

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«БРАТСКИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ КОЛЛЕДЖ»  
(ФГБПОУ «БЦБК»)

Специальность 35.02.04  
Технология комплексной переработки древесины

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к выполнению лабораторных и практических работ**

**по МДК.01.05 Химия древесины и синтетических полимеров**  
**Раздел 2**

Братск 2024

Составила (разработала) Юдинцева Г.Н., преподаватель кафедры химико-механических дисциплин

Методические указания выполнены в соответствии с рабочей программой ПМ.01 Осуществление технологических процессов комплексной переработки древесины для специальности 35.02.04 «Технология комплексной переработки древесины» и включают методические указания к выполнению лабораторных и практических работ по МДК.01.05 Химия древесины и синтетических полимеров, Раздел 2.

Рассмотрено на заседании кафедры химико-механических дисциплин

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_

Одобрено и утверждено редакционным советом

\_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

## Содержание

Введение	4
1 Практическая работа № 1	6
2 Практическая работа № 2	10
3 Практическая работа № 3	16
4 Лабораторная работа № 1	22
5 Лабораторная работа № 2	28
6 Лабораторная работа № 3	32
7 Лабораторная работа № 4	34
8 Лабораторная работа № 5	41
Заключение	44
Список использованных источников	45
Приложение А	46

## Введение

Программа ПМ.01 Осуществление технологических процессов комплексной переработки древесины является частью программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС по специальности СПО 35.02.04 Технология комплексной переработки древесины.

В структуре профессионального модуля МДК.01.05 Химия древесины и синтетических полимеров химия является вариативной составляющей. Изучение данного междисциплинарного курса позволяет получить более глубокие знания, навыки и умения.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- основные понятия о полимерном состоянии вещества;
- классификацию ВМС;
- синтетические полимеры, химизм их применения в химической технологии древесины и древесных материалов;
- химический состав древесины, химическое строение целлюлозы;
- надмолекулярную структуру и полиморфные модификации целлюлозы;
- гемицеллюлозы и другие нецеллюлозные полисахариды;
- лигнин и его структурные единицы;
- функциональные группы, связь лигнина с полисахаридами, особенности химических реакций лигнина как полимера;
- химический состав коры, экстрактивные вещества коры и комплекса оксикислот;
- химические свойства целлюлозы;
- способы химической переработки целлюлозы, практическое значение продуктов химической переработки целлюлозы.

Техник-технолог должен обладать общими и профессиональными компетенциями:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и

личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Управлять технологическими процессами получения волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона, древесно-волокнистых (древесно-стружечных) плит, лесохимической продукции по стадиям производства.

ПК 1.2. Обеспечивать бесперебойную и безопасную эксплуатацию оборудования.

ПК 1.3. Контролировать качество сырья, полуфабрикатов, химикатов, материалов, готовой продукции комплексной переработки древесины.

МДК.01.05 Химия древесины и синтетических полимеров Раздел 2 рассчитан на 159 часов теоретического обучения и 38 часов практического обучения.

Целью практического обучения является приобретение и совершенствование навыков и умений выполнения химических анализов в химической лаборатории. Выполнение лабораторных и практических работ помогает глубже изучить теоретический материал и подготовиться к сдаче экзамена.

## 1 Практическая работа № 1

Тема: Основные разрезы и строение ствола дерева. Внешние признаки коры распространенных древесных пород.

Цель: экспериментальным путём изучить основные разрезы и части ствола дерева, цвет и характер поверхности коры распространенных древесных пород.

Приборы и материалы: плакат с изображением основных разрезов ствола, лупа, чертёжные принадлежности, образцы древесины, коллекция образцов коры различных пород.

### Общие сведения:

В растущем дереве можно выделить три части: крону, ствол и корни. При жизни дерева каждая из этих частей выполняет различные функции и имеет различное промышленное значение.

В связи с неодинаковыми свойствами по разным структурным направлениям древесину изучают на трёх главных разрезах ствола: поперечном (торцовом), радиальном и тангенциальном. Главные разрезы ствола представлены на рисунке 1.

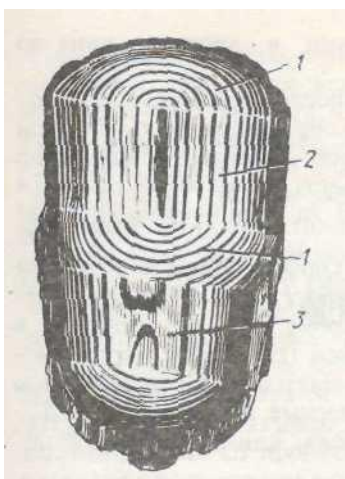


Рисунок 1 – Главные разрезы ствола

1 – поперечный или торцовый разрез; 2 – радиальный разрез; 3 – тангенциальный разрез.

На поперечном разрезе можно видеть три основные части ствола: сердцевину, древесину и кору. Между древесиной и корой располагается тонкий и невидимый невооруженным глазом слой образовательной ткани – камбий. Поперечный разрез ствола представлен на рисунке 2.

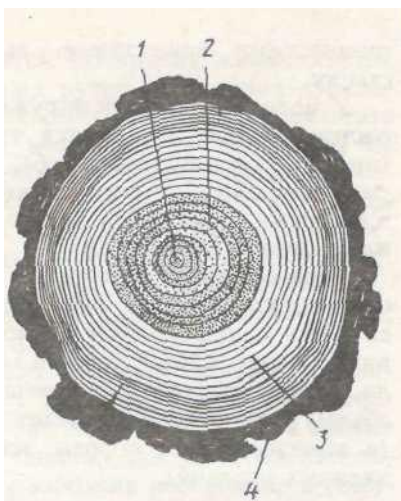


Рисунок 2 – Поперечный разрез ствола

1 – сердцевина; 2 – ядро; 3 – заболонь; 4 – кора.

Породу дерева нетрудно определить по внешнему виду коры. Цвет коры значительно темнее цвета древесины, что хорошо видно на поперечном разрезе ствола, где кора имеет форму кольца. У различных пород цвет коры неодинаковый. Например, у березы он белый с черными пятнами, у осины он зеленовато-серый, у дуба от серовато-коричневого до темно-серого, у пихты – светло-серый, у ели от серовато-бурого до темно-бурого, у сосны от темно-бурого до золотистого. С возрастом цвет наружной поверхности коры, как правило, меняется, однако у некоторых пород остаются неизменными, например у березы. Кора молодых деревьев гладкая и тонкая, зрелых деревьев – толстая, покрытая трещинами. Толщина коры уменьшается по направлению от корня к вершине.

По характеру поверхности кора может быть гладкой, с трещинами, бороздчатой, чешуйчатой, волокнистой и бородавчатой. Поверхность коры березы гладкая; дуба – бороздчатая, покрытая глубокими продольными и поперечными бороздками; сосны – чешуйчатая, причем чешуйки легко отслаиваются одна от другой; у можжевельника – волокнистая, отслаивающаяся длинными продольными лентами; у бересклета – бородавчатая; на старых лиственницах и соснах чешуйчато – бородавчатая.

В толстой коре зрелых деревьев через луны и даже невооруженным глазом нетрудно различить два слоя. Внешний слой называется коркой. Корка предохраняет камбий от механических повреждений, резких перемен температуры и других неблагоприятных воздействий среды. Внутренний тонкий слой, прилегающий к камбию, называется лубом. Луб проводит воду с органическими веществами, выработанными в листьях в результате фотосинтеза, вниз по стволу.

Ход работы:

1. Изучить по плакату основные разрезы ствола дерева: как проходит

секущая плоскость разреза относительно оси ствола, и какой вид имеет древесина на срезе. Запомнить названия основных разрезов ствола.

2. Привести в лабораторном журнале определение каждого разреза и описать, как их получают. Зарисовать разрезы.

3. Изучить части ствола дерева на поперечном разрезе и запомнить их названия. Зарисовать поперечный разрез ствола, выносными линиями показать все его части и сделать поясняющие надписи. Кратко описать роль и назначение каждой части ствола.

4. Последовательно изучить на натуральных образцах (сосны, кедра, ели, лиственницы, пихты, берёзы, дуба) поперечный, радиальный и тангенциальный разрезы различных древесных пород. Сравнить и сделать вывод о различиях их строения.

5. На основании проведённых наблюдений дать краткую характеристику основных разрезов и частей ствола рассмотренных древесных пород. Результаты наблюдений записать в лабораторный журнал в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Результаты наблюдений

Порода древесины	Эскиз и краткая характеристика строения ствола древесных пород на основных разрезах		
	Поперечный разрез	Радиальный разрез	Тангенциальный разрез

6. Изучить по плакату внешние признаки коры различных древесных пород, обратить внимание на цвет и характер её поверхности.

7. Изучить внешние признаки коры по образцам коллекции: внимательно осмотреть каждый образец, запомнить цвет и характер поверхности коры различных пород.

8. Внимательно осмотреть кору, в лабораторном журнале зарисовать цветными карандашами кору некоторых пород.

9. Записать в лабораторный журнал результаты наблюдений внешних признаков коры древесных пород в соответствии с таблицей 2.

10. Защитить лабораторную работу по контрольным вопросам.

Таблица 2 – Результаты наблюдений

Порода древесины	Эскиз и краткая характеристика строения ствола древесных пород на основных разрезах		
	цвет (эскиз)	характер поверхности	хрупкость, эластичность



## Контрольные вопросы:

1. Части растущего дерева.
2. Крона, её функции и промышленное значение.
3. Ствол, его функции и промышленное значение.
4. Корни, их функции и промышленное значение.
5. Главные разрезы ствола. Определения.
6. Основные части ствола, их характеристика и функции.
7. Что представляет собой камбий? Какую роль он выполняет в растущем дереве?
8. Назовите основные части ствола.
9. Из каких частей состоит кора?
10. Кора, её характеристика и функции.
11. Луб, его характеристика и функции.
12. Характер поверхности коры у распространённых древесных пород (на примерах из лабораторной работы).
13. Чем отличаются характер поверхности и толщина коры у молодых и зрелых деревьев?

## 2 Практическая работа № 2

Тема: Макроскопическое строение древесины.

Цель работы: экспериментальным путём определить наличие, цвет и размер, области расположения заболони и ядра у некоторых древесных пород, выявить различия между ядровыми и безъядровыми породам; изучить годичные слои, их видимость и очертание, цвет и резкость перехода между ранней и поздней древесиной распространенных древесных пород в пределах годичного слоя; изучить видимость и размеры сердцевинных лучей различных пород древесины, размеры и форму сердцевины; научиться определять породу древесины по макроскопическим признакам.

Приборы и материалы: лупа, чертёжные принадлежности, образцы древесины.

