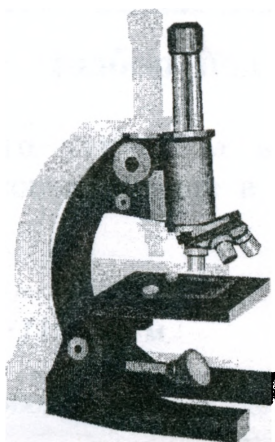


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ И ХИМИИ**

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ**  
**«БИОЛОГИЯ»**

**для студентов специальности**  
**1–33 01 07 «Природоохранная деятельность»**



**Брест 2013**

**УДК 58 (07)**

Методические указания содержат краткие теоретические сведения по основным темам раздела «Ботаника» курса «Биология» для студентов специальности 1–33 01 07 «Природоохранная деятельность». Практическая часть содержит описание лабораторных работ и вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы для самостоятельной подготовки и защиты лабораторных работ.

Составители: В.Н. Босак, кандидат биологических наук, доцент  
Ю.Ф. Рой, кандидат биологических наук, доцент  
О.Е. Прилуцкая  
Н.П. Никончук

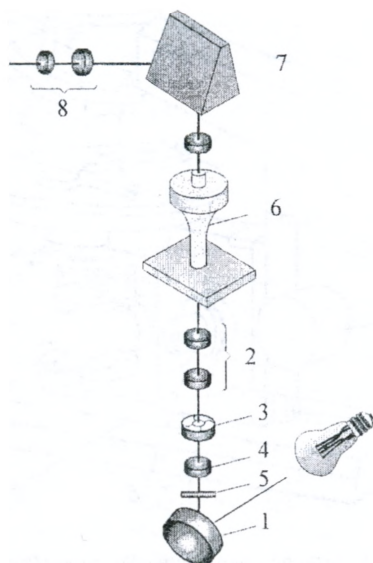
Рецензенты: И.В. Абрамова, декан географического факультета УО «Брестский

# Часть I

## УСТРОЙСТВО МИКРОСКОПА

В учебной лабораторной практике используются оптические (световые) микроскопы, и для успешного освоения курса «Биология» знание устройства микроскопа и правил работы с ним – необходимое условие. Применяемые в лабораториях микроскопы весьма разнообразны, но все они имеют общий принцип действия и сходное устройство. Здесь мы излагаем устройство микроскопа серии «Биолам» студенческого типа – С-1.

Все световые микроскопы устроены относительно просто, однако это не означает, что можно к ним невнимательно относиться. Микроскоп – точный и дорогостоящий прибор, и при пользовании им должны соблюдаться все необходимые требования.



*Рисунок 1 – Оптическая схема микроскопа (Объяснения в тексте)*

Оптическая схема микроскопа (рисунок 1) состоит из двух систем: осветительной и наблюдательной. Осветительная система включает в себя зеркало 1, которое может быть заменено осветителем, и конденсор 2, с апертурной и ирисовой диафрагмой 3, откидной линзой 4 и съемным светофильтром 5.

Наблюдательная система состоит из объектива 6, призмы 7, окуляра 9 (при монокулярной насадке).

Пучок лучей от источника света падает на зеркало 1, которое отражает его к апертурной диафрагме 3, проходит через конденсор 2, исследуемый препарат и попадает в объектив 6.

Объектив дает изображение препарата в плоскости полевой диафрагмы окуляра 9, который служит для рассматривания увеличенного изображения объекта. Призма 8 отклоняет пучок лучей от вертикали на 45 градусов, что весьма удобно при работе с микроскопом.

Общий вид микроскопа «Биолам» С-1 показан на рисунке 2. Основание 1 микроскопа прямоугольной формы, имеет снизу три опорные площадки, обеспечивающие устойчивое положение микроскопа на поверхности рабочего стола.

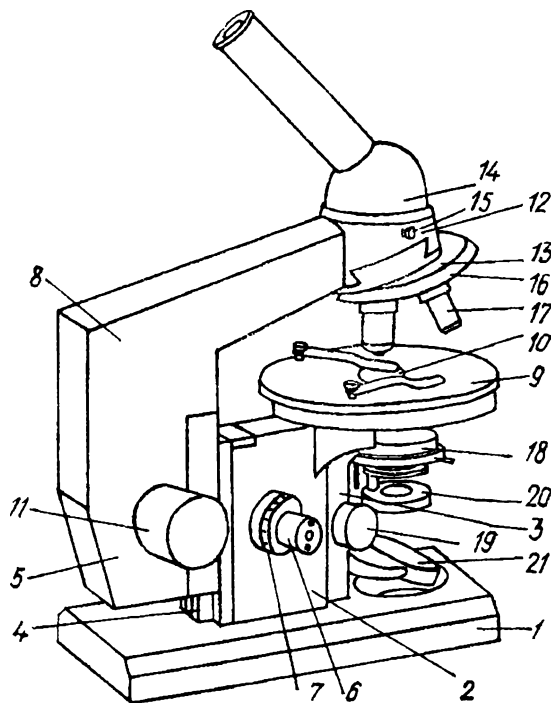


Рисунок 2 – Общий вид микроскопа серии «Биолам» (Объяснения в тексте)

Коробка 2 с механизмом микрометрической фокусировки крепится к основанию винтами. Со стороны коробки, обращенной к источнику света, крепится направляющая с косыми зубцами, по которой перемещается кронштейн конденсора 3. На стороне, обращенной к наблюдателю, также есть направляющая 4, которая входит в паз тубусодержателя 5 и через червячную передачу связана с ним.

Механизм микрометрической фокусировки состоит из системы зубчатых колес, сектора, рычага и трубки, на оси которой закреплены рукоятки 6 (микро-винт). Механизм приводится в действие вращением микровинта, который выходит на обе стороны. Справа на оси рукояток прикреплены барабан со шкалой 7,

разделенной на 50 частей, каждое пятое деление обозначено цифрами от «0» до «9». По шкале барабана можно определить величину подъема или опускания тубуса 8. Один оборот барабана соответствует перемещению тубуса на 0,1 мм. Общая величина перемещения тубуса от упора до упора не менее 2 мм. Механизм микрометрической фокусировки перемещает тубус вместе с механизмом грубой фокусировки. Необходимо твердо запомнить:

1. При вращении микровинта по часовой стрелке тубус микроскопа опускается, при вращении против часовой стрелки – поднимается.

2. Микровинтом пользуются только при работе с объективами больших увеличений и ни в коем случае с объективами X 8 и меньших увеличений.

3. Поворот микровинта осуществляется в ту или другую сторону, но только на пол-оборота.

Предметный столик 9 сменный, предназначен для размещения препаратов и крепится на кронштейне, который укреплен на коробке механизма микрометрической фокусировки. На нем имеется отверстие 10 для прохождения световых лучей и небольшие отверстия для закрепления клемм. При желании столик можно заменить другим, имеющим препаратоводитель.

Тубусодержатель 5, имеющий прямоугольную форму в нижней части, несет направляющую и трубку с двумя рукоятками для грубой фокусировки микроскопа (макровинт) 11. Поворотом рукояток навстречу друг другу можно регулировать ход механизма грубой фокусировки от легкого до тугого. Вращением макровинта по часовой стрелке тубус опускают, а против часовой – поднимают. Если микровинт служит для незначительного перемещения тубуса, то макровинт предназначен для перемещения тубуса с целью фокусировки объекта при малом увеличении на значительную величину.

В верхней части тубусодержателя укреплена головка 12 с направляющей типа «Ласточкин хвост» для револьверной головки 13 и гнездом для монокулярной 14 или бинокулярной насадки, которая крепится винтом 15. На диске 16 револьверной головки 13 имеется 4 отверстия с резьбой для ввинчивания объективов 17. Центрированное положение объективов обеспечивается фиксатором (защелкой), расположенной внутри револьверной головки.

Объектив – важная часть микроскопа, так как им определяется полезное увеличение микроскопа в отличие от окуляра 18, который дает бесполезное увеличение. (Полезным увеличением называется такое, при котором вскрываются новые детали строения. Бесполезное увеличение то, которое не дает возможности рассмотрения новых деталей, хотя линейные размеры могут увеличиваться в десятки и сотни раз.)

Объектив представляет собой металлический цилиндр со впаиваемыми линзами, число которых может быть различным. Чем большее число линз, тем больше увеличение объектива. С помощью винтовой нарезки объектив ввертывается в гнездо револьвера. На боковой стороне каждого объектива обозначено его увеличение (8×, 40×, 90×). Объектив дает увеличенное действительное, но обратное изображение объекта. Каждый объектив характеризуется разрешающей способностью, т.е. тем наименьшим расстоянием, на котором две точки или линии видны раздельно. Чем меньше это расстояние, тем выше разрешающая способность объектива.

Разрешающая способность находится в тесной связи с длиной волны употребляемого света: чем меньше длина волны и чем шире поток лучей, входящих в объектив, тем выше разрешающая способность объектива.

Для объектива 8× разрешающая способность равна 1,5 мкм для объектива 40× – 0,52 мкм, для объектива 90× – 0,25 мкм.

Если обратить внимание на диаметр фронтальных линз разных объективов, то можно заметить, что чем меньше ее диаметр (что характерно для объективов больших увеличений), тем выше разрешающая способность. Но работать с объективами большого увеличения необходимо с большой осторожностью, так как рабочее фокусное расстояние (от покровного стекла до фронтальной линзы) уменьшается до долей мм (при объективе 8× оно равно 9,2 мм, а при 90 – 0,12 мм).

К головке тубусодержателя винтом 15 крепится наклонный моно- или бинокулярный тубус. Тубус – цилиндр, в который вставляются окуляры. Окуляр состоит из системы 2–3 линз, вмонтированных в металлический цилиндр, дают они разное увеличение, которое обозначается цифрами на металлическом ободке (7×, 10×, 15×, 20×). При помощи окуляра получается прямое мнимое бесполое увеличение наблюдаемого объекта.

Общее увеличение объекта определяется как произведение увеличения объектива на увеличение окуляра.

Кронштейн 3 конденсора 18 укреплен на направляющей коробке микрометрического механизма, перемещение кронштейна производится рукояткой 19. Конденсор имеет 2 или 3 линзы, впаянных в корпус, кроме того, снабжен ирисовой диафрагмой, которая открывается и закрывается с помощью рукоятки, и дополнительной откидной линзой 20 в оправе, включающейся при работе с малыми объективами. Откидная рамка в нижней части оправы конденсора служит для установки светофильтра или матового стекла.

Подъем кронштейна с конденсором ограничен упором, и в его крайнем верхнем положении фронтальная линза конденсора находится ниже плоскости столика на 0,3 – 0,2 мм.

Под конденсором устанавливается зеркало в оправе 21, которое имеет две отражающие поверхности: плоскую и вогнутую. Вогнутая поверхность используется при работе без конденсора с объективами малых увеличений. Зеркало может поворачиваться в двух взаимно перпендикулярных направлениях, что дает возможность получить свет от источника, расположенного в любой точке аудитории.

## ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

Микроскоп устанавливается на столе против левого плеча на расстоянии ширины ладони от края стола. Справа от него располагаются принадлежности для записи и рисования и место для приготовления препаратов. Для правильной работы очень важно подобрать высоту стула, чтобы работать без напряжения. На каждом рабочем месте должны быть чистые предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, пинцет, скальпель, лезвия, стеклянные палочки, дистиллированная вода, мягкие хлопчатобумажные салфетки. Реактивы и необходимый материал для приготовления препаратов указываются в каждой работе.

## ПОДГОТОВКА МИКРОСКОПА К РАБОТЕ

Перед началом работы необходимо тщательно протереть чистой мягкой салфеткой окуляр, фронтальные линзы объективов и зеркало. На них не должно быть никаких пятен. Прикасаться пальцами к оптическим частям микроскопа нельзя, так как на них остаются жирные пятна. После этого необходимо установить микроскоп на освещенность. Эта операция чрезвычайно важна, так как от освещенности зависит то, что можно увидеть в микроскоп. При установке освещенности необходимо проделать операции в следующем порядке:

1. Устанавливают объектив малого увеличения (наблюдения всегда начинают с малого увеличения).

2. Макровинтом опускают тубусодержатель (или поднимают), чтобы расстояние между фронтальной линзой объектива и плоскостью столика составляло 1–1,5 см.

3. Конденсор поднимают вверх (расстояние до плоскости стола не должно быть меньше 3 мм) и открывают ирисовую диафрагму.

4. Глядя в окуляр левым глазом (правый должен быть открыт, если закрыт – то без напряжения), большим и указательным пальцами обеих рук поворачивают зеркало в сторону источника света и добиваются, чтобы поле зрения было молочно-белым.

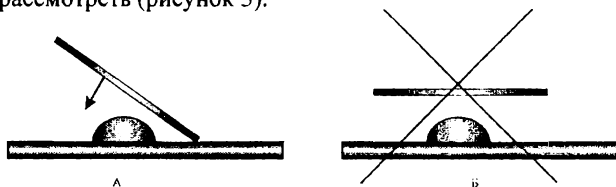
После установки освещенности нельзя микроскоп передвигать по столу, чтобы не нарушить освещения.

## ПОДГОТОВКА ПРЕПАРАТОВ

Подготовка к анализу постоянных препаратов проста: на препарат надо подышать с обеих сторон и осторожно протереть салфеткой, чтобы на нем не было пыли и жирных пятен. Здесь мы не освещаем технику изготовления постоянных препаратов. Интересующиеся студенты приобретают навыки их изготовления в научном кружке.

При подготовке временных препаратов необходимо тщательно протереть предметные и покровные стекла, причем особая осторожность нужна при работе с покровными стеклами, так как они очень хрупки.

В центр предметного стекла стеклянной палочкой наносят каплю воды, в которую помещают объект. Затем накладывают покровное стекло, осторожно придерживая за уголки двумя пальцами. Одной гранью покровное стекло должно опираться на предметное стекло. Подведя покровное стекло к капле в наклонном положении, его отпускают. Стекло падает, вытесняя из-под себя воздух. Нельзя опускать покровное стекло сверху вниз всей поверхностью, в этом случае под ним окажутся многочисленные пузырьки воздуха и объект будет трудно рассмотреть (рисунок 3).



*А – правильно; Б – неправильно*

*Рисунок 3 – Схема изготовления временного препарата*

## ФОКУСИРОВКА

Для исследования препарат помещают на предметный столик и визуально добиваются, чтобы ось объектива проходила через объект. Одной лапкой (клеммой) зажимают препарат. Нельзя забывать, что препараты помещаются на столик покрывным стеклом всегда вверх (на постоянных препаратах необходимо следить, чтобы этикетка располагалась сверху). После этого, вращая макровинт, опускают объектив почти до соприкосновения с препаратом (оставляя расстояние между ними 4-5 мм). Затем, глядя в окуляр, надо, медленно вращая макровинт, поднимать тубусодержатель до тех пор, пока не будет видно четкое изображение объекта. Перемещая препарат по столику, отыскивают то место объекта, которое хотят рассмотреть, ставят его в центр поля зрения и закрепляют препарат второй клеммой. Рассмотрев препарат на малом увеличении, вращением диска револьвера переводят на большое увеличение. Надо быть осторожным и не допускать задевания фронтальной линзы объектива большого увеличения за препарат.

После установки большого увеличения резко ухудшается освещенность, что является естественным, так как диаметр линз объектива большого увеличения значительно меньше. Объект иногда плохо виден, необходимо добиться четкости осторожным вращением макровинта. Только когда будет более или менее четко замечен объект, можно пользоваться микровинтом, вращая его на пол-оборота в обе стороны (чистовая доводка на резкость).

После окончания работы на большом увеличении вращением диска снова устанавливают малое увеличение. Необходимо совершенно твердо запомнить правило: нельзя снимать препарат со столика и помещать на столик, если установлен объектив большого увеличения, так как при малом расстоянии до препарата можно поцарапать фронтальные линзы объективов. Смена препаратов производится только при объективах малого увеличения.

## МЕТОДИКА СБОРА ПОЛЕВОГО МАТЕРИАЛА

Материал для исследования в природе заготавливается в сроки, которые должны учитывать цели работы. Если ставится цель провести описание структуры органа и его тканей, сравнительный анализ структур представителей разных таксонов с целью выявления влияния экологических факторов или различий у представителей разного эволюционного уровня, то должны отбираться образцы, достигшие дефинитивного состояния. Образцы стеблей отбираются после окончания вегетации, когда камбий закончил свою деятельность, годовые слои ксилемы и флоэмы сформировались полностью, кора не будет отслаиваться от древесины. Таким образом, этот период охватывает временной отрезок после листопада и до апреля.

Листья отбирают спустя 2 месяца после их распускания. Надо быть внимательным и помнить, что побег растет долго, иногда до октября, поэтому в июле на побеге могут быть как зрелые, так и молодые (в верхней части побега), еще недостигшие дефинитивного состояния. Сравнительный же анализ исключает использование разновозрастных органов (за исключением онтогенетического направления).



При отборе образцов корней надо учитывать, что в корнях камбий заканчивает свою деятельность на 1-1,5 месяца позже, как и начинает, по сравнению со стеблем.

Поскольку для исследования образцы отбирают как минимум с 3-х особей каждого вида, необходимо производить отбор с одновозрастных особей (если не исследуется влияние возрастного фактора), в сходных условиях обитания (одинаковые условия подобрать практически невозможно), с одной высоты от уровня почвы, с одной из сторон света. Должно соблюдаться золотое правило: *образцы должны отличаться только по одному качеству или фактору*. Влияние других факторов должно быть исключено. Если исследуется влияние разной высоты над уровнем моря, тогда отбор производят с особей, находящихся в одинаковых условиях освещения, одного возраста, с одной стороны кроны и на одной высоте от почвы и т.д. Особенно важно соблюдать эти требования при изучении влияния факторов среды на структуру или сравнение структур у таксонов разной эволюционной продвинутости.

Если же исследуется процесс формирования органов, то образцы отбирают в течение всего вегетационного сезона, начиная с изучения внутривидового строения. Периодичность отбора образцов различна: у органов, растущих быстро и короткий период - через 3-5 дней, у формирующихся почти весь вегетационный сезон (стебель) - через 10 дней (т.к. 15 дней уже длительный период и не удастся установить дату начала появления той или иной ткани и окончания её формирования).

Для выявления общей схемы строения органа и общей характеристики обычно берут образцы из средней части прироста или листа. Это позволяет и сравнивать данные по разным особям. Но более интересная картина формируется, если образцы отбираются в 3-х точках (стебель, лист): в основании, середине и у вершины. Это позволяет выявить не только общее строение, но и различия в соотношении тканей, характер и период их нарастания.

