

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

О. А. Порхунцова

# **БОТАНИКА**

## **ЦИТОЛОГИЯ. ГИСТОЛОГИЯ**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области сельского хозяйства в качестве  
учебно-методического пособия для студентов учреждений,  
обеспечивающих получение высшего образования I ступени  
по специальностям 1-74 02 01 Агрономия, 1-74 02 02 Селекция  
и семеноводство, 1-74 02 03 Защита растений и карантин,  
1-74 02 04 Плодоовощеводство, 1-74 02 05 Агрохимия и почвоведение*

Горки  
БГСХА  
2021

УДК 581:576.3:611.018(075.8)

ББК 28.0я73

П60

*Одобрено методическими комиссиями агроэкологического факультета 21.05.2020 (протокол № 9), агрономического факультета 26.05.2020 (протокол № 9) и Научно-методическим советом БГСХА 25.06.2020 (протокол № 10)*

Автор:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *О. А. Порхунцова*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Е. Л. Андроник*;

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *М. О. Моисеева*

**Порхунцова, О. А.**

П60

Ботаника. Цитология. Гистология : учебно-методическое пособие / О. А. Порхунцова. – Горки : БГСХА, 2021. – 85 с. : ил.  
ISBN 978-985-882-047-3.

Изложен теоретический и практический материал, необходимый для изучения клеточного и тканевого строения органов растений, овладения умением работы с биологическим микроскопом, освоения техники изготовления анатомических срезов и временных микропрепаратов. Учебно-методическое пособие включает 15 тем по цитологическому и гистологическому строению растений, соответствующих содержанию учебной программы дисциплины «Ботаника». В каждой теме содержатся краткая теоретическая часть, необходимые материалы и оборудование, задания по соответствующей теме и порядок их выполнения.

Для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальностям 1-74 02 01 Агрономия, 1-74 02 02 Селекция и семеноводство, 1-74 02 03 Защита растений и карантин, 1-74 02 04 Плодоовощеводство, 1-74 02 05 Агрохимия и почвоведение.

УДК 581:576.3:611.018(075.8)

ББК 28.0я73

**ISBN 978-985-882-047-3**

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2021

## ВВЕДЕНИЕ

*Клетка* является основной структурной функциональной единицей растений. Понятие о клетке и ее строении возникло в связи с изобретением микроскопа в 1590 г. голландскими мастерами братьями Янсен. Впервые увидел, описал и назвал клетку английский естествоиспытатель Роберт Гук в 1665 г., рассматривая в микроскоп тонкий срез бутылочной пробки. М. Мальпиги (1671) и Н. Грю (1682) первыми описали микроскопическое строение органов растений, подтвердив их клеточное строение. В 1676 г. А. Левенгук описал окрашенные включения в клетках растений и водорослей. До XIX в. существовало представление о том, что основные функции клетки связаны с ее стенкой, а содержимому клетки отводилась второстепенная роль. С усовершенствованием микротехники расширялись и познания о внутреннем строении клетки. В 1831 г. Р. Браун обнаружил в клетке ядро и описал его как важнейшее образование. В 1839 г. Я. Пуркинье описал живое содержимое клетки, назвав его протоплазмой.

Ботаник М. Шлейден (1838) и зоолог Т. Шванн (1839), обобщив все знания о клетке, сформулировали клеточную теорию, основным положением которой было то, что клетка есть единая элементарная и функциональная структура всех живых организмов. В 1858 г. Р. Вирхов дополнил клеточную теорию новым положением, обосновав принцип преемственности клеток путем деления (каждая клетка образуется из клетки). В 1946 г. с применением электронного микроскопа была описана ультраструктура живой клетки.

Царство растений представлено многоклеточными организмами, у которых различные клетки объединяются в группы одинаково функционирующих клеток, называемых *тканями*.

Знание гистологических и анатомических признаков строения растений способствует формированию научного мировоззрения на процессы становления и развития растительных организмов, дает возможность понять закономерный характер появления приспособлений у растений к жизни в определенных местообитаниях.

На лабораторных занятиях по цитологии и гистологии растений детально рассматриваются особенности клеточного и тканевого строения органов растений, что позволяет студентам получить четкое представление о тканях растительных организмов, их расположении в теле растения и выполняемых функциях.

В процессе лабораторных занятий совершенствуются навыки работы с биологическим микроскопом, приобретается умение работы с гербарным и зафиксированным материалом, отрабатывается техника приготовления анатомических срезов и временных препаратов, выполнения биологического рисунка.

Познание клеточного и тканевого строения растений является фундаментальной основой изучения последующих разделов ботаники (органографии, систематики, геоботаники) и других учебных дисциплин, таких как физиология и биохимия растений, биология сельскохозяйственных растений, частная физиология растений.

Данное учебное издание предназначено не только для ознакомления студентов с особенностями цитолого-гистологического строения растений, но и для более качественной их подготовки к учебным занятиям во внеаудиторное время, лучшей организации их самостоятельной работы во время лабораторных занятий и в целом для более полного усвоения знаний по теоретическому и практическому курсу.

Темы пособия и подбор лабораторных работ определяются программой по ботанике для специальностей Агрономия, Селекция и семеноводство, Плодоовощеводство, Защита растений и карантин, Агрохимия и почвоведение I ступени получения высшего образования.

Каждая из тем представлена в виде теоретической и практической частей. Теоретический материал раскрывает основную терминологию, современные классификации, общие принципы строения и т. д. Практическая часть темы посвящена лабораторной работе по определенной теме и составлена по единому плану: необходимое оборудование и материалы, задания по лабораторной работе и порядок их выполнения. Выполнение заданий включает методические рекомендации по изготовлению препаратов, последовательности проведения работы и по оформлению результатов в виде рисунков.

Большое значение при изучении курса имеют рисунки, которые необходимо делать с натуральных объектов. Зарисовка объекта играет важную роль, поскольку представляет собой одно из средств его познания, а также способствует лучшему усвоению материала, делает знания образными и конкретными, а также способствует более детальному и внимательному анализу морфолого-анатомических признаков строения.

В учебном пособии представлена литература, рекомендуемая студентам для подготовки к занятиям. Подобная структура пособия может более эффективно работать самостоятельно по данным темам студентам очной и заочной формы получения высшего образования.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основной

1. Андреева, И. И. Ботаника: учебник / И. И. Андреева, Л. С. Родман. – Москва: Колос, 2007. – 528 с.
2. Жуковский, П. М. Ботаника: учебник / П. М. Жуковский. – Москва: Колос, 1982. – 623 с.
3. Лазаревич, С. В. Ботаника: учебник / С. В. Лазаревич. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 480 с.
4. Лазаревич, С. В. Ботаника: учеб. пособие / С. В. Лазаревич. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 480 с.
5. Родман, Л. С. Ботаника с основами географии растений: учеб. пособие / Л. С. Родман. – Москва: КолосС, 2006. – 397 с.
6. Суворов, В. В. Ботаника с основами геоботаники: учеб. пособие / В. В. Суворов, И. Н. Воронова. – Ленинград: Колос, 1979. – 560 с.
7. Хржановский, В. Г. Практикум по курсу общей ботаники / В. Г. Хржановский, С. Ф. Пономаренко. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 416 с.

### Дополнительный

8. Бавтута, Г. А. Атлас по анатомии растений: учеб. пособие / Г. А. Бавтута, В. М. Еремин, М. П. Жигар. – Минск: Ураджай, 2001. – 146 с.
9. Ботаника: Морфология и анатомия растений: учеб. пособие / А. Е. Васильев [и др.]. – Москва: Просвещение, 1988. – 480 с.
10. Ботаника: учебник: в 2 т. / Л. И. Курсанов [и др.]. – Москва, 1950. – Т. 2: Анатомия и морфология. – 423 с.
11. Жебрак, А. Р. Курс ботаники: учебник / А. Р. Жебрак. – Москва, 1959. – 523 с.
12. Жизнь растений: в 6 т. / гл. ред. А. А. Федоров. – Москва: Просвещение, 1980. – Т. 5, ч. 1: Цветковые растения. – 430 с.
13. Еленевский, А. Г. Ботаника высших, или наземных, растений / А. Г. Еленевский, М. П. Соловьева, В. Н. Тихомиров. – Москва: Академия, 2000. – 432 с.
14. Лазаревич, С. В. Гистология: курс лекций / С. В. Лазаревич. – Горки: БГСХА, 2007. – 46 с.
15. Лазаревич, С. В. Цитология: курс лекций / С. В. Лазаревич. – Горки: БГСХА, 2010. – 66 с.
16. Раздорский, В. Ф. Анатомия растений: учебник / В. Ф. Раздорский. – Москва, 1949. – 524 с.

## УСТРОЙСТВО БИОЛОГИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА. МЕТОДИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

**Микроскоп** – это оптический прибор, при помощи которого можно получить увеличенное обратное изображение изучаемого объекта и рассмотреть мелкие детали его строения. Различают *полезное* и *бесполезное* увеличения. Под полезным понимают такое увеличение наблюдаемого объекта, при котором можно выявить новые детали его строе-

ния. При бесполезном увеличении, увеличивая объект в сотни раз и более, нельзя обнаружить новые детали строения.

В учебных целях обычно используют *световые микроскопы*, на которых микропрепараты рассматриваются с использованием естественного или искусственного света. Наиболее распространенными являются *микроскопы*: Биолом, Микромед, МБР (микроскоп биологический рабочий) и МБИ (микроскоп биологический исследовательский) (рис. 1). Они дают увеличение в пределах от 56 до 1350 раз. В микроскопе различают механическую и оптическую части.

Механическая часть микроскопа включает: 1) штатив, состоящий из основания с тубусодержателем, и укрепленный на нем тубус с револьвером для крепления и смены объективов; 2) предметный столик для препарата; 3) приспособления для крепления конденсора и светофильтров; 4) встроенные в штатив механизмы для грубого (макровинт) и тонкого (микровинт) перемещения предметного столика или тубусодержателя.

*Основание (подставка)* служит опорой микроскопа и несет всю конструкцию штатива. В основании микроскопа встроен микрометрический механизм, также находится гнездо для зеркала.

*Микрометрический механизм* встроен в подставку неподвижно. Микровинт (винт тонкой наводки) служит для незначительного перемещения тубусодержателя, а следовательно, и объектива при фокусировке объекта на большом увеличении. Полный оборот микровинта составляет 100 мкм, а поворот на одно деление опускает или поднимает тубусодержатель на 2 мкм. Во избежание порчи данного механизма разрешается крутить микровинт в одну сторону *не более чем на половину оборота*.

*Тубус* – это цилиндр, в который сверху вставляют окуляры. Он подвижно соединен с головкой тубусодержателя и фиксируется стопорным винтом в определенном положении.

*Револьвер* предназначен для быстрой смены объективов, ввинченных в его гнезда. Центрированное положение объектива обеспечивает защелка, расположенная внутри револьвера.

*Тубусодержатель* несет тубус и револьвер микроскопа, он подвижно соединен с механизмами грубой и тонкой наводки.

*Макровинт* (винт грубой наводки) используют для значительного перемещения тубусодержателя, а следовательно, и объектива с целью фокусировки объекта при малом увеличении.

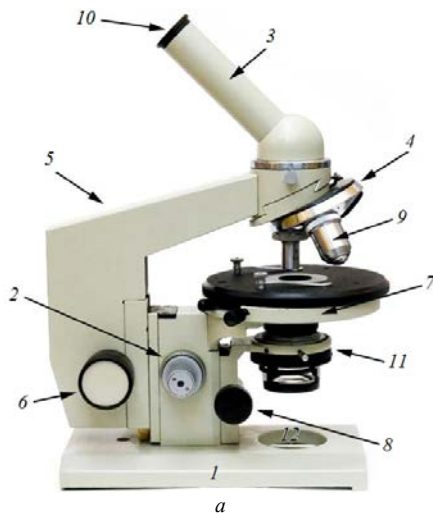


Рис. 1. Устройство биологического микроскопа:  
*a* – Биолам; *б* – Микромед; 1 – подставка; 2 – микровинт; 3 – тубус;  
 4 – револьвер; 5 – штатив; 6 – макровинт; 7 – предметный столик;  
 8 – кронштейн конденсора; 9 – объектив; 10 – окуляр(ы); 11 – конденсор;  
 12 – осветительный прибор (зеркало, лампочка); 13 – бинокулярная насадка;  
 14 – винты для перемещения предметного столика в горизонтальной плоскости

*Предметный столик* служит для размещения препаратов и горизонтального их перемещения. В середине столика имеется круглое отверстие, в которое входит фронтальная линза конденсора. На столике имеются два зажима, закрепляющих препарат.

*Кронштейн конденсора* подвижно присоединен к коробке микрометренного механизма. Его можно поднять или опустить при помощи винта, вращающего зубчатое колесо, входящее в пазы рейки с гребенчатой нарезкой.

Оптическая часть представлена объективами, окулярами и осветительной системой, которая состоит из расположенных под предметным столиком конденсора с ирисовой диафрагмой и светофильтром, зеркала или электроосветителя.

*Объектив* — одна из важнейших частей микроскопа, так как он определяет *полезное увеличение объекта*. При помощи него получают увеличенное действительное, но обратное изображение объекта и выявляют тонкие детали его структуры. Объектив состоит из металлического цилиндра и вмонтированных в него линз, число которых зависит от степени увеличения. Первую линзу, обращенную к препарату, называют фронтальной. В учебных целях используют объективы  $\times 8$ ,  $\times 40$ . Объективы ввинчиваются в гнездо револьвера.

*Окуляр* подобно лупе дает прямое, мнимое, увеличенное изображение наблюдаемого объекта, построенное объективом. Он состоит из двух-трех линз, вмонтированных в металлический цилиндр. Увеличение окуляров обозначено на них цифрами  $\times 7$ ,  $\times 10$ ,  $\times 15$ . Для определения общего увеличения микроскопа следует умножить увеличение объектива на увеличение окуляра. Окуляр, через который наблюдают изображение, устанавливают с противоположной стороны тубуса. Для определения *общего увеличения микроскопа* следует умножить увеличение объектива на увеличение окуляра.

*Зеркало* служит для направления света через конденсор и отверстие предметного столика на объект. Оно имеет две поверхности: плоскую и вогнутую. В учебных лабораториях с рассеянным светом обычно используют вогнутую поверхность зеркала. Зеркало закреплено на штативе так, что оно может вращаться в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. *Электроосветитель* устанавливается под конденсором в гнездо подставки.

*Конденсор* состоит из двух-трех линз, вставленных в металлический цилиндр. При подъеме или опускании его при помощи специального винта соответственно конденсируется или рассеивается свет, падающий от зеркала на объект.

*Ирисовая диафрагма* расположена между зеркалом и конденсором. Она служит для изменения диаметра светового потока, направляемого зеркалом через конденсор на объект в соответствии с диаметром фронтальной линзы объектива. Состоит из тонких металлических пластинок. При помощи рычажка их можно соединять, полностью закрывая нижнюю линзу конденсора, или разводить, увеличивая поток света.

*Кольцо с матовым стеклом* или *светофильтром* уменьшает освещенность объекта. Оно расположено под диафрагмой и передвигается в горизонтальной плоскости.

Основными правилами работы с микроскопом и ухода за ним являются:

- работать с микроскопом надо сидя, прямо, не сгибаясь и не вытягиваясь;

- микроскоп помещают перед собой немного слева на 2–3 см от края стола; микроскоп при работе не передвигают; необходимый для работы инвентарь располагают справа от микроскопа;

- далее открывают полностью диафрагму, поднимают конденсор в крайнее верхнее положение;

- работу с микроскопом всегда *начинают с малого увеличения*: ставят объектив  $\times 8$  в рабочее положение на расстояние 1 см от предметного столика;

- освещение в поле зрения микроскопа устанавливают, используя зеркало: глядя в окуляр и пользуясь вогнутым зеркалом, направляют свет в объектив и максимально равномерно освещают поле зрения; если микроскоп снабжен осветителем, то подсоединить микроскоп к источнику питания, включить лампу и установить необходимую яркость горения;

- препарат помещают на предметный столик так, чтобы изучаемый объект находился под объективом, и, глядя сбоку, опускают объектив при помощи макровинта до тех пор, пока расстояние между фронтальной линзой объектива и препаратом не станет 4–5 мм;

- глядя в окуляр и вращая макровинт на себя, плавно поднимают объектив до положения, при котором хорошо видно изображение объекта; перемещая микропрепарат по предметному столику, находят нужное место, располагают его в центре поля зрения;

- *нельзя смотреть в окуляр и опускать объектив, вращая макровинт от себя*, так как при этом фронтальная линза может раздавить покровное стекло и на ней появятся царапины;

– если изображение не появилось, то повторяют операции по обнаружению изображения объекта; при слишком сильном освещении увеличивают контрастность изображения, опуская конденсор;

– для изучения объекта при большом увеличении ставят его в центр поля зрения; поворачивая револьвер, устанавливают объектив  $\times 40$  в рабочее положение. *Объектив не поднимать!* При помощи микровинта добиваются четкого изображения объекта;

– по окончании работы с большим увеличением поворачивают револьвер, устанавливают малое увеличение и снимают препарат. Нельзя вынимать препарат из-под объектива  $\times 40$ , так как его рабочее расстояние составляет 0,6 мм; при перемещении препарата можно испортить фронтальную линзу.