### Общие сведения:

Различают две категории пород – ядровые и безъядровые. Ядровые породы – это сосна, лиственница, кедр, тис, каштан, ясень, вяз, ильма, карагач, белая акация, платан, тополь, бархатное дерево, фисташка и другие. Древесина ядровых пород состоит из ядра и заболони. Безъядровые породы подразделяют на спелодревесные (ель, пихта, бук, осина) и заболонные (береза, липа, ольха, граб, самшит, груша). Древесина спелодревесных пород одинакового цвета по всему сечению ствола, центральная часть её отличается от периферической только меньшим содержанием влаги. Древесина заболонных пород одинакова как по цвету так и по содержанию влаги.

Породы древесины определяют по следующим признакам: наличие или отсутствие ядра, цвету ядра и заболони, размера заболони, переходу от заболони к ядру.

В отличие от настоящего ложным ядром называют потемнение центральной части ствола у некоторых безъядровых пород. Оно имеет вид пятна округлой, звездчатой или лопастной формы с нечетким, расплывчатыми границами. Ложное ядро порок древесины.

На поперечном разрезе можно видеть концентрические кольца вокруг сердцевины, которые называются годичными слоями и представляют собой ежегодный прирост древесины. Годичные слои являются одним из признаков определения породы древесины. На радиальном разрезе годичные слои имеют вид продольных полос, на тангенциальном – извилистых линий. Вид годичных слоев на главных разрезах представлен на рисунке 3.

Ширина годичных слоев зависит от породы, условий роста, положения в стволе. У быстрорастущих они широкие – до 1...1,5см, у других – узкие, до 1мм. В нижней части ствола узкие годичные слои, вверх по стволу ширина слоев увеличивается.

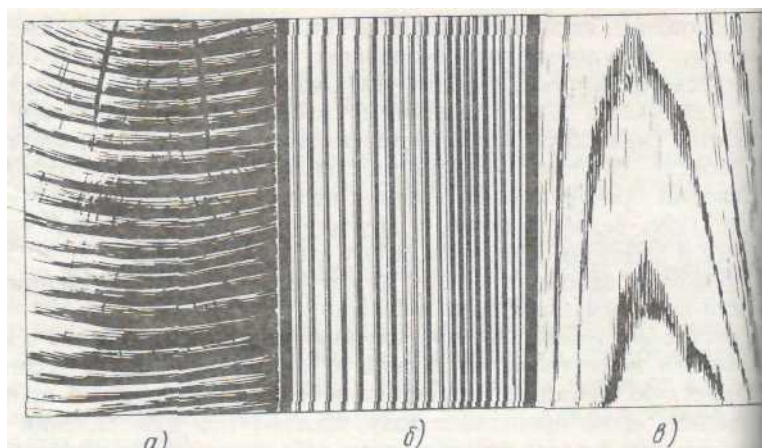


Рисунок 3 – Вид годовичных слоев на главных разрезах древесины

а) поперечный разрез; б) радиальный разрез; в) тангенциальный разрез.

Каждый годовичный слой состоит из двух частей: внутренней, обращенной к сердцевине, светлой и мягкой части – ранней древесины и наружной, обращенной к коре, темной и твердой – поздней древесины. Различие между ранней и поздней древесиной ясно выражено у хвойных и некоторых лиственных пород. Ранняя древесина образуется в начале лета и служит для проведения воды вверх по стволу; поздняя древесина откладывается к концу лета и выполняет механическую функцию. От количества поздней древесины в годовичном слое зависят плотность и механические свойства древесины.

На поперечном разрезе некоторых пород хорошо видны невооруженным глазом светлые, часто блестящие, направленные от сердцевины к коре линии – сердцевинные лучи. Сердцевинные лучи имеются у всех пород, но видны лишь у некоторых.

По ширине сердцевинные лучи могут быть очень узкие, не видны невооруженным глазом (у березы, осины и всех хвойных пород); узкие, трудно различимые (у клена, липы); широкие, хорошо видны невооруженным глазом на поперечном разрезе (у дуба, бука).

На радиальном разрезе сердцевинные лучи имеют вид блестящих широких или узких, коротких или длинных полосок или черточек и могут быть окрашены светлее или темнее окружающей древесины.

На тангенциальном разрезе они похожи на чечевички или имеют веретенообразную форму. Высота лучей колеблется от 50мм (у дуба) до десятых долей миллиметра (у хвойных пород). Вид сердцевинных лучей представлен на рисунке 4.

В растущем дереве сердцевинные лучи служат для проведения воды в горизонтальном направлении и для хранения запасных питательных веществ.

Количество сердцевинных лучей зависит от породы: у лиственных пород их в 2 – 3 раза больше, чем у хвойных.

Сердцевина на поперечном разрезе ствола имеет вид темного пятнышка диаметром 2...5 мм и состоит из мягких рыхлых тканей. Она редко расположена в центре ствола, чаще смещена в сторону. На радиальном разрезе сердцевина видна в виде прямой или извилистой темной узкой полоски.

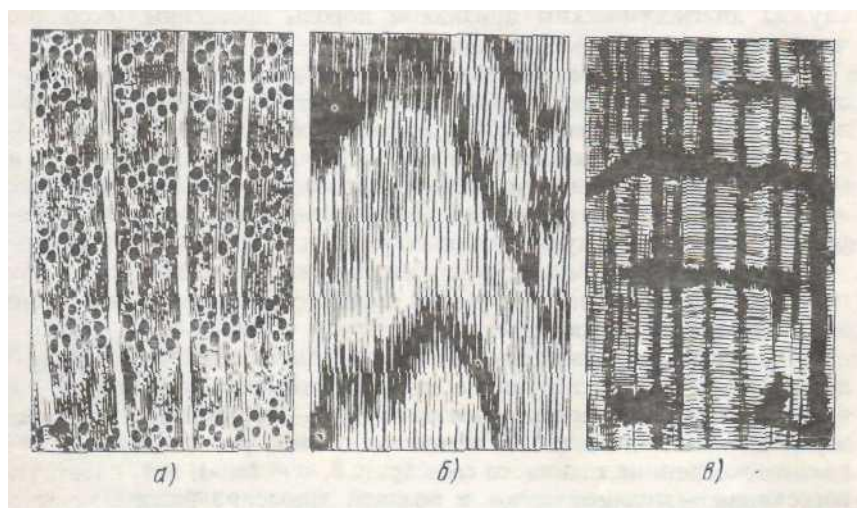


Рисунок 4 – Вид сердцевинных лучей на главных разрезах древесины

а) поперечный разрез; б) радиальный разрез; в) тангенциальный разрез.

Основные макроскопические признаки древесины для определения пород. Каждая древесная порода имеет характерные особенности, по которым ее можно отличить от другой. Основными признаками при определении породы по древесине являются: наличие ядра, ширина заболони и степень резкости перехода от ядра к заболони; степень видимости годичных слоев, разница между ранней и поздней древесиной; наличие и размеры сердцевинных лучей; размеры сосудов и характер их группировок; наличие сердцевинных повторений в древесине некоторых пород.

Для определения породы древесины необходимо знать и дополнительные признаки, к которым относятся цвет, блеск, текстура (рисунок), плотность и твердость.

Сначала необходимо установить, к какой группе древесных пород относится данный образец: хвойным, лиственным кольцесосудистым или лиственным рассеяннососудистым.

К хвойным породам относятся такие, у которых хорошо заметны годичные слои вследствие того, что поздняя древесина темнее ранней. У хвойных пород нет сосудов, сердцевинные лучи очень узкие и невооруженным глазом не видны. Некоторые хвойные породы имеют смоляные ходы.

К лиственным кольцесосудистым относятся породы с хорошо заметными годичными слоями; в ранней древесине годичных слоев крупные сосуды образуют сплошное кольцо отверстий, хорошо видимое простым глазом, в плотной поздней древесине виден какой-либо рисунок, образованный скоплением мелких сосудов; сердцевинные лучи видны у большинства пород; все породы ядровые.

К рассеяннососудистым лиственным относятся породы, у которых годичные слои видны плохо; сосуды, видимые на поперечном разрезе, не образуют сплошного кольца, а разбросаны равномерно по всей ширине годичного слоя. У некоторых видны сердцевинные лучи. Пользуясь Приложением А, можно определить породу древесины.

### Ход работы:

1. Осмотреть при дневном свете каждый из образцов, предназначенных для изучения, и определить наличие ядра. Если ядра нет, определить, какой породы образец – спелодревесной или заболонной. Уяснить различие между категориями пород, а также между спелодревесными и заболонными породами.
2. Определить цвет ядра и заболони образца, тщательно осмотреть его. Если нет ядра, определить цвет спелой или заболонной древесины. Например, дуб имеет резко выраженное ядро от светло – до темно – бурого цвета и желтовато – белую заболонь. У граба и березы ядра нет, цвет их древесины соответственно беловато – серый и белый с красноватым или желтоватым оттенком.
3. Измерить металлической линейкой по двум взаимно перпендикулярным диаметрам ширину заболони и ядра. На поперечном разрезе кольцо заболони бывает шириной от нескольких миллиметров (дуб, белая акация), до нескольких сантиметров (сосна, кедр).
4. Установить для ядровых пород характер перехода от ядра к заболони. Переход бывает резкий (дуб, лиственница, тис) и постепенный (платан и грецкий орех).
5. Описать в лабораторном журнале различие между ядровыми, спелодревесными и заболонными породами. Зарисовать поперечный разрез наиболее характерных пород.
6. Записать в лабораторном журнале результаты наблюдений и изучения ядра и заболони древесины в соответствии с таблицей 3.
7. Защитить лабораторную работу по контрольным вопросам.

Таблица 3 – Результаты наблюдений

Порода древесины (эскиз)	Характеристика макроскопических признаков древесины				
	цвет и размер ядра	цвет и размер заболони	характер перехода от ядра к заболони	цвет заболонной или спелодревесной древесины	категория породы

8. Изучить по плакату годовые слои хвойных и лиственных пород на основных разрезах. Запомнить названия пород с хорошей и плохой видимостью годовых слоев, с плавным и волнистым их очертанием, обратить внимание на различие цвета и резкость перехода ранней древесины в позднюю для некоторых пород.
9. Осмотреть основные разрезы всех образцов, подлежащих изучению. Записать в журнал названия пород с хорошей и плохой видимостью годовых слоев.
10. Сравнить поперечные разрезы древесины различных пород. У большинства пород годовые слои плавной округлой формы (например, у сосны и ели), некоторым свойственна волнистость годовых слоев (тис,

можжевельник, граб, ольха).

11. Рассмотреть через лупу отдельный годичный слой. Легко заметить, что каждый слой состоит из двух частей, отличающихся по цвету и плотности. Внутренняя часть слоя светлая и пористая (ранняя древесина), а наружная – темная и плотная (поздняя древесина). Различие между ранней и поздней древесиной ясно выражено у хвойных пород, менее заметно у лиственных кольцесосудистых пород и незаметно у лиственных рассеяннососудистых пород.