Если для исследования отбираются не очень крупные образцы (годовой прирост или длина листа не более 5 см), то отбирают и фиксируют весь орган. Если прирост более 5 см, то отбирают отрезки (кусочки) длиной 3-4 см. Если отбирают образцы из стволовой части, то небольшой пилой делают надрезы перпендикулярно оси ствола на глубину всей коры и 3-5 годовых слоев древесины, затем при помощи острого ножа, стамески и молотка "выбивают" образец. Такие образцы пригодны для исследования коры.

Если же цель - изучить древесину в нескольких точках, начиная от сердцевины и до камбия, то со спиленных деревьев вырезают диск 3-5 см толщиной и из нужных точек выкалывают образцы. Для этих целей материал надо отбирать только в местах главных рубок. Часто образцы древесины для подобных исследований получают путем приростного бура. Но полученные таким образом кусочки малы размером, и с ними трудно работать.

Хвоя фиксируется целиком и желательно со стеблем.

Сразу же на месте сбора производят этикетирование материала. Каждый образец завертывают в ленту хорошей плотной писчей бумаги, на которой в нескольких местах записывают простым карандашом номер образца, вид растения, затем перевязывают ниткой и помещают в фиксатор.

В полевом дневнике производят подробную запись: характеристика условий, морфологическое описание особи (с указанием параметров), дату сбора, как можно точнее указывают координаты точки сбора (например, правый берег ручья Свободного в 10 м от уровня воды, в 10 км севернее поселка Светлого).

Если изучается древесина, то образцы необязательно фиксировать, т.к. эта ткань десятилетиями хранится в воздушно-сухом состоянии, не изменяя структуры. Другое дело кора, листья, молодые стебли (когда изучается динамика структуры в течение вегетационного периода). В этом случае этикетированные образцы помещают в фиксатор. В идеальном случае каждый образец помещают в отдельную емкость, тогда этикетки приклеивают к стенке емкости, но при этом требуется много посуды, что в полевых условиях представляется трудным. Тогда этикетки, как указали выше, привязывают к образцам и фиксируют в общей емкости. Посуда желательна с притертыми крышками, хотя при хранении можно использовать и полистиленовые емкости и крышки.

Существует несколько видов фиксаторов, особенно осторожно их надо подбирать при фиксации генеративных органов. Для вегетативных органов лучшим фиксатором является 96% спирт, но он сильно обезвоживает материал и делает его хрупким, поэтому после 10-15 дней выдержки в спирте (после уплотнения материала), к образцам добавляют от 1/3 до 1/2 по объему глицерина и в этой смеси хранят материал. Глицерин, пропитывая материал, увеличивает его пластичность. Выдержка материала в фиксирующей жидкости способствует его уплотнению, т.к. вода из объекта "уходит" в фиксатор, что значительно повышает качество срезов.

## **ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ**

Для первоначального знакомства с полученными срезами, а иногда и для наблюдения, готовить постоянные препараты нецелесообразно. В этом случае ограничиваются временными препаратами, которые хранят непродолжительное время. Средой, в которую помещают срез, является вода, если материал свежий, т.е. живой. Если материал зафиксирован, то для этой цели используют глицерин (чистый или разбавленный водой) или другие просветляющие жидкости.

Срезы помещают в чистый или слегка разбавленный глицерин, в котором они могут находиться до нескольких месяцев. Для более длительного хранения покровное стекло обводят жидким парафином или канадским бальзамом, чем достигается прикрепление покровного стекла к предметному.

## **АНАЛИЗ ПРЕПАРАТОВ**

После изготовления препаратов, особенно при использовании канадского бальзама, им необходимо "подсохнуть". Ксилол, в котором растворяют канадский бальзам, испаряется, и покровное стекло прочно прикрепляется к предметному. Теперь необходимо произвести анализ объектов. Его характер зависит от целей исследования.

Если производится описание структуры нового объекта, о котором данных в литературе нет, то дают подробную его характеристику. Исследуя несколько срезов (они могут быть под одним стеклом), устанавливают общую картину структуры. Определяют гистологический состав объекта, топографию (расположение) тканей на разных срезах, их параметры, соотношение, наличие идиобластов и др.

Затем производят подробное описание, отмечая как общие, так и характерные особенности. Ткани описывают не в произвольном порядке, а в порядке их расположения в органе (в стебле - от центра к периферии или наоборот; в листе от верхней стороны к нижней или наоборот).

Описание сопровождаются количественными характеристиками, производя замеры винтовым окуляр-микрометром, а если его нет, то мерной линейкой, вставляемой в окуляр. Предварительно определяют цену деления на всех увеличениях.

При описании тканей отмечают:

1. В эпидерме:

- количество слоев;
- наличие устьиц и тип устьичного аппарата, их количество на единицу площади;
- размеры эпидермальных клеток на поперечных и продольных срезах;
- характер утолщения оболочки (вся ли утолщена или отдельные стенки, утолщение равномерное или нет);
- форму клеток на поперечном срезе;
- наличие и тип трихом;
- продолжительность жизни.

2. В перидерме:

- наличие составных тканей (феллемы, феллодермы, феллогена, так как феллодерма часто может отсутствовать);
- ширину феллемы;
- количество клеток феллемы в радиальном ряду в границах годичного слоя;
- наличие годичных слоев;
- структуру (гомо- или гетерогенная);
- наличие содержимого в клетках феллемы и других тканей;
- наличие хлоропластов, идиобластов, кристаллов;
- форму очертаний клеток на всех срезах;
- наличие утолщений оболочки и характер утолщения;
- размеры клеток.

В феллодерме обычно отмечают ее ширину, сложение, форму клеток.

3. В колленхиме:

- отмечают ее наличие или отсутствие, тип;
- ширину ткани на поперечном срезе;
- наличие в клетках хлоропластов, кристаллов;
- возрастные изменения (склерификация);
- отличие от прилегающих клеток феллодермы и паренхимы первичной коры.

4. В паренхиме первичной коры -- (обычно это наиболее развитая ткань молодых стеблей) необходимо отметить:

- форму клеток на поперечном и продольном срезах;
- характер (гомо- или гетерогенная);
- сложение (плотное, рыхлое с хорошо развитой сетью межклетников);
- наличие идиобластов;

- наличие, форма, размер, локализация кристаллов оксалата кальция;
- наличие млечников, смолоносной системы;
- наличие склереид.

5. В первичной флоэме:

- расположение (сплошным кольцом, участками);
- гистологический состав.

6. Во вторичной флоэме:

- гистологический состав;
- соотношение тканей;
- характер расположения аксиальной паренхимы;
- наличие механических элементов и их расположение;
- дифференциацию на проводящую, непроводящую, дилатационную зоны;
- тип и локализацию кристаллов оксалата кальция;
- форму поперечного сечения ситовидных элементов;
- тип ситовидных пластинок и форму ситовидных полей.

7. Во вторичной ксилеме:

- тип (рассеянно-сосудистая, кольцесосудистая или переходного типа);
- рисунок расположения просветов сосудов и их количество на единицу площади;
- форму поперечного сечения сосудов;
- наличие трахеид, волокнистых трахеид, либриформа;
- толщину стенок;
- тип перфорации и межсосудистой поровости и сосудов;
- тип сердцевинных лучей, их структуру, наличие в них идиобластов, оксалата кальция;
- выраженность годичной слоистости.

Методика описания вторичной ксилемы очень подробно дана в книге А.А. Яценко-Хмелевского (1954), которую каждому исследователю необходимо проработать весьма тщательно.

**Сравнительный анализ** может проводиться в двух аспектах:

1. Сравнение структур органов представителей разных таксонов (видов, родов, семейств), при этом больше внимания уделяется качественным признакам, не подверженным влиянию среды, и количественным характеристикам: тип и форма ситовидных пластинок, тип лучей, форма и место локализации оксалата кальция, тип древесины, гистологический состав тканей, выраженность годичной слоистости и т.д.

2. Сравнение представителей одного вида в зависимости от условий произрастания. Сейчас уже установлено, что ни естественные, ни антропогенные факторы практически не влияют на качественные признаки, а значит, большее внимание уделяется количественным. Производят отбор параметров, по которым сравнивают образцы и осуществляют измерения. Обязательно вычисляется достоверность различия между ними. Только в этом случае можно будет говорить о доказанности или недоказанности влияния фактора.

Если производятся наблюдения за формированием органа, т.е. образцы отбираются через равные промежутки времени в течение вегетационного сезона, то прослеживаются изменения как качественных, так и количественных признаков.

## Часть II

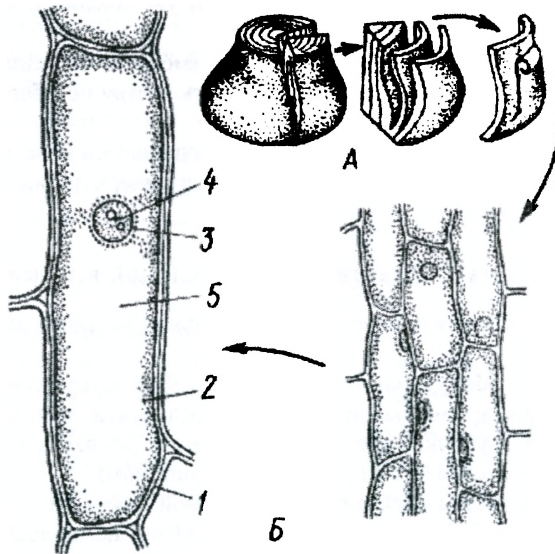
### РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА

#### Работа 1. Общее строение клетки (на примере клеток кожицы лука – *Allium sera* L.)

**Цель работы:** ознакомиться с общим строением типичной растительной клетки и функциональным значением отдельных ее органелл.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, постоянные препараты кожицы лука.

Клетка является основной структурной и функциональной единицей любого живого организма (исключая неклеточные организмы). Обычно клетки собраны в группы, соединенные более или менее плотно. Эпидермис, или кожица чешуи лука, представляет собой 1 слой клеток, сложенных плотно, без межклетников. Поэтому на малом увеличении видна сеточка тонких линий. Необходимо помнить, что каждая линия – это оболочки двух соседних клеток. В каждой клетке хорошо заметно плотное шаровидное ядро, расположенное обычно у одной из стенок клетки. Следовательно, в клетке к моменту изготовления препарата была хорошо развита вакуоль, занимающая центральное положение. Цитоплазма же со всеми органеллами оттеснена к оболочке.



*A – под малым увеличением; Б – под большим увеличением.  
1 – оболочка; 2 – цитоплазма; 3 – ядро; 4 – ядрышко; 5 – вакуоль*  
**Рисунок 4 – Строение клетки кожицы лука**

На большом увеличении в поле зрения значительно уменьшается число клеток, но в каждой клетке становятся заметными новые элементы ее строения. Необходимо убедиться в том, что клетка – образование объемное, на препарате у многих клеток заметны поперечные стенки и клетка имеет вид вытянутой корбочки.

Внимательно рассматривая оболочки, можно заметить поры – неутолщенные места во вторичной оболочке. Поры – не сквозные отверстия, в этих местах клетки отделены первичными оболочками.

Ядро, более плотное и темноокрашенное, имеет оболочку, ядрышки и кариолимфу. Структура кариолимфы (кариоплазмы) неоднородная, зернистая, в виде более темных сгустков, заметен хроматин. Вдоль оболочки заметна очень тонкая пленка фиолетово-оранжевого цвета. Это сухое вещество цитоплазмы, которое уплотнилось после обезвоживания.

Таким образом, в растительной клетке при помощи светового микроскопа легко обнаруживаются оболочка, ядро, ядрышки, хроматин, остатки цитоплазмы.

### **Ход работы:**

1. Подготовить микроскоп к работе: протереть оптические части, правильно установить на столе и отрегулировать освещенность.

2. Подготовить препарат и поместить на предметный столик, установить четкость изображения.

3. Рассмотреть строение клетки при малом увеличении и зарисовать объект, обозначив элементы.

4. Перевести на большое увеличение, рассмотреть строение клетки в целом, строение оболочки, ядра и т. д. Зарисовать клетку под большим увеличением, обозначив элементы.

При переводе на большое увеличение освещенность поля зрения ухудшается. Необходимо винтом конденсора поднять его вверх до упора, если он был опущен.

## **Работа 2. Пластиды растительной клетки**

**Цель работы:** изучить пластиды растительной клетки и их функциональное назначение.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, набор материалов, необходимых для приготовления временных препаратов: предметные и покровные стекла; вода, стеклянные трубочки, препаровальные иглы; элодея или мниум, плоды рябины, шиповника (свежие или распаренные кипятком).

Растительная клетка отличается от животной двумя наиболее существенными особенностями: а) наличием хорошо развитой целлюлозной оболочки и б) наличием пластидного аппарата. В зависимости от окраски все пластиды делят на 3 типа:

1. Зеленые – хлоропласты.

2. Оранжевые – хромопласты.

3. Бесцветные – лейкопласты.

Но различия касаются не только внешних черт, они очень глубоки и в функциональном отношении. В хлоропластах происходит важнейший процесс – фотосинтез, хромопласты выполняют, в основном, рекламную роль, но в них обнаружены и запасные жиры. Лейкопласты выполняют функцию отложения веществ в запас, и, в зависимости от типа откладываемых веществ, их подразделяют на амилопласты (крахмалонакопители), протеинопласты (накопители белка) и олеопласты (накопители жира). В живых клетках лейкопласты заметны плохо.

#### А. Хлоропласты

Хлоропласты можно наблюдать в листьях элодеи или мха мниума. Эти пластиды имеют форму линзообразных телец (хлорофилловые зерна) величиной 3-7 мкм, число их до 40 в клетке. Расположены всегда в цитоплазме, имеют двухмембранную оболочку, все пространство под которой заполнено белковой стромой, пронизанной сетью ламелл разной длины. Короткие ламеллы собраны в пачки – граны. Структура стенки ламелл окончательно не выяснена, имеет белково-липидную природу, и на ней в виде одномолекулярного слоя расположены пигменты.

Так как цитоплазма в клетке движется, то она увлекает за собой и хлоропласты, по движению которых и судят о движении цитоплазмы. Чтобы цитоплазма двигалась с большей скоростью, перед изготовлением препарата элодею рекомендуют на некоторое время поместить на освещенное солнцем место или осветить настольной лампой. Лучше всего заметно движение хлоропластов в клетках жилки у основания листа. Здесь же обычно заметны черные полосы – это межклетники, заполненные воздухом.

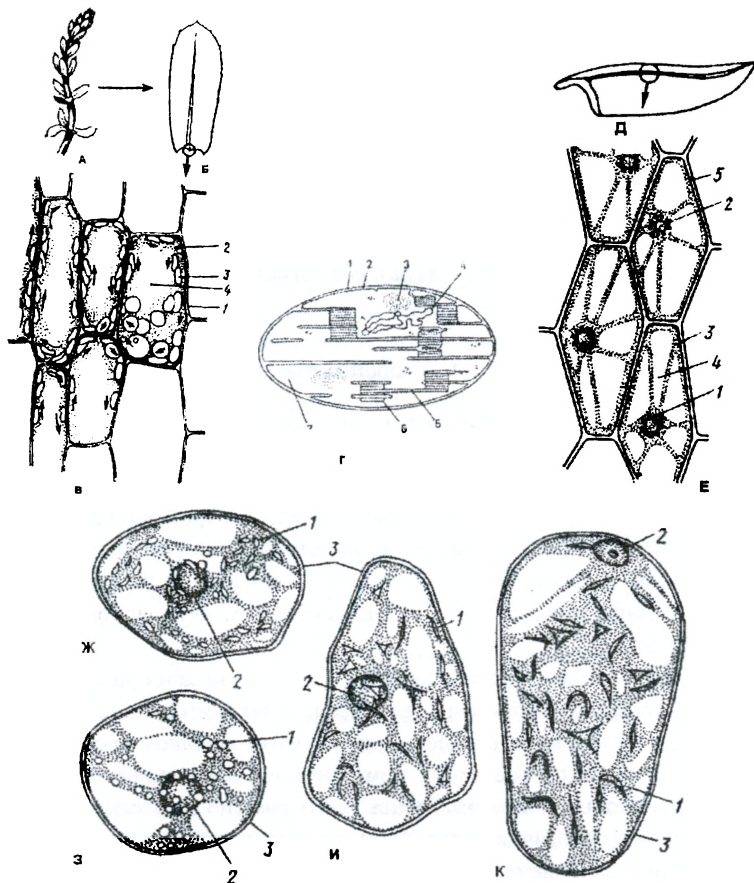
#### Ход работы:

1. Приготовить микроскоп к работе.

2. В середину чистого предметного стекла нанести каплю воды, оторвать пинцетом лист и положить его в каплю воды и накрыть покровным стеклом.

3. На малом увеличении рассмотреть форму листа, отметить наличие хлоропластов и их локализацию, отыскать нужный участок у основания листа, поставить его в центр поля зрения и перевести на большое увеличение.

4. На большом увеличении рассмотреть и зарисовать типичную клетку. Обозначить оболочку, хлоропласты, постенный слой цитоплазмы, вакуоль. Отметить стрелкой движение хлоропластов и цитоплазмы.



А – ягода канадская; Б – лист элодеи; В – хлоропласты в листьях элодеи: 1 – оболочка; 2 – цитоплазма; 3 – хлоропласт; 4 – вакуоль; Г – строение хлоропласта: 1 – внутренняя мембрана; 3 – крахмальное зерно; 4 – ДНК; 5 – тилакоиды стромы (фреты); 6 – тилакоиды; 7 – матрикс (stroma) (по D. Paolillo, 1970); Д – поперечный срез листа традесканции; Е – лейкопласты в клетках листа традесканции: 1 – лейкопласты; 2 – ядро; 3 – цитоплазма; 4 – вакуоль; 5 – клеточная оболочка; клетки мякоти зрелых плодов: Ж – шиповник; 3 – ландыш; И – рябина; К – боярышник: 1 – хромопласты; 2 – ядро; 3 – стенка клетки

**Рисунок 5 – Пластиды растительной клетки**

## Б. Хромопласты

Хромопласты – пластиды, содержащие пигменты группы каротиноидов. Их цвет оранжевый и красный, они не способны к фотосинтезу, сеть ламелл в них развита значительно хуже, чем в хлоропластах. Эти пластиды обуславливают окраску плодов шиповника, рябины, боярышника, корнеплодов моркови, лепестков цветков лютика едкого. Форма пластид разнообразна: шаровидная, дисковидная, палочковидная и др.



