строению древесина осины близка к древесине березы. Основная масса древесины осины также состоит из толстостенных волокон либриформа, в стенках которых имеются мелкие щелевидные косо расположенные поры. Граница годичного слоя выражена неясно. Обе породы имеют сосуды диаметром 0,06...0,1 мм. Однако у осины они более многочисленные, образуют радиальные группы, состоящие из двух — пяти сосудов. Одиночные сосуды встречаются редко.

Основным диагностическим признаком, позволяющим различать древесину осины и березы, является строение сосудов. У осины сосуды имеют простые перфорационные пластинки с одним округлым отверстием, а у березы, как уже отмечалось, перфорационные пластинки лестничные. На стенках сосудов осины наблюдаются крупные, округлые супротивные или очередные поры. По ширине сосуда насчитывается до шести — восьми рядов пор. Сердцевинные лучи у осины в большинстве случаев однорядные, узкие; по высоте насчитывается до 30 клеток. Волокнистые и сосудистые трахеиды в древесине осины отсутствуют.

Древесина дуба является примером древесины лиственных пород кольцесосудистого типа. В ранней древесине имеются крупные сосуды, располагаемые кольцом вдоль границы годичного слоя. В некоторых сосудах видны обрывки тилл. Тилла — вырост протопласта паренхимной клетки, проникший через пару пор в полость смежного сосуда. Мелкие сосуды находятся в поздней древесине, имеют радиальное расположение, т. е. группы этих сосудов вытянуты параллельно сердцевинным лучам. Водо-проводящую функцию в древесине дуба, кроме сосудов, выполняют сосудистые трахеиды, располагающиеся как в поздней, так и ранней древесине. Волокна либриформа с сильно утолщенными оболочками и небольшими полостями. В поперечном разрезе они многогранные и плотно сомкнутые. Большинство сердцевинных лучей древесины однорядные, но имеются немногочисленные многорядные. Они могут содержать до 30 рядов клеток. Клетки вертикальной паренхимы нередко окружают сосуды и образуют прослойки среди либриформа. Они отличаются тонкими оболочками и относительно большими полостями.

6. Микроскопическое и гистохимическое исследование целлюлозных волокон

Микроскопическое исследование целлюлозных волокон давно уже вошло в практику не только научно-исследовательских институтов, но и заводских лабораторий целлюлозно-бумажной промышленности. Эти исследования позволяют достаточно глубоко изучить вид волокнистых полуфабрикатов, особенности их структуры, изменения размеров волокон и содержания отдельных химических веществ в клеточных стенках при различных химических воздействиях в процессах как получения, так и переработки технических целлюлоз и других полуфабрикатов в бумагу, картон, искусственные волокна, пленки и т. д.

При микроскопическом анализе волокнистых полуфабрикатов используют гистохимический метод, основанный, как уже отмечалось, на получении специфических окрасок древесных и целлюлозных волокон. Для окраски применяют некоторые неорганические и органические красители — малахитовый зеленый CO., конго красный, сафранин, фуксин и др., а также перманганат калия и специальные реактивы — хлор-цинк-иод, смесь нитрата кальция и иода и др.

Приготовление препаратов окрашенных волокон. Из технической целлюлозы и других волокнистых полуфабрикатов готовят только временные препараты с заключением в растворы реагентов, дающих специфическую окраску, или в воду.

На предметное стекло из капельницы наносят одну-две капли дистиллированной воды, в которую помещают очень небольшое количество исследуемого образца. При помощи препаровальных игл целлюлозные волокна тщательно разделяют и равномерно распределяют на предметном стекле. После этого целлюлозные волокна осушают фильтровальной бумагой и на слегка влажные волокна наносят две-три капли красителя или другого реагента. Волокна хорошо перемешивают и накрывают покровным стеклом. Покровное стекло прикладывают к предметному под острым углом так, чтобы оно касалось края капли жидкости и после этого его осторожно опускают. Капли жидкости, выступающие по краям покровного стекла, удаляют слегка смоченной фильтровальной бумагой, подводя ее к одному краю покровного стекла. Приготовленный препарат закрепляют на предметном столике микроскопа и приступают к его изучению.