Микроскоп является точным оптическим прибором, требующим бережного обращения с ним. При работе с микроскопом нельзя применять большие усилия. Ни в коем случае нельзя касаться пальцами поверхности линз, зеркал и светофильтров.

Чтобы предохранить внутренние поверхности объективов, а также призмы тубуса от попадания пыли, необходимо всегда оставлять окуляр в тубусе. При чистке внешних поверхностей линз нужно удалить с них пыль мягкой (беличьей) кисточкой, промытой в эфире, или сдуть резиновой грушей. Нельзя также самостоятельно развинчивать и разбирать объективы, что неизбежно приведет к их порче.

После окончания работы необходимо накрыть микроскоп чехлом. Переносят микроскоп двумя руками: одной держат за тубусодержатель, а другой – за подставку.

**Микропрепараты** позволяют проводить лабораторные опыты для детального изучения гистологических и анатомических структур с помощью микроскопа. Микропрепараты, не предназначенные для длительного хранения, называются *временными*. Изучаемый объект помещают на предметное стекло в каплю воды, глицерина, раствора, реактива или красителя и накрывают покровным стеклом. Такие препараты можно хранить в течение нескольких дней, поместив во влажную атмосферу.

Если объекты помещают в бальзам или целлоидин, препараты сохраняются годами и называются *постоянными*. Некоторые растения или их органы (водоросли, споры, пыльца и т. д.) можно рассматривать под микроскопом целиком, без предварительного изготовления срезов. Такие препараты называются *тотальными*.

Срезы изготавливают из свежих или фиксированных частей растений. Обычно для фиксации употребляют растворы спирта или форма-

лина. Сделанные срезы должны быть очень тонкими и прозрачными. Различают поперечный и продольный виды срезов. *Поперечный срез* проходит перпендикулярно оси органа и позволяет изучить строение органа в поперечном сечении. *Продольный радиальный срез* проходит по радиусу оси органа и дает возможность изучить строение органа в продольном сечении.

**Техника изготовления временных препаратов:**

- вымыть и тщательно вытереть предметное и покровное стекла; чтобы не сломать очень хрупкое покровное стекло, надо поместить его в складку салфетки между большим и указательным пальцами правой руки и осторожно вытереть круговыми движениями пальцев;
- нанести на предметное стекло пипеткой каплю жидкости (воды, глицерина, раствора, реактива или красителя) (рис. 2);

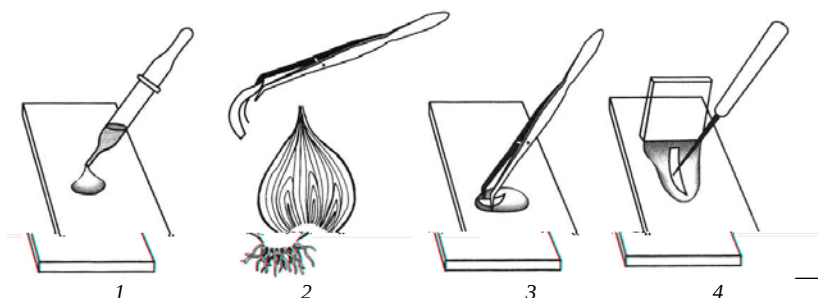


Рис. 2. Изготовление временного препарата:

- 1 – предметное стекло с каплей жидкости; 2 – изготовление среза изучаемого объекта;  
3 – срез на предметном стекле в капле жидкости; 4 – покровное стекло сверху на срез изучаемого объекта

- мелкие объекты поместить между кусочками из сердцевины бумажной или пенопласта и выровнять острым лезвием верхнюю поверхность объекта вместе с пенопластом;
- сделать тонкий срез изучаемого органа, ведя лезвием к себе наискось одним плавным и быстрым движением; при этом объект необходимо держать строго вертикально, а лезвие – строго горизонтально; обе руки должны быть совершенно свободны, не следует ими опираться на стол или прижимать к груди;
- сделать сразу несколько срезов, лезвие и объект все время смачивать;

– выбрать самый тонкий срез, перенести его с помощью препаровальной иглы или тонкой кисточки в центр предметного стекла в каплю жидкости;

– закрыть срез покровным стеклом так, чтобы под него не попал воздух: покровное стекло взять двумя пальцами за грани и подвести под углом нижнюю грань к краю капли жидкости и плавно его опустить;

– если жидкости много, вытекает из-под покровного стекла, удалить ее необходимо при помощи фильтровальной бумаги; если под покровным стеклом остались места, заполненные воздухом, то следует добавить жидкость, поместив ее каплю рядом с краем покровного стекла, а с противоположной стороны фильтровальную бумагу.

## **Тема 1. СТРОЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ**

Клетка – это наименьшая биологическая и структурная единица живого организма. Для нее характерны все жизненно важные свойства – питание, дыхание, рост, раздражимость, размножение и др. В многоклеточном организме растения клетки, как правило, специализируются на выполнении какой-нибудь одной функции, приобретая характерные особенности строения.

Форма растительных клеток очень разнообразна (цилиндрическая, шаровидная, кубическая, звездчатая и др.) и тесно связана с выполняемой ими физиологической функцией. Все многообразие форм сводят к двум основным типам клеток: паренхимным и прозенхимным.

*Паренхимные клетки* – это изодиаметрические клетки, у которых длина, ширина и высота почти одинаковы, или слегка вытянутые клетки – длина превышает ширину не более чем в 2–3 раза. Такие клетки образуются в результате более и менее равномерного роста во всех направлениях. Клетки растений имеют микроскопические размеры (обычно 10–100 мкм). Особенно крупными являются паренхимные клетки, специализированные на накоплении запасных питательных веществ и воды. Клетки мякоти арбуза, лимона, томата достигают в размере нескольких миллиметров и видны невооруженным глазом.

*Прозенхимные клетки* имеют сильно вытянутую форму, когда их длина превышает ширину и толщину в 5, 10 раз и более. Такие клетки формируются в том случае, если их рост происходит преимущественно в одном направлении. Прозенхимные клетки значительно крупнее клеток паренхимной формы и характерны для клеток лубяных и древе-

синных волокон. Так, длина лубяных волокон льна достигает 20–40 мм, хлопчатника – 10–60 мм, крапивы – до 80 мм, а поперечник этих клеток обычно не превышает 50–100 мкм (рис. 3).

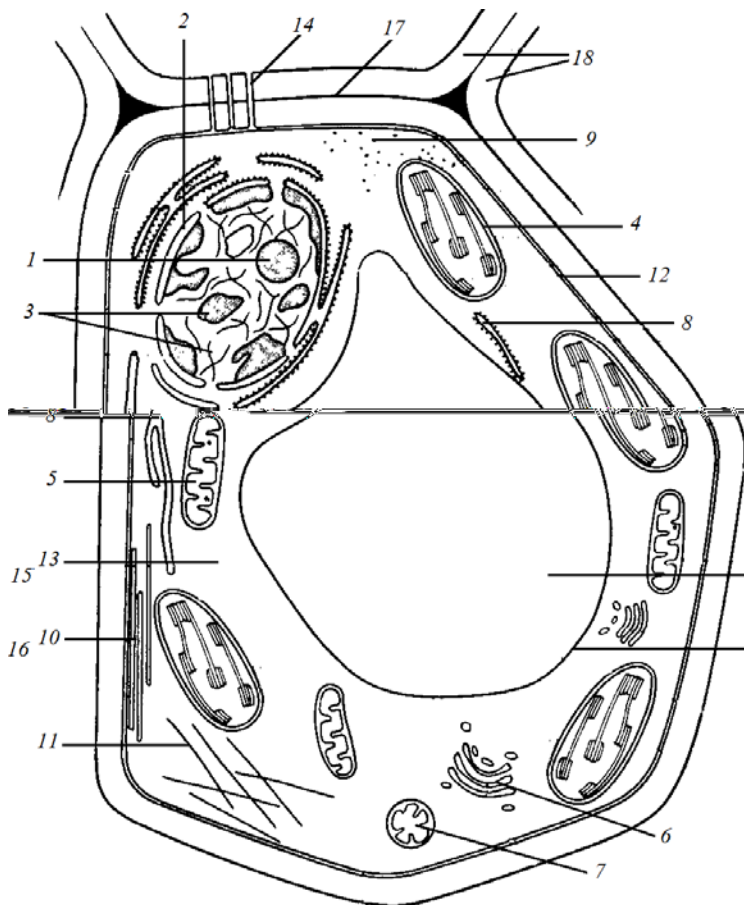


Рис. 3. Строение растительной клетки:

1 – ядрышко; 2 – ядерная оболочка; 3 – хроматин (1–3 – ядро); 4 – хлоропласты; 5 – митохондрии; 6 – Аппарат Гольджи; 7 – лизосомы; 8 – эндоплазматический ретикул (ЭР); 9 – рибосомы; 10 – микротрубочки; 11 – микрофиламенты (11–12 – цитоскелет); 12 – плазмалемма; 13 – мезоплазма; 14 – плазмодесмы (1–14 – протопласт); 15 – клеточный сок; 16 – тонопласт (15–16 – вакуоль); 17 – срединная пластинка; 18 – клеточные стенки (15–18 – производные протопласта)

Несмотря на огромное разнообразие, клетки растений характеризуются общностью строения:

- имеют оформленное ядро (растения являются эукариотами);
- в клетках растений есть пластиды (хлоропласты, лейкопласты, хромопласты) (см. рис. 3);
- имеется жесткая клеточная оболочка, в состав которой входят целлюлоза, гемицеллюлоза и пектин;
- в клетках хорошо развита система вакуолей;
- при делении клеток отсутствует формирование центриолей;
- цитоплазма и ядро составляют ее живое содержимое – *протопласт*; в протопласте осуществляются все основные процессы обмена веществ;
- клеточная стенка и клеточный сок являются *производными протопласта*, продуктами его жизнедеятельности;
- имеют мембранное строение (плазмалемма, тонопласт, мембраны органоидов цитоплазмы).

В молодых, вновь образовавшихся, клетках в центре располагается ядро. Многочисленные мелкие вакуоли слабо заметны, клеточная оболочка тонкая. В полностью сформированных клетках ядро располагается в постенном слое цитоплазмы, почти вся полость клетки занята крупной вакуолью. Площадь клеточной стенки и ее толщина увеличены. Рост клеток и изменения в них свидетельствуют о том, что цитоплазма и ядро составляют ее живое содержимое (*протопласт*), а клеточная стенка и клеточный сок являются *производными протопласта*. От клеточного сока протопласт отделен мембраной, которая называется *тонопластом*, а от клеточной стенки – *плазмалеммой*. В протопласте осуществляются все основные процессы обмена веществ.

**Материал:** луковица лука (*Allium cepa* L.), раствор йода в йодистом калии.

#### **Задание.**

1. Приготовить временный препарат эпидермы сочной чешуи лукавицы лука.
2. Рассмотреть при малом увеличении микроскопа клетки эпидермы с хорошо заметными ядрами, определить форму клеток эпидермы.
3. Изучить строение клетки при большом увеличении в воде и в растворе йода в йодистом калии.
4. Рассмотреть постоянный окрашенный препарат сочной чешуи лукавицы лука, сравнить рассмотренные препараты.
5. Зарисовать несколько клеток и обозначить основные части их строения.

**Выполнение работы.** Эпидерма сочной чешуи лукавицы является удобным объектом для изучения строения растительной клетки. На предметное стекло помещают каплю воды. Препаровальной иглой снимают эпидерму с выпуклой поверхности чешуи. Снятую чешую наружной стороной вверх помещают в каплю воды на предметное стекло и накрывают покровным стеклом.

При малом увеличении объектива микроскопа находят участок из одного слоя клеток с ядрами и цитоплазмой. Затем в рабочее положение ставят объектив большого увеличения и изучают строение клеток растений. На временном препарате, приготовленном в капле воды, хорошо различимы светлые клеточные стенки, которые придают клетке определенную форму. Внутри каждой клетки достаточно хорошо видно ядро с 1–2 ядрышками. В молодых клетках ядро находится в центральной части и окружено цитоплазмой. В более старых клетках ядро лежит в постенном слое цитоплазмы, а центральную часть занимает вакуоль (рис. 4).

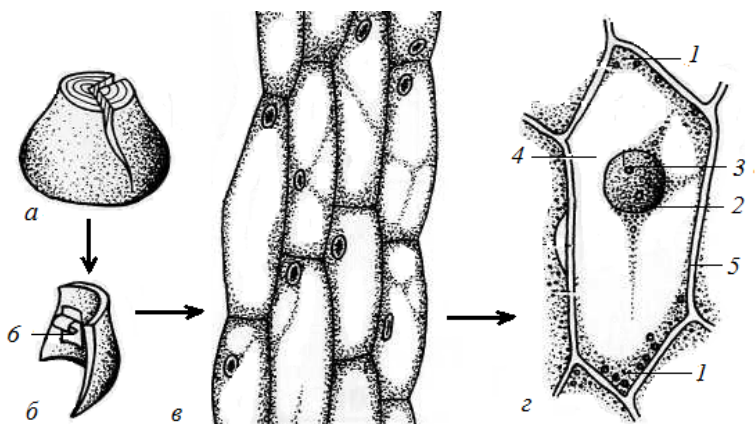


Рис. 4. Эпидерма сочной чешуи лукавицы лука:  
*а* – лукавица без сухих чешуй; *б* – сочная чешуя лукавицы; *в* – эпидерма сочной чешуи;  
*г* – строение одной клетки сочной чешуи; 1 – цитоплазма; 2 – ядро; 3 – ядрышко;  
 4 – вакуоль; 5 – клеточная стенка; 6 – эпидерма

Значительно лучше будет видна граница между цитоплазмой и вакуолями, если на клетки подействовать раствором йода в йодистом калии (реактив на белок). Реакцию можно произвести, не снимая препарата с предметного столика микроскопа. Для этого сухой стеклян-

ной палочкой наносят на предметное стекло небольшую каплю раствора йода в йодистом калии, а с левой стороны кладут фильтровальную бумагу. Бумага будет впитывать воду из-под покровного стекла, а на ее место будет проникать реактив. В результате действия йодистого калия белки цитоплазмы окрашиваются в желтый цвет, а белки ядра – в темно-желтый. Вакуоли выделяются в виде более светлых мест. Клеточные стенки остаются бесцветными.

Затем необходимо рассмотреть строение клеток эпидермы сочной чешуи луковицы лука на постоянном окрашенном препарате. Сравнить клеточное строение эпидермы на временном и постоянном препаратах.

Изучив строение клеток, зарисовывают несколько клеток сочной чешуи луковицы с хорошо различимыми структурами: клеточные стенки, ядро с ядрышками, цитоплазма, вакуоли. Делают необходимые обозначения.

## **Тема 2. ПЛАСТИДЫ. ХЛОРОПЛАСТЫ. ДВИЖЕНИЕ ЦИТОПЛАЗМЫ**

Пластиды – это органоиды только растительных клеток. Форма, размеры, строение и функции пластид различны. По наличию или отсутствию пигментов (по окраске) различают три типа пластид: *хлоропласты* – зеленые, *хромoplastы* – желто-оранжевые и красные, *лейкопласты* – бесцветные. Пластиды развиваются из пропластид – сферических недифференцированных телец, которые есть в клетках зародыша, образовательной ткани. Из пропластид на свету (в листьях, незрелых плодах, наружных частях стебля) формируются хлоропласты, в глубине стебля и в подземных органах – лейкопласты. Из хлоропластов и иногда лейкопластов образуются хромопласты.

*Хлоропласты* – это зеленые пластиды, в которых осуществляется фотосинтез: из углекислого газа и воды с использованием энергии света образуется органическое вещество и выделяется кислород (суммарное уравнение фотосинтеза:  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2\uparrow$ ). Они имеют форму двояковыпуклой линзы. Число хлоропластов в одной клетке растений составляет 15–50 шт. В клетках они расположены в постенном слое цитоплазмы так, что одна из плоских сторон хлоропласта обращена к освещенной стенке клетки. Положение хлоропластов меняется в зависимости от освещенности (рис. 5, 6).

Основными пигментами хлоропласта являются *хлорофиллы а и b* (5–10 % сухой массы). Дополнительными пигментами хлоропласта

являются каротиноиды (1–2 %): оранжевый *каротин*  $C_{40}H_{56}$  и желтый *ксантофилл*  $C_{40}H_{56}O_2$ . Хлорофилл может поглощать солнечную энергию, запасать ее или передавать другим молекулам. Энергия, поглощенная каротиноидами, может передаваться на хлорофилл.