12. Определить, пользуясь лупой, на нескольких образцах резкость перехода ранней древесины в позднюю в пределах одного годичного слоя. У большинства пород наблюдается плавный переход ранней древесины в позднюю.

13. Зарисовать в журнале вид годичных слоев на основных разрезах ствола.

14. Записать в журнал результаты изучения годичных слоев, ранней и поздней древесины различных пород в соответствии с таблицей 4.

15. Защитить лабораторную работу по контрольным вопросам.

Таблица 4 – Результаты наблюдений

Порода древесины	Характеристика годичных слоев по внешним признакам						
	степень видимости	очертание на разрезах			цвет частей годичного слоя		переход ранней древесины в позднюю
		поперечный	радиальный	тангенциальный	ранняя древесина	поздняя древесина	

16. Изучить по схеме на основных разрезах ствола расположение сердцевинных лучей (первичные, вторичные). Зарисовать схему расположения сердцевинных лучей.

17. Рассмотреть лучи на всех основных разрезах образцов (видимость, ширина, вид на разрезах). Обратите внимание на окраску и блеск лучей.

18. Рассмотреть сердцевинные лучи у бука, дуба. У этих пород настоящие широкие лучи. Измерить масштабной линейкой длину на поперечном разрезе и высоту на радиальном.

Рассмотреть сердцевинные лучи на других породах с помощью лупы и измерить их.

19. Рассмотреть сердцевину на поперечном и радиальном разрезах, определить место ее расположения относительно центра поперечного сечения. Измерить линейкой диаметр сердцевины и установить ее форму.

Форма сердцевины у многих пород округлая или овальная, у ольхи – треугольная, у ясеня – четырехугольная, у тополя – пятиугольная, у дуба – в виде звездочки.

Рассмотреть сердцевину на радиальном разрезе: у хвойных пород она

имеет вид ровной трубки, заполненной рыхлой тканью, у лиственных пород сердцевина извилистая.

20. Записать в лабораторном журнале результаты наблюдений в соответствии с таблицей 5.

21. Защитить лабораторную работу по контрольным вопросам.

Таблица 5 – Результаты наблюдений

Порода древесины	Характеристика сердцевинных лучей и сердцевины			
	серцевинные лучи			форма, цвет и размеры сердцевины
	видимость	окраска	величина	

Контрольные вопросы:

1. Ядро, его характеристика и функции.
2. Заболонь, её характеристика и функции.
3. Ядровые и безъядровые породы.
4. Спелая древесина. Спелодревесные породы.
5. Заболонный породы.
6. Ложное ядро.
7. Что представляют собой годичные слои?
8. Характеристика годичных слоев. Вид на разрезах.
9. Части годичного слоя.
10. Характеристика и функции ранней древесины.
11. Характеристика и функции поздней древесины.
12. Что представляют собой сердцевинные лучи?
13. Какие бывают сердцевинные лучи?
14. Характеристика сердцевинных лучей, функции, вид на разрезах.
15. Особенности сердцевинных лучей хвойных и лиственных пород.
16. Что представляет собой сердцевина?
17. Характеристика сердцевины, вид на разрезах.

### 3 Практическая работа №3

Тема: Физические свойства древесины.

Цель: научиться рассчитывать влажность, плотность древесины при различных значениях влажности и пористость.

Приборы и материалы: карточки с заданиями.

#### Общие сведения:

Абсолютной влажностью древесины  $W_{абс}$  – это отношение массы воды, находящейся в данном объеме древесины к массе абсолютно сухой древесины, выраженное в процентах. Определяется по формуле

$$W_{абс} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $W$  – влажность древесины, %;

$m_1$  – масса образца влажной древесины, г.;

$m_2$  – масса образца абсолютно сухой древесины, г.

Относительной влажностью древесины  $W_{отн}$  называется отношение массы воды, находящейся в данном объеме древесины, к массе влажной древесины, выраженное в процентах

$$W_{абс} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100, \quad (2)$$

Плотность древесины  $\rho_w$  (кажущаяся плотность) характеризуется отношением её массы к объёму. Выражается плотность в  $\text{кг}/\text{м}^3$  или  $\text{г}/\text{см}^3$ . Плотность влажной древесины  $\rho_w$  определяется по формуле

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}, \quad (3)$$

где  $m_w$  – масса образца древесины при определённой влажности, г (кг);

$V_w$  – объём образца древесины при определённой влажности,  $\text{см}^3$  ( $\text{м}^3$ ).

Плотность древесинного вещества  $\rho_{д.в}$  (истинная плотность) – это масса материала, образующего клеточные стенки. Так как элементарный химический состав древесины практически одинаков для всех пород, то и плотность древесинного вещества примерно одинакова для всех пород и в среднем равна  $1,53 \text{ г}/\text{см}^3$  ( $1530 \text{ кг}/\text{м}^3$ ).

Кажущаяся плотность древесины зависит от влажности, и для сравнения значение плотности всегда приводят к единой влажности. Плотность, как и все остальные показатели физико-механических свойств древесины, должна приводиться к нормализованной влажности 12% ( $\rho_{12}$ ). В таблице 6 приведены



средние значения плотности для различных пород.

По плотности при влажности 12% древесину наших пород можно разделить на три группы: породы с малой ( $540 \text{ кг/м}^3$  и менее), средней ( $550 \dots 740 \text{ кг/м}^3$ ) и высокой ( $750 \text{ кг/м}^3$  и выше) плотностью.

Плотность древесины можно определить по следующим формулам:

а) При влажности древесины до 30% для древесины березы, белой акации, бука, граба и лиственницы по формуле

$$\rho_{w=12} = \frac{\rho_{12}}{1,048 - 0,004 \cdot W}, \quad (4)$$

для древесины остальных пород по формуле

$$\rho_{w=12} = \frac{\rho_{12}}{1,06 - 0,005 \cdot W}, \quad (5)$$

где  $\rho_w$  – плотность древесины при заданной влажности,  $\text{кг/м}^3$ ;

$W$  – абсолютная древесины, %;

$\rho_{12}$  – плотность древесины при  $W = 12\%$ ,  $\text{кг/м}^3$ ; (таблица 6).

б) При влажности древесины выше 30% для древесины березы, белой акации, бука, граба и лиственницы по формуле

$$\rho_{w>30} = \frac{\rho_{12} \cdot (1 + 0,01 \cdot W)}{1,206}, \quad (6)$$

для древесины остальных пород по формуле

$$\rho_{w>30} = \frac{\rho_{12} \cdot (1 + 0,01 \cdot W)}{1,18}, \quad (7)$$

Пористость древесины  $\Pi$  определяется объёмом внутренних пустот и выражается в процентах (%) от объёма древесины в абсолютно сухом состоянии. Пористость можно рассчитать по формуле

$$\Pi = 100 \cdot \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_{д.в.}}\right), \quad (8)$$

где  $\Pi$  – пористость древесины, %;

$\rho_0$  – плотность абсолютно сухой древесины  $\text{кг/м}^3$  ( $\text{г/см}^3$ );

$\rho_{д.в.}$  – плотность древесинного вещества,  $\text{кг/м}^3$  ( $\text{г/см}^3$ ).

Пористость зависит от плотности древесины: чем больше плотность, тем меньше пористость древесины. Значение пористости колеблется от 40 до 77%.

Ход работы:

1. Выбрать вариант в соответствии с таблице 7.
2. Определить абсолютную и относительную влажность древесины ( $W_{\text{абс}}$  и  $W_{\text{отн}}$ ) по данным варианта.
3. Определить плотность влажной древесины  $\rho_w$  при  $W_{\text{абс}}$ .
4. Определить плотность древесины в абсолютно сухом состоянии  $\rho_0$  и пористость  $\Pi$ , (%).
5. По результатам расчетов сделать вывод о зависимости плотности от изменения влажности.
6. Защитить практическую работу по контрольным вопросам.

Таблица 6 – Средние значения плотности древесины

Порода	Плотность $\rho_{12}$ , кг/м <sup>3</sup>
Лиственница	660
Сосна обыкновенная	500
Ель	445
Кедр	435
Пихта сибирская	375
Граб	800
Дуб	690
Клён	690
Ясень обыкновенный	680
Бук	670
Берёза	650
Орех грецкий	590
Ольха	520
Осина	495
Липа	495

Таблица 7 – Таблица вариантов

Номер варианта	Порода древесины	Масса влажной древесины $m_1$ , г	Масса абсолютно сухой древесины $m_0$ , г	Масса влаги $m_v$ , г
1	Лиственница	45	33	-
2	Ель	28	-	8
3	Береза	-	15	3
4	Кедр	32	19	-
5	Сосна обыкновенная	25	-	10
6	Бук	-	42	14
7	Пихта сибирская	36	29	-
8	Ольха	18	-	5
9	Граб	-	53	12
10	Осина	46	35	-
11	Ясень обыкновенный	24	-	9
12	Лиственница	-	40	17
13	Орех грецкий	29	21	-
14	Липа	41	-	33
15	Клен	-	23	7

### Контрольные вопросы:

1. Дайте определения относительной и абсолютной влажности.
2. Что такое плотность древесины?
3. Какие виды плотности древесины существуют?
4. Какие существуют группы пород по плотности?
5. Что такое пористость древесины? В каких пределах она колеблется?

### Задания на практическую работу №3:

#### Вариант №1

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины берёзы и её пористость.
2. Определить плотность древесины сосны при  $W = 18\%$ .
3. Определить плотность древесины граба при  $W = 35\%$ .

#### Вариант №2

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины кедра и её пористость.
2. Определить плотность древесины пихты при  $W = 48\%$ .
3. Определить плотность древесины берёзы при  $W = 15\%$ .

#### Вариант №3

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины бука и её пористость.
2. Определить плотность древесины осины при  $W = 21\%$ .
3. Определить плотность древесины лиственницы при  $W = 41\%$ .

#### Вариант №4

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины ели и её пористость.
2. Определить плотность древесины клёна при  $W = 38\%$ .
3. Определить плотность древесины бука при  $W = 15\%$ .

#### Вариант №5

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины граба и её пористость.
2. Определить плотность древесины ольхи при  $W = 13\%$ .
3. Определить плотность древесины белой акации при  $W = 38\%$ .

### Вариант №6

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины сосны и её пористость.
2. Определить плотность древесины пихты при  $W = 43\%$ .
3. Определить плотность древесины дуба при  $W = 26\%$ .

### Вариант №7

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины лиственницы и её пористость.
2. Определить плотность древесины сосны при  $W = 51\%$ .
3. Определить плотность древесины граба при  $W = 22\%$ .

### Вариант №8

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины пихты и её пористость.
2. Определить плотность древесины кедра при  $W = 19\%$ .
3. Определить плотность древесины лиственницы при  $W = 46\%$ .

### Вариант №9

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины берёзы и её пористость.
2. Определить плотность древесины осины при  $W = 33\%$ .
3. Определить плотность древесины бука при  $W = 17\%$ .