### Ход работы:

1. На чистое предметное стекло нанести каплю воды.
  2. Препаровальной иглой вспороть кожицу на плодах рябины и кусочек мякоти перенести иглой в кашлю воды. Равномерно распределить мякоть в воде (размять) и закрыть покровным стеклом.
  3. При малом увеличении отыскать участок препарата, где клетки расположены в один слой и хорошо просматриваются, перевести на большое увеличение.
  4. Рассмотреть и зарисовать несколько клеток, обратив внимание на форму, окраску и локализацию пластид, обозначив все элементы клетки.
- Для изучения хромопластов можно использовать плоды ландыша, шиповника, корнеплоды моркови. При рассматривании хромопластов необходимо обратить внимание на отдельные клетки, содержащие кристаллы оксалата кальция (друзы).

### Работа 3. Продукты обмена растительной клетки

**Цель работы:** изучить некоторые продукты обмена растительной клетки, формы их отложения и локализацию.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, все принадлежности для изготовления временных препаратов, клубень картофеля, чешуя лука в глицерине, корневище купены.

В результате жизнедеятельности протопласта в клетке накапливаются продукты обмена. Довольно условно их подразделяют на 3 группы:

1. Запасные питательные вещества – белки, жиры, углеводы.
2. Защитные вещества – органические кислоты, алкалоиды, гликозиды, дубильные вещества и т.д.
3. Отбросные вещества – соли различных кислот, чаще всего соли щавелевой кислоты.

Помимо этого, выделяют группу физиологически активных веществ: ферменты, витамины, антибиотики, фитогормоны, эфирные масла и т.д.

Следует отметить, что границы между этими группами веществ довольно условны: одно и то же вещество в одних условиях и в данном возрасте является отбросом, в других – это запасное вещество. Отмечено, что кристаллы оксалата кальция, которых много в паренхимных клетках луба сосен, отсутствует в корке.

Не все указанные вещества можно увидеть в микроскоп без применения гистохимических реакций. Моно- и дисахара, защитные вещества клетки находятся в клеточном соке в состоянии истинного раствора, поэтому увидеть их нельзя. Жиры находятся в виде эмульсии. Мы рассмотрим те продукты, которые для своего обнаружения не требуют проведения гистохимических реакций.

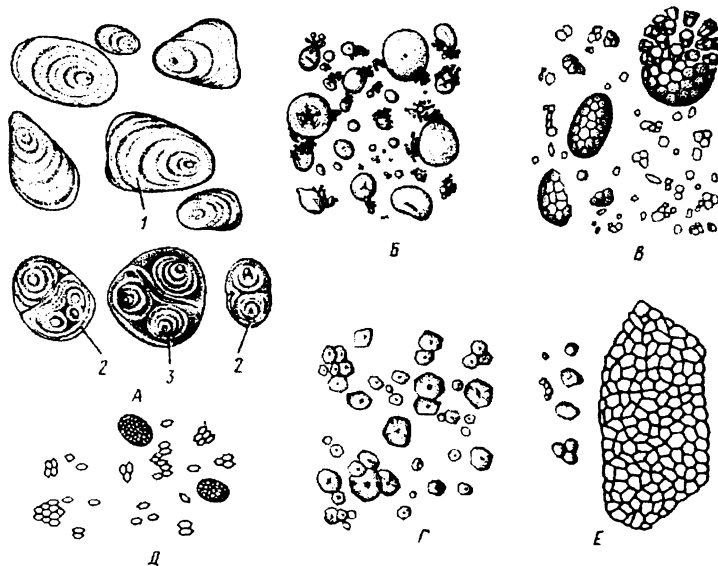
#### *А. Запасной крахмал*

В результате фотосинтеза в хлоропластах образуется первичный (ассимиляционный) крахмал, который находится в виде крупинок. Накопление его в хлоропластах затормозило бы фотосинтез, поэтому он превращается в простые сахара и в такой форме транспортируется в органы растений, где органические вещества используются для построения тела и процессов жизнедеятельности, или в органы, где происходит образование вторичного крахмала. Вторичный крахмал является запасным веществом и находится в виде крахмальных зерен. Отложение крахмала происходит в лейкопластах (амилопластах), поэтому оболочка крахмального зерна является оболочкой лейкопласта.

В лейкопласте вначале образуется из сахара крупинка крахмала (центр крахмалообразования), вокруг которой новые частички будут формировать крахмальные слои. Крахмальное зерно образуется непрерывно – ночью и днем, но днем формируется более узкий плотный и светлый слой, ночью – более широкий, рыхлый и темный. Центр крахмалообразования может быть сдвинут в зерне, и слои будут располагаться эксцентрично (у картофеля). Если же центр крахмалообразования расположен в центре крахмального зерна, то слои будут концентрические (пшеница). Различаются три типа крахмальных зерен: простые, полусложные и сложные. Простое крахмальное зерно имеет один центр крахмалообразования, сложное и полусложное – по два и более, но в сложных зернах никогда не образуются общие крахмальные слои, как это наблюдается в полусложных. Форма и размеры крахмальных зерен столь специфичны для разных растений и с успехом используются в диагностике и разного рода экспертизах.

#### Ход работы:

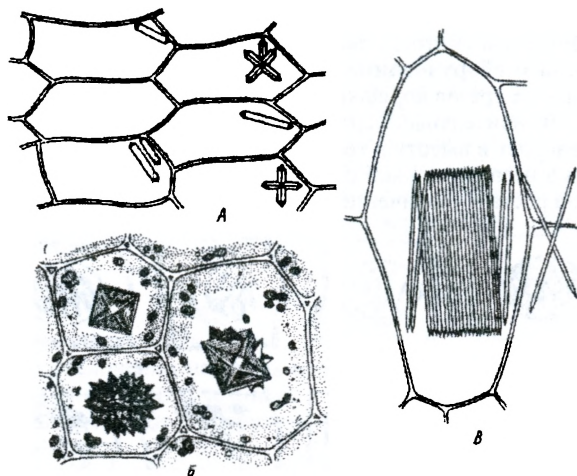
1. Приготовить микроскоп к работе.
2. Разрезать клубень картофеля, с плоскости разреза скальпелем снять немного сока, нанести его в каплю воды на предметное стекло и закрыть покровным стеклом.
3. Рассмотреть крахмальные зерна при малом и большом увеличении, обратить внимание на форму и размеры крахмальных зерен.
4. Отыскать и зарисовать простые, сложные и полусложные крахмальные зерна.



*А* – картофель: 1 – простое крахмальное зерно; 2 – сложное 3 – полусложное;  
*Б* – крахмальные зерна пшеницы; *В* – крахмальные зерна овса;  
*Г* – крахмальные зерна кукурузы; *Д* – крахмальные зерна пшеницы риса; *Е* – гречиха  
**Рисунок 6 – Продукты обмена растительной клетки**

### *Б. Отбросное вещество – кристаллы оксалата кальция*

У древесных растений наиболее распространенным отбросным веществом является оксалат кальция (щавелево-кислый кальций). В клетках растений он образуется в результате нейтрализации ядовитой щавелевой кислоты известью. Формы и размеры кристаллов весьма различны у разных видов и с успехом могут быть использованы для диагностики. Различают разные формы кристаллов: призматические, кубические, октаэдрические, ромбические, рафиды, друзы и т. д.



*А – одиночные и крестообразные в клетках сухой чешуи луковицы лука;  
Б – последовательные стадии формирования друз в клетках черешка листа бегонии;  
В – тучок рафид в клетке корневища купены*

**Рисунок 7 – Клетки различных растений с кристаллами щавелевокислого кальция**

#### Ход работы:

1. На предметное стекло нанести каплю воды и поместить в нее кусочки чешуи лука, выдержанные в глицерине, закрыть покровным стеклом. Рассмотреть на малом и большом увеличениях одиночные призматические кристаллы оксалата кальция.

2. На предметное стекло нанести каплю воды, разрезать вдоль корневища купены и скальпелем снять каплю сока, покрыть стеклом и рассмотреть игольчатые кристаллы (рафиды). Зарисовать кристаллы.

### **УИРС Работа 4. Сравнительное изучение крахмальных зерен различных растений**

Рассмотреть крахмальные зерна картофеля, пшеницы (мука), риса (мука), кукурузы. Отметить различие в строении, слоистости, величине и форме.

## УИРС Работа 5. Сравнительное изучение кристаллов оксалата кальция в тканях коры древесных растений

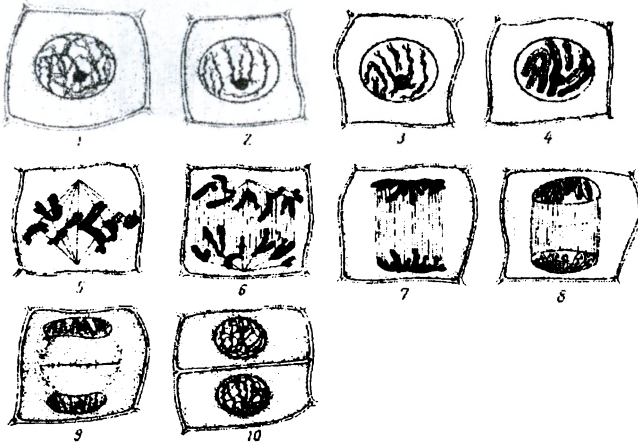
Приготовить срезы луба (тангентальные) сосны обыкновенной, кедр сибирского или корейского (кедровые сосны), ели, лиственницы, березы. Сделать временные препараты и рассмотреть в клетках аксиальной паренхимы кристаллы. Сравнить форму кристаллов, тип, размеры. Сделать выводы о специфичности кристаллических отложений у разных групп растений.

### Работа 6. Митоз в клетках корня лука (*Allium cepa* L.)

**Цель работы:** рассмотреть растительные клетки на разных фазах митоза.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, окуляры 15X, постоянные препараты продольных срезов корешка лука.

Одной из отличительных черт растений от животных является их способность сохранять рост в высоту в течение всей жизни, хотя и с перерывами. Рост растений лишь в незначительной степени объясняется растяжением клеток. Основная причина роста – увеличение числа клеток путем деления.



1 – интерфаза; 2, 3, 4 – профаза; 5 – метафаза; 6 – анафаза;  
7, 8, 9 – телофаза; 10 – цитокinesis

Рисунок 8 – Фазы митоза

Непрямое деление – кариокинез или митоз – происходит в несколько фаз. Спокойное, неделяющееся состояние клетки называется интеркинетическим. В этом состоянии хорошо заметны ядро, ядрышки, хроматин в кариолимфе распределен равномерно.

Профаза – формируется хроматиновая нить, свернутая в клубок, постепенно исчезают оболочка ядра и ядрышки. Формируется ахроматиновое веретено.

Метафаза – из хроматиновой нити обособляются хромосомы, которые собираются в экваториальной плоскости в виде многолучевой звезды. В поздней метафазе происходит расщепление каждой хромосомы вдоль оси (продольно) на 2 части (хроматиды).

Анафаза – заканчивается расщеплением хромосом, таким образом, дочерних хромосом становится в два раза больше. Происходит расхождение хромосом к полюсам клетки. При этом соблюдается очень важный принцип – никогда обе половинки одной хромосомы не оказываются в одном конце клетки. Этим достигается равномерное распределение наследственного материала между дочерними клетками.

Телофаза – характеризуется слиянием хромосом и образованием ядер дочерних клеток. В результате образования узелков на ахроматиновых нитях и деятельности аппарата Гольджи формируется *фрагмопласт*. В центре фрагмопласта происходит заложение первичной клеточной оболочки, и ее развитие происходит от центра к периферии. В цитокинезе происходит рост дочерних клеток.

Необходимо четко уяснить, что кариокинез происходит в строгой последовательности, описанной выше. В результате расщепления каждой хромосомы на две и последующего достраивания их до целой каждая дочерняя клетка получает такой же набор хромосом ( $2n$ ), как и материнская. А так как кариокинез происходит в точках роста и в клетках камбия, этим объясняется абсолютно одинаковый набор хромосом во всех соматических клетках одного организма (одинаковый генотип). Длительность процесса кариокинеза от 30 мин. до нескольких часов и зависит от внешних условий.

Ход работы:

1. Подготовить микроскоп к работе.
2. При малом увеличении найти на препарате зону наиболее интенсивного деления (недалеко от корневого чехлика).
3. Перенести на большее увеличение, зарисовать и описать клетки на разных стадиях кариокинеза.

При исследовании препаратов необходимо иметь в виду, что процесс деления непрерывен и в «чистом виде» фазы найти довольно трудно. Чаще клетки находятся в состоянии перехода из одной фазы в другую.

## Работа 7. Реакция на клеточную оболочку

**Цель работы:** с помощью различных реакций выяснить наличие в оболочке чистой целлюлозы, лигнина, суберина.

**Материал и оборудование:** вата, кусочки древесины, кусочки газетной, фильтровальной и писчей бумаги, хлор-цинк-йод, флороглюцин, крепкая соляная кислота, серноокислый анилин, судан-Ш, пробка. *(Опыты с крепкой соляной кислотой должны носить демонстрационный характер).*

Клеточная оболочка включает в свой состав гемицеллюлозу, целлюлозу, пектиновые вещества. В результате вторичных изменений клеточная оболочка пропитывается лигнином (при одревеснении), суберином (при опробковении), кутином при кутинизации, минеральными солями.

В практических целях иногда важно знать, в каком состоянии находится оболочка, какие вещества она содержит. Решить этот вопрос можно при помощи различных реакций.

**А. Реакция на недревесневшую оболочку**

На кусочек ваты (хлопок), нити которой представляют собой мертвые клетки, а стенки их состоят из чистой целлюлозы, наносят 2-3 капли хлор-цинк-йода. Происходит изменение окраски. Отметить цвет волокон и сделать вывод.

Б. Реакции на одревесневшую оболочку

1. На древесную лучину (лучше хвойных пород) наносят 2-3 капли серно-кислого анилина, происходит изменение окраски в желтый цвет. Для контроля этим же реактивом действуют на целлюлозу (вату). Сравнивают результаты реакций и делают вывод о наличии лигнина. 2. На лучину древесины стеклянной палочкой наносят 2-3 капли флороглюцина и действуют здесь же соляной кислотой. Лучинка становится малиново-красной. Для контроля этими же реактивами действуют на вату. Сравнивают реакции и делают вывод.

В. Реакция на опробковевшую оболочку

На срез пробки наносят краску судан-Ш. Срез становится оранжево-красным. Делают вывод о содержании суберина.

Г. Контроль качества бумаги

На полоски писчей, фильтровальной и газетной бумаги наносят хлор-цинк-йод и серно-кислый анилин. Наблюдают за характером изменения окраски бумаги от действия этих реактивов. Делают вывод о содержании лигнина в разных сортах бумаги.

## РАСТИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ

При микроскопическом анализе органов высших растений легко обнаруживается, что клетки, слагающие их, расположены не беспорядочно, а собраны в комплексы, которые характеризуются общностью выполняемых функций. Это отражается и на их внешнем виде – клетки чрезвычайно похожи друг на друга. Эти комплексы клеток, одинаковых по форме и выполняемым функциям, называются тканями. Возникновение и дифференциация тканей связаны с выходом растений на сушу и приспособлением к обитанию в воздушной среде.

Классификации тканей, отражающей их филогенез, до сих пор нет. В основу классификации обычно кладут несколько признаков: форму клеток, плотность сложения, физиологические функции и т. д.

По степени дифференциации различают ткани: образовательные и постоянные.

Образовательные ткани имеют плотное сложение, клетки их, как правило, изодиаметрические, тонкостенные, живые, ядро крупное. Их характерной особенностью является способность к многократному делению, которая и обеспечивает рост растений в течение десятков сотен и даже тысяч лет. По происхождению образовательные ткани различают:

промеристемы,

первичные меристемы (прокамбий),

вторичные меристемы (камбий, феллоген).

По расположению в стебле образовательные ткани разделяют на:

1. Апоикальные (верхушечные) – промеристема, прокамбий.

2. Латеральные (боковые) – камбий, феллоген.

3. Интеркалярные (вставочные) – в нижней части междоузлия злаков.

4. Маргинальные – (расположены обычно по краю листа).

5. Раневые.

В результате деления клеток образовательных тканей и их дифференцировки формируются постоянные ткани: покровные, механические, проводящие, запасающие, ассимиляционные и выделительные.

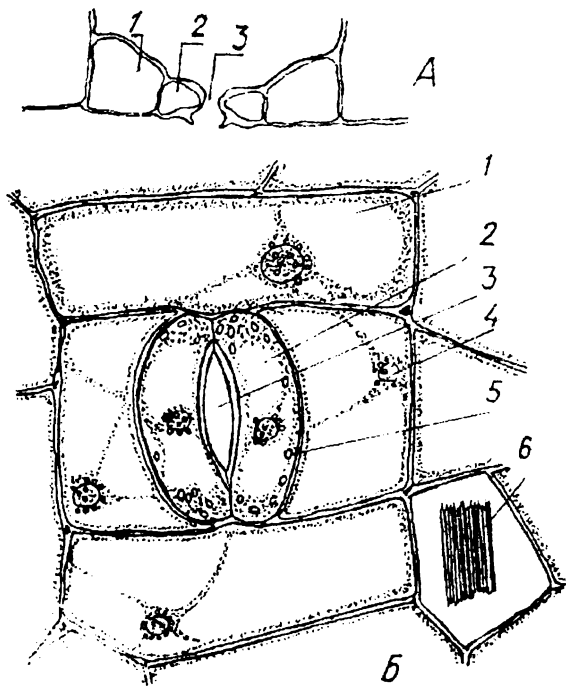
В зависимости от того, какие по происхождению образовательные ткани сформировали постоянные, последние делят на первичные и вторичные.

## Работа 8. Первичная покровная ткань эпидерма (на примере листа традесканции – *Tradescantia* Sp.)

**Цель работы:** изучить строение первичной покровной ткани и устьиц.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, все принадлежности для изготовления временных препаратов, лист традесканции. Эпидерма – первичная покровная ткань, развивающаяся из наружного слоя клеток промеристемы. Она покрывает листья и молодые побеги и сложена обычно одним слоем тонкостенных живых клеток с извилистыми стенками. Клетки, как правило, паренхимные, но на осевых органах они вытянуты вдоль органа. Клетки бесцветны, так как хлоропласты в них не получили дефинитивного развития, они не содержат зеленых пигментов, и фотосинтез в них не происходит. Многие клетки содержат в клеточном соке антоциан, в этом случае хорошо заметен окрашенный клеточный сок.

Для усиления защитных функций на эпидермальных клетках или развит слой кутикулы – жироподобных веществ, непроницаемых для воды, или формируются многочисленные волоски (трихомы). Форма клеток эпидермы и волосков достаточно специфична для отдельных групп растений и может служить диагностическим признаком.