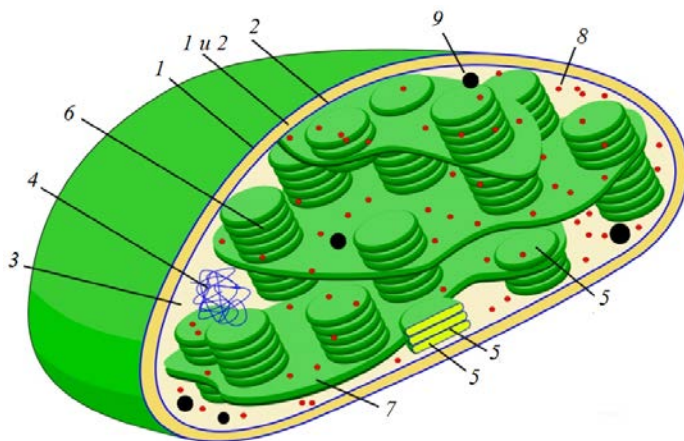


Рис. 5. Строение хлоропласта (в продольном разрезе):  
1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана; 3 – строма хлоропласта; 4 – ДНК;  
5 – тилакоид грани; 6 – грана; 7 – тилакоид строма; 8 – рибосомы; 9 – капля жира

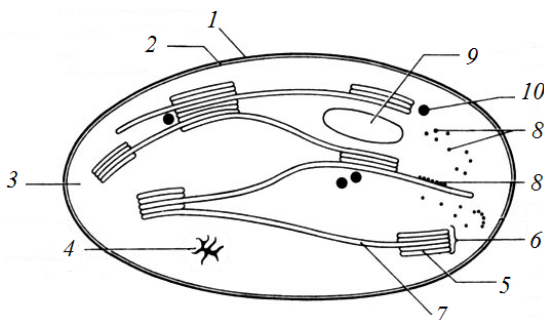


Рис. 6. Строение хлоропласта (схема):  
1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана; 3 – строма хлоропласта; 4 – ДНК; 5 – тилакоид грани; 6 – грана; 7 – тилакоид строма;  
8 – рибосомы; 9 – крахмальное зерно; 10 – капля жира

В онтогенезе хлоропласты формируются из пропластид. В строении хлоропласта различают наружную и внутреннюю мембраны, собственную кольцевую ДНК, рибосомы. Внутренняя мембрана хлоропластов образует протяженные складки – *тилакоиды стромы*. На них располагаются плоские мембранные тилакоиды дисковидной формы – *тилакоиды граны*. Они собраны в комплексы, похожие на стопки монет, которые называются *гранами*. В гранях локализованы пигменты хлоропласта. Тилакоиды в форме канальцев соединяют граны между собой.

**Материал:** зеленые листья элодеи (*Elodea Canadensis*), выдержанные на ярком свете в воде при температуре 20–25 °С.

#### **Задание.**

1. Приготовить временный препарат листа элодеи.
2. Рассмотреть строение клеток листа элодеи, определить расположение хлоропластов в клетке.
3. Изучить строение клеток листа элодеи при большом увеличении и обнаружить вращательное движение цитоплазмы.
4. Зарисовать несколько клеток листа элодеи с хлоропластами, указать направление движения цитоплазмы.

**Выполнение работы.** Лист элодеи достаточно прозрачен, так как состоит всего из двух слоев клеток. Отделив лист от стебля, следует положить его в каплю воды на предметное стекло морфологически верхней стороной вверх и накрыть покровным стеклом.

При малом увеличении микроскопа видно, что клетки верхнего слоя листа крупнее, чем клетки нижнего, что все они вытянуты и по краю листа более прозрачны. Некоторые из краевых клеток образуют зубчики. При большом увеличении микроскопа в клетках хорошо видны оболочка, зернистая цитоплазма, ядро и хлоропласты (рис. 7).

Большую часть клеток заполняет вакуоль с бесцветным клеточным соком. В более крупных клетках ядра часто не видно из-за обилия хлоропластов. Они располагаются в постенном слое цитоплазмы. Хлоропласты имеют линзовидную форму, поэтому при рассмотрении сверху они кажутся округлыми, а сбоку – сплюснутыми.

При большом увеличении микроскопа у основания листа элодеи находят клетки с движущейся вдоль клеточной стенки цитоплазмой. Такое движение цитоплазмы называется вращательным. Движение хорошо различимо потому, что цитоплазма увлекает за собой хлоропласты, т. е. движение самих хлоропластов пассивно.

Скорость движения зависит от температуры, механических или химических раздражений. Примерная скорость движения цитоплазмы

элодеи составляет около 0,1 мм/мин, но под микроскопом видимая скорость движения возрастает.

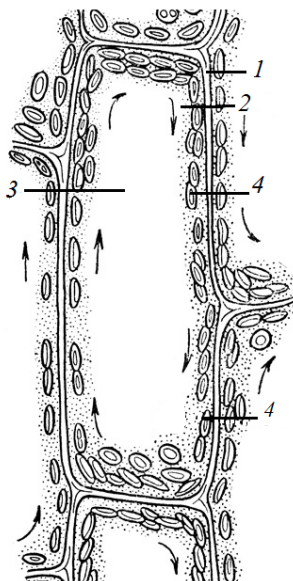


Рис. 7. Хлоропласты в клетках листа элодеи.  
Движение цитоплазмы: 1 – клеточная стенка;  
2 – цитоплазма (вращательное движение);  
3 – вакуоль с клеточным соком;  
4 – хлоропласты

Изучив препарат, зарисовывают несколько клеток листа элодеи и делают на рисунке необходимые обозначения.

### Тема 3. ПЛАСТИДЫ. ЛЕЙКОПЛАСТЫ

*Лейкопласты* – наиболее мелкие бесцветные пластиды чаще всего округлой формы. Они имеют две мембраны, которые окружают бесструктурную строму. Тилакоидная система лейкопласта слабо развита, формируются лишь немногочисленные тилакоидами стромы. В лейкопластах имеются ДНК, рибосомы, а также ферменты, осуществляющие синтез и гидролиз запасных веществ (рис. 8).

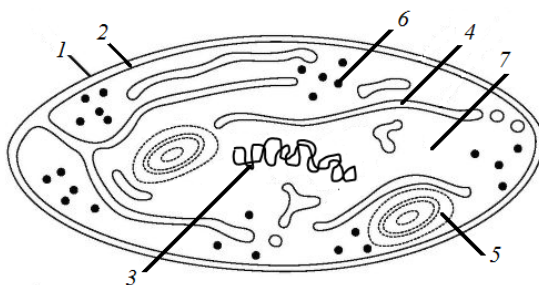


Рис. 8. Строение лейкопласта:

- 1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана; 3 – ДНК;  
4 – тилакоиды; 5 – крахмальное зерно; 6 – рибосомы;  
7 – строма лейкопласта

Лейкопласты встречаются в бесцветных клетках корневищ, клубней, корней, также в семенах и в других органах растений. Основной функцией лейкопластов является накопление запасных питательных веществ.

В зависимости от типа запасаемого вещества лейкопласты подразделяют:

- на *амилопласты*, в которых синтезируется и накапливается запасной крахмал (в клетках клубней картофеля, зерновок ржи, пшеницы и других органах растений);
- *протеинопласты* – запасной белок (в семенах многих растений);
- *элайоласты* – запасные жиры.

**Материал:** живые побеги традесканции пурпурной (*Tradescantia pallida* D. R. Hunt).

#### **Задание.**

1. Приготовить временный препарат нижней эпидермы листа традесканции.
2. Рассмотреть строение клеток нижней эпидермы листа.
3. При большом увеличении микроскопа изучить строение клеток нижней эпидермы листа традесканции, найти ядро и лейкопласты.
4. Зарисовать несколько клеток эпидермы с лейкопластами и сделать обозначения.

**Выполнение работы.** С побега традесканции срывают лист и обвертывают его вокруг указательного пальца левой руки так, чтобы нижняя поверхность была обращена наружу. При помощи иглы надрывают нижнюю эпидерму над средней жилкой ближе к основанию листа и пинцетом ее снимают. Сорванный участок нижней эпи-

дермы наружной стороной вверх помещают на предметное стекло в каплю воды и накрывают покровным стеклом. В таком препарате на его периферийной части необходимо найти тонкий участок эпидермы, состоящий из одного ряда клеток (рис. 9).

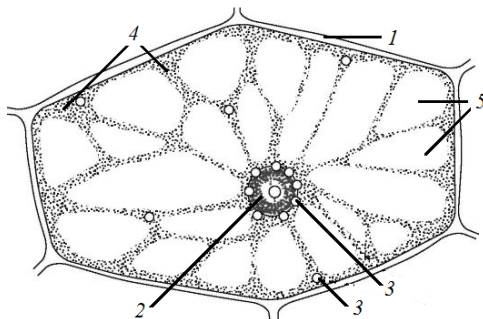


Рис. 9. Строение клетки эпидермы листа традесканции:  
1 – клеточная стенка; 2 – ядро; 3 – лейкопласты;  
4 – цитоплазма; 5 – вакуоль

Необходимо найти клетки с хорошо заметным ядром и настроить микроскоп на большое увеличение. При большом увеличении в этих клетках видно, что ядро окружено лейкопластами – мелкими бесцветными структурами шаровидной формы. Лейкопласты также находятся в постенном слое цитоплазмы и в тяжах, направленных к ядру (хорошо различимы при прикрытой диафрагме микроскопа).

Изучив строение клеток нижней эпидермы листа традесканции, зарисовывают ее одну или две клетки с хорошо различимыми структурами: клеточные стенки, ядро, цитоплазма, вакуоли и лейкопласты. Делают необходимые обозначения.

#### Тема 4. ПЛАСТИДЫ. ХРОМОПЛАСТЫ

*Хромопласты* – пластиды оранжево-красного и желтого цвета. Их окраска обусловлена присутствием пигментов: оранжевый *каротин* ( $C_{40}H_{56}$ ), желтый *ксантофилл* ( $C_{40}H_{56}O_2$ ) и красный *липин* ( $C_{40}H_{56}$ ). Для хромопласта характерна разнообразная форма (шаровидная, палочковидная, треугольная и др.), которая в основном определяется формой кристаллизующегося пигмента (рис. 10).

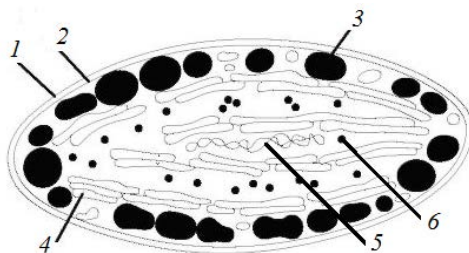


Рис. 10. Строение хромопласта:  
1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана;  
3 – жировые капли; 4 – тилакоиды; 5 – ДНК; 6 – рибосомы

Хромопласты образуются из хлоропластов в результате разрушения в них хлорофилла или из бесцветных лейкопластов. Они встречаются в клетках лепестков (лютик, тюльпан, одуванчик), зрелых плодов (томат, тыква, арбуз, апельсин), редко – корнеплодов (морковь), а также в осенних листьях. Косвенное биологическое значение хромопластов состоит в том, что ярко окрашенные плоды успешно распространяются птицами и животными, а яркая желто-красная окраска цветков привлекает насекомых-опылителей. Хромопласты являются конечным этапом в развитии пластид.

В филогенезе исходным типом пластид являются хлоропласты, из которых произошли лейкопласты и хромопласты. При взаимопревращениях пластид наиболее часто хлоропласты превращаются в хромопласты при осеннем пожелтении листьев или созревании плодов. Лейкопласты могут превращаться в хлоропласты (позеленение верхней части корнеплода моркови) или хромопласты. При помещении растения в темноту хлоропласты могут также превратиться в лейкопласты, и этот процесс обратим.

**Материал:** свежие или фиксированные (2–3%-ный раствор формалина) плоды шиповника (*Rosa canina*), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), боярышника кроваво-красного (*Crataegus sanguinea*) и других растений.

#### **Задание.**

1. Изготовить временные препараты из клеток мякоти зрелых плодов 2–3 растений.
2. Изучить строение клеток мякоти нескольких плодов.
3. При большом увеличении микроскопа рассмотреть различные формы хлоропластов мякоти плодов.

4. Зарисовать несколько клеток мякоти плодов каждого вида растения с хромопластами и сделать обозначения.

**Выполнение работы.** Рассмотреть форму хромопластов легко в клетках сочных зрелых плодов, так как в таких плодах проходит естественная мацерация и клетки мякоти легко разъединяются.

С помощью препаровальной иглы надрывают эпидерму зрелого плода и достают немного мякоти. Мякоть плода переносят на предметное стекло в каплю воды, разрыхляют ее и покрывают покровным стеклом.

В изготовленном препарате находят участок, в котором клетки лежат свободно, в один ряд не накладываясь друг на друга.

При большом увеличении микроскопа видно, что клетки имеют преимущественно округлую форму с тонкими клеточными стенками. Внутри клеток много хромопластов. По окраске выделяются светлые оранжево окрашенные хромопласты плодов рябины (рис. 11).

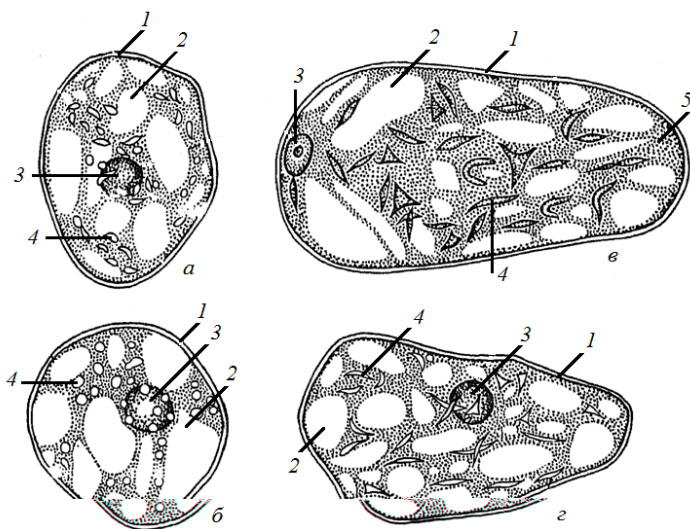


Рис. 11. Строение клеток мякоти зрелых плодов:  
*а* – шиповник; *б* – ландыш; *в* – боярышник; *г* – рябина; 1 – клеточная стенка;  
2 – вакуоль; 3 – ядро; 4 – хромопласты; 5 – цитоплазма

В плодах рябины и боярышника хромопласты имеют вытянутую, заостренную, изогнутую форму. Хромопласты плодов шиповника имеют овальную форму, а ландыша – более округлую, шаровидную.

В клетках мякоти зрелых плодов ядра плохо различимы, их можно рассмотреть только после специальной окраски.

Рассмотрев строение клеток мякоти различных плодов, изучив форму хромопластов, зарисовывают по 1–2 клетки с хромопластами всех изученных плодов растений. Делают необходимые обозначения.

## **Тема 5. ЗАПАСНЫЕ ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА. ЗАПАСНОЙ КРАХМАЛ**

Накопление большого количества запасных питательных веществ является особенностью растительной клетки. Это временно выведенные соединения из обмена веществ клетки. Запасные питательные вещества накапливаются в клетках растений в течение вегетационного периода и используются в период активного роста и развития растения. У многолетних травянистых растений запасные питательные вещества концентрируются в зимующих органах (корневище, клубни, луковицы, корнеплоды), а у однолетних – в семенах и плодах. Запасные питательные вещества в клетках растений накапливаются в виде углеводов, белков и жиров.

**Углеводы** в клетках растений присутствуют в виде моносахаридов, дисахаридов и полисахаридов. *Моносахариды* ( $C_6H_{12}O_6$ ) представлены виноградным (глюкоза) и плодовым (фруктоза) сахарами, которые являются водорастворимыми веществами и накапливаются в клеточном соке. Эти сахара преимущественно накапливаются в плодах (яблоня, виноград, груша), а также в стеблях (кукуруза, сорго), листьях (лук) и других органах растений. *Дисахариды* ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), как резервные вещества, представлены в клетках растений водорастворимым веществом сахарозой, которая накапливается в корнеплодах сахарной свеклы, в стеблях сахарного тростника. Из *полисахаридов* самым распространенным запасным питательным веществом растительной клетки является крахмал, также встречаются инулин, гликоген, гемицеллюлоза.

**Крахмал** по происхождению подразделяют на ассимиляционный (первичный), транзитный (переходный) и запасной (вторичный). *Первичный* крахмал возникает в процессе фотосинтеза в хлоропластах из глюкозы и имеет вид мелких крупинок. Однако в хлоропластах он не накапливается. Под действием фермента амилазы первичный крахмал переводится в растворимую форму (гидролиз до глюкозы) и транспортируется в органы запаса растений. *Вторичное* превращение крахмала происходит в лейкопластах, в которых он накапливается в форме крахмальных зерен различного строения.

*Запасной* крахмал накапливается в клубнях, корневищах, корнях, семенах и других органах растений. Особенно много крахмала содержится в зерновках риса (60–70 %), кукурузы (50–55 %), пшеницы (45–50 %), а также в клубнях картофеля (18–22 %).