### Вариант №10

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины кедра и её пористость.
2. Определить плотность древесины пихты при  $W = 19\%$ .
3. Определить плотность древесины берёзы при  $W = 37\%$ .

### Вариант №11

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины бука и её пористость.
2. Определить плотность древесины осины при  $W = 39\%$ .
3. Определить плотность древесины лиственницы при  $W = 23\%$ .

### Вариант №12

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины ели и её пористость.
2. Определить плотность древесины клёна при  $W = 14\%$ .
3. Определить плотность древесины бука при  $W = 37\%$ .

### Вариант №13

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины граба и её пористость.
2. Определить плотность древесины ольхи при  $W = 44\%$ .
3. Определить плотность древесины белой акации при  $W = 13\%$ .

### Вариант №14

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины сосны и её пористость.
2. Определить плотность древесины пихты при  $W = 24\%$ .
3. Определить плотность древесины дуба при  $W = 50\%$ .

### Вариант №15

1. Определить плотность абсолютно сухой древесины лиственницы и её пористость.
2. Определить плотность древесины сосны при  $W = 39\%$ .
3. Определить плотность древесины граба при  $W = 17\%$ .

## 4 Лабораторная работа № 1

Тема: Микроскопический анализ строения древесины.

Цель: экспериментальным путём изучить микроскопические признаки различных хвойных и лиственных пород, строение и функции отдельных элементов; выполнить сравнительный анализ микроскопического строения хвойных и лиственных пород.

Приборы и материалы: микроскоп, микроскопические срезы, лупа, чертёжные принадлежности, образцы древесины.

### Общие сведения:

Клетки, образующие древесину, выполняют в растущем дереве различные функции и имеют разную форму и размеры. Все клетки можно отнести к двум типам: паренхимные, имеющие округлую или многогранную форму с примерно одинаковыми размерами по трем направлениям, и прозенхимные (мертвые), имеющие вид вытянутых по длине волокон с заостренными концами (длина больше ширины в несколько раз).

Клетки одинакового строения, выполняющие в растущем дереве одни и те же функции, образуют ткани древесины. По выполняемым функциям различают следующие ткани:

- покровные – находятся в коре и выполняют защитную роль;
- проводящие – находятся в стволе, проводят воду с питательными веществами, необходимыми для роста дерева (например, сосуды);
- механические – находятся в стволе, играют механическую роль и придают устойчивость растущему дереву;
- запасные – служат для отложения и хранения запасных питательных веществ, находящихся в стволе и корнях.

Строение древесины хвойных пород. Древесина хвойных пород имеет довольно простое и правильное строение и состоит в основном из трахеид (прозенхимные клетки), которые занимают 90 – 95% объема древесины. В пределах годичного слоя различают ранние и поздние трахеиды. Ранние трахеиды образуются весной, выполняют проводящую функцию и поэтому имеют широкие полости и узкие стенки. На поперечном разрезе трахеиды расположены правильными радиальными рядами. Поздние трахеиды образуются в конце лета, выполняют механическую функцию, вследствие чего у них узкие полости и толстые стенки. Количество пор на стенках ранних трахеид в три раза больше, чем на стенках поздних трахеид.

Паренхимные клетки в древесине хвойных пород образуют сердцевинные лучи, смоляные ходы и у отдельных пород – древесную паренхиму. Серцевинные лучи у хвойных пород узкие; на поперечном разрезе состоят из одного ряда клеток, по высоте – из нескольких рядов. Смоляные ходы представляют собой узкие межклеточные каналы, заполненные смолой. Смоляные ходы бывают вертикальные и горизонтальные. Схема микроскопического строения древесины сосны представлена на рисунке 5.

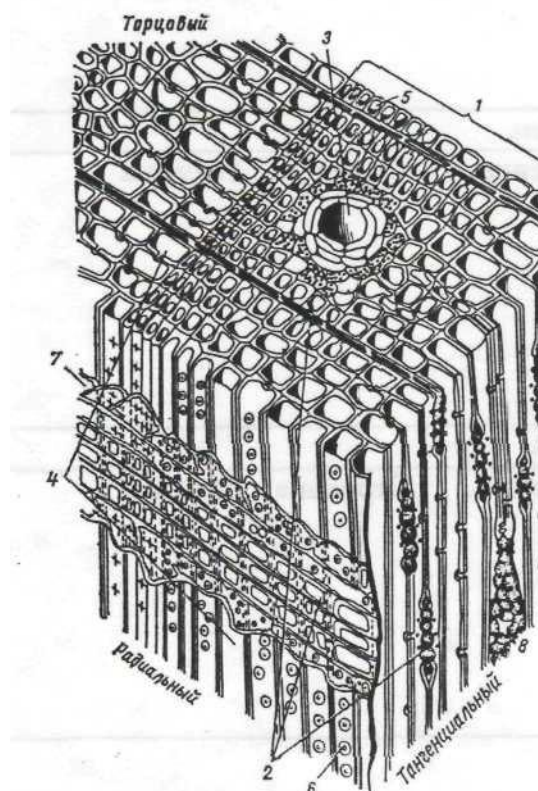


Рисунок 5 – Схема микроскопического строения сосны

1 – годичный слой; 2 – сердцевинные лучи; 3 – вертикальный смоляной ход; 4 – ранние трахеиды; 5 – поздние трахеиды; 6 – окаймленная пора; 7 – лучевая трахеида; 8 – многорядный луч с горизонтальным смоляным ходом.

Строение древесины лиственных пород. Древесина лиственных пород имеет более сложное строение. Водопроводящую функцию выполняют в основном сосуды и сосудистые трахеиды, механическую – волокна либриформа и волокнистые трахеиды, и запасящую – паренхимные клетки. Сосуды, волокна либриформа, волокнистые и сосудистые трахеиды являются прозенхимными клетками лиственных пород. Схема микроскопического строения березы представлена на рисунке 6. Элементы древесины лиственных пород представлены на рисунке 7.

Сосуды – основной водопроводящий элемент древесины лиственных пород. Они представляют собой трубки, образованные из ряда вытянутых клеток (члеников), у которых поперечные стенки (донца) частично или полностью растворены. Длина сосудов у отдельных пород может достигать нескольких метров (до 2м и более у древесины дуба). Стенки сосудов тонкие, от нескольких сотых долей миллиметра до 0,5мм, но имеют утолщения. Неутолщенные места отдельных участков боковых стенок сосуда называются порами и служат для продвижения воды в соседние клетки.

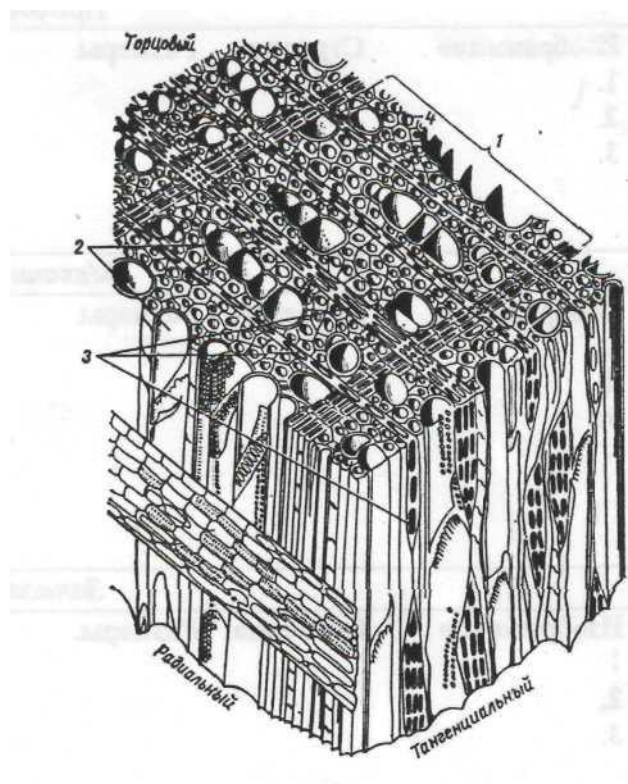


Рисунок 6 – Схема микроскопического строения березы

1 – годичный слой; 2 – сосуды; 3 – сердцевинные лучи; 4 – волокна либриформа.

Волокна либриформа – типичные элементы строения древесины лиственных пород, занимают до 76% общего объема и выполняют механическую функцию. Представляют собой длинные веретенообразные клетки с заостренными концами, толстыми клеточной стенками и малой (узкой) полостью. Длина волокон от 0,3 до 2мм, а толщина – от 0,02 до 0,05мм.

Сосудистые трахеиды – промежуточный элемент между сосудами и трахеидами, выполняют проводящую функцию. Отличаются от трахеид хвойных пород меньшей длиной.

Волокнистые трахеиды – переходный элемент от трахеид к волокнам либриформа, выполняют механическую функцию, поэтому их стенки сильно утолщены и имеют маленькую полость.



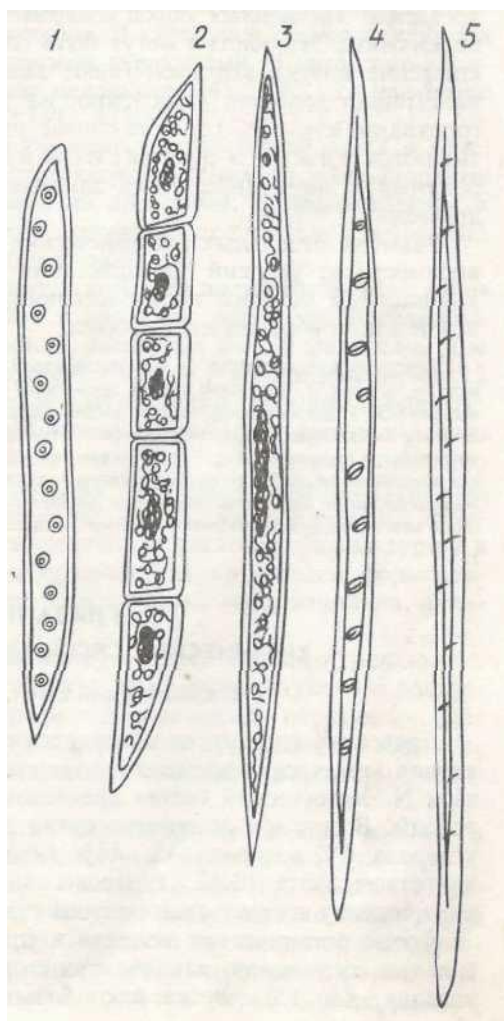


Рисунок 7 – Элементы древесины лиственных пород

1 – сосудистая трахеида; 2 – тяж древесной паренхимы; 3 – веретенообразная клетка древесной паренхимы; 4 – волокнистая трахеида; 5 – волокно либриформа.