1 – околоустьичная клетка; 2 – замыкающая клетка;  
3 – устьичная щель; 4 – ядро; 5 – хлоропласт; 6 – рафиды  
Рисунок 9 – Эпидерма листа традесканции (первичная покровная ткань)

Сложены клетки плотно, а для газообмена в эпидерме формируются устьища. Каждое устьище представлено двумя замыкающими клетками, между которыми имеется устьичная щель. Оболочка замыкающих клеток имеет неравномерное утолщение. Передние стенки, обращенные друг к другу, утолщены сильнее и имеют клювики.

В замыкающих клетках, в отличие от остальных клеток эпидермы, имеются хлоропласты, а следовательно, в них происходит фотосинтез. Механизм открытия и закрытия устьиц в значительной мере определяется процессом фотосинтеза, происходящим в замыкающих клетках.

У большинства растений продолжительность жизни эпидермы составляет один вегетационный период. Однако у некоторых растений (вечнозеленые) она функционирует несколько лет.

#### Ход работы:

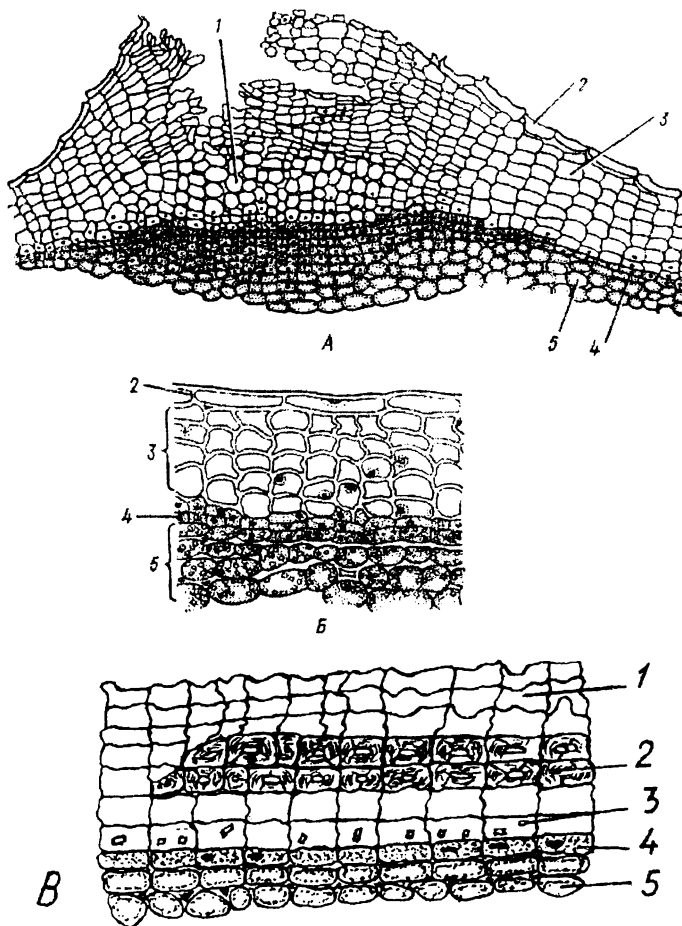
1. Приготовить микроскоп к работе, на предметное стекло нанести каплю воды.
2. На указательный палец левой руки положить лист традесканции нижней стороной вверх, а средним и большим пальцами прижать лист к указательному. Тремя пальцами правой руки взять лезвие безопасной бритвы, прогнуть его дугообразно и ввести в мякоть листа. Кусочек листа прижать к лезвию и легким рывком вперед содрать эпидерму (содрать, а не срезать!), поместить в каплю воды, расправить и закрыть покровным стеклом. Препарат поместить на предметный столик и установить малое увеличение.
3. Рассмотреть строение эпидермы, форму клеток, наличие антоциана, найти устьища. Выбрать одно, наиболее четкое устьище, без пузырьков воздуха, поставить в центр поля зрения и перевести на большое увеличение.
4. Рассмотреть строение устьища, обратив внимание на наличие хлоропластов в замыкающих клетках, около ядер отыскать лейкопласты.
5. Зарисовать устьище, обозначив все элементы. Заметим, что эпидерма хорошо сдирается с листа, если он подвявший. Для за два до занятий необходимо веточку с листьями отделить от растения или надломить ее.

### Работа 9. Вторичная покровная ткань перидерма (на примере бузины – *Sambucus racemosa*)

**Цель работы:** изучить строение вторичной покровной ткани перидермы и чечевичек.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, постоянные препараты поперечного среза бузины, отрезки побегов бузины.





*А* – чечевичка в перидерме бузины: 1 – выполняющая ткань; 2 – эпидерма; 3 – губчатая феллема; 4 – феллоген, 5 – феллодерма;  
*Б* – перидерма бузины: 2 – отмершая эпидерма; 3 – губчатая феллема; 4 – феллоген; 5 – феллодерма;  
*В* – перидерма сосны: 1 – губчатая феллема; 2 – каменистая феллема; 3 – кристаллы оксалата кальция; 5 – феллодерма

**Рисунок 10 – Перидерма – вторичная покровная ткань**

У однолетних растений эпидерма отмирает вместе с отмиранием растения, на многолетних органах растения (но не на листьях!) эпидерма чаще всего в первый же вегетационный период заменяется вторичной покровной тканью перидермой. Формирование перидермы происходит под эпидермой (субэпидермально), под гиподермой (субгиподермально) или в более глубоких слоях паренхимной ткани. Первоначально из живых клеток эпидермы или паренхимы

вычленяется слой интенсивно делящихся клеток – феллоген (пробковый камбий). Клетки его, делясь параллельно поверхности побега, образуют феллодерму и феллему.

Феллодерма сложена 2–3-мя слоями живых клеток, содержащих крахмальные зерна и хлоропласты.

Феллема (пробка) располагается под эпидермисом, оттесняя его все время к периферии. Клетки пробки расположены правильными радиальными рядами (каждая клетка феллогена образует свой радиальный ряд клеток феллемы). Число слоев клеток пробки может достигать значительного количества (бархат амурский, пробковый дуб). Достигнув необходимой величины, клетки пробки прекращают рост и стенки их пропитываются суберином (опробковеваяют), а клетки отмирают.

Заполненные воздухом, они представляют собой хороший защитный барьер, так как в силу плотного сложения и суберинизации пробка газо- и водонепроницаема. Все это позволяет ей выполнять защитные функции значительно лучше, чем эпидерме. Комплекс этих трех тканей – феллемы, феллогена и феллодермы – и называют перидермой.

Пробка, клетки которой имеют тонкие стенки, называется типичной или губчатой. В пробке многих древесных пород у некоторых клеток наблюдается утолщение вторичной оболочки до значительной величины и формируется так называемая каменистая пробка (у сосны, ели, лиственницы).

Так как под пробкой расположена живая ткань, то для газообмена в пробке формируются чечевички. После отложения нескольких слоев клеток пробки феллоген на отдельных участках начинает очень интенсивно делиться и образует клетки выполняющей ткани – изодиаметрические по форме, с хорошо развитой сетью межклетников. Накапливаясь, они разрывают пробку, и воздух через разрыв пробки и межклетники выполняющей ткани проникает внутрь побега. Осенью феллоген откладывает 2–3 слоя пробки и доступ воздуха прекращается; весной все повторяется. Чечевички функционируют несколько лет, их можно видеть на поверхности побегов и стволов многих древесных растений невооруженным глазом. На зеленокорых стволах осины они видны в виде черных ромбов, у березы – в виде поперечно ориентированных штрихов и т.д.

#### Ход работы:

1. Подготовить микроскоп к работе, протереть препарат и поместить на предметный столик микроскопа под малое увеличение.
2. На малом и большом увеличениях рассмотреть строение пробки. Зарисовать перидерму и обозначить ткани.
3. Отыскать чечевичку, рассмотреть строение и зарисовать, обозначив ткани.
4. Рассмотреть пробку и чечевички на натуральных образцах.

### УИРС Работа 10. Сравнительно-анатомическое изучение перидермы древесных пород

Рекомендуется рассмотреть строение перидермы побегов березы, сосны кедровой, сосны обыкновенной, ели, лиственницы. Обратит внимание на:

- 1) характер заложения перидермы,
- 2) состав феллемы,
- 3) строение каменистых клеток.

## Работа 11. Механические ткани

**Цель работы:** рассмотреть строение механических тканей.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, плод груши, постоянные препараты – срезы веток бузины.

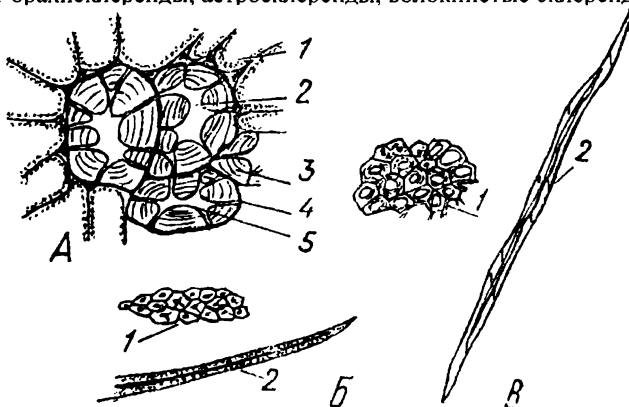
Механические ткани обуславливают прочность стебля и других органов. Их высокая механическая прочность обеспечивается сильным утолщением стенок, одревеснением и плотным сложением. Локализованы эти ткани в разных частях растения, но более всего они сосредоточены в стеблях (особенно у древесных растений).

Различаются несколько типов механических тканей:

1. Колленхима – залегает обычно под покровными тканями и особенно характерна для стеблей травянистых растений и молодых органов древесных растений. Сложена живыми клетками изодиаметрической формы с неравномерно утолщенными стенками. По характеру утолщения различают угловую и пластинчатую колленхиму. Одревеснения стенок не происходит. Две особенности: живые клетки, а следовательно, они способны к растяжению, и наличие утолщений – значит, способны выдерживать механическую нагрузку – обуславливают наличие этой ткани в разных органах, особенно в растущих.

2. Склеренхима – представлена прозенхимными клетками, округлыми или многогранными в поперечнике, полость клетки незначительная, поры в стенках щелевидные. Клетки плотно прилегают друг к другу, стенки одревесневшие. Клетки мертвые, поэтому не растягиваются и сосредоточены в органах, растяжение которых закончено. В значительном количестве присутствуют в древесине, где носят специальное название – либриформ.

3. Склереиды (каменистые клетки) – локализованы в листьях, мякоти некоторых плодов (груша), эндокарпии костянок и т.д. Представлены мертвыми клетками самых разнообразных очертаний. Обычно это типичные паренхимные клетки с сильно утолщенными и одревесневшими стенками. По форме клеток различают брахисклереиды, астросклереиды, волокнистые склереиды и др.



*А* – склереиды мякоти груши: 1 – тонкостенные клетки мякоти; 2 – полость склереиды; 3 – вторичная стенка склереиды; 4 – поровый канал;  
*Б* – лубяные волокна; 1 – на поперечном срезе; 2 – на продольном срезе;  
*В* – либриформ: 1 – на поперечном срезе; 2 – на продольном срезе

**Рисунок 11 – Механические ткани**

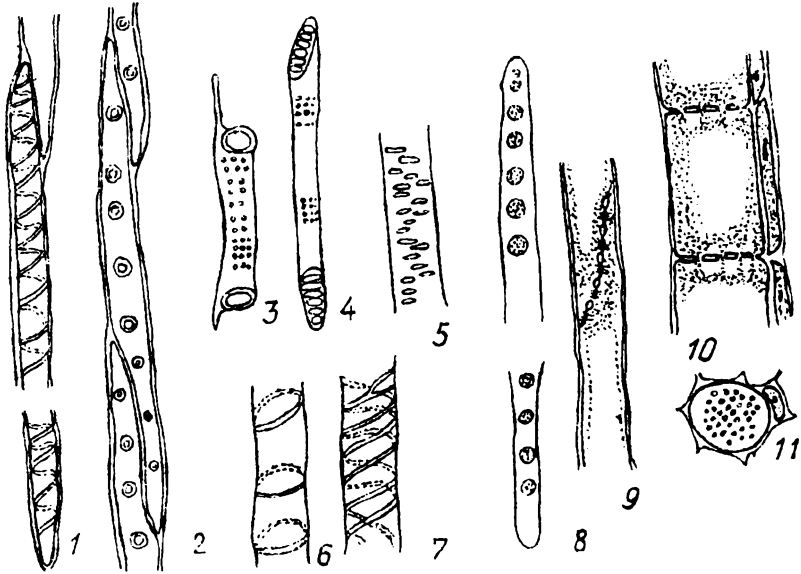
Ход работы:

1. Подготовить микроскоп к работе.
2. На поперечном срезе ветки бузины рассмотреть либриформ (склеренхиму в древесине) и лубяные волокна (склеренхиму в лубе). Отметить форму поперечников и толщину стенок.
3. Приготовить временный препарат из мякоти груши. На предметное стекло нанести каплю воды, поместить кусочек мякоти, хорошо раскатать стеклянной палочкой, нанести каплю сернокислого анилина. Накрыть покровным стеклом и рассмотреть на малом и большом увеличении строение брахисклерид. Зарисовать.

## Работа 12. Проводящие ткани

**Цель работы:** рассмотреть элементы проводящих тканей.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, постоянные препараты поперечных и продольных срезов стеблей кукурузы и подсолнечника.



1 – спиральная трахеида; 2 – трахеида с окаймленными порами; 3 – членик сосуда с простой перфорацией; 4 – членик сосуда с лестничной перфорацией; 5 – лестничный сосуд; 6 – кольчатый сосуд; 7 – спиральный сосуд; 8 – ситовидная клетка; 9 – соединение ситовидных клеток; 10 – ситовидная трубка; 11 – перегородка в членике ситовидной трубки

**Рисунок 12 – Проводящие ткани**

Выход растений из воды на сушу, помимо общей дифференциации тканей, вызвал необходимость в развитии прежде всего проводящего аппарата, так как необходимо стало транспортировать воду и продукты ассимиляции. В связи с этим в растениях различают два тока жидкости: восходящий и нисходящий.

Оба эти потока жидкости осуществляются независимо друг от друга и не препятствуют друг другу, так как проведение ассимилятов (нисходящий ток) и проведение воды (восходящий ток) происходит по разным тканям.

Восходящий ток осуществляется по сосудам и трахеидам, нисходящий – по ситовидным клеткам и трубкам. Различия между этими тканями сводятся к следующему:

### **Сосуды и трахеиды**

1. Располагаются в древесине.
2. Функционируют несколько лет.
3. Проводят воду в мертвом состоянии.
4. Стенки одревесневшие, имеют поры и перфорации (у сосудов).

### **Ситовидные клетки и трубки**

1. Располагаются в лубе.
2. Функционируют, как правило, 1 год
3. Проводят ассимиляты в живом состоянии.
4. Стенки не одревесневшие, имеют поровые поля (у ситовидных трубок).

Трахеиды – прозенхимные клетки со скошенными поперечными стенками, которыми примыкают друг к другу. Длина трахеид достигает 3 мм и более. На косых и продольных стенках располагаются многочисленные окаймленные поры с торусами. Трахеиды – древние и примитивные проводящие элементы и для проведения воды представляют определенные трудности: малый диаметр, наличие пор. В процессе эволюции в результате утолщения стенок и потери проводящей функции трахеиды превратились в волокна либриформа. В результате укорочения, увеличения диаметра и превращения окаймленных пор на косых стенках сначала в лестничные, а затем и в простые перфорации трахеиды превратились в более прогрессивные проводящие элементы – сосуды, а точнее в членики сосудов.

Сосуды – это длинные образования, достигающие нескольких метров в длину, состоящие из отдельных члеников, длина которых не превышает 800 мк. Поперечные стенки имеют лестничную или простую перфорацию. Простая перфорация в филогенетическом плане является более поздним приобретением.

На продольных стенках сосудов имеются окаймленные поры, но без торусов. В зависимости от формы пор и их расположения различают поровость лестничную, очередную и супротивную. И сосуды, и трахеиды для увеличения прочности на продольных стенках имеют местные утолщения в виде колец, спиралей. Если утолщение сплошное, то на стенках имеются окаймленные поры.

Ситовидные элементы (клетки и трубки), осуществляющие нисходящий ток, тонкостенные. Ситовидными они называются потому, что вместо пор на их стенках имеются многочисленные овальные или круглые участки оболочки, пронизанные мельчайшими порами (ситечки). Через эти отверстия цитоплазмы двух соседних клеток соединяются в единое целое. По внешней форме и размерам ситовидные трубки напоминают членики сосудов и являются составной частью луба покрытосеменных растений. Ситовидные клетки напоминают трахеиды и являются составной частью луба голосеменных растений. Ситовидные трубки как неотъемлемый элемент имеют клетку-спутницу, с которой они связаны и онтогенетически, и физиологически. У ситовидных клеток роль клеточной-спутницы выполняют альбуминовые (белковые) клетки (клетки Страсбургера). Ситовидные элементы осуществляют нисходящий ток в живом виде, однако ядра не имеют. В зрелых клетках оно дегенерирует. Его функции берет на себя ядро клетки-спутницы или альбуминовой клетки.

Ход работы:

1. Подготовить микроскоп к работе.
2. Рассмотреть на малом и большом увеличениях сосуды и трахеиды в стеблях подсолнечника и кукурузы (на продольном срезе).
3. Зарисовать спиральные, кольчатые и пористые сосуды и трахеиды.

### Работа 13. Клеточный состав древесины и луба на примере древесины сирени

**Цель работы:** рассмотреть составные элементы древесины.

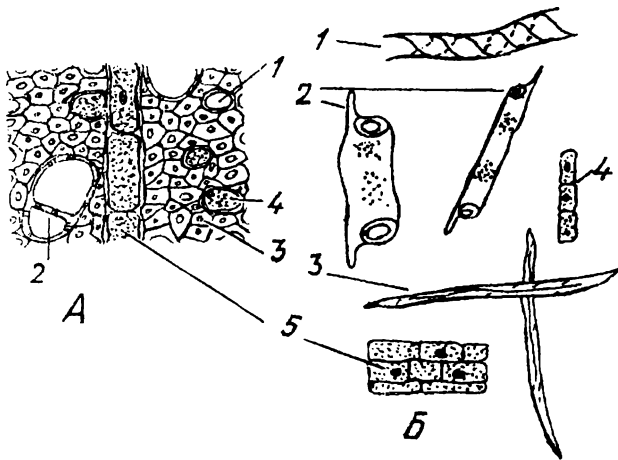
**Материалы и оборудование:** микроскоп, мацерированная древесина сирени, постоянные препараты поперечных срезов липы (древесина).