**Крахмальные зерна** по строению подразделяются на простые, сложные и полусложные. *Простые* крахмальные зерна имеют один центр крахмалообразования, вокруг которого формируются слои крахмала. Простые зерна крахмала могут иметь эксцентрическую (искривленная форма со смещенным центром крахмалообразования) и концентрическую форму. Если слои крахмала равномерно откладываются вокруг центра крахмалообразования, то формируются крахмальные зерна концентрической формы (Мятликовые, Бобовые). Когда слои крахмала откладываются неравномерно, то образуется крахмальное зерно эксцентрической формы (картофель). *Полусложные* крахмальные зерна имеют несколько центров (2–3 и более), окруженных общими слоями крахмала. *Сложные* крахмальные зерна состоят из множества мелких простых крахмальных зерен, каждое из которых имеет свой центр крахмалообразования и слои крахмала.

Видимая слоистость крахмальных зерен обусловлена неодинаковым обводнением слоев крахмала.

Простые крахмальные зерна имеют пшеница, рожь, кукуруза, сложные – рис, овес, гречиха. В клубнях картофеля встречаются все три типа крахмальных зерен. Форма, размер, строение крахмальных зерен специфичны для вида растения. Анализ муки, основную массу которой составляет крахмал, позволяет установить, из какого растения она получена и нет ли в ней примесей.

**Материал:** клубни картофеля (*Solanum tuberosum* L.), семена гороха (*Pisum sativa* L.), зерновка кукурузы (*Zea mays* L.), овса (*Avena sativa* L.), пшеницы (*Triticum aestivum* Vill.)

#### **Задание.**

1. Приготовить временные препараты из клубня картофеля, семени гороха, зерновки кукурузы, пшеницы, овса.

2. Рассмотреть строение крахмальных зерен клубня картофеля, семян гороха, эндосперма зерновки кукурузы, пшеницы, овса.

3. Приготовить временный препарат из муки и определить ее состав.

4. Зарисовать крахмальные зерна картофеля, кукурузы, пшеницы, овса и гороха.

**Выполнение работы.** Клубень картофеля разрезают на небольшие кубики. Свежесрезанной стороной кубика картофеля делают мазок по предметному стеклу в капле воды. Из разрушенных клеток в воду вымываются крахмальные зерна, в результате чего вода на предметном стекле мутнеет. Эту каплю накрывают покровным стеклом и рассматривают при малом, а затем при большом увеличении микроскопа. При большом увеличении хорошо видны крупные бесцветные овальные крахмальные зерна с эксцентрической слоистостью. При рассмотрении слоистости крахмальных зерен картофеля необходимо слегка вращать микровинт. Среди множества простых крахмальных зерен картофеля также встречаются полусложные и сложные формы (рис. 12).

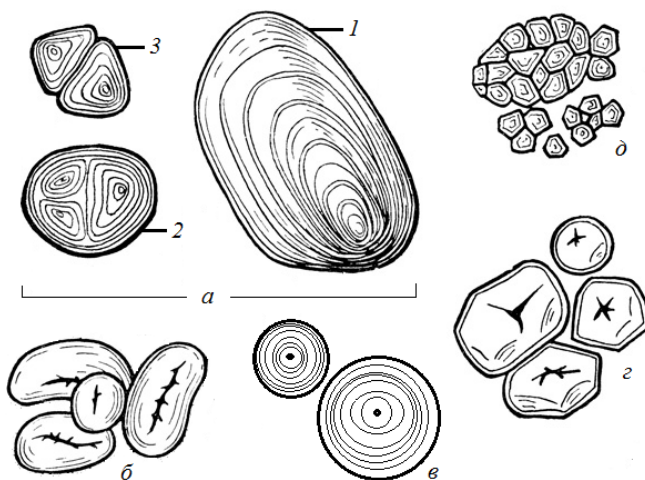


Рис. 12. Крахмальные зерна различных культурных растений:  
*а* – картофель; *б* – горох; *в* – пшеница; *г* – кукуруза; *д* – овес; 1 – простое крахмальное зерно; 2 – полусложное крахмальное зерно; 3 – сложное крахмальное зерно

С семени гороха снять семенную оболочку. С поверхности семядоли гороха с помощью лезвия или иглки необходимо наскоблить крахмала на предметное стекло. Сделать временный препарат, используя воду. В поле микроскопа видны простые крахмальные зерна гороха эллиптической формы. В центре крахмального зерна хорошо различима трещина в виде ломаной кривой (рис. 12).

Методика изготовления препарата из зерновки пшеницы, кукурузы и овса идентична. Зерновку разрезают продольно. С помощью иглы

извлекают немного эндосперма и переносят его в каплю воды на предметное стекло. Затем покрывают покровным стеклом и рассматривают при малом, а затем при большом увеличении микроскопа.

Крахмальные зерна пшеницы простые округлой формы. Более крупные крахмальные зерна пшеницы имеют концентрическую слоистость.

Крупные овальные сложные крахмальные зерна овса состоят из большого числа многогранных простых зерен. В крахмальных зернах овса слоистость отсутствует.

Крахмальные зерна овса простые многогранные со сглаженными углами. В центре крахмального зерна хорошо различима трещина в виде штриха, галочки или звездочки.

На предметное стекло в каплю воды помещают неопределенный мучной состав и покрывают покровным стеклом. Зная строение крахмальных зерен изученных растений, определяют, семена и зерно каких растений были использованы.

Рассмотрев строение крахмальных зерен клубней картофеля, семян гороха, зерновок пшеницы, овса и кукурузы, зарисовывают по 1–2 крахмальных зерна изученных растений. Делают необходимые обозначения. Делают вывод о видовом составе растений, используемых для изготовления муки.

## **Тема 6. ЗАПАСНЫЕ ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА. ЗАПАСНЫЕ БЕЛКИ И ЖИРЫ**

Запасные белки (протеины) являются простыми белками, которые состоят только из аминокислот. Для запасных белков характерна инертность, поэтому они трудно вступают в различные реакции. Запасные белки откладываются чаще всего в форме *алейроновых зерен* (бобовые, зерновые, гречишные). Иногда запасные белки откладываются в виде кристаллоидов, которые способны к набуханию и окрашиванию (клубни картофеля).

Алейроновые зерна образуются из вакуолей в результате их обезвоживания, что наблюдается при созревании семян. В прорастающих семенах происходит обратный процесс – набухание алейроновых зерен и их превращение снова в вакуоли. Алейроновые зерна бывают простые и сложные. Простые зерна имеют только аморфный белок альбумин (бобовые, рис, кукуруза, гречиха). В сложных алейроновых зернах кроме аморфного белка также содержатся кристаллоиды глобулина и глобиды фитина с запасным фосфором (лен, тыква, подсолнечник).

Размеры (0,2–20 мкм) и строение алейроновых зерен специфично для каждого вида растений. Содержание запасного белка в сельскохозяйственных культурах также различно: картофель – 8–10 %; пшеница, кукуруза, ячмень, гречиха – 11–12; горох, фасоль – 22–25; соя – 33–35 %.

Запасные жиры широко распространены в растительных клетках в цитоплазме, а также в пластидах (элайопласты) и митохондриях. Жирные масла представляют собой соединения жирных кислот и глицерина (сложные эфиры). Они нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в бензине, хлороформе.

Запасные жиры самые высокоэнергетические запасные питательные вещества. У большинства растений запасные жиры являются жидкими и накапливаются в виде липидных капель различного размера. Запасные твердые жиры содержат семена шоколадного дерева и кокосовой пальмы. Много запасных жиров содержится в семенах масличных культур: подсолнечник – 50–52 %; лен масличный – 37–40; рапс – 40–45; арахис, клещевина – 55–60 %.

**Материал:** зерновки пшеницы (*Triticum aestivum* Vill.), семена фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.).

#### **Задание.**

1. Приготовить временные препараты продольного среза зерновки пшеницы и среза семян в капле реактива йод + йодид калия (KI<sub>2</sub>) или использовать фиксированные препараты.

2. Найти при малом, а затем и при большом увеличении микроскопа алейроновый слой зерновки пшеницы.

3. Зарисовать несколько клеток алейронового слоя в строении зерновки пшеницы, сделать необходимые обозначения.

4. При малом, а затем и при большом увеличении микроскопа рассмотреть строение клеток семян фасоли.

5. Зарисовать несколько клеток семян фасоли, сделать необходимые обозначения.

**Выполнение работы.** Для рассмотрения строения алейронового слоя делают несколько продольных срезов зерновки пшеницы. На предметное стекло капают реактив и при помощи пинцета или кисточки в него переносят срез зерновки, накрывают покровным стеклом. Для ускорения работы можно использовать фиксированный препарат.

При малом увеличении микроскопа находят тонкий участок среза, на котором хорошо виден золотисто-коричневый ряд клеток алейронового слоя. У зерновых культур запасные белки локализованы в отдель-

ном алейроновом слое, который расположен сразу под семенной и плодовой оболочками (рис. 13).

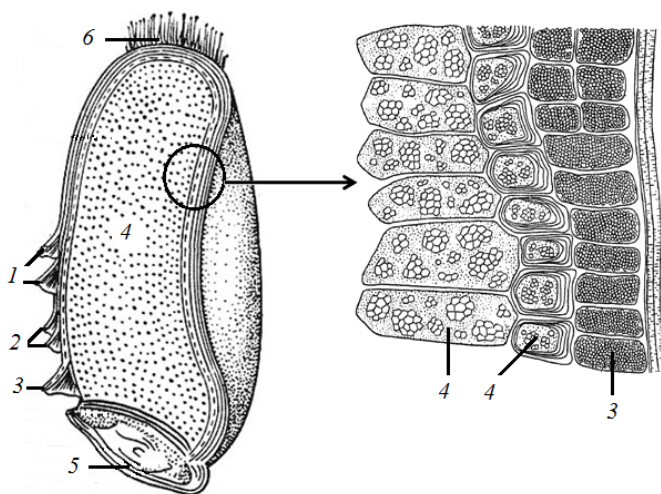


Рис. 13. Строение зерновки пшеницы:

1 – плодовая оболочка; 2 – семенная оболочка; 3 – алейроновый слой;  
4 – запасной крахмал; 3 и 4 – эндосперм; 5 – зародыш; 6 – хохолок

При большом увеличении микроскопа видно, что клетки алейронового слоя имеют кубическую форму, плотно сомкнуты и заполнены мелкими округлыми алейроновыми зернами. Алейроновые зерна пшеницы сложные, так как в них есть включения. Наибольшее количество запасного белка содержат зерновки твердой пшеницы, чем объясняются их технологические качества.

Запасные белки бобовых рассматривают на примере среза семядоли фасоли (рис. 14). Тонкий срез семядоли фасоли помещают в реактив на предметное стекло с небольшим добавлением глицерина. При малом увеличении микроскопа находят тонкий участок среза.

При большом увеличении микроскопа видно, что семядоли фасоли состоят из крупных паренхимных клеток. Внутри этих клеток хорошо заметны крупные овальные крахмальные зерна, между которыми находятся золотисто-желтые алейроновые зерна (рис. 14). В каждой клетке семядолей фасоли находятся как запасные углеводы (крахмальные зерна), так и запасные белки (алеироновые зерна).

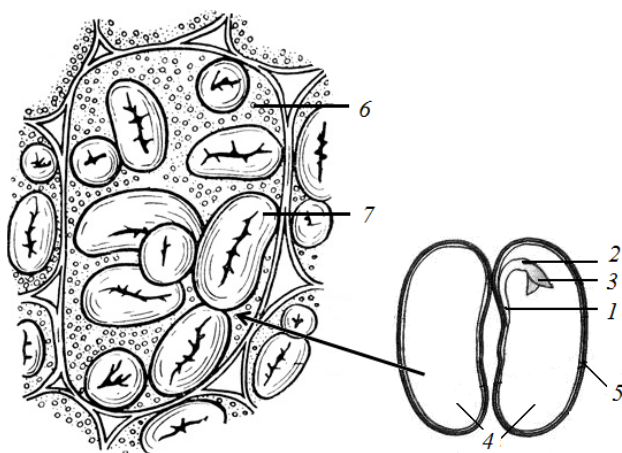


Рис. 14. Строение семядолей фасоли:

1 – зародышевый корешок; 2 – зародышевый стебелек; 3 – почка; 4 – семядоли;  
5 – семенная оболочка; 6 – алейроновые зерна; 7 – крахмальные зерна

Изучив микропрепараты зерновки пшеницы и семядолей фасоли, зарисовывают несколько клеток, включающих алейроновые зерна. Делают необходимые обозначения.

## Тема 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ

Образовательные ткани (меристемы) благодаря постоянному митотическому делению их клеток обеспечивают образование всех тканей растения, т. е. фактически формируют его. Клетки меристем мелкие, паренхимной формы, не имеют межклетников. Клеточные стенки тонкие, с малым содержанием целлюлозы. Цитоплазма густая, ядро крупное, расположено в центре. В клетке много рибосом, митохондрий и мелких вакуолей. Для клеток образовательных тканей характерно два свойства: способность к делению и к дифференциации.

По происхождению образовательные ткани могут быть первичными и вторичными.

**Первичные** меристемы происходят непосредственно из меристемы зародыша и обладают способностью к делению. У взрослых растений они сохраняются на верхушке стебля, вблизи кончика корня, а также в почках, основаниях междоузлий стебля и листовых пластинок.

**Вторичные** меристемы заново приобретают способность к активному делению. Они образуются первичными меристемами, почти утратившими способность к делению, или постоянными тканями.

По положению в растении меристемы подразделяют:

- на верхушечные (апикальные);
- боковые (латеральные);
- вставочные (интеркалярные);
- раневые.

**Верхушечные (апикальные)** меристемы располагаются у растений на верхушках стеблей, кончиках корней и обеспечивают рост растения в длину. Апикальные меристемы по происхождению только первичные, формируют конусы нарастания побега и корня. В конусе нарастания побега различают два слоя: 1) туника, из которой образуется эпидерма; 2) корпус, который дает начало тканям первичной коры и центрального цилиндра стебля. В строении кончика корня выделяют: 1) дерматоген, который дает начало эпиблеме; 2) периблема – образует ткани первичной коры; 3) плерома, из которой возникают ткани центрального цилиндра корня.

**Боковые (латеральные)** меристемы по происхождению могут быть первичными и вторичными. На поперечном срезе корня и стебля они имеют вид окружности. К первичным боковым меристемам относятся *прокамбий*, *перицикл*, которые возникают сразу под конусами нарастания корня, стебля и непосредственно связаны с ними. Вторичные боковые меристемы представляют *камбий* и *феллоген*.

Прокамбий формирует первичные элементы проводящих комплексов (флоэмы и ксилемы), а камбий – вторичные. Феллоген образует перидерму, в состав которой входит вторичная покровная ткань (пробка). Боковые меристемы располагаются параллельно поверхности корня и стебля и обеспечивают утолщение.

**Вставочные (интеркалярные)** являются первичными остаточными меристемами. Они сохраняются в виде отдельных участков в зонах активного роста в различных частях растения: в основании черешков листьев, у оснований междоузлий. У злаковых растений они обеспечивают рост каждого междоузлия, а значит, стебля в длину.

**Раневые** меристемы образуются при повреждении тканей и органов растений. Вокруг повреждения живые клетки начинают делиться, превращаясь во вторичную раневую меристему. Эти меристемы образуют *каллюс* – плотную защитную ткань белого или желтоватого цвета, состоящую из паренхимных клеток. Эта ткань возникает при прививках, обеспечивая срастание привоя с подвоем и в основании черенков.

**Материал:** верхушечная почка элодеи (*Elodea canadensis*), кончик корня пшеницы (*Triticum aestivum* Vill.), микропрепараты.

**Задание.**

1. Изучить общие черты и отличительные признаки микроскопического строения конуса нарастания побега, используя постоянный препарат продольного среза верхушечной почки элодеи.

2. Приготовить временный препарат кончика корня проростка пшеницы.

3. Зарисовать строение верхушечной почки элодеи, несколько клеток первичной меристемы и сформировавшегося листа, сделать соответствующие обозначения.

4. Рассмотреть общие черты и отличительные признаки микроскопического строения конуса нарастания корня проростка пшеницы.

5. Зарисовать кончик корня, обозначить корневой чехлик и его составляющие слои.

**Выполнение работы.** Для рассмотрения строения первичных меристем конуса нарастания побега используют фиксированный препарат верхушечной почки элодеи, окрашенный гематоксилином.

При малом увеличении микроскопа в центре разреза почки виден удлинённый конус нарастания с округлой верхушкой. Над конусом нарастания виден как бы свод, образованный листьями (рис. 15).

Проследим возникновение листьев. Передвигая постепенно препарат, замечаем, что листовые бугорки появляются в виде небольших выростов на конусе нарастания. По мере удаления от верхушки эти бугорки увеличиваются и постепенно превращаются в примордиальные, а затем в настоящие листья.

В пазухе зачаточных листьев можно видеть вторичные бугорки – зачатки боковых почек, из которых в дальнейшем образуются пазушные почки. Рассмотрев это, делают контурный рисунок почки элодеи, обозначают в нем конус нарастания, зачатки листа и пазушной почки.

Затем строение конуса нарастания рассматривают при большом увеличении микроскопа. Клетки имеют многогранную паренхимную форму с крупным ядром в центре и густой цитоплазмой. Клетки между собой соединены плотно, клеточные стенки тонкие, прозрачные.