Идентификация целлюлозных волокон из различных растительных тканей. Одним из наиболее распространенных реактивов для качественной идентификации целлюлозных волокон является хлор-цинк-иод. Он относится к такому типу реагентов, которые образуют с основным компонентом волокон окрашенные соединения, цвет которых зависит не от цвета реактива, а от свойства волокна. По окраске можно различить волокна хлопковой и древесной целлюлозы разного выхода, а также волокна древесной массы. К недостаткам раствора хлор-цинк-иода можно отнести получение различной окраски в зависимости от рецепта его приготовления и ее неустойчивость на волокнах вследствие быстрого улетучивания иода из раствора. Поэтому препараты целлюлозных волокон следует готовить и рассматривать под микроскопом за сравнительно короткое время.

Небольшой образец увлажненной целлюлозы помещают на предметное стекло, тщательно раздергивают препаровальными иглами и осушают фильтровальной бумагой. На слегка влажные волокна наносят две-три капли хлор-цинк-иода, хорошо перемешивают и покрывают покровным стеклом. Для получения насыщенной окраски волокон хлор-цинк-иод дают в избытке, который затем удаляют слегка увлажненной фильтровальной бумагой, подводя ее к одному краю покровного стекла.

Препараты непосредственно после их изготовления рассматривают в хорошо освещенном поле зрения микроскопа, получип Достаточно резкое изображение волокон. При окраске хлор-цинк-иодом волокна принимают следующие цвета: хлопковые — вннно-красный; волокна технической древесной целлюлозы — сине-фиолетовый; волокна древесной массы — золотисто-зеленый. По истечении некоторого времени волокна изменяют окраску, причем древесная целлюлоза принимает темно-синюю окраску, хлопковые волокна синеют, а древесная масса становится бледной, почти бесцветной.

Идентификация целлюлозных волокон, полученных разными методами варки. Гистохимические реакции позволяют также идентифицировать волокнистые полуфабрикаты, изготовленные из древесины хвойных и лиственных пород разными методами варки. Это обусловлено тем, что в различных процессах варки химический состав волокон в результате частичной их делигнификации, а также некоторого удаления гемицеллюлоз и экстрактивных веществ, изменяется неодинаково. Подбирая соответствующие реактивы, окрашивающие тот или другой компонент волокна, становится возможным различать волокнистые полуфабрикаты под микроскопом по внешнему виду, окраске и диагностическим признакам. Для этих целей в настоящее время разработан ряд методик. На предметное стекло помещают небольшой образец целлюлозы и обрабатывают двумя-тремя каплями смеси растворов малахитового зеленого, основного фуксина и соляной кислоты. Волокна тщательно раздергивают и перемешивают. Обработку производят в течение I мин. Окрашенные волокна переносят на ситечко и промывают водой до бесцветных промывных вод. Готовят препарат по методике, указанной на с. 26, и исследуют его под микроскопом. Волокна небеленой сульфитной целлюлозы окрашиваются в темно-малиновый или фиолетовый цвет, хорошо выделяются ярко окрашенные «глазки»— замыкающие мембраны окаймленных пор. Волокна небеленой сульфатной целлюлозы окрашиваются в сине-зеленый цвет, «глазки» отсутствуют.

Методика анализа небеленых целлюлоз из древесины лиственных пород. На предметное стекло помещают небольшой образец целлюлозы, смачивают водой, раздергивают препаровальными иглами на отдельные волокна, затем осушают их фильтровальной бумагой. На волокна последовательно наносят равные объемы растворов основного фуксина и малахитового зеленого и волокна и тщательно перемешивают. Окрашивание производят в течение 2 мин. Волокна переносят на ситечко и промывают водой от избытка красителя до бесцветных промывных вод. На чистом предметном стекле готовят препарат из окрашенных волокон по методике, указанной на с. 26, и просматривают его под микроскопом. Волокна небеленой сульфитной целлюлозы окрашиваются в красновато-фиолетовый цвет, волокна небеленой сульфатной — в голубой.