Древесина и луб (ксилема и флоэма) являются комплексными тканями, в состав которых входят проводящие, механические, запасующие, а у многих растений и выделительные ткани. Очень важно уметь различать все эти ткани в древесине и лубе, что позволит вести анализ структур и отличать особенности.

Механическая ткань либриформ представлена прозенхимными мертвыми клетками с толстыми стенками. Полость клетки незначительная, поры щелевидные. В поле зрения эти клетки очень похожи на иголки. В древесине лиственных пород они составляют основную массу древесины. В лубе механические элементы располагаются одиночно, группами или значительными полосами.

Сосуды и трахеиды на поперечных срезах видны в виде округлых или многогранных полостей. На мацерированном материале видны членики сосудов, на продольных стенках которых заметны многочисленные поры, на поперечных стенках заметны перфорации.

Трахеиды наблюдаются в виде прозенхимных клеток со скошенными поперечными стенками и окаймленными порами.



*А - на поперечном срезе древесины; Б - на мацерированном материале; 1 - трахеида; 2 - сосуд; 3 - волокна либриформа; 4 - аксиальная паренхима; 5 - сердцевинный луч (горизонтальная паренхима)*

*Рисунок 13 - Клеточный состав древесины*

Ситовидные трубки у лиственных пород на поперечном срезе видны в виде многоугольных клеток, ситовидные клетки хвойных пород на поперечном срезе квадратные или прямоугольные.

Запасующие ткани (горизонтальная и вертикальная паренхима) на мацерированном материале видны в виде отдельных или групп клеток, тонкостенных, живых, заполненных протопластом. На поперечном срезе лучи видны в виде радиальных полос, а вертикальная паренхима – в виде групп или одиночных клеток. На продольных срезах они видны в виде вертикальной цепочки клеток.

Ход работы:

1. Подготовить микроскоп к работе.
2. На поперечном срезе липы, бузины, сосны рассмотреть клеточный состав древесины и луба, зарисовать и обозначить элементы.
3. На мацерированном материале рассмотреть и зарисовать элементы древесины.

## СТРОЕНИЕ СТЕБЛЯ

Все существующие растения условно можно разделить на две большие группы: травянистые и древесные. Имея специфические черты в морфологии, стебли этих групп растений отличаются и во внутреннем строении. Для стеблей травянистых характерно пучковое строение, для древесных – беспучковое. Безусловно, из этого правила есть исключения: такие травянистые растения, как крапива, лең, конопля, имеют беспучковое строение. Наоборот, считающиеся древесными растениями бамбук и пальмы имеют пучковое строение. Деление стеблей на эти два типа производят в зависимости от того, как в стебле расположены древесина и луб (ксилема и флоэма), по которым осуществляется восходящий и нисходящий ток. В пучковых стеблях эти ткани располагаются в виде проводящих сосудисто-волоконистых пучков. У древесных растений эти ткани расположены сплошными массивами.

Но для правильного понимания динамики формирования и строения стебля необходимо познакомиться с возникновением прокамбия, камбия и проводящих тканей. Эти процессы наблюдаются в апексе побегов.

Прокамбий возникает в точке роста, клетки его делятся и вытягиваются в длину, и эта ткань располагается в апексе двояко: в виде сплошного кольцевого слоя или в виде отдельных тяжей. Но независимо от расположения его клетки делятся и дифференцируются в элементы протоксилемы (к центру) и протофлоэмы (к периферии).

В дальнейшем эти ткани будут формироваться навстречу друг другу. Одновременно происходит и рост стебля (растяжение). Как только закончится растяжение клеток вдоль органа, прокамбий формирует элементы метаксилемы и метафлоэмы. В совокупности прото- и метаксилема образуют первичную ксилему (древесину), а прото- и метафлоэма – первичную флоэму (луб), поскольку они формируются первичной образовательной тканью – прокамбием.

У многих растений до окончания формирования элементов древесины и луба первичных происходит образование клеток вторичной образовательной ткани камбия (из прокамбия). Дальнейшая деятельность камбия обуславливает

формирование вторичных древесины и луба. Это наблюдается у древесных растений и травянистых двудольных. У однодольных растений из прокамбия формируются только первичные древесина и луб, камбий не формируется.

Наибольшая активность камбия наблюдается у древесных растений, у которых он функционирует в течение всей жизни, хотя и периодически.

Предполагается, что эволюция происходила в направлении уменьшения активности камбия, вплоть до его полного уничтожения. Этот и многие другие факты (отсутствие среди древних растений травянистых форм, наличие у современных однодольных прогрессивных форм опыления, строение цветка и др.) положены в основу гипотезы о происхождении травянистых растений от древесных. С учетом этого, начиная с древесных растений, мы и будем рассматривать строение стебля.

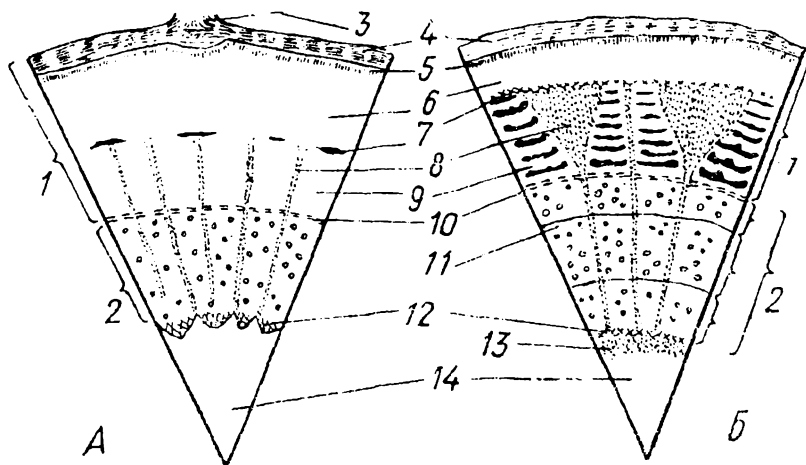
### Работа 14. Строение беспучкового стебля

**Цель работы:** рассмотреть строение стебля беспучковой структуры.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, постоянные препараты поперечных срезов веток бузины, липы, микрофотографии.

*А. Строение стебля, сформированного на основе прокамбиальных пучков (на примере бузины - Sambucus nigra L.)*

В стеблях хвойных древесных растений и некоторых лиственных прокамбий в точке роста закладывается отдельными пучками, ориентированными по радиусу.



*А – сформированного на основе прокамбиальных пучков; Б – сформированного на основе прокамбиального кольца; 1 – кора; 2 – вторичная древесина; 3 – чечевичка; 4 – перидерма; 5 – колленхима; 6 – первичная кора; 7 – первичный луб; 8 – лубяные лучи; 9 – вторичный луб; 10 – камбий; 11 – граница годичного слоя в древесине; 12 – первичная древесина; 13 – перимедуллярная зона сердцевины; 14 – сердцевина*

**Рисунок 14 – Строение беспучкового стебля**



В результате деления и дифференциации клеток прокамбия формируются древесина и луб, но так как сначала наблюдается рост в длину и толщину, то первыми (с периферии пучка) формируются элементы первичной древесины и луба. Затем, когда останется только небольшая прослойка клеток прокамбия, на некотором расстоянии от апекса, происходит формирование клеток камбия (пучковый камбий). На участках паренхимы между пучками, напротив камбия пучков, сформируется межпучковый камбий (из паренхимных клеток, которые приобрели способность интенсивно делиться).

Участки пучкового и межпучкового камбия сливаются, и образуется сплошное камбиальное кольцо. Часть паренхимы, расположенная в центре стебля (внутри от кольца камбия), является сердцевинной, а кольцевая полоса паренхимы между лубом и эпидермой называется первичной корой. Участки паренхимы между группами проводящих тканей – это первичные сердцевинные лучи. Под эпидермой у многих стеблей может располагаться механическая ткань – склеренхима или колленхима, но может ее и не быть.

После того, как сформируется сплошное камбиальное кольцо клетки камбия делятся периклинально (параллельно поверхности ствола) и из них формируются по направлению к центру элементы вторичной древесины, а к периферии – элементы вторичного луба. При этом первичные элементы будут пространственно разобщаться, так как луб первичный будет все время оттесняться к периферии. Вторичная древесина и луб располагаются кольцами, поскольку камбий расположен сплошным кольцом (на поперечном срезе). В конце первого вегетационного сезона, когда сформируется кольцо древесины вторичной, а эпидерма заменится вторичной покровной тканью – перидермой, топография тканей на поперечном срезе будет следующая.

В центре побега – тонкостенная паренхима сердцевинной, которую окружает сплошное кольцо вторичной древесины. На границе между ними отдельными небольшими участками будет расположена первичная древесина (остатки проводящих пучков). За вторичной древесиной в виде тонкого слоя клеток расположен камбий, а за ним кольцо вторичного луба. За вторичным лубом, напротив участков первичной древесины, будут располагаться участки первичного луба, которые в конце первого вегетационного сезона, в силу его сильной деформации, рассмотреть практически не удастся. В коре бузины в этих местах видны прослойки толстостенных желтых первичных лубяных волокон. Вокруг луба располагается сплошное кольцо паренхимы первичной коры, покрытое снаружи перидермой. Клетки отмершего эпидермиса не всегда заметны.

#### Ход работы:

1. Приготовить микроскоп к работе.
  2. Приготовить постоянный препарат поперечного среза бузины или хвойного растения и на малом и большом увеличении рассмотреть топографию тканей.
  3. Зарисовать препарат и сделать обозначения.
- При анализе тканей обратить внимание на клеточный состав, особенно древесины и луба. Отметить, что у древесных растений весь комплекс тканей, расположенных снаружи от камбия, называется корой.

*Б. Строение стебля беспучкового типа, сформированного на основе прокамбиального кольца (на примере липы – Tilia cordata Mill.)*

В этом случае прокамбий (первичная образовательная ткань) в апексе побега закладывается сплошным кольцом (на поперечном срезе), т. е. уже до образования камбиального кольца паренхима кольцом прокамбия делится на сердцевину и первичную кору. Снаружи стебель покрыт эпидермой, под которой может располагаться механическая ткань – колленхима.

Клетки прокамбия, как и в первом случае, будут дифференцироваться в элементы первичной древесины (к центру) и первичного луба (к периферии), а так как прокамбий расположен кольцом, то и первичные древесина и луб имеют кольцевое расположение. Это важнейшее отличие от стебля, формирующегося на основе прокамбиальных пучков. Когда между первичными древесиной и лубом останется тонкая прослойка клеток прокамбия, они дифференцируются в клетки вторичной образовательной ткани – камбия. Камбий, естественно, как и прокамбий, имеет кольцевое расположение и формирует вторичные древесину и луб, причем каждый год будет откладываться слой, имеющий определенную ширину. Этот слой называется годичным кольцом. Между годичными кольцами хорошо заметны границы. Функционирует камбий в течение всей жизни растения периодически (только в течение вегетационного сезона). Эта периодичность и находит свое отражение в годичной слоистости древесины и луба, хотя в последнем она выражена менее четко.

Топография тканей на поперечном срезе ветки липы будет такой же, как и в первом случае, но есть и некоторые особенности. Прежде всего, как мы уже отметили, первичные древесина и луб в таких стеблях расположены не отдельными участками, а кольцевыми слоями, хотя и очень тонкими. Вторая особенность – хорошая выраженность перимедуллярной зоны, с которой граничит первичная древесина.

При анализе топографии тканей необходимо обратить внимание на гистологический состав древесины и луба. При этом в годичном кольце древесины довольно четко различаются две его части: ранняя, или весенняя, отложенная камбием в первой половине вегетационного сезона, и поздняя, или летняя, отложенная во второй половине вегетационного сезона. Ранняя древесина сложена более тонкостенными и крупно-клетными элементами, чем поздняя. Переход от ранней древесины к поздней постепенный.

Липа имеет очень интересную структуру и вторичного луба. Отдельные сердцевинные лучи во вторичном лубе расширяются (дилатируют) и имеют на поперечном срезе форму треугольника. Между ними расположены трапециевидные участки луба, в котором очень сильно развита механическая ткань – лубяные волокна. Весь луб имеет слоистое строение – слои механической ткани чередуются с прослойками проводящей ткани (ситовидные трубки) и запасующей паренхимы.

Ход работы:

1. Подготовить микроскоп к работе.
2. Подготовить препарат, поместить под малое увеличение и рассмотреть топографию тканей, отметив годичную слоистость вторичной древесины.

3. На большом увеличении изучить гистологический состав древесины и луба.

4. Зарисовать препарат на малом увеличении и фрагменты тканей на большом увеличении. Сделать обозначения, отметив в годичном слое весеннюю и позднюю древесину.

5. Обозначить, как и в первом случае, кору.

### **УИРС Работа 15. Строение стеблей основных хвойных пород**

Стебли современных хвойных формируются на основе про-камбиальных пучков. Древесина хвойных устроена довольно просто и однообразно и обладает небольшим числом отличительных признаков. Более четкие различия наблюдаются в топографии тканей коры.

Ход работы:

1. Приготовить временные препараты из поперечных срезов побегов сосны обыкновенной, ели обыкновенной, кедра сибирского и лиственницы и рассмотреть их строение. Особое внимание обратить на:

- а) наличие листовых подушек,
- б) расположение перидермы (субэпидермальное, субгиподермальное),
- в) характер клеток эпидермы (тонко- или толстостенные),
- г) наличие смоляных ходов, их форму, количество и расположение,
- д) наличие склерид в первичной коре.

2. Зарисовать строение различных стеблей, обозначить ткани, сформулировать отличительные особенности каждого стебля.

### **Работа 16. Строение древесины ствола хвойных (на примере сосны обыкновенной -- *Pinus sylvestris* L.)**

**Цель работы:** изучение строения древесины хвойных пород, ее специфических особенностей и диагностических признаков.

**Материалы и оборудование:** микроскопы, постоянные препараты поперечных и продольных срезов древесины, поперечный срез ветки сосны, образцы натуральной древесины, микрофотографии.

Древесный ствол состоит в основном из вторичной древесины. Элементы первичного происхождения от общего объема ствола занимают тысячные доли процента. Поэтому в дальнейшем, говоря о древесине, мы будем иметь в виду только вторичную древесину.

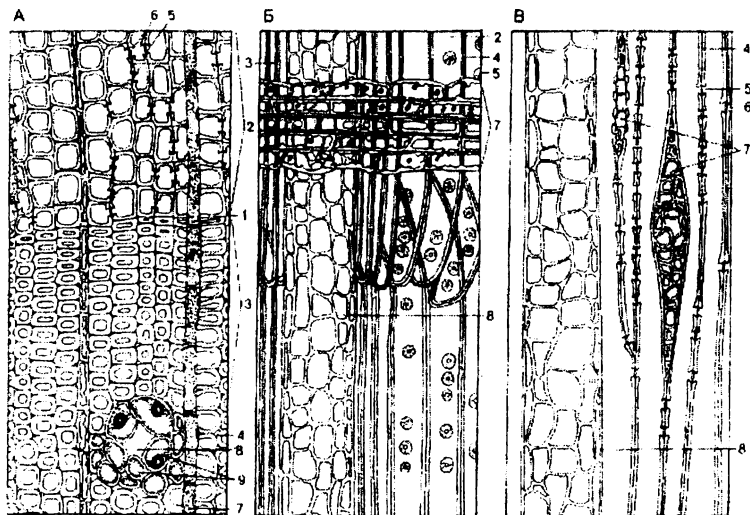
Строение древесины обычно изучают на 3-х срезах – поперечном, радиальном и тангентальном. Важным признаком для правильного определения среза являются годичные слои и сердцевинные лучи.

На поперечном срезе годичные слои наблюдаются в виде окружностей, а сердцевинные лучи – в виде радиальных линий. На радиальных срезах годичные

слои заметны в виде вертикальных параллельных полос, а лучи – в виде горизонтальных полос клеток. На тангентальном срезе годовичные слои располагаются в виде широких извилистых полос (на макрообразцах) или конусов с извилистыми очертаниями. Сердцевинные лучи на тангентальном срезе заметны в виде продольных штрихов. На радиальном срезе можно подсчитать слоистость (высоту) луча, на поперечном – рядность (ширину), а на тангентальном – высоту и ширину.

Хвойные растения (голосеменные) являются более древними по происхождению и до настоящего времени сохранили в своей структуре черты примитивности.

Древесина хвойных состоит только из трахеид, в ней отсутствуют специализированные механические ткани и сосуды. Запасяющие ткани развиты очень слабо, обычно в виде горизонтальных лучей. У многих хвойных (сосна, ель, лиственница) в древесине имеются вертикальные и горизонтальные смоляные ходы, которые взаимосвязаны и образуют систему.



*А – поперечный срез; Б – продольный радиальный срез; В – продольный тангентальный срез; 1 – сердцевинный луч; 2 – ранние трахеиды; 3 – поздние трахеиды; 4 – стенка трахеиды; 5 – окаймленные поры; 6 – торус; 7 – сердцевинный луч; 8 – вертикальный смоляной ход; 9 – эпителиальные клетки смоляного хода.*

**Рисунок 15 – Строение древесины хвойных пород**

У всех хвойных на поперечном срезе чрезвычайно хорошо выражена годовичная слоистость. Трахеиды, из которых сложена древесина, в поперечнике более или менее квадратные или прямоугольные, часто многоугольные и расположены правильными радиальными рядами. Внутри годовичного слоя хорошо заметна ранняя и поздняя древесина. В ранней древесине трахеиды тонкостенны

и широкополостны, в поздней – толстостенны и узкополостны. Ранние и поздние трахеиды различаются не только морфологически, но и физиологически. Ранние трахеиды более приспособлены для выполнения проводящей функции, а поздние – для механической.

В поздней древесине расположены вертикальные смоляные ходы.

На радиальном срезе трахеиды видны в виде прозенхимных образований (длинные клетки с заостренными концами). В виде темных полос заметны стенки клеток, полости клеток имеют вид светлых полос. В срез попадают тангентальные стенки трахеид. На радиальных стенках хорошо заметны поры (окаймленные), в виде двух окружностей, вписанных друг в друга. На этом срезе просматриваются сердцевинные лучи, заметна их гетерогенность. В высоту они сложены 3–20-ю клетками, причем срединные клетки паренхимные, живые и выполняют запасающую функцию. Крайние ряды по 1-2 клетки – мертвые, более толстостенные и прозенхимные (лежащие или лучевые трахеиды). Они выполняют проводящую функцию, по ним транспортируется вода в радиальном направлении. Таким образом, лучи гетерогенны не только морфологически, но и физиологически. На радиальном срезе заметна годовичная слоистость.