Меняя поле зрения в микроскопе, удаляясь от конуса нарастания, видно, что клетки увеличиваются в размере, в них появляются вакуоли. Ядро занимает смещённое положение. Хорошо различимы границы клеток. Это означает, что ниже конуса нарастания начинается дифференциация клеток меристем в клетки постоянных тканей.

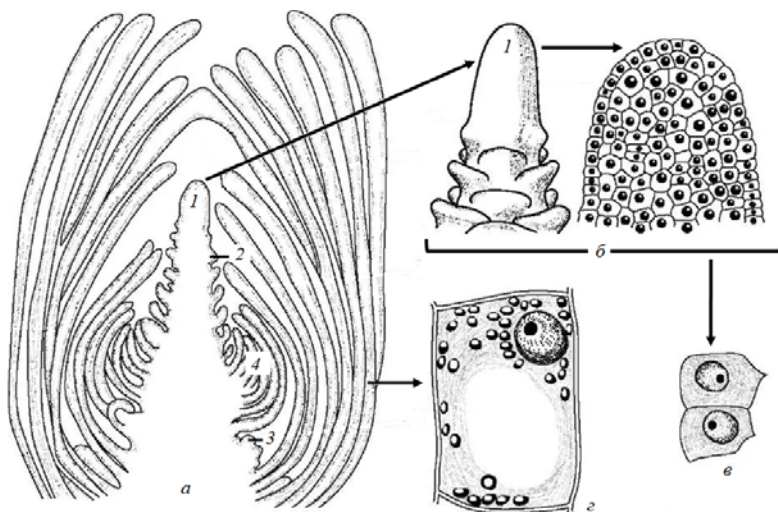


Рис. 15. Верхушечная почка побега элодеи:

*а* – продольный срез почки; *б* – конус нарастания (внешний вид и разрез); *в* – клетки конуса нарастания в увеличенном виде; *г* – клетки из сформировавшегося листа;  
 1 – конус нарастания побега; 2 – зачаток листа; 3 – зачаток пазушной почки;  
 4 – листовые примордии

Необходимо зарисовать несколько клеток конуса нарастания и для сравнения несколько клеток сформированного листа элодеи.

Для рассмотрения строения конуса нарастания корня используют проростки пшеницы. Для этого отделяют один кончик корня длиной 1–1,5 см. Помещают корешок в каплю воды на предметное стекло и накрывают его покровным стеклом, слегка придавив.

При малом увеличении микроскопа на кончике корня хорошо различим корневой чехлик. Он состоит из тонкостенных клеток, мелких у основания и более крупных на вершине. Наружные клетки чехлика все время отслаиваются («рассыпаны» вокруг корневого чехлика), а изнутри нарастают новые клетки (рис. 16).

Сразу за корневым чехликом располагаются первичные меристемы конуса нарастания корня. Верхушка конуса нарастания состоит из однородных тонкостенных паренхимных клеток, которые представляют собой зону деления корня.

Выше клетки увеличиваются, вытягиваются в длину, формируют зону растяжения конуса нарастания. В этой части корня хорошо раз-

личима продольная слоистость: поверхностный слой – дерматоген, центральный темноокрашенный слой – плерома и светлоокрашенный промежуточный между ними слой – периблема. Протяженность конуса нарастания корня составляет 0,5–2,0 мм.

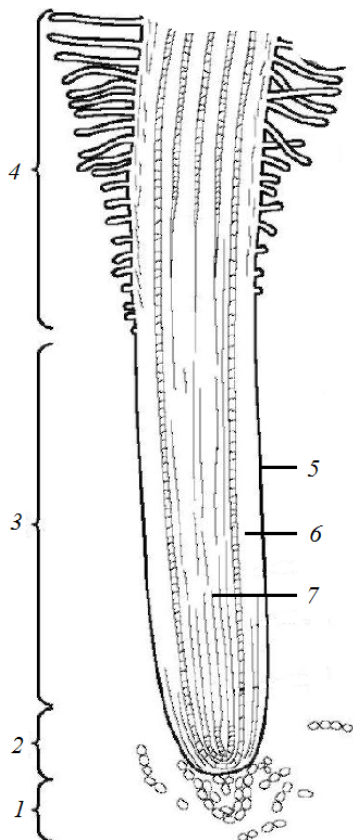


Рис. 16. Кончик корня проростка пшеницы:  
 1 – корневой чехлик; 2 – зона растяжения; 3 – зона деления;  
 2–3 – конус нарастания корня; 4 – зона всасывания;  
 5 – дерматоген; 6 – периблема; 7 – плерома

При дальнейшем изучении препарата видно, что выше зоны растяжения возникает на поверхности корня множество бугорков, которые постепенно вытягиваются и превращаются в корневые волоски.

Зарисовывают кончик корня и приводят соответствующие обозначения: корневой чехлик, дерматоген, периблема, плерома.

## Тема 8. ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ. ЭПИДЕРМА

Покровные ткани находятся на поверхности всех органов растений и выполняют функцию защиты внутренних тканей от неблагоприятных внешних воздействий (излишнее испарение, температура окружающей среды, проникновение микроорганизмов, механические повреждения), а также осуществляют связь растений с окружающей средой. Для покровных тканей характерны следующие особенности клеточного строения:

- клетки плотно сомкнуты, без межклетников;
- клеточные оболочки часто утолщены и имеют различные химические изменения (кутинизация, опробковение);
- для сообщения с внешней средой в покровных тканях есть специализированные структуры (устьице, чечевички, корневые волоски).

По происхождению покровные ткани классифицируют на первичные (эпидерма, эпиблема) и вторичные (пробка, корка).

**Эпиблема** – это первичная покровная ткань корня в зоне всасывания. Она образуется из наружного слоя клеток апикальной меристемы корня. Эпиблема обеспечивает всасывание и избирательное поглощение из почвы воды с растворенными в ней элементами минерального питания, а также выделение в почву различных веществ.

Клетки эпіблемы тонкостенные, лишённые кутикулы, расположенные в один слой. Эпиблема не имеет устьиц. Поглощающая поверхность эпіблемы увеличивается за счёт образования корневых волосков.

*Корневой волосок* представляет собой вырост одной клетки эпіблемы (длиной 1–2 мм) и имеет форму замкнутой на конце трубки. Функционируют корневые волоски недолго (в среднем  $10\text{--}20$  дней) и затем отмирают. Количество корневых волосков на  $1\text{ мм}^2$  зоны всасывания корня у разных растений различно и в среднем составляет: кукуруза – 425 шт., яблоня – 300, горох – 230 шт.

**Эпидерма** – первичная покровная ткань листьев, цветков, травянистых стеблей, а также сочных плодов и семян. Она образуется из

наружного слоя клеток апикальных меристем конуса нарастания побега. Эпидерма защищает внутренние ткани от высыхания, повреждения, препятствует проникновению микроорганизмов, а также обеспечивает взаимодействие с окружающей средой (транспирация и газообмен).

В структуре эпидермы различают ее основные клетки, устьица и трихомы.

Основные клетки эпидермы состоят из живых клеток паренхимной или слегка вытянутой формы, плотно примыкающих друг к другу. Клеточные стенки имеют извилистую форму, что обеспечивает прочное соединение клеток. В центре клеток находится крупная вакуоль, вокруг ядра группируются многочисленные лейкопласты. В основных клетках эпидермы хлоропластов или хромопластов нет. Внешние участки клеточных стенок утолщаются и пропитываются кутином, что приводит к формированию на поверхности органов сплошного слоя – кутикулы. Часто на поверхности кутикулы образуется восковой налет, который еще больше снижает проницаемость кутикулы для воды и газов. Этот сизый, легко стирающийся налет хорошо заметен на листьях капусты, плодах сливы, винограда. Если его удалить, то плоды будут быстрее портиться. Мощность кутикулы и ее состав во многом определяют химическую стойкость и проницаемость эпидермы. В условиях засушливого климата у растений развивается более толстая кутикула. У растений, погруженных в воду, кутикулы нет.

*Устьице* – это специализированные структуры эпидермы, которые регулируют газообмен и транспирацию. Каждое устьице состоит из двух замыкающих клеток и устьичной щели между ними. Под устьищем находится воздушная полость, которая способствует лучшему газообмену между внутренними органами и внешней средой. Замыкающие клетки и примыкающие к ним основные клетки эпидермы составляют *устьичный аппарат*.

В зависимости от условий внешней среды (в первую очередь от обеспеченности растений водой) происходит открывание и закрывание устьиц, в результате чего регулируется интенсивность транспирации. Механизм этого процесса определяется строением замыкающих клеток: своеобразная форма, наличие хлоропластов, неравномерно утолщенные участки клеточной стенки. Внешние участки клеточной стенки более тонкие, а внутренние, обращенные к устьичной щели, – наиболее утолщены. Движение замыкающих клеток устьиц основано на явлениях тургора и плазмолиза. Устьица преимущественно расположены в эпидерме листа, при этом большая их часть сосредоточена

на нижней поверхности листа, что способствует менее интенсивной транспирации. Количество устьиц сильно варьирует в зависимости от вида растений (250–550 устьиц и более на 1 мм<sup>2</sup>) и условий произрастания.

**Материал:** свежие или фиксированные листья ириса или другого растения (традесканция пурпурная *Tradescantia pallida*), постоянный микропрепарат поперечного среза листа ириса (*Iris germanica* L.).

**Задание.**

1. Приготовить временный препарат эпидермы листа традесканции и ознакомиться с характерными особенностями ее строения.
2. Изучить детальное строение устьичного аппарата (клетки эпидермы, замыкающие клетки), рассмотрев временный препарат эпидермы при большом увеличении микроскопа.
3. Рассмотреть постоянный препарат, изучив детальное строение устьичного аппарата на поперечном срезе листа ириса.
4. Зарисовать несколько клеток эпидермы и устьичный аппарат листьев (ирис, традесканция), вид с поверхности и в поперечном срезе, сделать необходимые обозначения.

**Выполнение работы.** С нижней поверхности листа традесканции снимают кусочек эпидермы, захватив его пинцетом у края надреза. Кусочек эпидермы кладут неповрежденной поверхностью вверх в каплю воды на предметное стекло и накрывают покровным стеклом.

На самом тонком месте препарата (клетки расположены в один слой) при малом увеличении микроскопа видны удлинённые клетки эпидермы, между которыми расположены округлые более мелкие замыкающие клетки устьиц (рис. 17).

Детальное строение эпидермы изучают при большом увеличении микроскопа. Основные клетки эпидермы имеют утолщённые клеточные стенки с простыми порами, а также крупные вакуоли, цитоплазмы, ядро, из пластид представлены лейкопласты. Хлоропластов в клетках эпидермы нет. Между замыкающими клетками устьиц находится устьичная щель. Стенки замыкающих клеток со стороны основных клеток эпидермы более тонкие, чем со стороны щели. В замыкающих клетках есть хлоропласты.

Поперечный срез листа даёт более подробную картину строения устьичного аппарата. На постоянном препарате поперечного среза листа ириса находят устьичный аппарат и рассматривают его при большом увеличении микроскопа. Среди крупных клеток основной эпидермы расположены углубления с двумя маленькими яйцевидными

замыкающими клетками. Между ними есть щель, а под ними всегда находится воздушная полость.

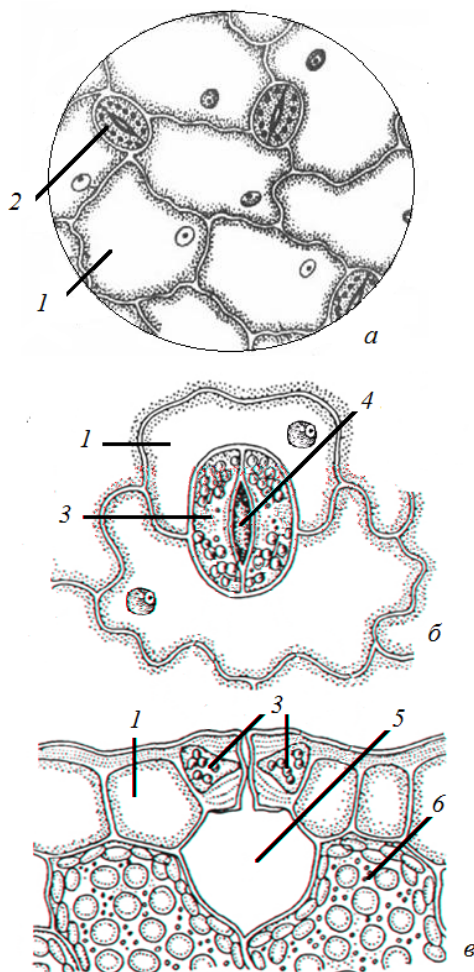


Рис. 17. Строение эпидермы листа:  
*а* – вид с поверхности; *б* – устьичный аппарат; *в* – поперечный срез;  
 1 – клетки эпидермы; 2 – устьице; 3 – замыкающие клетки  
 с хлоропластами; 4 – устьичная щель;  
 5 – воздушная полость; 6 – клетки мезофилла листа

На препарате хорошо заметна кутикула в виде блестящей прозрачной полоски на наружной поверхности клеток эпидермы. Наружная клеточная стенка клеток эпидермы значительно толще, чем боковые и внутренняя.

После детального изучения временного и постоянного микропрепаратов строения эпидермы и устьичного аппарата выполняют рисунки и делают соответствующие обозначения.

## **Тема 9. ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ. ВЫРОСТЫ ЭПИДЕРМЫ (ТРИХОМЫ)**

Защитная функция эпидермы усиливается выростами ее клеток.

Трихомы – это различные по форме, строению и функции выросты клеток эпидермы (волоски, чешуйки, щетинки, бугорки). Они могут быть одноклеточными (яблоня) и многоклеточными (картофель), простыми и ветвистыми (коровяк, лох), живыми (крапива) и мертвыми, заполненными воздухом. Если клетки волосков одревесневают, то образуются шипы (малина, роза, шиповник).

Трихомы подразделяются на кроющие и железистые волоски.

Кроющие волоски образуются из покровных тканей и служат для защиты растения от неблагоприятных факторов внешней среды. Мертвые кроющие волоски, заполненные воздухом, образуют на поверхности органов растений шерстистый, войлочный покров беловатого или сероватого цвета. Такие трихомы являются приспособлением растения, обеспечивающего защиту от перенагревания листьев и стеблей, а также снижения испарения с их поверхности.

Некоторые кроющие волоски могут служить растению защитой от поедания животными; плотно расположенные жесткие, острые щетинки и войлочный покров предохраняют листья и стебли от объедания слизняками и отчасти от поедания травоядными млекопитающими.

Морфологическое разнообразие кроющих волосков очень велико, что позволяет использовать этот признак для целей систематики.

Железистые волоски часто рассматривают в составе выделительных тканей наружной секреции, так как они имеют секреторные клетки с продуктом вторичного обмена: алкалоидами, эфирными маслами и т. д. Железистые волоски также могут быть одноклеточными или многоклеточными, обычно они долговечнее кроющих.

Жгучие одноклеточные волоски крапивы образованы живыми клетками с ядовитым клеточным соком. Прикосновение кожи человека к жгучим волоскам крапивы вызывает ее болезненное воспаление.

Многоклеточные волоски обычно имеют одноклеточную или многоклеточную ножку, заканчивающуюся шаровидной головкой, покрытой кутикулой (пеларгония, лопух, марь белая). Железистые волоски с многоклеточной головкой называют железками.

Железистые волоски с эфирными маслами выполняют у разных видов различные функции. Эфирные масла защищают растения от поедания животными и препятствуют заражению патогенными грибами и бактериями; служат для привлечения опылителей-насекомых, что способствует опылению цветков.

К трихомам также относятся и цепкие волоски, способствующие закреплению растения на опоре. Такие волоски есть на листьях хмеля, подмаренника цепкого, фасоли многоцветковой (рис. 18).

**Материал:** свежие или сухие листья яблони (*Malus domestica* L.), крапивы (*Urtica dioica* L.), лоха (*Elaeagnus argentea* L.) или облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.), картофеля (*Solanum tuberosum* L.), коровяка (*Verbáscum thápsus* L.), подмаренника (*Gálium*), хмеля (*Húmulus lupulus* L.) и других растений.

#### **Задание.**

1. Приготовить временные препараты выростов эпидермы различных растений.

2. Рассмотреть их строение при малом увеличении микроскопа и зарисовать.

**Выполнение работы.** С нижней стороны листа бритвой или иглой на предметное стекло соскабливают волоски, добавляют каплю воды и закрывают покровным стеклом. Изготовленный препарат рассматривают при малом увеличении микроскопа.

В препарате листа яблони при малом увеличении микроскопа видны длинные изогнутые клетки с толстыми клеточными стенками и без протопластов. Трихомы листа яблони являются одноклеточными мертвыми волосками. Лист коровяка с обеих сторон густо покрыт волосками. Они мертвые, имеющие сложное многоклеточное строение. Ось первого порядка волоска образована 2–5 клетками. От нее отходят несколько ярусов одноклеточных разветвлений, расположенных в виде мутовок (рис. 18).