Приготовление растворов. Для получения раствора фуксина 0,25 г основного фуксина и 15 см концентрированной уксусной кислоты растворяют в 100 см' дистиллированной воды; для приготовления раствора малахитового зеленого 0,25 г Cu2CO и 15 см3 концентрированной уксусной кислоты растворяют в 100 см дистиллированной воды.

Определение равномерности провара технических целлюлоз.

Одной из разновидностей гистохимического анализа целлюлозных волокон является определение равномерности провара целлюлозы. Метод основан на микроскопическом исследовании препаратов волокон целлюлозы, окрашенных специфическими химическими реагентами, взаимодействующими с лигнином: 2%-ным водным раствором малахитового зеленого, подкисленным несколькими каплями концентрированной уксусной кислоты, и 2%-ным водным раствором конго красного, Эта методика наиболее пригодна для целлюлозы средней жесткости. Равномерность провара мягкой целлюлозы определяют по интенсивности красного цвета, образующегося при окраске волокон азо-диметиланилином, Данный метод менее точен и редко применяется.

Небольшой образец целлюлозы помещают на предметное стекло, смачивают водой, расщепляют препаровальными иглами на волокна и осушают фильтровальной бумагой. Затем волокна в течение 2 мин окрашивают несколькими каплями раствора малахитового зеленого. Окрашенные волокна переносят на ситечко, промывают водой от избытка красителя до бесцветных промывных вод, отжимают препаровальными иглами и вновь переносят на предметное стекло, где снова осушают фильтровальной бумагой. После этого на целлюлозу наносят несколько капель раствора конго красного. Окраску производят в течение 2 мин, снова волокна переносят на ситечко, промывают и отжимают. Из окрашенных волокон готовят препараты и исследуют их под микроскопом.

О равномерности провара судят по окраске волокон. В неравномерно проваренной целлюлозе волокна имеют розовую и зеленую окраску. В равномерно проваренной целлюлозе окраска волокон промежуточная: розовые волокна местами окрашены в зеленоватый цвет, зеленые волокна — в розоватый. Чем однороднее и мягче проварена целлюлоза, тем бледнее окраска розовых и зеленых волокон.

Подсчитывают в пяти препаратах волокна, имеющие розовую, зеленую и промежуточную окраску. Однородность провара выражают в процентах от общего числа волокон.

Определение равномерности отбелки целлюлозы. Метод основан на микроскопическом исследовании препаратов волокон беленой целлюлозы, окрашенных 2%-ным водным раствором малахитового зеленого, подкисленного несколькими каплями концентрированной уксусной кислоты, и 1%-ным водным раствором основного фуксина. Небольшой образец используемой целлюлозы помещают на предметное стекло, с помощью препаровальных игл расщепляют на отдельные волокна в нескольких каплях дистиллированной воды. Волокна осушают фильтровальной бумагой и наносят на них несколько капель раствора малахитового зеленого. Для закрепления красителя препарат осторожно подсушивают над электрической плиткой. Затем волокна переносят на ситечко, промывают водой до бесцветных промывных вод, отжимают препаровальными иглами и помещают на предметное стекло, где осушают фильтровальной бумагой. На промытый и высушенный образец целлюлозы наносят несколько капель раствора основного фуксина. Окраску проводят в течение 1 мин. Окрашенные волокна переносят на ситечко и промывают слабым раствором соляной кислоты до бесцветных промывных вод. Затем целлюлозу тщательно промывают водой и отжимают. Из волокон приготавливают препараты по методике, указанной на с. 26, и исследуют их под микроскопом. Волокна хорошо отбеленной целлюлозы — бесцветны; волокна полубеленой целлюлозы — бледно-розового цвета; волокна небеленой целлюлозы — красного цвета. Неравномерно отбеленная целлюлоза состоит из волокон, окрашенных в различные указанные выше цвета.