Тангентальный срез имеет очень простое строение. Трахеиды, как и на радиальном срезе, видны в продольном разрезе, но в срез попадают уже радиальные стенки. Окаймленные поры, которые на радиальном срезе были видны в виде окружностей, теперь видны в виде эллипсоидных утолщений.

Серцевинные лучи, видимые в торец, состоят из вертикального ряда клеток. Здесь можно измерить высоту луча и подсчитать число слоев в луче. Некоторые лучи содержат в центре горизонтальные смоляные ходы, идущие по сердцевинному лучу. Мы уже отмечали, что горизонтальные и вертикальные смоляные ходы соединяются между собой.

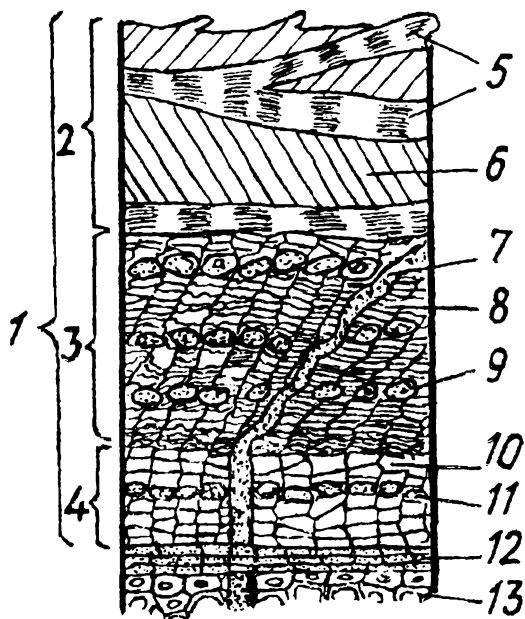
Ход работы:

1. Подготовить микроскоп к работе.
2. На макрообразцах древесины определить поперечные, радиальные и тангентальные срезы и рассмотреть расположение годовичных слоев на них, структуру годовичного слоя.
3. Рассмотреть невооруженным глазом микропрепараты и определить, где расположены поперечные срезы (по расположению годовичных колец).
4. На малом небольшом увеличении рассмотреть строение древесины на всех срезах и зарисовать. Сравнить с микрофотографиями.
5. Обратить внимание на последовательность отложения годовичного слоя.

### **Работа 17. Возрастные изменения коры и строение коры взрослого дерева**

**Цель работы:** изучить характер возрастных изменений в коре и динамику формирования коры ствола.

**Материалы и оборудование:** микроскопы, постоянные препараты: ветки сосны и коры стволовой части, макрообразцы коры с коркой хвойных и лиственных пород.



- 1 - кора; 2 - корка; 3 - непроводящий луб; 4 - проводящий луб; 5 - повторные перидермы;  
 6 - мертвый луб корки; 7 - лубяной луч; 8 - облитерированные ситовидные клетки;  
 9 - вертикальная паренхима; 10 - ситовидные клетки проводящего луба;  
 11 - вертикальная паренхима; 12 - камбий; 13 - древесина

**Рисунок 16 - Строение коры взрослого дерева (на примере сосны)**

Возрастные изменения в коре более глубоки и многообразны, чем в древесине. Объясняется это тем, что в гистологическом отношении кора более сложна, чем древесина, сложена более тонкостенными клетками, которые претерпевают давление изнутри ствола и растяжение в тангентальном направлении. Располагаясь снаружи древесного ствола, ткани коры испытывают воздействие факторов внешней среды. Из значительного числа возрастных изменений, протекающих в коре, наиболее заметными и легко наблюдаемыми являются:

1. Замена эпидермы перидермой - происходит уже в первой половине вегетационного сезона. Заложение перидермы может происходить субэпидермально (у кедра корейского, кедра сибирского, сосны веймутовой и пр.), субгиподермально (сосна обыкновенная, пицундская, эльдарская и др.) и в более глубоких слоях первичной коры (ель, лиственница).

2. Дифференциация луба на проводящий и непроводящий. Это изменение происходит уже на втором году жизни побега. Проводящую функцию у большинства древесных пород выполняет луб последнего года. На следующий год, в результате отложения новых элементов луба и древесины, проводящие элементы предыдущего года отмирают, под действием давления изнутри деформируются и образуют непроводящий луб. Однако непроводящий луб как целостная ткань не является мертвой. Запасные ткани его - вертикальная паренхима и лубяные лучи остаются живыми и выполняют запасные функции.

3. Образование корки (ритидом) – происходит спустя несколько лет после образования побега, причем начало образования корки зависит от экологических условий. В худших условиях обитания наблюдается более раннее формирование корки.

Образование корки происходит следующим образом: в более глубоких слоях сначала первичной коры, а затем и вторичного луба происходит последовательное заложение повторных перидерм, причем у большинства древесных пород они закладываются дугowymi участками, концы которых опираются в предыдущие перидермы. Заложение их происходит не ежегодно, а каждая перидерма функционирует несколько лет. Сформировавшись, повторная перидерма отчленяет от живого вторичного луба участки, ширина которых значительно больше ширины годичного прироста. Заложение перидерм происходит по направлению к камбию. Все ткани, отсекаемые повторными перидермами, отмирают, т.к. пробка перидерм не пропускает к ним ни влаги, ни питательных веществ. Весь комплекс мертвых тканей и называется ритидомом или коркой.

Между ритидомом и камбием всегда есть полоса живого вторичного луба, причем ширина этой полосы у разных пород различна. Эта часть вторичного луба дифференцирована на проводящий, расположенный около камбия, и непроводящий, расположенный между проводящим лубом и коркой.

Таким образом, кора дерева в стволовой части, начиная от камбия, включает в свой состав проводящий луб, непроводящий луб и корку. Так как корка почти не подвержена растяжению, то, в силу давления в тангентальном направлении, она растрескивается и на поверхности образуются трещины, различной глубины и конфигурации. Даже морфологически (по внешнему виду) корка часто бывает характерной для разных видов и форм. Как правило, у деревьев распространена чешуйчатая и трещиноватая корка, но у некоторых пород заложение перидерм происходит сплошным кольцом и формируется кольчатая корка.

#### Ход работы:

1. Подготовить микроскоп к работе.
2. На макрообразцах рассмотреть строение коры ствола и характер заложения повторных перидерм.
3. Приготовить препараты к работе и рассмотреть строение коры побегов и стволовой части.
4. Зарисовать строение коры, обозначив элементы.
5. Проанализировать гистологический состав коры побегов и ствола.

### Работа 18. Строение стебля травянистых растений

**Цель работы:** изучить строение стеблей травянистых растений разного типа.

**Материалы и оборудование:** микроскопы, постоянные препараты соломины ржи, стебля кукурузы и других травянистых растений, микрофотографии.

В настоящее время приводится целый ряд доказательств в пользу гипотезы происхождения травянистых растений от древесных. Отличительной особенностью стеблей травянистых растений является их пучковое строение, т.е. проводящие ткани собраны в сосудистоволокнистые пучки. Формируются пучки в верхушке стебля из первичной образовательной ткани – прокамбия. Прокамбий закладывается в виде отдельных тяжей в точке роста.

В общих чертах о формировании проводящих тканей из прокамбия говорилось ранее, когда мы рассматривали строение беспучкового стебля. Здесь мы приводим схему образования открытых и закрытых проводящих пучков.

Прокамбий, первичная образовательная ткань, заложившись в точке роста пучками, дифференцируется и формирует первичные древесину и луб. Формирование этих тканей происходит одновременно с двух противоположных сторон пучка. При формировании первых проводящих элементов происходит одновременно и удлинение стебля. Эти элементы древесины и луба называются соответственно протоксилема и протофлоэма. Формирование пучка продолжается и после прекращения роста в длину, поэтому те элементы древесины и луба, которые образовались после прекращения роста в длину, называются метаксилема и метафлоэма. Если все клетки прокамбия дифференцируются в элементы проводящих тканей (древесину и луб), то такой проводящий пучок называется закрытым. Его особенностями является отсутствие образовательных тканей, а вследствие этого – неспособность пучка и стебля увеличиваться по диаметру, т. е. и пучок и стебель не способны ко вторичному росту. Закрытые проводящие пучки, в которых древесина и луб примыкают друг к другу одной стороной (бок о бок), называются боковыми или коллатеральными.

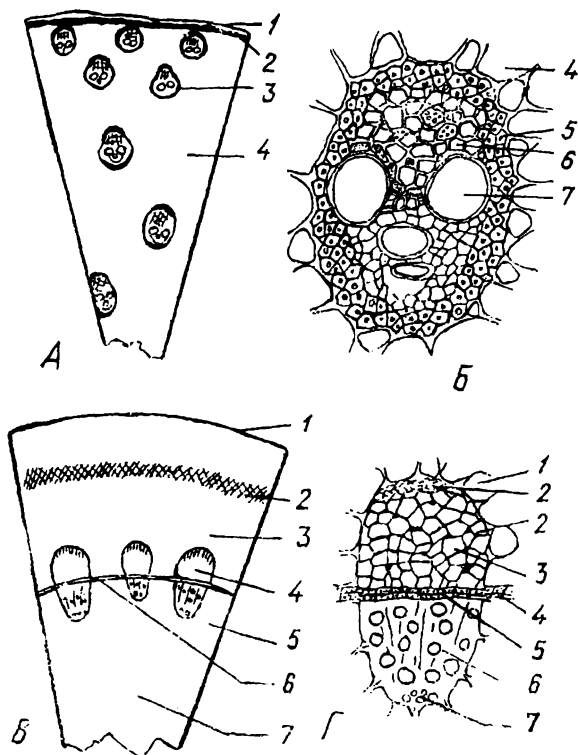
Но не всегда весь прокамбий дифференцируется в постоянные ткани. Когда клеток прокамбия останется немного в виде полосы, разделяющей древесину и луб, первичные клетки его могут дифференцироваться во вторичную образовательную ткань – камбий. В этом случае проводящий пучок называется открытым. Клетки камбия, делясь и дифференцируясь во вторичные постоянные элементы, будут формировать вторичные древесину и луб, разъединяя первичные элементы пространственно. Следовательно, в отличие от закрытого пучка, открытый содержит вторичную образовательную ткань – камбий и увеличивается в размерах за счет образования древесины и луба вторичных.

В зависимости от того, какие проводящие пучки содержат растения, стебли травянистых растений делят на два типа:

1. Стебли с закрытыми проводящими пучками.
2. Стебли с открытыми проводящими пучками.

В данном случае внутреннее строение довольно четко согласуется с систематическим положением. Стебли с закрытыми пучками присущи однодольным растениям (осоки, злаки и др.), стебли с открытыми пучками имеет большая часть травянистых двудольных. В целом же пучковое строение характерно для травянистых растений, беспучковое – для древесных, но бывают и исключения.





*А* – строение стебля однодольного растения: 1 – эпидерма; 2 – гиподерма; 3 – закрытый проводящий пучок; 4 – паренхима; Б – закрытый проводящий пучок; 5 – склеренхимные волокна; 6 – ситовидные трубки первичного луба; 7 – сосуды первичной древесины; В – строение стебля двудольного растения: 1 – эпидерма; 2 – механическая ткань; 3 – паренхима первичной коры; 4 – открытый проводящий пучок; 5 – сердцевинный луч; 6 – межпучковый камбий; 7 – сердцевина; Г – открытый проводящий пучок: 1 – паренхима; 2 – ситовидные трубки первичного луба; 3 – ситовидные трубки вторичного луба; 4 – межпучковый камбий; 6 – пучковый камбий; 6 – вторичная древесина; 7 – первичная древесина

**Рисунок 17 – Строение стебля травянистых растений**

**А. Строение стебля однодольного растения с закрытыми проводящими пучками на примере кукурузы (*Zea mays* L.)**

**Материалы и оборудование:** микроскоп, постоянные препараты поперечного и продольного среза кукурузы, отрезки стеблей кукурузы, микрофотографии.

Стебель однодольного растения снаружи покрыт первичной покровной тканью – эпидермой, под которой хорошо заметно склеренхимное кольцо (красное). Мертвые клетки склеренхимы (механическая ткань) придают стеблю необходимую прочность. Вся полость стебля заполнена тонкостенной паренхимой, за счет роста клеток которой и происходит рост стебля однодольных по

диаметру. В паренхиме более или менее диффузно расположены закрытые проводящие пучки. Несмотря на кажущуюся беспорядочность в расположении пучков, при внимательном рассмотрении препарата можно выявить некоторые особенности: а) в центре стебля пучков меньше, к периферии больше; б) в центре пучки крупнее, у периферии меньше; в) пучки ориентированы определенным образом: древесиной к центру, лубом кнаружи. Поскольку пучки закрытые, не имеют образовательной ткани, разрастание стебля за счет новообразования элементов исключено. Однако не у всех растений пучки имеют такое расположение. У многих злаков (рожь, пшеница, овес и т.д.) все пучки сконцентрированы в периферической части стебля. По мере созревания злака стебель высыхает, паренхима в центре разрывается и формируется полный стебель – соломина.

На поперечном срезе пучка хорошо различимы две группы тканей – первичная древесина и первичный луб. Первичная древесина представлена обычно двумя крупными и двумя более мелкими сосудами, между которыми расположена паренхима. Ближе к центру паренхимные клетки разрываются, и формируется воздухоносная полость. Древесинная часть пучка окрашена в красный цвет.

Лубяная часть окрашена в синий цвет и представлена широкополостными тонкостенными ситовидными трубками и более мелкими темными клетками-спутниками. Пучок или по всей периферии, или только со стороны луба и древесины имеет механическую ткань – склеренхиму, образующую механическую обкладку пучка.

#### Ход работы:

1. Приготовить микроскоп к работе.
2. Рассмотреть поперечный срез стебля кукурузы на макрообразце и препарате невооруженным глазом.
3. На малом увеличении микроскопа рассмотреть топографию тканей на поперечном срезе и элементы пучка. Зарисовать схему поперечного сечения стебля.
4. На большом увеличении микроскопа рассмотреть строение пучка и зарисовать.
5. Рассмотреть строение стебля на продольном срезе.

Б. *Строение стебля двудольного травянистого растения с открытыми проводящими пучками на примере кирказона (Aristolochia L.)*

**Материалы и оборудование:** препараты поперечного среза кирказона, микрофотографии.

Важнейшей отличительной чертой стебля двудольных растений является наличие открытых пучков. В гистологическом отношении стебли двудольных очень многообразны, поэтому мы не будем придерживаться определенного типа структуры, рассмотрим общее строение стебля, без специфических особенностей, присущих тому или другому стеблю. Довольно типичное строение можно рассмотреть на примере кирказона.

Снаружи стебель покрыт эпидермой, под которой расположена механическая ткань: обычно колленхима. Полость стебля заполнена паренхимой, в которой в точке роста стебля закладываются пучки прокамбия, располагаясь не диффузно на поперечном срезе, а по кольцу. Прокамбий формирует первичные проводящие ткани, и когда его останется немного, он превратится во вторичную образовательную ткань – камбий. Этот камбий называется пучковым. Из клеток паренхимы, располагающейся между пучками, формируется межпучковый камбий и, соединяясь с пучковым, образует сплошное камбиальное кольцо. Клетки камбия начинают делиться и превращаться в клетки постоянных тканей, но пучковый камбий формирует вторичные древесину и луб, а межпучковый камбий – клетки паренхимы. Таким образом, в результате деятельности камбия разрастаются пучки, а следовательно, растёт по диаметру и стебель, хотя и ограниченно. Камбиальное кольцо и пучки, объединённые им, разделили всю паренхиму стебля на 3 части: центральный участок паренхимы называется сердцевинной, участки её между пучками называются первичными сердцевинными лучами, а кольцо паренхимы за пучками к периферии называется первичной корой. В этой части стебля могут быть хорошо развиты (как у кирказона) механические ткани.

Проводящий пучок прослойкой камбия делится на две части: древесинную и лубяную. От камбия к центру расположена вторичная древесина, в составе которой имеются проводящие ткани, особенно хорошо заметны крупные сосуды, запасные и механические. Первичная древесина в виде небольшого участка расположена за вторичной. К периферии от камбия расположен вторичный луб. Тонкостенные элементы его окрашены в синий цвет и расположены полукругом, на самой вершине которого имеется деформированный первичный луб. В составе вторичного луба имеются ситовидные трубки с клетками-спутниками и запасная паренхима. В результате роста пучка за счёт образования вторичных тканей камбием первичные элементы оказались разобщёнными и располагаются теперь на противоположных концах пучка (на поперечном срезе).

Таким образом, отличительными особенностями стебля двудольных растений являются: наличие образовательных тканей в виде камбиального кольца, наличие открытых пучков, кольцевое расположение пучков, дифференциация паренхимы на 3 части (сердцевину, первичную кору и первичные сердцевинные лучи). Наличие камбия обеспечивает, хотя и незначительный, прирост такого стебля по диаметру.

#### Ход работы:

1. Рассмотреть строение стебля на макрообразцах и поперечном срезе на препарате невооружённым глазом.
2. На малом увеличении рассмотреть общее строение и зарисовать его схематически.
3. Рассмотреть строение открытого пучка и зарисовать.

## СТРОЕНИЕ КОРНЯ

Корень является одним из вегетативных органов растения и является продолжением надземной оси растения. Важнейшим морфологическим отличием корня от стебля является отсутствие на нем почек и листьев. Основной функцией корня является обеспечение растения водой и минеральными веществами и укрепление растения в субстрате. Помимо этого, корень выполняет и другие функции, подвергаясь при этом значительным метаморфозам. В организации стебля и корня имеется много общих черт, однако обитание в различных условиях и выполнение разных функций обусловило наличие и специфических особенностей.

### Работа 19. Внешнее строение корня

**Цель работы:** рассмотреть морфологию корня.

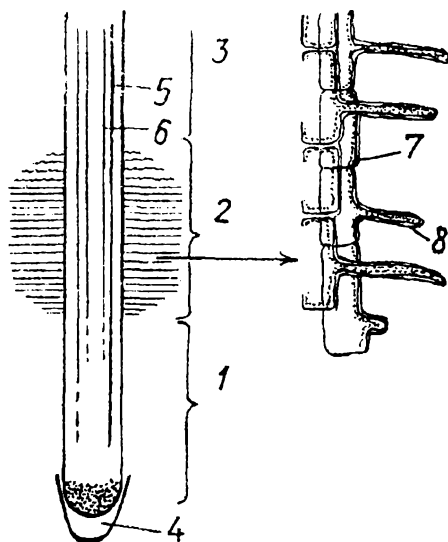
**Материал и оборудование:** лупы, проросшие зерновки пшеницы, препаровальные иглы, предметные стекла.

Внешне корень довольно четко делится на 3 зоны: зону роста и растяжения, зону всасывания и зону проведения. Точка роста корня закрыта корневым чехликом, который снаружи в процессе роста корня постоянно шелушится, а изнутри нарастает за счет калиптрогена.