Паренхимные клетки, выполняющие запасную функцию, в древесине лиственных пород главным образом образуют сердцевинные лучи и древесную паренхиму.

Серцевинные лучи у лиственных пород развиты сильнее, чем у хвойных. По ширине они могут быть узкие однорядные, состоящие из одного ряда вытянутых по радиусу клеток, и широкие многорядные, состоящие по ширине из нескольких рядов клеток. По высоте сердцевинные лучи состоят из нескольких десятков рядов клеток (до 100 и более у дуба, бука). На тангенциальном разрезе однорядные лучи представлены в виде вертикальной цепочки клеток; многорядные лучи имеют форму чечевицы или веретена.

На рисунке 8 показаны различия в микроскопическом строении хвойных и лиственных пород.



Рисунок 8 – Различия в микроскопическом строении хвойных и лиственных пород

Ход работы:

1. Внимательно изучить по рисункам 5 и 6 строение хвойных и лиственных пород, выяснить, как выглядят основные микроэлементы на радиальном, тангенциальном и поперечном разрезах.

2. Рассмотреть по рисунку 7 основные микроскопические элементы лиственных пород.

3. Пользуясь микроскопом, рассмотреть на натуральных образцах микроскопические срезы хвойных и лиственных пород, сравнить с рисунком 8, зарисовать в лабораторный журнал.

4. Выносными линиями обозначить основные элементы.

5. Заполнить таблицу 8 в лабораторном журнале. Дать сравнительную характеристику микроскопическим элементам хвойных и лиственных пород.

6. Сделать вывод о проделанной работе.

7. Защитить лабораторную работу по контрольным вопросам.

Таблица 8 – Результаты наблюдений

Лиственные породы	Хвойные породы
Микроскопические элементы, выполняющие механическую функцию (клетки)	
Изображение. Строение. Размеры.	Изображение. Строение. Размеры.
1.	1.
2.	2.
3.	3.
Микроскопические элементы, выполняющие проводящую функцию (клетки)	
Изображение. Строение. Размеры.	Изображение. Строение. Размеры.
1.	1.
2.	2.
3.	3.
Микроскопические элементы, выполняющие запасную функцию (клетки)	
Изображение. Строение. Размеры.	Изображение. Строение. Размеры.
1.	1.
2.	2.
3.	3.

## Контрольные вопросы:

1. Типы клеток, образующих древесину.
2. Ткани древесины.
3. Прозенхимные клетки древесины хвойных пород. Характеристика. Функции. Строение.
4. Паренхимные клетки древесины хвойных пород. Характеристика. Функции. Строение.
5. Прозенхимные клетки древесины лиственных пород. Характеристика. Функции. Строение.
6. Паренхимные клетки древесины лиственных пород. Характеристика. Функции. Строение.
7. Строение клеточной стенки трахеиды.
8. Структурные компоненты древесины.

## 5 Лабораторная работа №2

Тема: Определение влажности древесины.

Цель: определить влажность древесины высушиванием.

Приборы и материалы: бюкс, сушильный шкаф, технические и аналитические весы, эксикатор, древесные опилки.

### Общие сведения:

В растущем дереве вода необходима для жизни и роста, в срубленной древесине наличие воды нежелательно, так как приводит к ряду отрицательных явлений.

Содержание влаги в древесине характеризует влажность. Различают относительную и абсолютную влажность.

Относительной влажностью древесины называется отношение массы воды, находящейся в данном объеме древесины, к массе влажной древесины, выраженное в процентах:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1}, \quad (9)$$

где  $W$  – влажность древесины, %;

$m_1$  – масса образца влажной древесины, г;

$m_2$  – масса образца абсолютно сухой древесины, г.

Влажностью (абсолютной) древесины называется отношение массы воды, находящейся в данном объеме древесины, к массе абсолютно сухой древесины, выраженное в процентах:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2}, \quad (10)$$

где  $W$  – влажность древесины, %;

$m_1$  – масса образца влажной древесины, г;

$m_2$  – масса образца абсолютно сухой древесины, г.

В практике влажность определяют методом высушивания и приборами – электровлагомерами. Первый метод заключается в том, что пробу (образец) взвешивают на аналитических весах и высушивают в специальных сушильных шкафах до постоянной массы.

Второй способ, основанный на изменении электропроводности древесины в зависимости от ее влажности.

В древесине различают воду связанную (гигроскопическую) и свободную (капиллярную). Свободная вода заполняет полости клеток и пространства между клетками, а связанная пропитывает клеточные стенки. Свободная вода из

древесины удаляется легко, удаление связанной воды требует дополнительных затрат энергии.

Общее количество воды в древесине складывается из свободной и связанной. Максимальное количество связанной воды составляет примерно 30% и мало зависит от породы древесины. Предельное количество свободной воды зависит от плотности, то есть от того, как велик объем пустот в древесине, который может быть заполнен водой.

Состояние древесины, при котором клеточные стенки содержат максимальное количество связанной воды, а в полостях клеток находится воздух, называется пределом гигроскопичности  $W_{п.г.}$ . Пределу гигроскопичности соответствует максимальная влажность клеточных стенок при увлажнении древесины в насыщенном водой воздухе и равная примерно 30% при температуре 20°C.

Предел насыщения клеточных стенок  $W_{п.н.}$  – это максимальная влажность клеточных стенок, достигаемая при хранении древесины в воле. Для пород умеренного климата влажность при пределе насыщения клеточных стенок составляет примерно 30%.

При изменении количества гигроскопической воды размеры и свойства древесины значительно меняются.

Различают следующие степени влажности древесины: мокрая – длительное время находившаяся в воде, ее влажность выше 100%; свежесрубленная – влажность 50...10%; воздушно-сухая – долгое время хранившаяся на воздухе – 15...20% (в зависимости от климатических условий и времени года); комнатно-сухая – влажность 8...12% и абсолютно сухая – влажность древесины около 0%.

Содержание воды в стволе растущего дерева изменяется по высоте и радиусу ствола, а также в зависимости от времени года.

Влажность заболони сосны в три раза выше влажности ядра. У лиственных пород изменение влажности по диаметру более равномерное.

По высоте ствола влажность заболони у хвойных пород увеличивается вверх по стволу, а влажность ядра не изменяется. У лиственных пород влажность заболони не изменяется, а влажность ядра вверх по стволу снижается.

У молодых деревьев влажность выше и ее колебания в течении года больше, чем у старых деревьев. Наибольшее количество воды содержится в зимний период (ноябрь – февраль), минимальное – в летние месяцы (июль – август). Содержание воды в стволах изменяется в течении суток; утром и вечером влажность у деревьев выше, чем днем.

При длительном хранении срубленной древесины на воздухе или в помещении вода испаряется. При этом удаляется свободная влага, находящаяся в полостях клеток, а затем и связанная.

Усушкой называется уменьшение линейных размеров и объема древесины при высыхании. Усушка начинается с того момента, когда из древесины начнет удаляться связанная влага, то есть при снижении влажности древесины от предела насыщения клеточных стенок (30%) до абсолютно сухого состояния.

Влагопоглощением древесины называется ее способность увеличивать

содержание связанной воды за счет поглощения паров воды из воздуха. Влагопоглощение зависит от температуры и относительной влажности воздуха. Поглощение воды из воздуха происходит постепенно, замедляясь до предела гигроскопичности. Влагопоглощение не зависит от породы древесины.

Влагопоглощение древесины относится к ее отрицательным свойствам. Для уменьшения влагопоглощения применяют различные способы защиты древесины: покрытие красками и лаками, термическую обработку, пропитку искусственными смолами.

Разбуханием называется увеличение линейных размеров и объема древесины при повышении содержания связанной воды. Это происходит при увлажнении древесины и представляет собой явление, обратное усушке. Разбухание наблюдается при увеличении влажности от нуля до предела насыщения клеточных стенок; увеличение свободной воды не вызывает разбухания.

Водопоглощение – способность древесины поглощать воду при непосредственном контакте с водой. При этом в древесине увеличивается содержание как связанной, так и свободной воды. При максимальной влажности клеточные стенки насыщены связанной, а полости – свободной водой.

Водопоглощение зависит от породы, начальной влажности, температуры, формы и размеров древесины. У пород с меньшей плотностью водопоглощение больше, так как больше объем полостей, которые могут быть заполнены свободной водой. Наоборот, чем больше плотность, тем меньше водопоглощение древесины. Водопоглощение ядра меньше, чем заболони.

#### Ход работы:

Чистый пустой бюкс высушивают в сушильном шкафу при температуре  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  до постоянной массы, охлаждают в эксикаторе над хлористым кальцием и взвешивают с точностью до 0,0002г. Постоянная масса считается достигнутой, когда разница в массе при двух последовательных взвешиваниях станет 0,1% от исходной массы бюкса. Взятую с точностью до 0,0002г навеску около 1г опилок сушат в бюксе при температуре  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  в течение 3 – 4 часа, затем, плотно закрыв бюкс крышкой (перед тем как вынуть его из сушильного шкафа), охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Перед взвешиванием крышку бюкса на короткое время приоткрывают, чтобы уравнивать давление воздуха. Высушивание в течение 1 часа с последующим взвешиванием повторяют до достижения постоянной массы.

Расчет содержания влаги в образце производят по следующей формуле

$$W = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1 - m_0}, \quad (11)$$

где  $W$  – относительная влажность опилок, %;  
 $m_0$  – масса пустого бюкса (с крышкой), г;

$m_1$  – масса бюкса с навеской до высушивания, г;  
 $m_2$  – масса бюкса с навеской после высушивания, г.

При выполнении анализов древесины для расчета содержания во взятой навеске абсолютно сухого материала удобнее пользоваться коэффициентом сухости материала.

Коэффициент сухости  $S$  – это отношение массы сухого материала к массе материала до высушивания; коэффициент сухости определяется по формуле

$$S = \frac{(m_2 - m_0)}{m_1 - m_0} = \frac{100 - W}{100}, \quad (12)$$

Для определения количества абсолютно сухого материала необходимо величину взятой воздушно-сухой навески умножить на коэффициент сухости.

#### Контрольные вопросы:

1. Дайте определения абсолютной и относительной влажности. Формулы.
2. Виды влаги, содержащейся в древесине. Характеристика.
3. Какое состояние древесины называется пределом гигроскопичности ( $W_{п.г.}$ )?
4. Что такое предел насыщения клеточных стенок ( $W_{п.н.}$ )?
5. Какие различают степени влажности?
6. Что называется усушкой? С какого момента она начинается?
7. Какая способность древесины называется влагопоглощением? От чего зависит влагопоглощение?
8. Что называется разбуханием?
9. Какая способность древесины называется водопоглощением? От чего зависит водопоглощение?
10. Методика определения влажности древесины высушиванием.

## 6 Лабораторная работа №3

Тема: Определение зольности древесины.

Цель: определить содержание минеральных веществ в древесине различных пород.