Трихомы листа лоха представлены многоклеточными мертвыми чешуйками. Каждая чешуйка имеет форму плоской звездочки, в которой каждый луч представлен отдельной клеткой.

Листья картофеля покрыты многоклеточными мертвыми волосками. Отдельный волосок состоит из ряда линейно расположенных клеток. В целом волосок изогнут и суживается от основания к вершине.

Для приготовления препарата листа крапивы используют бритву, с помощью которой с жилки нижней стороны листа срезают тонкую полоску эпидермы. При рассмотрении препарата хорошо различимы как простые мелкие, так и крупные железистые волоски крапивы. Крупные железистые волоски крапивы имеют особое строение. На многоклеточном зеленом основании крепится одна крупная клетка, которая вытянута в острое и заканчивается маленькой круглой головкой. Клеточная стенка этой клетки пропитана кремнеземом. При соприкосновении с этим крупным волоском ее головка легко отламывается. Острым изломом волосок легко прокалывает кожу и в рану попадает жгучий клеточный сок.

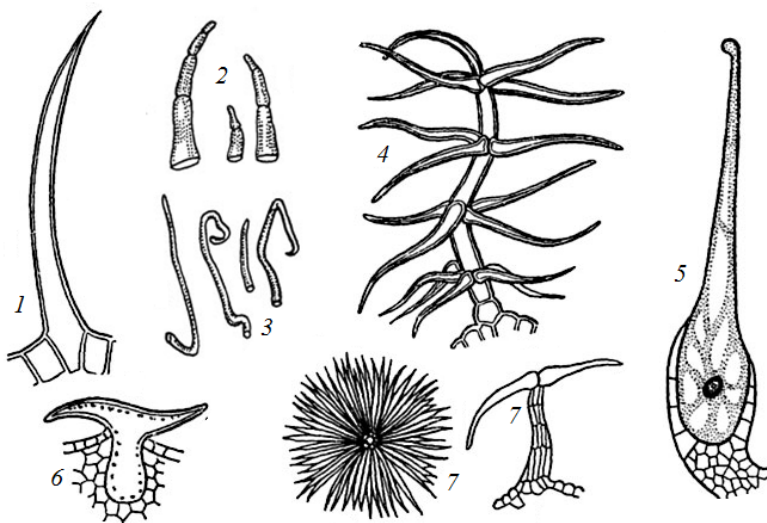


Рис. 18. Выросты (трихомы) эпидермы листа:  
1 – подмаренник; 2 – картофель; 3 – яблоня; 4 – коровяк;  
5 – крапива; 6 – хмель; 7 – лох

Изучив микропрепараты различных трихом, зарисовывают 1–2 волоска каждого вида и обозначают их.

## Тема 10. ПОКРОВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ. ПЕРИДЕРМА. КОРКА

У многолетних растений по мере роста стебля эпидерма сменяется вторичной покровной тканью пробкой, которая более надежно защищает зимующие органы растений, не препятствуя их росту в толщину.

Формированию пробки предшествует появление вторичной меристемы – **пробкового камбия** (*феллогена*). Пробковый камбий возникает из основной паренхимы, лежащей под эпидермой (смородина, малина, черемуха), или из клеток самой эпидермы (вишня, слива, груша, ива). Пробковый камбий работает двухсторонне: его клетки делятся параллельно поверхности органа (тангентально) и дифференцируются в две различные ткани. Наружу откладываются клетки пробки, а внутрь – пробковой паренхимы. В результате формируется единый покровный комплекс **перидерма**, который включает: *пробку* (феллема), *пробковый камбий* (феллоген) и *пробковую паренхиму* (феллодерма). Перидерма включает вторичные покровные (пробка), образовательные (пробковый камбий) и основные (пробковая паренхима) ткани (рис. 19).

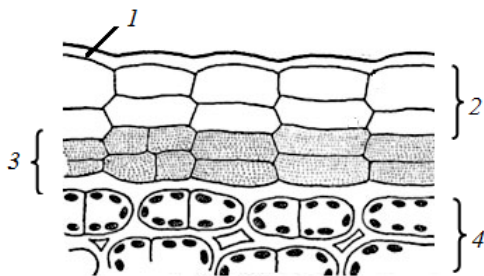


Рис. 19. Участок перидермы:  
1 – остатки эпидермы; 2 – пробка;  
3 – пробковый камбий; 4 – пробковая паренхима

**Пробка** (феллема) состоит из нескольких слоев плотно сомкнутых (без межклетников) клеток прямоугольной формы. Их клеточная оболочка пропитывается *суберином* (опробковение). В результате опробковения клетка становится непроницаемой для воды и газов, что вызывает отмирание протопласта. Полости клеток заполняются воздухом, дубильными или смолистыми веществами. У березы в клетках пробки находится бетулин, который придает ей белый цвет.

Пробка является мертвой вторичной покровной тканью, которая образуется как на стеблях и корнях кустарников и деревьев, так и на подземных органах многолетних трав (корнях, корневищах, клубнях). Пробка защищает органы растений от излишней потери воды, проникновения микроорганизмов, резких колебаний температуры (обладает малой теплопроводностью), а также выполняет функцию механической защиты, так как обладает значительной толщиной (до 7–8 см).

Для сообщения с внешней средой (газообмен, транспирация) в пробке закладываются *чечевички*. На поверхности органа она выглядит как сероватый или буроватый бугорок. Чечевичка представляет собой разрыв пробки, в котором клетки очень рыхло расположены. По межклетникам этого участка ткани циркулируют газы и водяные пары. С наступлением холодов чечевичка закрывается замыкающим слоем (состоит из плотно соединенных клеток), который весной вновь разрывается.

**Пробковая паренхима** (феллодерма) состоит из живых рыхло расположенных клеток, в которых часто есть хлоропласты.

У большинства древесных растений по мере утолщения стволов пробка заменяется *коркой*. Она представляет собой совокупность отмерших комплексов перидермы. Формирование корки происходит в результате многократного последовательного функционирования пробкового камбия. Происходит это следующим образом. Первый пробковый камбий функционирует недолго. На смену ему в более глубоких слоях закладывается второй пробковый камбий, который формирует новый комплекс перидермы и через некоторое время прекращает свою деятельность. Живые ткани, лежащие между слоями пробки, изолированы от внутренней части стебля и отмирают. Многократное заложение пробкового камбия происходит в течение всей жизни растения. Так формируется единый покровный комплекс – корка.

Изнутри корка ежегодно получает прирост, а с поверхности она постепенно разрушается, периодически отделяется и спадает. Корка не способна к растяжению, поэтому по мере утолщения ствола в ней образуются трещины, на дне которых в самом нижнем слое перидермы имеются чечевички, необходимые для газообмена.

В зависимости от способа заложения пробкового камбия образуются различные виды корки (рис. 20):

1) кольчатая (кольцевая) корка формируется при круговом заложении феллогена, по мере разрастания расщепляется вдоль и сбрасывается на всем протяжении стебля в виде длинных полос, что снижает его массу (виноград, лимонник, жимолость, кипарис, эвкалипт);

2) чешуйчатая корка – феллоген закладывается отдельными участками, поэтому корка формируется неправильными кусками и отличается наличием глубоких трещин (дуб, липа, клен и другие растения).

Формирование корки у древесных растений происходит в разном возрасте: у яблони, груши, сосны – на 5–8-й год жизни, у дуба, ели, березы – на 25–35-й год жизни, у граба, пихты – после 50 лет. У некоторых древесных пород (бук, лещина, рябина, черемуха) корка не образуется, на их стволах защитную функцию выполняет первоначальный комплекс перидермы.

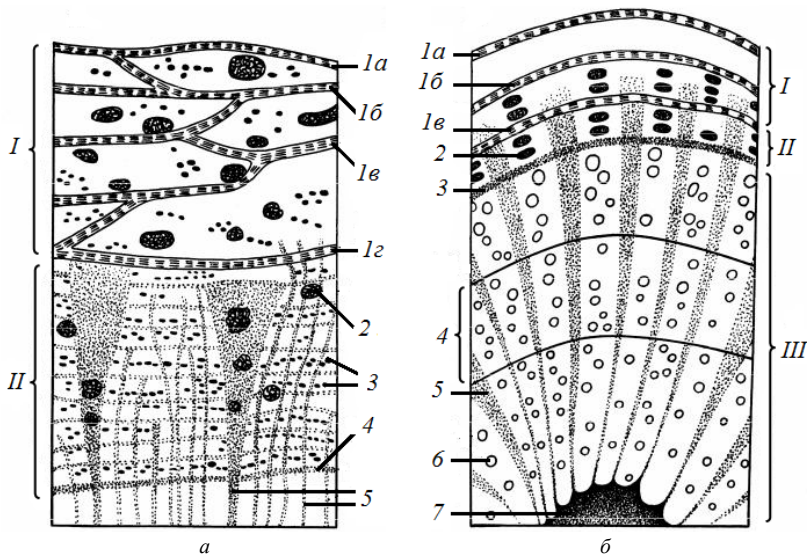


Рис. 20. Схемы строения корки разных растений:

*а* – чешуйчатая корка дуба: I – корка; II – луб; 1а, 1б, 1в, 1г – слои пробки нескольких перидерм; 2 – каменные клетки; 3 – лубяные волокна; 4 – камбий; 5 – сердцевинные лучи; *б* – кольчатая корка винограда: I – корка; II – луб; III – древесина; 1а, 1б, 1в – слои пробки нескольких перидерм; 2 – каменные клетки; 3 – камбий; 4 – годовичное кольцо; 5 – сердцевинные лучи; 6 – сосуды; 7 – сердцевина

**Материал:** одно- или двухлетние стебли бузины (*Sambucus racemosa* L.), клубни картофеля (*Solanum tuberosum* L.), кусочки корки вишни (*Cerasus vulgaris* L.) или дуба (*Quercus robur* L.), выдержанные в смеси спирта с глицерином, корка березы (*Betula verrucosa* L.), сосны (*Pinus sylvestris* L.), постоянный микропрепарат ветки бузины.

### Задание.

1. Рассмотреть пробку и чечевички на гербарных образцах ветвей бузины, березы, на клубнях картофеля.

2. Изучить микроскопическое строение перидермы, зарисовать ее и сделать соответствующие обозначения.

3. Приготовить микропрепарат поперечного клубня картофеля и изучить строение его перидермы.

4. Сделать микропрепарат поперечного среза корки вишни (дуба), изучить ее строение и зарисовать.

**Выполнение работы.** При внешнем рассмотрении ветвей растений и клубня картофеля хорошо различимы чечевички, которые похожи на бугорки, отличающиеся от пробки по цвету.

На постоянном микропрепарате ветки *бузины* хорошо различимы правильные радиальные ряды клеток *пробки*. Протопласты этих клеток отмерли. Под пробкой лежит слой плоских тонкостенных клеток с густым содержимым (рис. 21). Это пробковый камбий (вторичная меристема). Глубже от него располагается пробковая паренхима (хлорофиллоносная ткань). Расположение клеток пробковой паренхимы совпадает с клетками пробкового камбия, из которого она образовалась.

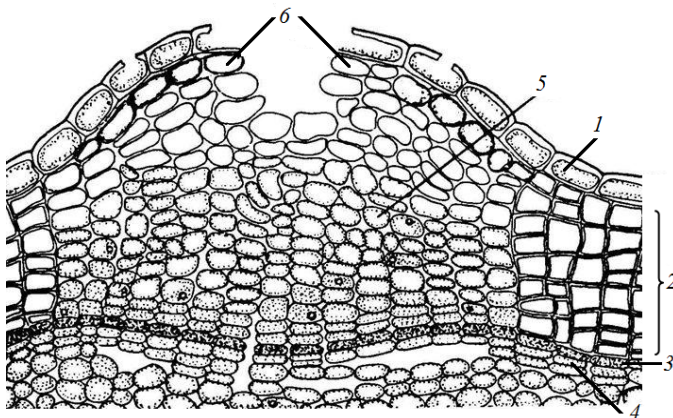


Рис. 21. Перидерма с чечевичкой стебля бузины:

1 – остатки эпидермы; 2 – пробка; 3 – пробковый камбий;  
4 – пробковая паренхима; 5 – выполняющая ткань; 6 – разрыв

Только по признаку расположения можно отличить клетки пробковой паренхимы от клеток первичной коры, которые лежат глубже. Три

ткани (пробка, пробковый камбий и пробковая паренхима) составляют комплекс перидермы. Их строение также рассматривают при большом увеличении микроскопа.

Рассматривая чечевичку при малом увеличении микроскопа, видно, что она имеет двояковыпуклое очертание. Чечевичка почти полностью заполнена округлыми рыхло расположенными клетками выполняющей ткани. Наружный более плотный слой представлен клетками пробки и имеет трещины. Пробковый камбий под чечевичкой также усиленно делится. Это видно из того, что к пробковому камбию под чечевичкой примыкает несколько слоев недифференцированных тканей (см. рис. 21).

Перидерма покрывает также зрелые клубни *картофеля*. На тонком поперечном срезе клубня хорошо различима пробка. Она представлена правильными радиальными рядами очень плоских, сплюснутых клеток с утолщенными клеточными стенками (рис. 22).

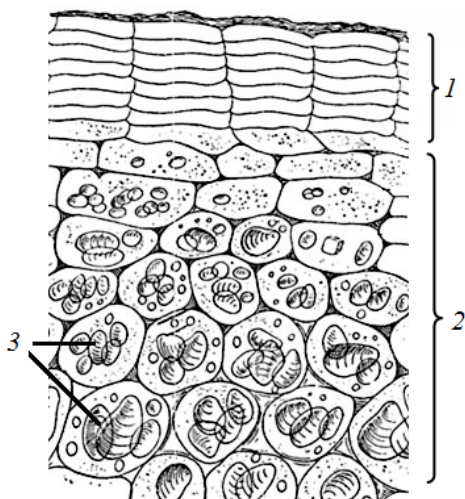


Рис. 22. Пробка клубня картофеля:  
1 – пробка; 2 – запасаящая паренхима; 3 – крахмальные зерна

Строение *корки дуба* можно рассмотреть на микропрепарате тонкого поперечного среза. При малом увеличении хорошо различимы слои пробки, в которых клетки располагаются правильными радиальными столбиками. Между слоями пробки расположены потемневшие участ-

ки отмерших тканей (паренхимы). В более глубоких слоях корки можно различить участки механических и проводящих тканей. Кора представляет собой комплекс тканей, наружные слои которой постепенно разрушаются и сбрасываются (рис. 23).

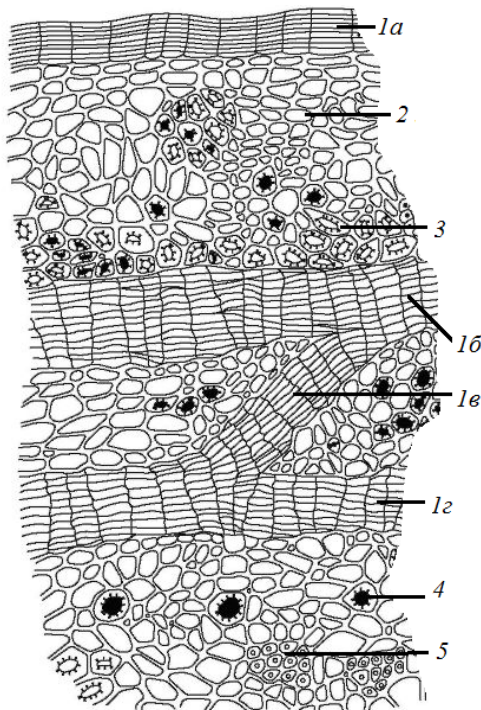


Рис. 23. Строение корки дуба:  
 1а, 1б, 1в, 1г – слои пробки нескольких перидерм;  
 2 – мертвая паренхима; 3 – каменные клетки;  
 4 – клетки с друзами; 5 – склеренхимные волокна

Зарисовать участок корки и сделать соответствующие обозначения.

## Тема 11. ОСНОВНЫЕ ТКАНИ

Основные ткани занимают в органах растения наибольший объем. По функциональному назначению эти ткани связаны прежде всего с синтезом, накоплением и использованием органических веществ, но

могут выполнять и другие функции. Основные ткани состоят из живых, тонкостенных, с простыми порами клеток паренхимной формы. Благодаря такому клеточному строению основные ткани очень часто называют паренхимами.

По происхождению основные ткани чаще всего бывают первичными, образованными из апикальных меристем, реже вторичными. Особенностью основных тканей является свойство их клеток приобретать способность к делению и таким образом давать начало вторичным меристемам. Меристематическая активность паренхим проявляется при заживлении ран, образовании придаточных корней и побегов.

В зависимости от выполняемой функции различают ассимиляционную, запасную, водоносную, воздухоносную и типичную паренхимы.

**Типичная** паренхима не имеет специфических, строго определенных функций. Она располагается внутри тела растения достаточно крупными массивами. Типичная паренхима заполняет сердцевину стебля, промежутки между механическими и проводящими тканями, формирует внутренние слои коры стебля и корня. Ее клетки образуют радиальные лучи в корне и сердцевинные лучи в стебле, по которым в горизонтальном направлении происходит перемещение вещества (рис. 24). Клетки типичной паренхимы могут давать начало вторичным меристемам.