Зона роста и растяжения, в свою очередь, делится на 3 подзоны: деления, роста и растяжения, дифференцировки. В этой зоне внутреннее строение корня довольно однообразно, корень сложен паренхимными клетками, которые постоянно делятся, дорастают до размеров материнских клеток и начинают специализироваться. Длина зоны роста невелика – до 15 мм.

Зона всасывания тоже невелика, и длина ее не превышает 20 мм. Ее отличительной особенностью является наличие многочисленных корневых волосков, представляющих собой выросты клеток эпиблемы (корневого эпидермиса), при помощи которых корень всасывает воду с растворенными в ней минеральными веществами. Эта зона непостоянна и как бы перемещается в почве, так как на границе ее с зоной роста все время появляются новые волоски, а на границе с зоной проведения они отмирают. В таком «перемещении» зоны всасывания заложен глубокий биологический смысл, так как при этом вода всасывается все время из новых участков почвы. Во внутреннем строении зона всасывания характеризуется наличием первичной структуры.

Зона проведения – самая длинная в корне. В этой зоне происходит ветвление корня, т. е. образуются боковые корни. Отметим, что боковые корни закладываются эндогенно (побеги – экзогенно). Во внутреннем строении корня одностебельных растений сохраняется в этой зоне первичная структура, а у двудольных и голосеменных она перестраивается во вторичную структуру (вторичное строение).



1 – зона роста и растяжения; 2 – зона всасывания; 3 – зона проведения; 4 – корневой чехлик; 5 – первичный луб; 6 – первичная древесина; 7 – эпидлема; 8 – корневой волосок

**Рисунок 18 – Внешнее строение корня**

Ход работы:

Рассмотреть в лупу внешнее строение корня проростка, зарисовать и обозначить зоны.

### Работа 20. Первичное строение корня (на примере ириса – *Iris L.*)

**Цель работы:** изучить первичное строение корня.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, постоянные препараты поперечного среза корня ириса, микрофотографии, лупы.

Как мы уже отмечали, первичная структура корня имеет место в зоне всасывания всех растений без исключения. У однодольных она сохраняется и в зоне проведения. При таком строении в корне проводящие ткани имеют незначительное развитие.

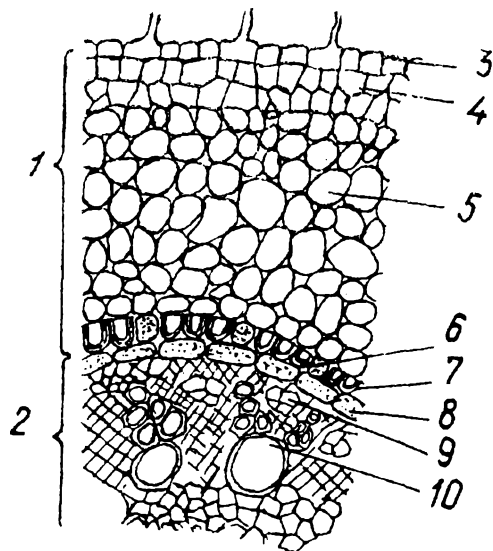
Снаружи корень покрыт эпидлемой, значительное число клеток которых имеют выросты – корневые волоски. Эпидлема – это корневая эпидерма, но не имеющая устьиц и кутикулярного слоя. Ткань недолговечная и в зоне проведения уже отмирает и шелушится. Под эпидлемой расположено широкое кольцо первичной коры, а в центре – центральный цилиндр. Первичная кора, в свою очередь, состоит из 3-х слоев: 1-3 слоя клеток под эпидлемой называются экзодермой. После отмирания эпидлемы они опробковывают и выполняют защитную функцию. Второй, очень мощный слой живых тонкостенных клеток – мезодерма. По клеткам этой ткани происходит передвижение воды и растворенных в ней минеральных веществ к центру корня.

Эндодерма – самый внутренний слой первичной коры. В физиологическом отношении это очень активная ткань, так как через нее осуществляется весь поток воды и минеральных веществ.

Большинство клеток эндодермы имеют на поперечных и радиальных стенках утолщения, называемые пояском Каспари, которые в дальнейшем перерастают в сплошное утолщение стенок. Неутолщенной остается стенка, обращенная к мезодерме. На этой стадии на препарате и видна эндодерма, клетки которой в поперечнике имеют подковообразную форму (в зоне проведения). Стенки клеток одревесневают, клетки отмирают, живыми и тонкостенными остаются только несколько пропускных клеток, располагающихся напротив лучей первичной древесины.

К центру от эндодермы расположен центральный цилиндр, внешней частью которого является однослойный перицикл, являющийся образовательной тканью. Функции его многочисленны: в перицикле происходит заложение боковых корней, он выполняет функции камбия и феллогена.

Проводящую функцию в центральном цилиндре выполняют первичные древесина и луб, образованные прокамбием. Первичная древесина расположена в виде радиальных лучей, между которыми находятся группы первичного луба. Располагаясь каждая на своем радиусе, эти ткани формируют единый радиальный проводящий пучок. В центре расположена паренхима, которая заполняет также все пространство между лубом и древесиной. Следует отметить, что в строении первичной структуры корня имеет место огромное многообразие. Количество лучей древесины и луба может колебаться значительно. В центре может располагаться первичная древесина, паренхима или механическая ткань.



1 – кора; 2 – центральный цилиндр; 3 – эпидерма с корневыми волосками; 4 – экзодерма; 5 – мезодерма; 6 – пропускные клетки эндодермы; 7 – эндодерма; 8 – перицикл; 9 – первичный луб; 10 – первичная древесина

**Рисунок 19 – Первичное строение корня**

Ход работы:

1. Приготовить микроскоп к работе.
2. Рассмотреть поперечные срезы корня в лупу, отметив 2 зоны: первичную кору и центральный цилиндр.
3. На малом увеличении рассмотреть топографию тканей на поперечном срезе корня.
4. На большом увеличении рассмотреть строение центрального цилиндра и эндодермы.
5. Зарисовать объекты и обозначить элементы.

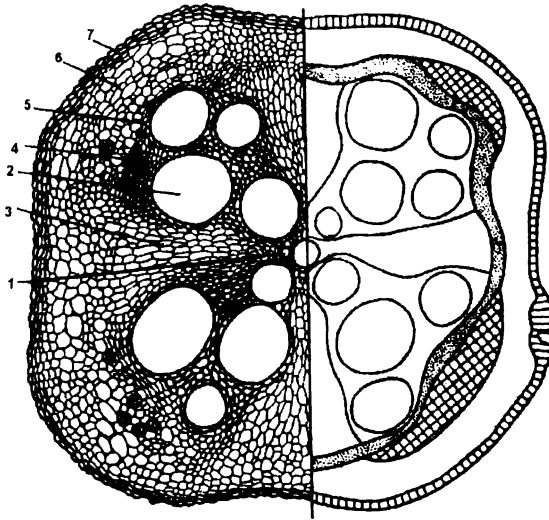
### Работа 21. Вторичное строение корня на примере тыквы (*Cucurbita pepo L.*)

**Цель работы:** изучить вторичное строение корня.

**Материал и оборудование:** микроскоп, препарат поперечного среза корня вторичной структуры, микрофотографии.

У голосеменных и двудольных растений в зоне проведения корень имеет вторичное строение (вторичную структуру). Преобразование первичной структуры во вторичную происходит на границе перехода зоны всасывания в зону проведения. Суть перестройки заключается в следующем: недифференцированные клетки, находящиеся между участками древесины и луба, приходят в деятельное состояние и превращаются в камбий. Клетки камбия расположены дугами, ограничивая первичный луб от первичной древесины, концами дуги опираются на кольцо перицикла. Клетки камбия, делаясь, формируют элементы вторичной древесины и вторичного луба, но так как древесины откладывается больше, то камбий выгибается наружу. В это же время перицикл откладывает в сторону эндодермы несколько слоев клеток пробки, вызывая отмирание первичной коры. Когда клетки камбия формируют вторичные древесину и луб, перицикл откладывает клетки паренхимы сердцевинных лучей.

Участки перицикла и камбия откладывают сплошное кольцо образовательной ткани. Когда дуги камбия займут положение по окружности, то топография тканей будет следующая: в центре расположена в виде нескольких лучей первичная древесина, между которыми берут свое начало участки (в виде секторов) вторичной древесины, содержащей крупные сосуды. Между секторами вторичной древесины, являясь продолжением лучей первичной древесины, расположены сердцевинные лучи. Камбиальное кольцо ограничивает древесину от луба вторичного, который расположен в виде полукруглых участков, на вершине которых расположен сильно деформированный луб первичный. Снаружи корень покрыт пробкой. На этой стадии развития перестройка корня у травянистых растений останавливается.



(слева детальный рисунок, справа – схематичный):  
 1 – первичная ксилема; 2 – вторичная ксилема; 3 – радиальный луч; 4 – камбий;  
 5 – первичная флоэма; 6 – вторичная флоэма; 7 – пробка  
**Рисунок 20 – Вторичное строение корня тыквы**

#### Ход работы:

1. Приготовить микроскоп к работе.
2. Рассмотреть в лупу общее строение корня, отметив характер расположения вторичной древесины.
3. На малом и большом увеличении рассмотреть строение корня вторичной структуры, зарисовать и обозначить элементы.

У древесных растений перестройка продолжается далее. Участки перидермы, превратившись в камбий и образовав сплошное камбиальное кольцо, будут теперь, как и в стебле, ежегодно сплошными кольцами откладывать древесину к центру, а луб вторичный кнаружи. Таким образом, во вторичном строении структура корня и стебля мало отличима, но обитание в специфических условиях оказывает на корень заметное влияние. В древесине корней слабо выражена годичная слоистость, различий между ранней и поздней древесиной почти нет, не наблюдается в корне ядрообразования, проводящие элементы в корне имеют большие просветы, лучше развиты запасные ткани. У хвойных в стебле вертикальные смоляные ходы расположены в поздней древесине, а в корне – более или менее диффузно по всему годичному слою.

## ЛИСТ

Лист – вегетативный орган растения, осуществляющий функции воздушного питания. В результате фотосинтеза в листе происходит образование продуктов ассимиляции (углеводов), которые являются сырьем для построения тела растения и для всех жизненных процессов.



Помимо фотосинтеза, в листе осуществляется еще один очень важный процесс – транспирация воды. Лист выполняет и другие функции, поэтому известны его многочисленные метаморфозы, но выполнение основных функций подразумевает, естественно, хорошее развитие ассимиляционных и проводящих тканей. Помимо этого, в листе развиты покровные и механические ткани, в различной степени в листе представлены защитные структуры и выделительные ткани (не у всех растений). Из всего многообразия морфологических форм листа мы рассмотрим анатомию плоского и игольчатого.

## Работа 22. Строение плоского листа на примере камелии (*Camellia japonica* L.)

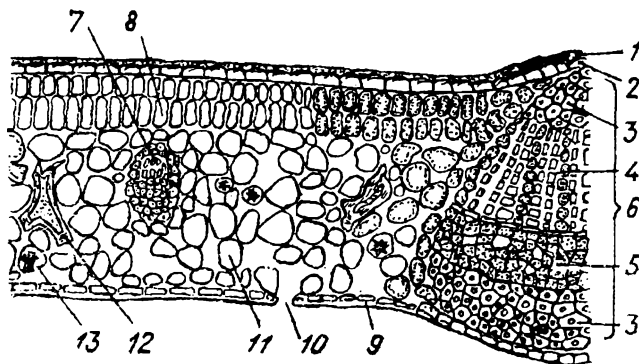
**Цель занятия:** изучить строение плоского листа, рассмотреть топографию тканей.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, постоянный препарат листа камелии, микрофотографии.

Лист камелии – типичный плоский лист, характерный для большинства древесных и кустарниковых пород. Снаружи лист покрыт эпидермой, но клетки верхней эпидермы значительно отличаются от клеток нижней.

На верхней эпидерме хорошо развит слой кутикулы, меньше развиты волоски (трихомы), почти нет устьиц. Оболочка эпидермальных клеток с внешней стороны более утолщена. На нижней эпидерме имеются многочисленные устьица, волоски могут быть хорошо развиты, создавая у некоторых растений густое опушение.

Между верхней и нижней эпидермой расположена ассимиляционная ткань – мезофилл. В листе камелии он четко дифференцирован на 2 типа: столбчатый и губчатый. Клетки столбчатого мезофилла ориентированы своей большой осью перпендикулярно плоскости листа, плотно сомкнуты, содержат большое количество хлоропластов. Располагаясь непосредственно под верхней эпидермой, они улавливают основное количество световой энергии, поэтому именно здесь с наибольшей интенсивностью происходит фотосинтез.



- 1 – кутикула; 2 – верхняя эпидерма; 3 – склеренхимная обкладка жилки;  
4 – древесина жилки; 5 – луб жилки; 6 – центральная жилка;  
8 – столбчатый мезофилл; 7 – боковая жилка; 9 – нижняя эпидерма; 10 – устьице;  
11 – губчатый мезофилл; 12 – склереида; 13 – друза оксалата кальция

Рисунок 21 – Строение плоского листа

Ниже, между столбчатым мезофиллом и нижней эпидермой, расположен губчатый мезофилл. Клетки его имеют самую разнообразную форму, сложены рыхло, хорошо развита сеть межклетников. Количество хлоропластов в клетках значительно меньше, чем в столбчатом мезофилле, поэтому фотосинтез в этой части ассимиляционной ткани происходит с меньшей интенсивностью. Отдельные клетки этой ткани содержат друзы оксалата кальция.

В середине листа проходит центральная жилка, от которой в обе стороны отходят, образуя густую сеть, боковые жилки. Каждая жилка представляет собой типичный проводящий закрытый пучок. Древесинной частью жилки располагаются вверх, лубяной – вниз. Вокруг жилок или только снизу и сверху расположены склеренхимные волокна. Кроме них, механические функции осуществляют многочисленные одиночные склереиды, имеющие утолщенные стенки и самую разнообразную форму.

В качестве объекта для изучения анатомии плоского листа можно брать лист фикуса, плюща, монстеры. Все они имеют достаточную толщину и хорошо режутся.

Ход работы:

1. Приготовить микроскоп к работе.
2. На малом увеличении рассмотреть топографию тканей листа.
3. На большом увеличении рассмотреть строение жилки, мезофилла, эпидермы.
4. Зарисовать поперечный срез плоского листа и обозначить элементы.

### Работа 23. Строение игольчатого листа на примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)

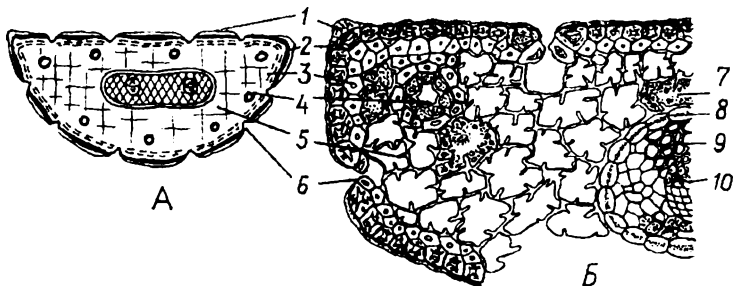
**Цель работы:** рассмотреть анатомическое строение игольчатого листа.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, постоянные препараты хвои сосны на поперечном срезе, микрофотографии, натуральные образцы хвои сосны обыкновенной, ели, сосны веймутовой.

Игольчатый лист, в зависимости от видовой принадлежности, имеет как морфологические, так и анатомические особенности. У сосны обыкновенной хвоя расположена попарно, а форма поперечного сечения в виде полукруга. Плоская сторона листа является морфологически верхней, выпуклая – нижней. Эпидерма листа сосны сложена толстостенными клетками, на поверхности которых развит значительный слой кутикулы.

Устьица расположены продольными рядами со всех сторон хвоинки и несколько погружены относительно клеток эпидермы.

Под эпидермой имеется механическая ткань – гиподерма, сложенная 1-3 слоями склеренхимных волокон. К гиподерме примыкает ассимиляционная ткань – мезофилл, который у сосны очень специфичен – сложен он довольно плотно, а оболочки клеток имеют многочисленные складки, направленные внутрь клетки (складчатый мезофилл).



*А – схема строения; Б – деталь строения; 1 – кутикула; 2 – эпидерма;  
3 – гиподерма; 4 – смоляной ход; 5 – складчатый мезофилл; 6 – устьице;  
7 – клетка мезофилла с хлоропластами; 8 – эндодерма;  
9 – трансфузионная ткань; 10 – проводящая жилка*

**Рисунок 22 – Строение игольчатого листа сосны обыкновенной**

Дифференциация на столбчатый и губчатый мезофилл отсутствует. В мезофилле, примыкая к гиподерме, расположены смоляные ходы, идущие вдоль хвоинки и высланные изнутри клетками эпителия. Смоляные ходы окружены слоем склеренхимных волокон. С ходами древесины и коры они связи не имеют. В центре хвоинки расположены 2 проводящих пучка, окруженные трансфузионной тканью. Последняя состоит из живых и мертвых клеток, которые выполняют проводящие функции. По живым клеткам от мезофилла в лубяную часть жилки проводятся ассимиляты, а по мертвым – от древесинной группы пучка к мезофиллу проводится вода.

Трансфузионная ткань отделена от мезофилла однослойной эндодермой, сложенной живыми клетками, на стенках которых имеются утолщения – пояски Каспари.

#### Ход работы:

1. На натуральных образцах хвои сосны обыкновенной, сосны веймутовой, если рассмотреть форму поперечного сечения хвои и убедиться в присутствии склеренхимы.
2. Приготовить микроскоп к работе.
3. На малом увеличении рассмотреть общую топографию листа и сделать схематический рисунок хвои.
4. На большом увеличении рассмотреть детали строения и зарисовать.

## ЦВЕТОК

Цветок – репродуктивный орган растения, в котором совершается половой процесс и из отдельных частей которого после двойного оплодотворения образуются семена и плоды. Важнейшими элементами цветка являются тычинки (андроцей) и пестик (гинецей). В пыльниках тычинок происходит микроспорогенез (формирование пыльцевых зерен – пыльцы), а в семязпочке пестика – мегаспорогенез (формирование зародышевого мешка). В анатомическом отношении наиболее интересными являются пыльник и завязь.