Приборы и материалы: фарфоровый тигель, электрическая плитка, муфельная печь, технические и аналитические весы, эксикатор, древесные опилки.

### Общие сведения:

В состав древесины наряду с органическими компонентами входят минеральные вещества, которые при прокаливании древесины превращаются в золу. Выход золы из древесины колеблется обычно в пределах от 0,25 до 1%. В коре, листьях и корнях минеральных веществ содержится больше (до 3 – 7%), чем в стволе дерева.

Зола древесины частично растворяется в воде. Растворимая часть (10 – 25% от общего количества золы) состоит, главным образом, из карбонатов калия, натрия и других металлов, а также из растворимых солей серной, соляной и кремниевой кислот. Из нерастворимых веществ важнейшими являются окись кальция, силикаты, фосфаты и окислы железа, магния и марганца.

### Ход работы:

В прокаленный и взвешенный тигель (фарфоровый или платиновый) берут (с точностью до 0,0002г) навеску около 5г опилок с известной влажностью. Навеску осторожно сжигают на электрической плитке, прокаливают в муфельной печи при температуре  $575 \pm 25^{\circ}\text{C}$  в течение 3 – 4 часов, о чем свидетельствует отсутствие черных частичек.

После прокаливания тигель специальными щипцами вынимают из муфеля, закрывают крышкой и, немного охладив, помещают в эксикатор. Охлажденный в эксикаторе до комнатной температуры тигель с золой взвешивают с точностью до 0,0002г и снова прокаливают до достижения постоянной массы. Содержание золы рассчитывают в процентах к массе абсолютно сухой древесины по формуле

$$Z = \frac{(m_2 - m_0) \cdot 100}{(m_1 - m_0) \cdot S}, \quad (13)$$

где  $Z$  – содержание минеральных веществ в древесине (показатель зольности), %;

$m_0$  – масса пустого бюкса, г;

$m_1$  – масса бюкса с навеской, г;

$m_2$  – масса бюкса с золой, г.

$S$  – коэффициент сухости, в долях.



Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,01%.

Контрольные вопросы:

1. Какие минеральные вещества содержатся в древесине?
2. От чего зависит содержание минеральных веществ в древесине?
3. Как определяется содержание минеральных веществ в древесине  
показатель?
4. Из каких частей состоит зола?
5. Состав растворимой и нерастворимой частей золы.
6. Методика определения зольности древесины.

## 7 Лабораторная работа №4

Тема: Определение содержания легкогидролизуемых и трудногидролизуемых полисахаридов древесины.

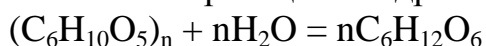
Цель: определить содержание легкогидролизуемых и трудногидролизуемых полисахаридов в древесине различных пород.

Приборы и материалы: технические и аналитические весы, круглодонная колба, обратный холодильник, стеклянная воронка, бумажные фильтры, мерные колбы на 500мл, 250мл и 100мл, химический стакан на 100мл, стеклянная палочка, 2% раствор HCl, 2N раствор NaOH, метилоранж, дистиллированная вода, древесные опилки.

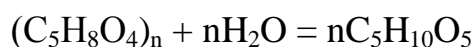
### Общие сведения:

Полисахариды древесины по скорости гидролитического распада в кислой среде делятся на легкогидролизуемые и трудногидролизуемых. К первой группе относятся гемицеллюлозы, ко второй – целлюлоза и небольшая часть гемицеллюлоз.

Определение легкогидролизуемых и трудногидролизуемых полисахаридов в древесине основано на реакциях гидролиза до моносахаридов:



гексозаны гексозы



пентозаны пентозы

Легкогидролизуемые полисахариды – это полисахариды, гидролизующиеся в разбавленной (2%) соляной кислоте при температуре кипения; трудногидролизуемых – полисахариды, гидролизующиеся при комнатной температуре в концентрированной (80%) серной кислоте с последующим разбавлением и кипячением.

Количество образовавшихся моносахаридов определяют по их редуцирующей (восстанавливающей) способности методом Бертрана или эбулиостатическим методом, основанном на реакции окисления редуцирующих веществ (РВ) меднощелочным раствором. Для определения количества отдельных сахаров применяют метод бумажной хроматографии.

### Ход работы:

Методика определения легкогидролизуемых полисахаридов. Навеску около 5г древесных опилок с известной влажностью, взятую с точностью до 0,0002г, обрабатывают 200мл 2% раствором соляной кислоты в круглодонной колбе при слабом кипении с обратным холодильником в течении 3 часов. По окончании нагревания раствор фильтруют. Остаток на фильтре промывают горячей водой до отрицательной реакции на кислоту (по метилоранжу) и сохраняют для определения содержания трудногидролизуемых полисахаридов.

Фильтрат и промывные воды сливают в мерную колбу на 500мл и доводят объём до метки дистиллированной водой. Затем 50мл этого раствора переносят пипеткой в мерную колбу на 100мл, нейтрализуют 2Н раствором едкого натра до нейтральной реакции (по метилоранжу) и доводят объём до метки дистиллированной водой. Концентрацию редуцирующих веществ в гидролизате легкогидролизуемых полисахаридов определяют по методу Бертрана или эбулиостатическим методом.

Содержание легкогидролизуемых полисахаридов в древесине ( $X_{л}$ ) вычисляют в процентах от абсолютно сухой древесины по следующей формуле

$$X_{л} = \frac{c_{л} \cdot V \cdot n \cdot k_{л} \cdot 100}{g \cdot 100}, \quad (14)$$

где  $g$  – масса абсолютно сухой древесины, взятой на анализ, г;  
 $c_{л}$  – концентрация редуцирующих веществ в гидролизате легкогидролизуемых полисахаридов, %;  
 $V$  – объём гидролизата, мл (500мл);  
 $k_{л}$  – коэффициент для пересчета моносахаридов в полисахариды, равный 0,89.

Методика определения трудногидролизуемых полисахаридов. Остаток на фильтре после определения легкогидролизуемых полисахаридов переносят в стакан на 100мл и подсушивают при температуре 50 – 60<sup>0</sup>С до воздушно-сухого состояния, помещают в стакан на 100мл и обрабатывают 35 – 40мл 80% раствором серной кислоты при комнатной температуре в течение 3 часов при периодическом перемешивании. Затем смесь смывают 600мл воды в коническую колбу ёмкостью 1л. Колбу закрывают пробкой, в которую вставлен обратный холодильник, и ставят в кипящую водяную баню. Через 5 часов нагревания гидролиз трудногидролизуемых полисахаридов древесины считают законченным. После гидролиза содержимое реакционной колбы фильтруют на фарфоровой воронке через бумажный фильтр (лучше через полотняный фильтр) и промывают небольшими порциями горячей воды до отрицательной реакции на кислоту по метилоранжу. Фильтрат и промывные воды без потерь переносят в мерную колбу ёмкостью 1л, объём доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают.

50мл полученного гидролизата (отмеряют пипеткой) переносят в мерную колбу на 100мл и для нейтрализации серной кислоты осторожно по каплям при постоянном помешивании добавляют 10мл 20% раствора едкого натра. Объём раствора доводят до метки дистиллированной водой, тщательно перемешивают и определяют в нём концентрацию редуцирующих веществ по методу Бертрана или эбулиостатическим методом.

Содержание трудногидролизуемых полисахаридов в древесине ( $X_{т}$ ) вычисляют в процентах от абсолютно сухой древесины по формуле

$$X_T = \frac{c_T \cdot V \cdot n \cdot k_T \cdot 100}{g \cdot 100}, \quad (15)$$

где  $g$  – масса абсолютно сухой древесины, взятой на анализ, г;  
 $c_T$  – концентрация редуцирующих веществ в разбавленном нейтрализованном гидролизате трудногидролизуемых полисахаридов, %;  
 $V$  – объём кислого гидролизата, мл (1000мл);  
 $n$  – разведение гидролизата при нейтрализации;  
 $k_T$  – коэффициент для пересчета моносахаридов в полисахариды, равный 0,9.

Методика определения концентрации редуцирующих веществ в гидролизатах эбулиостатическим методом. Эбулиостатическим метод основан на принципе прямого титрования. Горячий меднощелочной раствор титруется раствором сахара в специальном приборе – эбулиостате, который позволяет проводить анализ в токе водяного пара, без доступа воздуха к поверхности реагирующей жидкости. Обогрев осуществляется через паровую рубашку и пропусканием пара через реагирующую жидкость. Такой способ обогрева обеспечивает хорошее перемешивание при отсутствии местных перегревов и изменения объёма за счёт конденсации пара и быстрый нагрев реагирующей жидкости до  $100^{\circ}\text{C}$  и сохранение этой температуры в течение всего анализа.

Индикатором является метиленовая синь, которая в окислительной среде имеет синюю окраску, а в восстановительной среде бесцветна. По изменению окраски метиленовой сини можно судить о конце титрования меднощелочного раствора раствором сахара, т.е. о наступлении того момента, когда вся окисная медь превратится в закисную (окислительная среда станет восстановительной). Для предотвращения образования осадка  $\text{Cu}_2\text{O}$  в меднощелочной раствор добавляют желтую кровяную соль.

Прибор эбулиостат (рисунок 9) состоит из внешнего сосуда А (обычная колба) и внутреннего сосуда Б, представляющего собой пробирку, суженную вверху и имеющую внутри трубку, которая одним концом впаяна в боковую стенку сосуда Б, а второй конец её остаётся свободным и доходит почти до дна сосуда. Верхнее отверстие эбулиостата закрывается во время титрования пробкой, в которую вставлен кончик бюретки. Для выхода пара сделано маленькое отверстие на боковой стенке в верхней части эбулиостата. Внутренний сосуд вставлен во внешний на резиновой пробке, в которую, кроме сосуда Б, вставлена стеклянная изогнутая трубка для отвода лишнего пара из сосуда А. на конце стеклянной трубки для регулирования струи выходящего пара имеется резиновая трубка с винтовым зажимом.

Для анализа готовят следующие растворы:

I – 10г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и 0,04г метиленовой сини в 1л раствора;

II – 50г сегнетовой соли, 75г едкого натра и 4г желтой кровяной соли в 1л раствора.

Установка титра меднощелочного раствора по глюкозе. Титром

меднощелочного раствора по глюкозе называют количество миллиграммов глюкозы, идущее на восстановление 10мл меднощелочного раствора вышеприведённого состава. Для установления титра берут точную навеску безводной глюкозы около 0,1г и растворяют в дистиллированной воде.