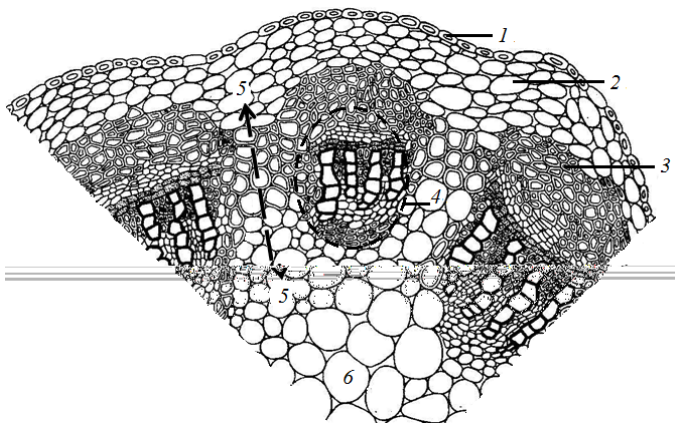


Рис. 24. Типичная паренхима в стебле клевера:  
1 – эпидерма; 2 – ткани первичной коры; 3 – склеренхима; 4 – проводящий пучок; 5 – сердцевинный луч (типичная паренхима); 6 – сердцевина

**Ассимиляционная** паренхима (*фотосинтезирующая* паренхима, *хлоренхима*) – это ткани, главной функцией которых является фотосинтез. Они состоят из живых паренхимной формы клеток, имеющих *хлоропласты*. Общий объем хлоропластов в клетке может составлять до 70–80 % ее протопласта. Хлоренхима располагается непосредственно под эпидермой главным образом листьев и корней. В ней хорошо развита система межклетников, облегчающих газообмен. В мезофилле листа двудольных растений ассимилирующая паренхима дифференцирована на столбчатую (палисадную) и губчатую типы (рис. 25).

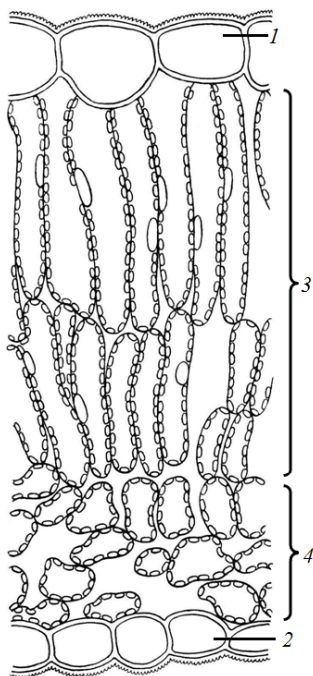


Рис. 25. Типы хлоренхимы двустороннего листа:  
1 – верхняя эпидерма; 2 – нижняя эпидерма;  
3 – столбчатая хлоренхима; 4 – губчатая хлоренхима

*Столбчатая* хлоренхима примыкает к эпидерме верхней стороны листа и наиболее приспособлена к выполнению функции фотосинтеза. Она состоит обычно из удлинённых клеток цилиндрической формы,

которые располагаются перпендикулярно поверхности листа преимущественно в 1–3 ряда. Клетки плотно расположены, с узкими межклетниками, содержат большое количество хлоропластов.

К нижней эпидерме листа примыкает *губчатая* хлоренхима. Она представлена округлыми (реже другой неправильной формы) рыхло расположенными клетками, в которых в 2–5 раз меньше хлоропластов, чем в клетках столбчатой паренхимы. Эта хлоренхима имеет крупные межклетники, которые подходят к устьицам эпидермы нижней стороны листа. Поэтому она более специализирована на выполнении функций газообмена и транспирации, но в то же время участвует и в фотосинтезе.

У хвойных растений мезофилл листа состоит из складчатой хлоренхимы. Она представлена клетками, оболочки которых образуют складки (выступы), заходящие в полость клетки. Так как хлоропласты располагаются в один ряд в постенном слое цитоплазмы, то образование выступов значительно увеличивает фотосинтезирующую поверхность мезофилла хвой (рис. 26).

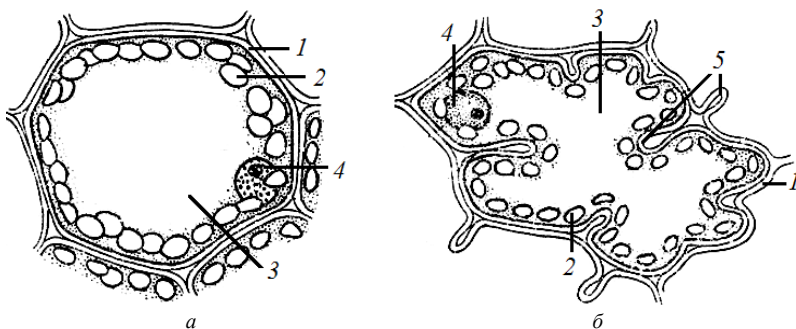


Рис. 26. Строение клеток губчатой и складчатой хлоренхимы:  
 а – клетки губчатой хлоренхимы листа хлорофитума; б – клетки складчатой хлоренхимы хвой сосны; 1 – клеточная оболочка; 2 – хлоропласты; 3 – вакуоль; 4 – ядро; 5 – выступы клеточной оболочки

**Запасная** паренхима приспособлена для накопления, хранения питательных веществ. Она главным образом представлена в клубнях, корневищах, луковицах, плодах, семенах, реже в листьях. Запасная паренхима состоит из живых тонкостенных клеток, особенности строения которых будут зависеть от типа запасного вещества. Если запасным веществом является крахмал, то в клетках будет много лейкопла-

стов с крахмальными зернами. Крупные вакуоли будут характерны для клеток, запасующих глюкозу, сахарозу или инулин. В тканях, запасующих белок, клетки будут иметь много мелких вакуолей, из которых образуются алейроновые зерна. У культурных пищевых растений обычно гипертрофировано развитие запасующей паренхимы.

**Водоносная (водозапасающая)** паренхима хорошо развита в листьях и стеблях растений-суккулентов (агавы, алоэ, кактусы, молочай). Специфичность этой паренхимы выражается в разрастании ее клеток при одновременном увеличении вакуолей и сильном сокращении межклетников. В клетках этой ткани запасается вода, а в вакуолях содержатся слизистые вещества, обладающие высокой водоудерживающей способностью.

Водоносная паренхима формируется также у растений засушливых местообитаний (солеросы, солянки) и умеренной зоны, произрастающих на песчаных почвах (молодило, очиток).

**Воздухоносная** паренхима (**аэренхима**) развивается у растений, произрастающих в условиях избыточного увлажнения, выполняет функцию накопления и циркуляции воздуха. Эта паренхима состоит из клеток различной формы с большими межклеточными пространствами. Аэренхима формируется во всех органах водных и болотных растений (кувшинка, белокрыльник, рдест, пушица, камыш). У погруженных в воду растений аэренхима уменьшает их плотность, способствует их плавучести.

**Материал:** клубни картофеля (*Solanum tuberosum* L.), листья алоэ (*Aloe arborescens* L.), постоянные микропрепараты стебля рдеста (*Potamogeton natans* L.), раствор йода в йодистом калии.

#### **Задание.**

1. Приготовить микропрепарат поперечного клубня картофеля и изучить строение запасующей паренхимы.

2. Изучить микроскопическое строение поперечного среза листа алоэ, особенности расположения ассимиляционной и водозапасающей паренхим.

3. Рассмотреть аэренхиму на постоянном микропрепарате стебля рдеста.

4. Зарисовать участки рассмотренных типов основных тканей, сделать необходимые обозначения.

**Выполнение работы.** Тонкий срез клубня картофеля промывают водой и помещают на предметное стекло в каплю воды, закрывают покровным стеклом. При малом увеличении микроскопа хорошо видны крупные клетки округлой формы с тонкими клеточными стенками

и межклетниками. В этих клетках находятся крахмальные зерна различного размера. Это *запасающая* паренхима клубня картофеля (см. рис. 22).

При большом увеличении микроскопа хорошо различима эксцентрическая слоистость крахмальных зерен картофеля. Если под покровное стекло ввести каплю раствора йода в йодистом калии, то крахмальные зерна окрашиваются, что повышает контрастность рассмотрения их строения.

Зарисовывают несколько клеток запасной паренхимы клубня картофеля, обозначают крахмальные зерна.

Суккулентные растения обладают развитой в стеблях (кактусы, молочай) и листьях (алоэ, агавы) водозапасной паренхимой. Строение *водозапасной паренхимы* рассмотрим с использованием микропрепарата листа *алоэ* (рис. 27).

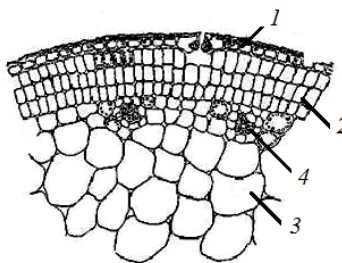


Рис. 27. Срез листа алоэ:

1 – эпидерма; 2 – столбчатая хлоренхима;  
3 – водозапасная паренхима; 4 – проводящий пучок

Сверху лист покрыт эпидермой с развитой кутикулой. В строении эпидермы хорошо различимы устьица. Под покровной тканью находятся клетки с большим количеством хлоропластов. Это *фотосинтезирующая паренхима* столбчатого типа, так как клетки ее прямоугольной формы и располагаются перпендикулярно поверхности листа. Значительную часть поперечного среза листа алоэ составляют крупные прозрачные тонкостенные клетки, плотно прилегающие друг к другу. Это клетки водозапасной паренхимы. При механическом разрезе листа алоэ из этих клеток выделяются слизистые вещества.

Зарисовывают участок среза листа алоэ, обозначают водозапасную и фотосинтезирующую паренхимы.

Особенности строения *аэренхимы* рассмотрим на примере стебля рдеста, используя микропрепарат его поперечного среза. Рассматривая постоянный препарат при малом увеличении микроскопа, видно, что непосредственно под эпидермой находится ткань с очень крупными полостями. Между собой эти межклеточные пространства разделены одним рядом мелких клеток. Такие крупные межклетники у водных растений часто называют воздухоносными ходами (рис. 28).

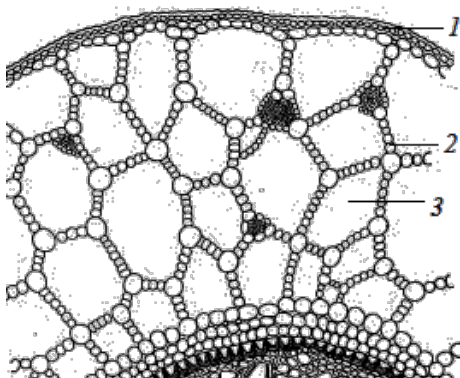


Рис. 28. Аэренхима на поперечном срезе стебля рдеста:  
1 – эпидерма; 2 – клетки аэренхимы; 3 – межклетник (воздухоносный ход)

Зарисовывают участок аэренхимы стебля рдеста, обозначают межклетники.

## Тема 12. МЕХАНИЧЕСКИЕ ТКАНИ

Механические (опорные, арматурные) ткани формируют скелет растения и обеспечивают его прочность, вследствие чего растение способно противостоять нагрузкам на растяжение, сжатие и изгиб. Характерной особенностью механических тканей является мощное утолщение клеточных стенок, часто пропитанных лигнином, плотное сложение клеток. В зависимости от происхождения, расположения в органах растений и признаков анатомического строения механические ткани подразделяют на колленхиму, склеренхиму и склереиды.

**Колленхима** – это первичная по происхождению механическая ткань, имеющая живые клетки паренхимной формы, часто с хлоропластами. В стеблях и черешках листьев двудольных растений колленхима

располагается непосредственно под эпидермой. У однодольных растений встречается редко (может развиваться в стеблевых узлах). В корнях колленхимы нет. Клеточные стенки целлюлозные с неравномерными утолщениями. Клетки колленхимы долго сохраняют способность к росту, поэтому не задерживают рост органа. Главным условием выполнения опорной функции для колленхимы является наличие тургора в ее клетках. В зависимости от характера утолщения различают уголковую, пластинчатую и рыхлую колленхимы.

В клетках *уголковой колленхимы* оболочка сильно утолщается в углах, где смыкаются несколько соседних клеток, образуя многоугольники (от 3 до 5 клеток). Уголковая колленхима хорошо развита в стеблях травянистых растений, в черешках листьев, а также под эпидермой над главной жилкой листьев (рис. 29).

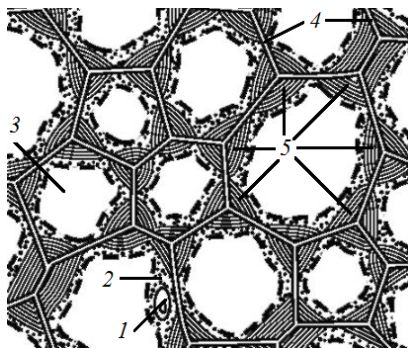


Рис. 29. Уголковая колленхима:  
1 – ядро; 2 – цитоплазма; 3 – вакуоль;  
4 – клеточная стенка; 5 – целлюлозные утолщения

*Пластинчатая колленхима* встречается в стеблях древесных растений, среди травянистых растений менее распространена (стебель подсолнечника, баклажана, черешки листьев копытеня). В ее клетках, которые на поперечном срезе имеют прямоугольную форму, сильно утолщаются тангентальные участки клеточных стенок, а радиальные остаются тонкими. В результате утолщенные участки смежных рядов клеток имеют вид пластинок (рис. 30).

Клетки уголковой и пластинчатой колленхимы расположены плотно друг к другу, не образуя межклетников. *Рыхлая колленхима* выделяется наличием хорошо развитых межклетников. Значительно утолща-

ются те участки клеточных стенок, которые примыкают к межклетникам, – черешок листа лопуха большого, подбела лечебного, стебель ваточника (рис. 30).

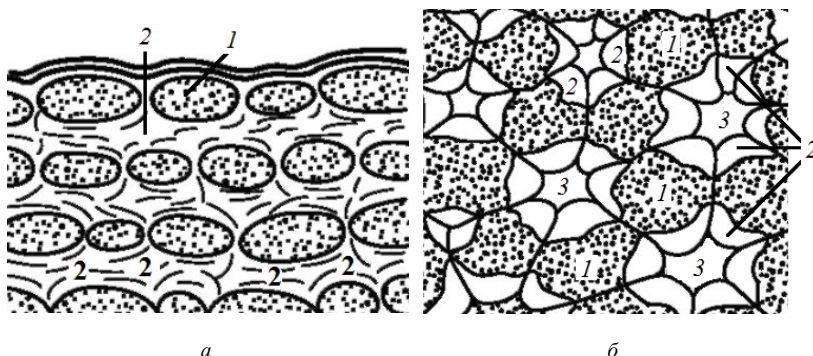


Рис. 30. Пластинчатая (а) и рыхлая (б) колленхимы:  
1 – протопласт клетки; 2 – целлюлозные утолщения; 3 – межклетник

**Склеренхима** является наиболее важной и часто встречающейся механической тканью в органах наземных растений. Клетки склеренхимы имеют прозенхимную форму с заостренными концами и располагаются очень плотно. Клеточные стенки равномерно утолщенные с простыми порами, часто одревесневшие. Клетки склеренхимы обладают высокой степенью прочности и упругости. По происхождению склеренхима может быть первичной и вторичной. Склеренхима является мертвой механической тканью, так как в сформированных клетках протопласт отмирает. Из-за формы клеток и особенностей их строения склеренхиму подразделяют на лубяные и древесинные волокна.

Длина *древесинных волокон* (либриформ) не превышает 2–3 мм, их утолщенные оболочки всегда одревесневают.

*Лубяные волокна* отличаются значительной длиной (у льна – до 120 мм, крапивы – 80, рами – 500 мм). Клеточные стенки сильно утолщаются, но часто сохраняют целлюлозное строение (лен, рами). Элементарные лубяные волокна очень плотно соединяются между собой, формируя лубяной пучок, который в практике называют техническим волокном.

**Склерейды** представляют собой мертвые клетки паренхимной формы с сильно одревесневшими клеточными стенками и простыми пора-

ми. Они имеют первичное происхождение. По строению склереиды подразделяют на *каменистые* (брахисклереиды) и *ветвистые* (астеросклереиды) клетки. Каменистые клетки имеют округлую, овальную форму и обычно располагаются группами (сочные плоды груши, айвы, рябины, косточки вишни, сливы, персика и скорлупа ореха, корни хрена). Ветвистые клетки имеют разветвленную форму, располагаются одиночно и выполняют опорную функцию в листьях чая, камелии, маслины, в стеблях водных растений.

**Материал:** постоянные микропрепараты стебля тыквы (*Cucurbita pepo* L.), лубяных волокон льна (*Linum*), канатника (*Abutilon*), кенафа (*Hibiscus cannabinus*), конопли (*Cánnabis*), кусочки мякоти плодов груши (*Pyrus communis* L.), хлор-цинк-йод (Cl-Zn-I), флороглюцин, соляная кислота.