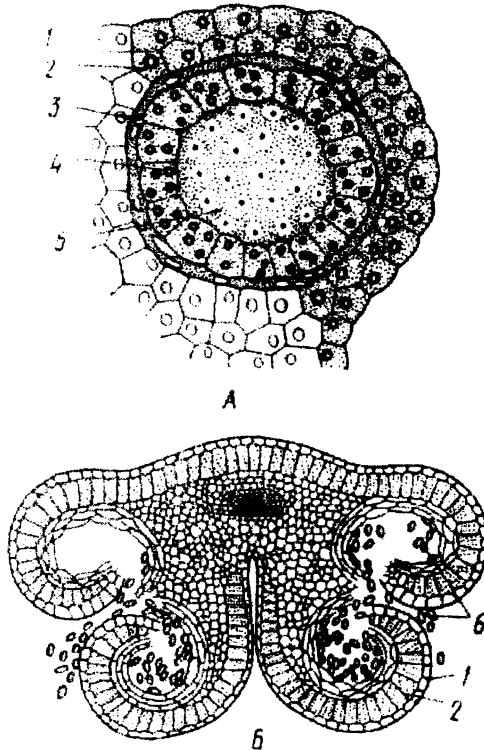
## Работа 24. Строение пыльника

**Цель работы:** изучить строение пыльника цветка.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, постоянные препараты поперечного среза пыльника.

Пыльник состоит из двух половинок, соединенных связником и сложенных паренхимными клетками. Среди клеток паренхимы проходит проводящий пучок. В каждой половине имеется по 2 пыльцевых гнезда.

Снаружи пыльник покрыт эпидермой, под которой располагается эндотеций (фиброзный слой), состоящий из клеток, ориентированных перпендикулярно поверхности пыльника. На тонких стенках клеток фиброзного слоя имеются спиральные ленточные утолщения. При подсыхании клеток эндотеция они неравномерно сокращаются, происходит их разрыв и рассеивание пыльцевых зерен. Изнутри каждое пыльцевое гнездо выстлано клетками питательной ткани — тапетума, от которой к моменту созревания пыльцевых зерен остаются только оболочки. В пыльцевых гнездах располагаются пыльцевые зерна.



А — одно пыльцевое гнездо с археспорием; Б — вскрытый пыльник:

1 — эпидерма; 2 — фиброзный слой; 3 — дегенерирующий слой;

4 — тапетум; 5 — археспорий; 6 — пыльца

Рисунок 23 — Пыльник в поперечном разрезе

Ход работы:

1. Рассмотреть строение тычинки на спиртовом материале и зарисовать ее.
2. Приготовить микроскоп к работе.
3. Рассмотреть строение зрелого пыльника при малом увеличении, отметив топографию тканей.
4. Рассмотреть детальное строение элементов пыльника на большом увеличении.
5. Зарисовать поперечное строение зрелого пыльника и обозначить элементы.

## Работа 25. Строение завязи пестика

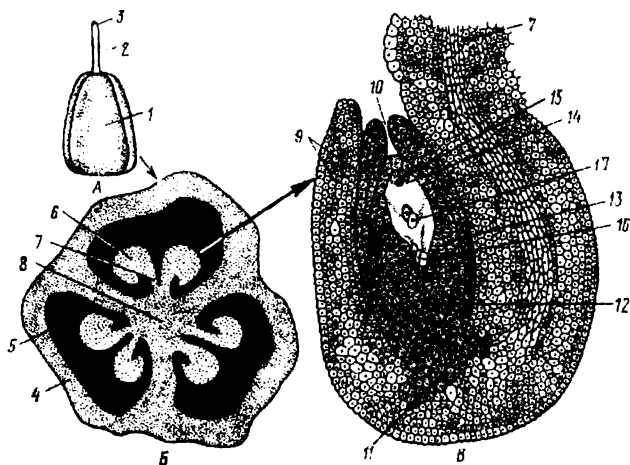
**Цель работы:** изучение анатомического строения завязи.

**Материалы и оборудование:** микроскоп, спиртовой материал, постоянный препарат поперечного среза завязи.

На спиртовом материале (цветки рябчика или др.) рассмотреть строение пестика, разрезать лезвием завязь поперек и рассмотреть в лупу. На постоянном препарате рассмотреть строение завязи, состоящей из плодолистиков. Последние снаружи покрыты тонкостенной эпидермой, а внутри сложены паренхимой. В завязи цветка рябчика 3 плодолистика, срастаясь боковыми сторонами, образуют синкарпный гинецей с трехгнездной завязью и осевой плацентацией. В гнездах видны семязачки.

Ход работы:

1. Рассмотреть строение пестика и зарисовать его, обозначив части.
2. На малом и большом увеличениях рассмотреть препарат (поперечный срез), зарисовать и обозначить топографию элементов и тканей.



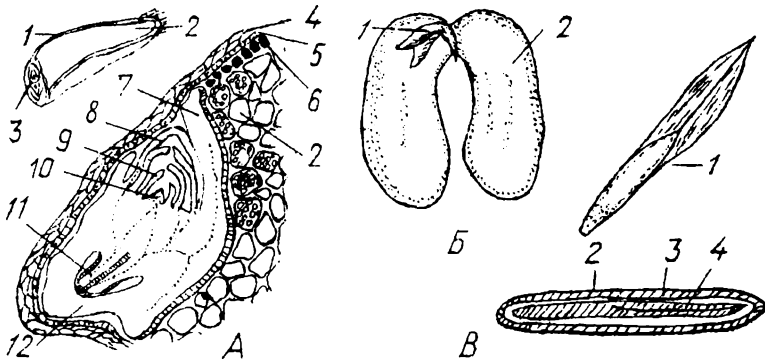
*A* – общий вид; *Б* – поперечный разрез завязи; *В* – семязачток; 1 – завязь; 2 – столбик; 3 – рыльце; 4 – стенка завязи; 5 – гнездо; 6 – семязачток; 7 – семяножка; 8 – плацента; 9 – интегумент; 10 – микротиле; 11 – халаза; 12 – нуцеллус; 13 – зародышевый мешок; 14 – яйцеклетка; 15 – синергиды; 16 – антиподы; 17 – вторичное ядро  
Рисунок 24 – Гинецей пролески (*Scilla bifolia* L.)

## Работа 26. Строение семени

Семя представляет собой многоклеточный орган, развивающийся из семязачатка после двойного оплодотворения. При этом превращении семязачатка в семя у покрытосемянных происходят следующие изменения: интегументы грубеют и превращаются в кожуру семени, из зиготы путем многократного деления формируется зародыш будущего растения, вторичное (центральное) ядро образует питательную ткань эндосперм. Нуцеллос или полностью расходуется, или частично превращается в питательную ткань перисперм. Несколько иначе происходит формирование семени у голосеменных растений.

В зависимости от того, в каких тканях семени сосредоточены питательные вещества, различают несколько типов семян:

1. Питательные вещества сосредоточены в семядолях зародыша, при этом они становятся крупными и мясистыми (бобовые, сложноцветные).



*А – строение зерновки пшеницы: 1 – кожура; 2 – эндосперм; 3 – зародыш;*

*4 – клетки кожуры; 5 – эпидерма; 6 – алейроновый слой; 7 – щиток;*

*8 – coleoptиль; 9 – листочки; 10 – почечка; 11 – корешок; 12 – coleориза;*

*Б – строение семени фасоли; 1 – зародыш; 2 – семядоли;*

*в – строение плода и семени ясеня: 1 – плод (крылатка); 2 – кожура семени;*

*3 – эндосперм; 4 – зародыш*

**Рисунок 25 – Строение семян**

2. Питательные вещества сосредоточены в эндосперме. Такие семена имеют как однодольные (злаки), так и двудольные (лютиковые, розоцветные).

3. Питательные вещества сосредоточены в перисперме (маревые, гвоздичные, кубышковые).

4. Питательные вещества сосредоточены в перисперме и эндосперме (банановые, перечные, нимфейные).

5. Питательные вещества сосредоточены в семядолях и эндосперме (маслинные и др.)

### *А. Строение зерновки однодольных (на примере пшеницы)*

**Материалы и оборудование:** микроскоп, сухие и размоченные зерновки, постоянный препарат продольного среза зерновки.

У зерновки внешний тонкий пленчатый слой трудно отделим от внутренней части. Этот слой является околоплодником, который сросся с кожурой семени. В семени хорошо заметны 2 части: зародыш и эндосперм, причем зародыш по объему в несколько раз меньше эндосперма и находится в основании семени.

Зародыш сложен клетками первичной меристемы, в нем хорошо заметен зародышевый корешок с корневым чехликом, корневое влагалище – колеориза и зародышевый стебелек (гипокотиль) и почечка. Зародышевые листья прикрывают конус нарастания стебля. Зародыш от эндосперма отделяет щиток. На противоположной от щитка стороне располагается эпибласт.

Под семенной кожурой хорошо выделяется однородный слой клеток, так называемый алейроновый слой, основным запасным веществом которого является белок. Большую часть семени занимает эндосперм, запасным веществом которого является крахмал.

#### Ход работы:

1. Рассмотреть внешнее строение зерновки. Сделать продольный разрез набухшей зерновки и рассмотреть положение зародыша и эндосперма.
2. На малом и большом увеличении рассмотреть строение зерновки и зарисовать в деталях зародыш, участок зерновки с покровными тканями, алейроновым слоем и эндоспермом.

### *Б. Строение семени без эндосперма (на примере дуба, фасоли)*

**Материалы и оборудование:** лупы, набухшие семена фасоли, желуди дуба, препаровальные иглы, скальпели, предметные стекла.

Семя фасоли снаружи покрыто толстой семенной кожурой. На вогнутой поверхности семени расположен рубчик (место прикрепления семени к семяножке). Здесь же расположено микропиле (при надавливании на разбухшее семя из него выделяется вода).

Под кожурой расположен зародыш, у которого 2 крупные семядоли, зародышевый корешок, стебелек и почечка.

У желудя семя расположено под кожистым околоплодником, который снаружи покрыт эпидермой. Под ней имеется слой каменистых клеток и слой тонкостенных клеток. В массе тонкостенных клеток имеются группы толстостенных.

Кожура семени состоит из 10-14 рядов тонкостенных клеток, среди которых имеются проводящие пучки. Под кожурой расположен зародыш с двумя очень крупными семядолями, которые плоскими (верхними) поверхностями прилегают друг к другу. В паренхиме их сосредоточены питательные вещества. Между семядолями расположены маленькая почечка и корешок с чехликом. Но в отличие от фасоли семядоли у дуба не выносятся на поверхность при прорастании.

#### Ход работы:

1. С размоченного семени фасоли снять кожуру, рассмотреть зародыш и зарисовать.
2. Рассмотреть строение желудя, снять околоплодник и рассмотреть зародыш.

## *В. Строение семени ясеня обыкновенного*

**Материалы и оборудование:** размоченные плоды (крылатки) ясеня, лупы, иглы.

Семена ясеня содержат питательные вещества как в эндосперме, так и в семядолях зародыша. Семя покрыто кожурой и расположено внутри плода крылатки. Кожура семени не отделяется от эпидермы. Слой клеток эпидермы подстиается мелкими паренхимными клетками и образуют общий слой, под которым расположен слой склеренхимы. Эндосперм легко разделяется на две плоские половинки, соединенные по краям. Зародыш имеет корешок, гипокотиль и 2 семядоли со слабым эпикотилем.

Ход работы:

1. Размоченные плоды ясеня (крылатки) разрывают вдоль плода и извлекают семя.
2. От семени отделяют один кончик и надавливают с другого конца, при этом зародыш должен отделиться от семени.
3. Оставшийся футляр необходимо разрезать поперек, и будут видны кожура, эндосперм.
4. Рассмотреть зародыш эндосперм и зарисовать их.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

### **Тема «Растительная клетка»**

1. Перечислите структурные элементы (органониды) клетки.
2. Назовите функции органоидов клетки.
3. Назовите ферменты растительной клетки. Какова их роль в жизни клетки?
4. Охарактеризуйте строение и роль хромосом.
5. Назовите нуклеиновые кислоты клетки.
6. Охарактеризуйте строение ДНК и ее роль.
7. Особенности строения РНК. Ее локализация и роль в клетке.
8. Охарактеризуйте строение ядра клетки.
9. Роль ядра в жизни клетки.
10. Что такое эндоплазматическая сеть, рибосомы, аппарат Гольджи, лизосомы и какова их роль в клетке?
11. Что такое митохондрии? Их строение и роль в клетке.
12. Назовите типы пластид и охарактеризуйте особенности каждого типа. Возможные их превращения.
13. Что такое фотосинтез? Роль растений в природе и жизни человека.
14. Что такое клеточный сок? Его состав и физиологическая роль.
15. В каких частях клетки и в каком виде откладываются в запас углеводы – крахмал и сахар?
16. В каком состоянии и в каких частях клетки откладываются в запас белки и жирное масло?
17. Что такое антоциан, где он встречается и каковы его особенности?
18. Назовите защитные вещества клетки и дайте их характеристику.



19. Какое вещество встречается в клетках в кристаллическом виде? Основные формы кристаллов.
20. Как происходит рост клеточной оболочки в длину и толщину?
21. Что такое одревеснение клеточной оболочки и как при этом изменяются ее свойства?
22. В чем заключается опробковение клеточной оболочки?
23. Сохраняется ли проницаемость для воды при одревеснении, опробковении, кутинизации?
24. Чем по существу процесс митоза отличается от мейоза?
25. Каков биологический смысл мейоза?
26. В каких частях растений происходит митоз, а в каких мейоз?
27. Какие клетки являются живыми и какие мертвыми? Функции мертвых клеток.

### **Тема «Растительные ткани»**

1. Что такое ткань?
2. Дайте наиболее распространенную классификацию тканей.
3. Назовите проводящие ткани. Каковы функции проводящих тканей?
4. Перечислите механические ткани и дайте их характеристику.
5. Охарактеризуйте первичную покровную ткань эпидерму.
6. Каково строение устьица и как оно функционирует?
7. Каковы особенности ассимиляционных и запасующих тканей?

### **Тема «Растительные органы»**

1. Опишите схему развития проводящих пучков.
2. В чем заключается различие между открытыми и закрытыми пучками?
3. Каково строение стебля однодольного растения?
4. Каковы особенности строения стебля двудольного растения?
5. Какой стебель называется беспучковым?
6. Что такое годичное кольцо и какова его структура?
7. Чем ранняя древесина отличается от поздней?
8. Что такое кора дерева?
9. Какие ткани входят в состав древесины и коры?
10. Какие факторы и как оказывают влияние на ширину годичного кольца?
11. Особенности строения эндодермы и ее функции.
12. Расскажите сущность перестройки корня первичной структуры во вторичную.
13. Каков биологический смысл перестройки во вторичную структуру?
14. Основные отличия древесного стебля от травянистого (по анатомическому строению).
15. В чем заключаются различия между корнем и стеблем древесного растения?
16. Назовите составные элементы цветка.
17. Назовите зоны корня и их функции?
18. Что называется семенем?
19. Перечислите основные типы семян.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров, А.Г. Анатомия растений / А.Г. Александров. – М.: Высшая школа, 1966. – 430 с.
2. Жуковский, П.М. Ботаника / П.М. Жуковский. – М.: Колос, 1982. – 622 с.
3. Хржановский, В.Г. Курс общей ботаники / В.Г. Хржановский. – М.: Высшая школа, 1976. – 271 с.
4. Культиасов, М.В. Ботаника / М.В. Культиасов. – М.: Советская наука, 1953. – 587 с.
5. Бавтуго, Г.А. Морфология и анатомия растений / Г.А. Бавтуго, В.М. Еремин. – Минск, 1997. – 374 с.
6. Бавтуго, Г.А. Атлас по анатомии растений / Г.А. Бавтуго, В.М. Еремин, М.П. Жигар. – Минск.: Ураджай, 2001. – 243 с.
7. Хржановский, В.Г. Практикум по курсу общей ботаники / В.Г. Хржановский, С.Ф. Пономаренко. – М.: Высшая школа, 1979. – 422 с.
8. Бавтуго, Г.А. Практикум по анатомии и морфологии растений / Г.А. Бавтуго, Л.М. Ерей. – Минск. : Новое знание, 2002. -- 464 с.
9. Транковский, Д.А. Практикум по анатомии растений / Д.А. Транковский. – М.: Высшая школа, 1979. – 223 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЧАСТЬ I

Устройство микроскопа	3
Организация рабочего места	6
Подготовка микроскопа к работе	7
Подготовка препаратов	7
Фокусировка	8
Методика сбора полевого материала	8
Изготовление временных препаратов	10
Анализ препаратов	10

### ЧАСТЬ II

<b>Растительная клетка</b>	13
Работа 1. Общее строение клетки	13
Работа 2. Пластиды растительной клетки	14
Работа 3. Продукты обмена растительной клетки	17
Работа 4. Сравнительное изучение крахмальных зерен различных растений	19
Работа 5. Сравнительное изучение кристаллов оксалата кальция в тканях коры древесных растений	20
Работа 6. Митоз в клетках корня лука	20
Работа 7. Реакции на клеточную оболочку	21
<b>Растительные ткани</b>	22
Работа 8. Первичная покровная ткань эпидерма	23
Работа 9. Вторичная покровная ткань перидерма	24
Работа 10. Сравнительно-анатомическое изучение перидермы древесных пород	26
Работа 11. Механические ткани	27
Работа 12. Проводящие ткани	28
Работа 13. Клеточный состав древесины и луба	30
<b>Строение стебля</b>	31
Работа 14. Строение беспучкового стебля	32
Работа 15. Строение стеблей основных хвойных пород	35
Работа 16. Строение древесины ствола хвойных	35
Работа 17. Возрастные изменения коры и строение коры взрослого дерева	37
Работа 18. Строение стебля травянистых растений	39
<b>Строение корня</b>	44
Работа 19. Внешнее строение корня	44
Работа 20. Первичное строение корня	45
Работа 21. Вторичное строение корня	47
<b>Лист</b>	48
Работа 22. Строение плоского листа на примере камелии	49
Работа 23. Строение игольчатого листа на примере сосны обыкновенной	50
<b>Цветок</b>	51
Работа 24. Строение пыльника	52
Работа 25. Строение завязи пестика	53
Работа 26. Строение семени	54
Вопросы для самоконтроля	56
Литература	58

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

*Составители:*  
*Босак Виктор Николаевич*  
*Рой Юрий Федорович*  
*Прилуцкая Ольга Евгеньевна*  
*Никончук Наталья Павловна*

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ  
**«БИОЛОГИЯ»**

для студентов специальности  
**1–33 01 07 «Природоохранная деятельность»**

Ответственный за выпуск: Босак В.Н.  
Редактор: Боровикова Е.А.  
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.  
Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано в печать 30.12.2013 г. Формат 60х84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага «Снегурочка».  
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 3,5. Уч. изд. л. 3,75.  
Заказ № 1301. Тираж 100 экз. Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет».  
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.