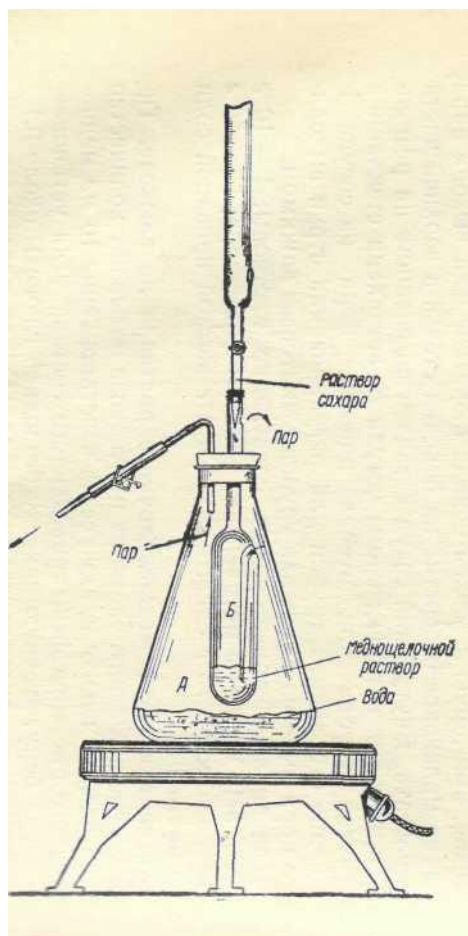


Рисунок 9 – Прибор для определения концентрации сахара эбулиостатическим методом

Объём раствора в мерной колбе доводят до 100мл. Затем 10мл меднощелочного раствора, отмеренного специальными дозаторами (рисунок 10), титруют раствором глюкозы, концентрацию которого вычисляют по навеске. Проводят прямое или обратное титрование в зависимости от того, для какого варианта анализа устанавливается титр. в каждом случае проводится не менее трех титрований и определяется средний расход глюкозного раствора на титрование. Зная концентрацию глюкозного раствора, вычисляют количество глюкозы, которое расходуется на восстановление 10мл меднощелочного раствора (по тому или другому варианту титрования)

$$T = c \cdot a, \quad (16)$$

где  $T$  – титр меднощелочного раствора по глюкозе, мг;  
 $c$  – концентрация глюкозного раствора, мг/мл;

а – расход глюкозного раствора на титрование, мл.

Ход анализа для растворов сахара, имеющих концентрацию 0,13 – 0,15% (прямое титрование). Во внешний сосуд эбулиостата наливают водопроводную воду и весь прибор ставят на электроплиту.

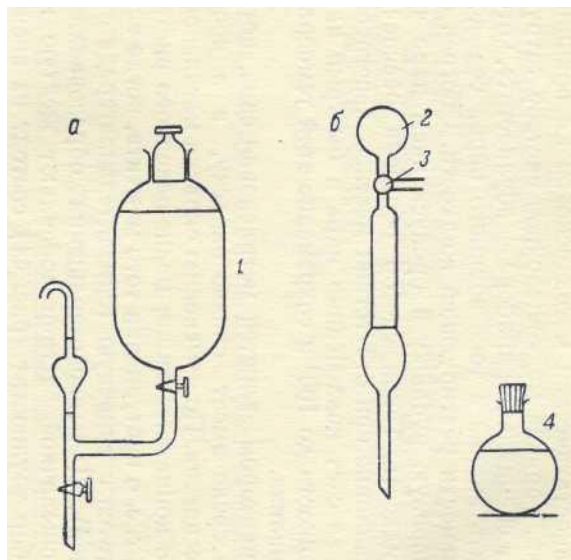


Рисунок 10 – Дозаторы

а – для раствора I; б – для раствора II; 1 – сосуд для раствора I; 2 – резиновая груша; 3 – трёхходовой кран; 4 – колба с раствором II

Когда вода закипит, внутренний сосуд эбулиостата вынимают и в него вливают, отмеривая дозаторами (рисунок 10), 5мл раствора I и 5мл раствора II. Жидкость взбалтывают, и эбулиостат осторожно (не быстро) вставляют обратно в сосуд с кипящей водой. Верхнее отверстие эбулиостата закрывают пробкой, надетой на кончик бюретки с анализируемым раствором сахара, и ждут, когда пар начнёт проходить через меднощелочной раствор. Нагревание меднощелочного раствора до температуры кипения воды происходит обычно в течение 0,5 минуты. В том случае, если пар долго не будет проходить через реагирующую жидкость, надо с помощью зажима уменьшить выход пара через отводную трубку.

Как только пар начнёт проходить через реагирующую жидкость, постепенно прибавляют сахарный раствор. Сначала делают ориентировочное определение, а затем окончательное. В первом случае прибавляют сахарный раствор к 10мл меднощелочного раствора, находящегося в эбулиостате, по каплям со скоростью 1 капля в 1 – 2 секунды до появления желтой окраски реагирующей жидкости от одной капли сахарного раствора. Замечают объём сахарного раствора, израсходованного на титрование. При окончательном определении к 10мл меднощелочного раствора в эбулиостате прибавляют сразу около 80 – 90% того количества сахарного раствора, которое пошло на

ориентировочное определение, ждут 2 минуты (по песочным часам), а затем прибавляют сахарный раствор со скоростью 1 капля в 6 – 7 секунд до появления желтой окраски (увеличение скорости приливания последних капель приводит к получению заниженных результатов анализа). Замечают объём сахарного раствора, израсходованного на титрование, и вычисляют концентрацию редуцирующих веществ в анализируемом гидролизате по следующей формуле

$$C = \frac{T \cdot 100}{a \cdot 1000}, \quad (17)$$

где  $C$  – концентрация редуцирующих веществ в анализируемом гидролизате, %;

$T$  – титр меднощелочного раствора по глюкозе, мл глюкозы;

$a$  – объём гидролизата, израсходованного на титрование, мл.

Ход анализа для растворов сахара, имеющего концентрацию ниже 0,05% (обратное титрование). При этом способе в меднощелочной раствор добавляют 3 – 5мл анализируемого раствора и затем дотитровывают из бюретки раствором сахара известной концентрации. Приготавливают 100мл 0,1% раствора глюкозы и прямым титрованием устанавливают точную его концентрацию (в мг/мл). Этим раствором заполняют бюретку. Во внешний сосуд эбулиостата наливают воду и ставят на электроплитку. Когда вода закипит, во внешний сосуд Б наливают с помощью дозаторов (рисунок 10) 5мл раствора I и 5мл раствора II и перемешивают их лёгким колебанием эбулиостата. Затем в эбулиостат вливают 3 – 5мл анализируемого раствора, точно отмеривая его пипеткой, жидкость перемешивают и сосуд Б осторожно вставляют в колбу с кипящей водой (сосуд А). верхнее отверстие закрывают пробкой, надетой на кончик бюретки с раствором сахара известной концентрации, и по истечении 2 минут (по песочным часам) начинают прибавлять раствор из бюретки со скоростью 1 капля в 5 – 6 секунд до появления желтой окраски реагирующей жидкости от одной капли сахарного раствора (ускорение прибавления сахарного раствора приводит к ошибочному результату). Замечают объём сахарного раствора известной концентрации, израсходованного на дотитрование.

Концентрацию анализируемого раствора вычисляют по следующей формуле

$$C = \frac{(T - c \cdot a) \cdot 100}{1000 \cdot b}, \quad (18)$$

где  $C$  – концентрация редуцирующих веществ в анализируемом гидролизате, %;

$T$  – титр меднощелочного раствора по глюкозе, мг глюкозы;

$c$  – концентрация глюкозы в растворе известной концентрации, мг/мл;

$a$  – объём глюкозного раствора, израсходованного на дотитрование, мл;

$b$  – объём исследуемого гидролизата, взятого на анализ, мл.

#### Контрольные вопросы:

1. Как разделяются полисахариды древесины по скорости гидролитического распада в кислой среде?
2. Уравнения гидролиза полисахаридов древесины.
3. Условия гидролиза полисахаридов древесины.
4. На чём основано определение содержания легкогидролизуемых и трудногидролизуемых полисахаридов?
5. По какой способности моносахаридов определяют их количество?
6. Эбулиостатическим метод определения РВ?
7. Методика определения легкогидролизуемых и трудногидролизуемых полисахаридов древесины.



## 8 Лабораторная работа №5

Тема: Определение содержания лигнина.

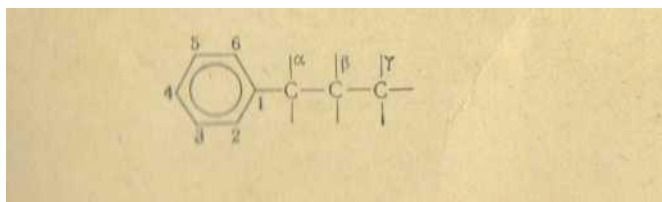
Цель: определить содержание лигнина в древесине различных пород с 72% раствором серной кислоты в модификации Комарова.

Приборы и материалы: технические и аналитические весы, колба с притёртой пробкой, термостат, обратный холодильник, стеклянный пористый фильтр №1, фарфоровый тигель, 72% раствор серной кислоты, раствор  $\text{BaCl}_2$ , дистиллированная вода, древесные опилки.

### Общие сведения:

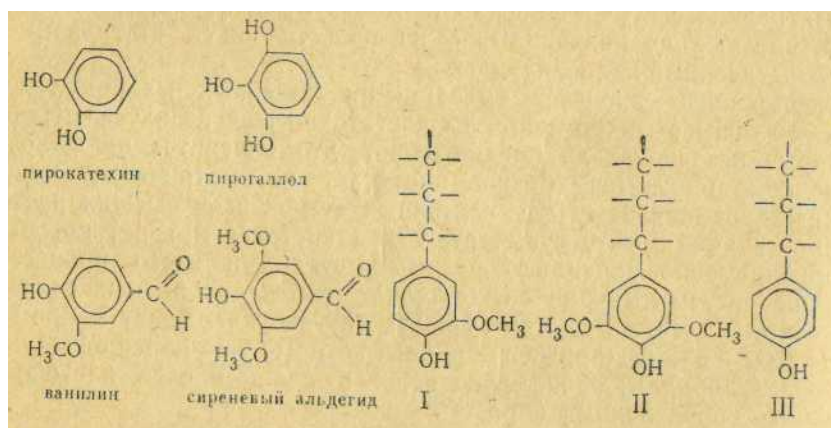
В древесине хвойных пород содержится до 28 – 32%, а в древесине лиственных до 24% лигнина. Зная точное содержание лигнина и гемицеллюлоз в древесине, можно предсказать возможный выход целлюлозы после варки. Поэтому количественное определение лигнина в растительном сырье имеет важное значение.

Лигнин представляет собой смесь нерегулярных разветвлённых полимеров родственного строения, в основе которых лежат близкие по строению ароматические вещества. Макромолекулы лигнина построены из фенилпропановых структурных единиц  $\text{C}_6 - \text{C}_3$ .



В хвойном лигнине эти единицы являются производными пирокатехина (гваяцилпропановые единицы I), а в лигнине лиственных пород, кроме того, содержатся производные пирогаллола (сирингилпропановые единицы II).

В состав некоторых лигнинов, главным образом травянистых растений, а иногда хвойной древесины входят единицы, не содержащие метоксильные группы (III).



При мягком окислении нитробензолом в щелочной среде из лигнина хвойных пород получается ванилин, а из лигнина лиственных пород – смесь ванилина и сиреневого альдегида. Единицы III при нитробензольном окислении дают п-оксибензальдегид.

Пропановые боковые цепи структурных единиц могут иметь различное строение (в зависимости от содержащихся в них функциональных групп). Таким образом, любой лигнин является сополимером. Лигнин лиственных пород древесины имеет более сложное строение, чем хвойный. Следует подчеркнуть, что структура макромолекул лигнина лишена регулярности, характерной для многих других природных полимеров.

В отличие от полисахаридов в лигнине отсутствует единый вид связи между структурными единицами. Наоборот, для него характерно многообразие связей, в результате чего он имеет макромолекулы с высокой степенью разветвления. Предполагают, что лигнин в древесине является пространственным полимером, т.е. имеет сетчатую структуру.

Лигнин древесины почти полностью не растворим в известных растворителях, не гидролизуеться кислотами до мономерных единиц, очень чувствителен даже к мягким обработкам и поэтому значительно изменяется при выделении. Всё это является препятствием для его изучения.

Свойства лигнина в большей мере определяются его функциональными группами: метоксильными, гидроксильными, карбонильными и другими.

Лигнин и углеводы в древесине связаны между собой не только механически, но и химически. Для выделения лигнина из древесины необходимо, прежде всего, разрушить эту связь. В отличие от углеводов, способных гидролизиться до простых сахаров, лигнин устойчив к действию минеральных кислот. На этом свойстве основаны прямые методы определения лигнина в древесине и целлюлозе: метод Класона (72%  $H_2SO_4$ ) и Вильштеттера (41 – 42%  $HCl$ ) и другие.

#### Ход работы:

Навеску около 1г (с известной влажностью), взятую с точностью до 0,0002г, предварительно обессмоленных спирто-бензолом и серным эфиром древесных опилок обрабатывают в колбочке с притёртой пробкой 15мл 72% раствором серной кислоты (уд. масса 1,64) в течении 2,5 часов при температуре 24 – 25<sup>0</sup>С(термостат), периодически размешивая содержимое колбочки во избежание образования комочков. Затем смесь лигнина с серной кислотой разбавляют 200мл дистиллированной воды и кипятят в течении 1 часа в колбе с обратным холодильником.

После отстаивания лигнина его отфильтровывают через предварительно высушенный до постоянной массы стеклянный пористый фильтр №1. Лучше отфильтровывать лигнин на следующий день, когда частицы лигнина достаточно укрупнятся. При проведении параллельных анализов фильтрации следует проводить через строго одинаковые промежутки времени. В случае лиственного лигнина рекомендуется для фильтрации применять фильтр с

нафталиновой подушкой. Лигнин промывают горячей водой до нейтральной реакции.

Отсутствие в промывных водах ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  проверяют действием  $\text{BaCl}_2$ . Затем высушивают до постоянной массы и взвешивают. Из-за большой гигроскопичности сухого лигнина рекомендуется охлаждать фильтр с лигнином в эксикаторе и взвешивать в закрытом бюксе. Полученное количество лигнина рассчитывают в процентах от массы необессмоленной абсолютно сухой древесины.

Для внесения поправки на содержание золы лигнин озоляют и полученную массу золы вычитывают из массы лигнина.

При применении стеклянных фильтров зольность лигнина определяют следующим образом. После взвешивания стеклянного фильтра с лигнином, лигнин тонкой иглой разрыхляют и осторожно пересыпают в прокаленный и взвешенный тигель. Стеклянный фильтр снова взвешивают. Количество перенесённого в тигель лигнина определяют по разности первого и второго взвешивания. Озоляют (методика предложена в лабораторной работе №2) находящийся в тигле лигнин и рассчитывают процентное содержание в нём золы. Количество беззольного лигнина (Л) в процентах рассчитывают на абсолютно сухую необессмоленную древесину по формуле

$$Л = \frac{(m_2 - m_1) \cdot (100 - S) \cdot (100 - Z)}{g \cdot (100 - W)}, \quad (19)$$

где  $m_2$  – масса фильтра с лигнином, г;

$m_1$  – масса пустого фильтра, г;

$g$  – навеска обессмоленной воздушно-сухой древесины, г;

$S$  – содержание золы в лигнине, %;

$Z$  – содержание смол и жиров в древесине, %;

$W$  – влажность обессмоленной древесины, %.

#### Контрольные вопросы:

1. Сколько содержится лигнина в хвойных и лиственных породах?
2. Что представляет собой лигнин?
3. Строение лигнина. Структурные единицы. Функциональные группы. Виды связей.
4. Свойства лигнина.
5. Методы выделения лигнина.
6. Методика определения содержания лигнина с 72% раствором серной кислоты в модификации Комарова.

## **Заключение**

В данном методическом пособии приведены методические указания к выполнению лабораторных и практических работ по МДК.01.05 Химия древесины и синтетических полимеров, Раздел 2.

## Список использованных источников

1 Азаров В. И. Химия древесины и синтетических полимеров. учебник / В. И. Азаров, А. В. Буров, А. В. Оболенская. — Изд. 2-е, испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 624 с. — ISBN 978-5-8114-1061-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210482>.

2 Леонович, А. А. Физика и химия полимеров: учебное пособие для вузов / А. А. Леонович. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 104 с. — ISBN 978-5-8114-7406-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176869>.

3 Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. Учебник для студентов среднего профессионального образования. Изд. 2 – е, стереотип. – М.: Академия, 2004. – С. 272.

4 Михайличенко А.Л. Практикум по древесиноведению и материаловедению. – М.: Лесная промышленность, 1979. – С. 79.

5 Михайличенко А.Л., Садовничий Ф.П. Древесиноведение и лесное товароведение. – М.: Высшая школа, 1991. – С. 190.

6 Оболенская А.В. Практические работы по химии древесины и целлюлозы. – М.: Лесная промышленность, 1965. – С. 412.

7 Оболенская А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. – М.: Экология, 1991. – С. 320.

Таблица А.1 – Макроскопические признаки древесины хвойных пород

Основной признак	Порода древесины				
	Лиственница	Сосна	Кедр	Ель	Пихта
Ядро	Красно-бурое	От розового до буровато-красного	От светло-розового до желтовато-красного	Безъядровая спелодревесная	
Заболонь	Буровато-белая узкая (до 20 годичных слоев)	<u>Желтовато-белая</u> широкая (до 40 годичных слоев)			
Общая характеристика древесины	Бурый оттенок	Желтоватый цвет	Розоватый оттенок	<u>Белая</u> со слабым желтоватым оттенком	
Сердцевинные лучи	Не видны				
Годичные слои	Поздняя древесина темно-бурого цвета, резко отличается от <u>ранней</u>	Поздняя древесина красновато-бурого цвета, хорошо развита, резко отличается от <u>ранней</u>	Поздняя древесина желтовато-розового цвета, слабо развита, переход от ранней древесины к <u>поздней плавный</u>	Поздняя древесина имеет вид узкой светло-бурой полосы, переходит в <u>раннюю</u> постепенно	Поздняя древесина слабо развита, переходит в <u>раннюю</u> постепенно

Продолжение таблицы А.1

Основной признак	Порода древесины				
	лиственница	сосна	кедр	ель	пихта
Смоляные ходы	Мелкие немногочисленные	<u>Многочисленные</u> , хорошо видны на разрезах	Многочисленные самые крупные	<u>Немногочисленные</u> хорошо различимые через лупу	Не имеет смоляных ходов
Запах	Скипидарный	Резко-скипидарный	<u>Кедровых орех</u>	<u>Слабоскипидарный</u>	Не имеет запаха
Кора	Толстая, буровато-ржавого цвета	Внизу <u>толстая</u> с трещинами, вверху тонкая	<u>Бурая</u> , в трещинах, толстая	<u>Бурая</u> , в трещинах тонкая	<u>Тонкая</u> , гладкая, серого цвета

Таблица А.2 – Макропризнаки древесины лиственных кольцесосудистых пород

Основной признак	Порода древесины			
	Дуб	Ясень	Ильм	Вяз
Кора	В верхней части ствола <u>зеркальная</u> , гладкая, внизу темно-серая с широкими трещинами	Темно-серого цвета с продольными трещинами	Бороздчатая	Светло-серая, отслаивается
Годичные слои	На поперечном разрезе годичные слои из-за резкой разницы между ранней и поздней древесиной видны хорошо	Хорошо различаются на всех разрезах		

Продолжение таблицы А.2

Основной признак	Порода древесины			
	Дуб	Ясень	Ильм	Вяз
Сосуды	Мелкие, в поздней части годовичного слоя расположены радиальными рядами	Имеются крупные сосуды в годовичных слоях	Мелкие, образуют непрерывные волнистые линии в поздней древесине годовичных слоев	
Сердцевинные лучи	Широкие хорошо видны на разных разрезах	Узкие, на поперечном разрезе с трудом различимы	На радиальном разрезе видны в виде блестящих черточек	На радиальном разрезе мало заметны, отличаются только по блеску
Цвет древесины	Ядро желтовато-коричневое или темновато-бурое. Заболонь узкая светло-желтая, четко отделена от ядра	Ядро светло-бурое, заболонь широкая желтовато-белая, плавно переходит в ядро	Ядро темное, бурое. Заболонь узкая, буровато-серая хорошо отличается от ядра	Ядро светло-бурое, заболонь широкая, желтовато-белая, постепенно переходит в ядро



Таблица А.3 – Макропризнаки древесины лиственных рассеяннососудистых пород

Основной признак	Порода древесины					
	Бук	Граб	Береза	Клен	Ольха	Осина
Группа	Безъядровая, спелодревесная	Безъядровые заболонные			Безъядровые	
Годичные слои	Различаются ясно	Хорошо <u>видны</u> на поперечном разрезе, <u>извилистые</u>	Различаются плохо	Различаются ясно	Различаются нечетко	Различаются плохо
Сосуды	Мелкие незаметные					
Сердцевинные лучи	<u>Широкие</u> , видимые на всех разрезах	<u>Узкие</u> , незаметные, <u>ложнопширокие</u> , заметны на поперечном разрезе	<u>Узкие</u> , различаются только на радиальном разрезе	<u>Видны</u> на всех разрезах, многочисленные	<u>Узкие</u> , незаметные, <u>ложнопширокие</u> , <u>видны</u> на всех разрезах	Не видны, очень узкие
Цвет древесины	Красновато-белый	Серовато-белый	Белый с красноватым или желтоватым оттенком	Белый с желтоватым или красноватым оттенком	Белый, на воздухе быстро краснеет, становится красновато-бурым	Белый, с течением времени приобретает красноватый или зеленоватый цвет