#### **Задание.**

1. Изучить микроскопическое строение поперечного среза стебля тыквы, особенности строения и расположения колленхимы и склеренхимы.

2. Рассмотреть строение лубяных волокон льна (кенафа, канатника, конопли) на постоянных микропрепаратах.

3. Сделать препарат из мякоти плода груши и изучить строение склереид.

4. Зарисовать рассмотренные типы механических тканей, сделать необходимые обозначения.

**Выполнение работы.** Наиболее удобно рассмотреть строение механических тканей на постоянном микропрепарате поперечного среза стебля тыквы. Опорные функции стебля тыквы выражаются в наличии колленхимы и склеренхимы. Непосредственно под эпидермой располагаются ткани первичной коры. При малом увеличении микроскопа заметно, что к эпидерме примыкают мелкие клетки с утолщенными клеточными стенками. Это колленхима (рис. 31).

При большом увеличении микроскопа видно, что клеточная стенка значительно утолщена по углам, где сходятся несколько клеток. Утолщения не только заполняют углы клеток, но и вдаются в ее полость округлыми выступами. Поэтому полость клетки принимает форму неправильного ромба или многоугольника с вогнутыми сторонами.

С помощью микрометрического винта можно рассмотреть срединную пластинку внутри утолщений и восстановить исходную форму клеток с несколькими углами. Сразу под эпидермой стебля тыквы располагается уголковая колленхима (рис. 32).

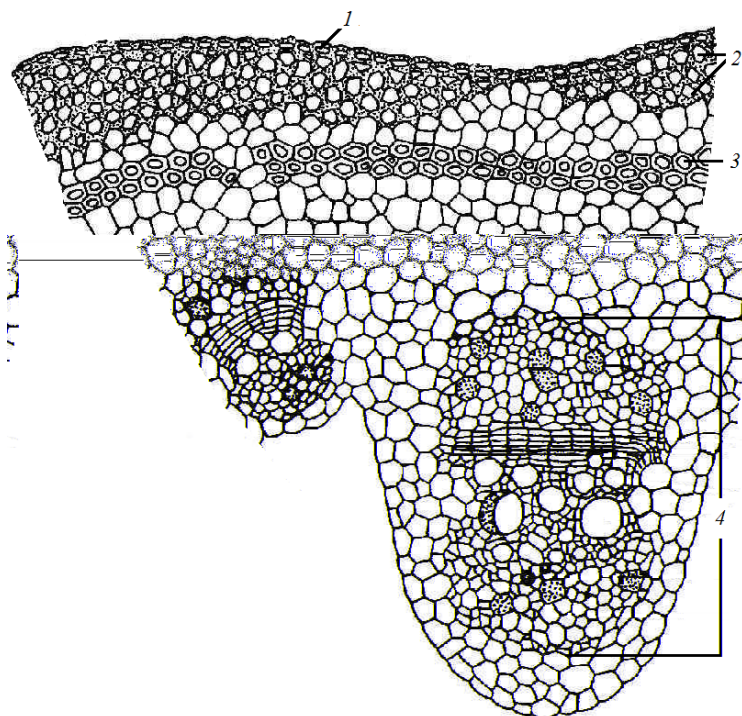


Рис. 31. Фрагмент поперечного среза стебля тыквы:  
 1 – эпидерма; 2 – уголковая колленхима; 3 – склеренхима (древесинные волокна);  
 4 – биколлатеральный проводящий пучок

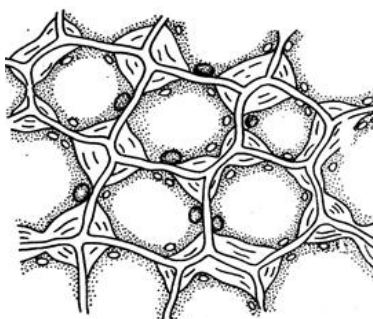


Рис. 32. Уголковая колленхима

Если для изготовления микропрепарата был использован живой материал, то в клетках колленхимы хорошо различим живой протопласт с хлоропластами. Если из препарата удалить воду и подействовать на срез Cl-Zn-I, то целлюлозные клеточные стенки колленхимы примут фиолетовую окраску.

Зарисовывают несколько клеток колленхимы, обозначают ее утолщенную клеточную стенку и полость клетки.

На постоянном микропрепарате поперечного среза стебля льна ниже от эпидермы и тканей первичной коры расположены плотные группы толстостенных, сравнительно крупных клеток, округлой или многогранной формы. Под действием Cl-Zn-I эти клетки имеют фиолетовую окраску. Это и есть лубяные волокна перициклического (первичного) происхождения. На поперечном срезе лубяные волокна имеют очень толстые целлюлозные стенки и малые полости. В производстве отдельная клетка лубяного волокна называется элементарным волокном. Лубяные волокна соединяются группами, формируя лубяной пучок, называемый в производстве техническим волокном (рис. 33, а).

Анализ микроскопического строения лубяных волокон на поперечном срезе стебля используется в селекции льна на качество льноволокна. Лубяные волокна с толстыми стенками и малыми полостями, формируя плотно расположенные лубяные пучки, представляют собой техническое волокно хорошего качества. Если лубяные волокна имеют более тонкие клеточные стенки и крупные полости, а также рыхло расположенные в виде отдельных волокон или групп, то представляют собой техническое волокно плохого качества.

На постоянном препарате лубяных волокон различимы длинные толстостенные клетки с узким просветом в центре (рис. 33, б, в). Клеточные оболочки целлюлозные с небольшим количеством простых пор (их практически нет). Длина лубяных волокон в среднем составляет 40–60 мм с диаметром 10–40 мкм (коэффициент прозенхимности около 1000).

Лубяные волокна в составе пучка очень плотно сцеплены между собой, так как каждое волокно вклинивается своими острыми концами между другими волокнами, а также благодаря большой площади сцепления.

Необходимо зарисовать фрагментарно строение лубяных волокон в поперечном и продольном сечении.

Для рассмотрения склерееид используют мякоть околоплодной части плода груши. С помощью иголки необходимо взять кусочек мякоти, размять его и подействовать на клетки реактивом (флороглю-

цин + соляная кислота). Из полученного материала делают микропрепарат и рассматривают его при малом увеличении микроскопа. В результате среди бесцветных крупных клеток паренхимы хорошо различимы группы клеток с красными клеточными стенками (рис. 34).

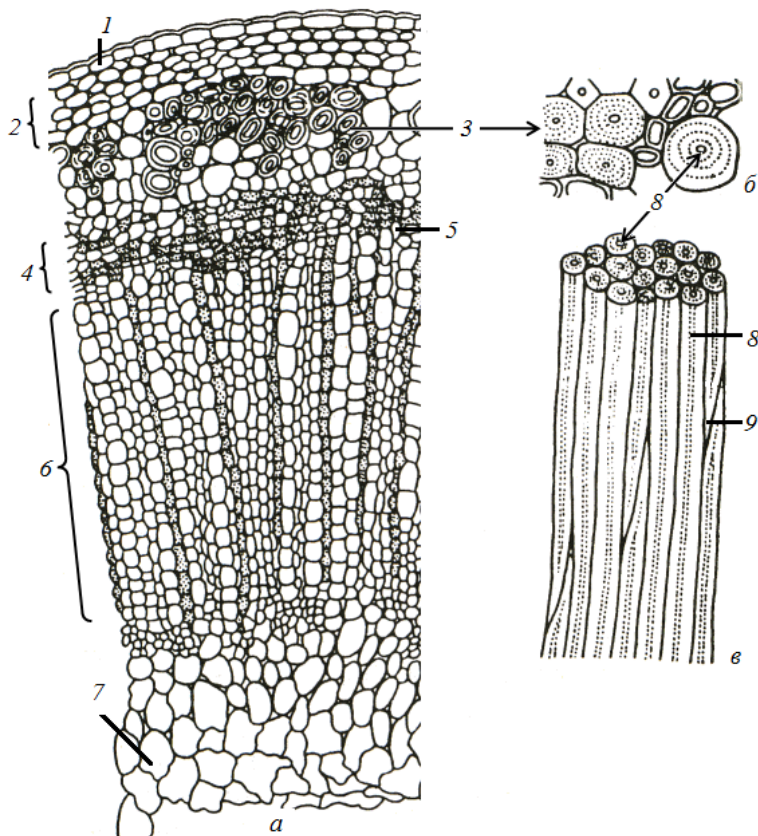


Рис. 33. Лубяные волокна стебля льна:

*a* – фрагмент поперечного среза стебля льна; *б* и *в* – лубяные волокна в поперечном (*б*) и продольном (*в*) срезах; 1 – эпидерма; 2 – первичная кора; 3 – склеренхима (лубяные волокна); 4 – флоэма; 5 – камбий; 6 – ксилема; 7 – паренхима сердцевины; 8 – полость клетки; 9 – заостренные концы прозенхимных клеток лубяных волокон

Среди полей зрения необходимо отыскивать наиболее прозрачное с минимальной слоистостью клеток и склереидами, состоящими из не-

большого количества клеток (2–5 шт.). Выбранный участок рассматривают при большом увеличении микроскопа. В строении утолщенной клеточной стенки склереиды хорошо различима слоистость и узкие разветвленные поровые каналы. Протопласт клеток склереид отмирает.

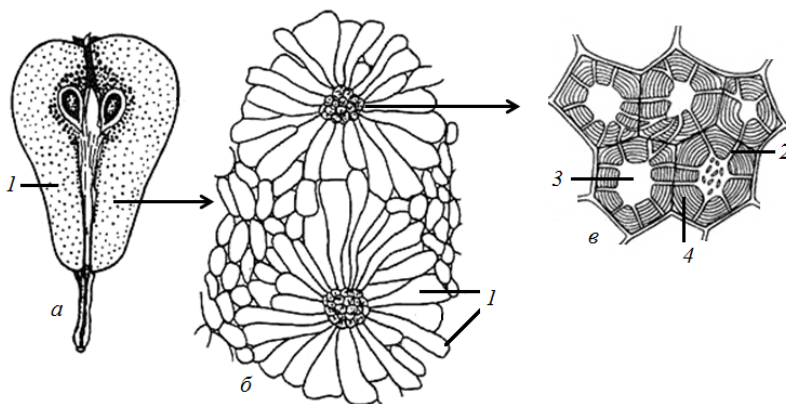


Рис. 34. Склереиды плода груши:

*а* – плод груши в продольном срезе; *б* – склереиды среди клеток мякоти груши; *в* – строение склереиды; 1 – паренхимные клетки околоплодника плода груши; 2 – простые поры в склереидах; 3 – полости клетки; 4 – одревесневшая клеточная стенка

Зарисовывают 1–2 склереиды мякоти плода груши и делают соответствующие обозначения по строению.

### Тема 13. ПРОВОДЯЩИЕ ТКАНИ

Проводящие ткани обеспечивают передвижение в растениях растворенных в воде необходимых питательных веществ. Проведение веществ осуществляется по двум основным направлениям:

1) *восходящий ток* – растворенные в воде минеральные вещества передвигаются от корней к листьям по трахеальным элементам (*трахеиды и сосуды*);

2) *нисходящий ток* – продукты фотосинтеза перемещаются от листьев в направлении подземных органов по ситовидным элементам (*ситовидные клетки, ситовидные трубки*).

**Трахеиды** представляют собой отдельные замкнутые клетки прозенхимной формы с заостренными концами. Протопласт внутри трахеид постепенно отмирает, клеточные стенки утолщенные и одревес-

невшие. Трахеиды располагаются вертикальными рядами одна над другой. Передвижение веществ осуществляется только через окаймленные поры, поэтому вещества передвигаются медленно за счет фильтрации через них. Средняя длина трахеид составляет 1–4 мм при ширине в несколько сотых долей миллиметров (трахеиды длиной до 10–12 мм есть у лотоса, банана, саговников). Трахеиды присущи всем растениям, но у плаунов, хвощей, папоротников и голосеменных являются единственной проводящей тканью.

**Сосуды** представляют собой полые трубки, сформированные из вертикально расположенных одна над другой клеток (*члеников сосуда*). Составляющих члеников сосуда очень много, поэтому у большинства растений длина сосудов составляет 10–15 см, однако может достигать нескольких метров (белая акация – 1 м, дуб – 2, лианы – 3–5 м). Поперечные перегородки между члениками растворяются и возникают *перфорации* (сквозные отверстия), поэтому вещества по сосудам передвигаются значительно быстрее, чем по трахеидам. По мере формирования сосуда в нем протопласты его члеников разрушаются, клеточные стенки утолщаются и одревесневают. В сосудах вещества передвигаются также в горизонтальных направлениях через неутолщенные участки боковых стенок.

В зависимости от характера утолщения и степени одревеснения боковых стенок различают *кольчатые, спиральные, сетчатые, лестничные и пористые* сосуды. У кольчатых и спиральных сосудов на внутренней поверхности формируются утолщения в виде отдельных колец или в виде узкой спирально извитой ленты. Сетчатые, лестничные и пористые сосуды обладают значительно утолщенными оболочками, в которых неутолщенные места имеют вид неправильной сетки, ступенек лестницы или точек.

Сосуды функционируют ограниченное время. При старении сосудов их полость часто закупоривается тиллами, представляющими собой выросты соседних паренхимных клеток в виде пузыря. Внутри сосуда тиллы разрастаются, одревесневают, накапливают смолы, камеди, танины. Такие сосуды перестают функционировать и заменяются новыми. Сосуды и трахеиды благодаря утолщению и одревеснению клеточных стенок также выполняют опорную функцию, придавая прочность органам растений.

Ситовидные элементы нисходящего тока сохраняют живой протопласт клеток, по которому и происходит движение продуктов фото-

синтеза (нити плазмодесм). Сообщение между клетками происходит через группы мелких перфораций (ситовидные поля).

Сильно вытянутая в длину **ситовидная клетка** с заостренными концами имеет на боковой поверхности ситовидные поля, через которые с помощью нитей плазмодесм происходит сообщение протопластов соседних ситовидных клеток. Ситовидные клетки характерны для споровых и голосеменных растений.

**Ситовидные трубки** состоят из большого количества удлинённых живых клеток, расположенных одна над другой (членики ситовидной трубки) (рис. 35).

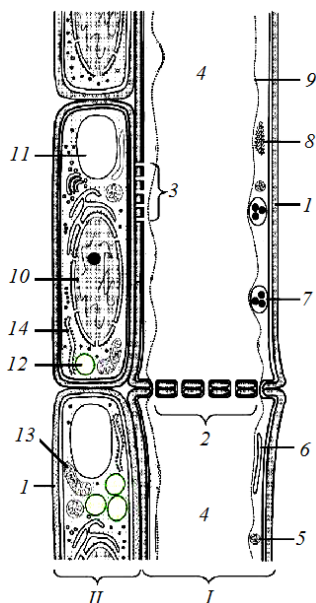


Рис. 35. Строение ситовидной трубки с клеткой-спутницей:

- I – клетки (членики) ситовидной трубки; II – клетка-спутница; 1 – клеточная стенка;  
 2 – ситовидная пластинка с ситовидными полями; 3 – ситовидные поля на боковой поверхности клетки; 4 – нити плазмодесмы; дегенерирующие органеллы (5 – митохондрии; 6 – ЭПС); 7 – лейкопласты; 8 – запасной белок;  
 9 – цитоплазматическая мембрана; органеллы клетки-спутницы (10 – ядро; 11 – вакуоль; 12 – пластиды; 13 – митохондрии; 14 – ЭПС)

Стенки ситовидных трубок не утолщаются, остаются целлюлозными и тонкими. Поперечные перегородки между клетками ситовидных

трубок пронизаны многочисленными ситовидными полями, которые называются *ситовидными пластинками*. К каждому членику ситовидной трубки примыкает клетка-спутница, в которой есть цитоплазма и ядро. Благодаря структурному и функциональному взаимодействию клеток ситовидной трубки и клеток-спутниц происходит нисходящий транспорт продуктов ассимиляции у всех покрытосеменных растений.

Длина ситовидных трубок составляет не более 2 мм. Ситовидные трубки обычно функционируют один вегетационный период: ситовидные поля осенью закупориваются мозолистым телом (каллеза).

**Материал:** постоянные микропрепараты стебля древесины сосны в тангентальном и радиальном срезах (*Pinus sylvestris* L.), продольного среза стебля кукурузы обыкновенной (*Zea mays* L.), подсолнечника однолетнего (*Heliánthus ánnuus* L.), корневища папоротника орляка (*Pterídium aquilínium* L.), фиксированные отрезки стебля тыквы (*Cucurbita pepo* L.), флороглюцин, соляная кислота.

#### **Задание.**

1. На препарате продольного среза древесины сосны рассмотреть трахеиды с окаймленными порами.

2. Рассмотреть на продольном срезе стебля кукурузы и подсолнечника различные типы сосудов.

3. На препарате продольного среза корневища орляка рассмотреть лестничные сосуды.

4. Изготовить препарат продольного среза проводящего пучка стебля тыквы и рассмотреть строение ситовидных трубок с клетками-спутницами.

5. Зарисовать рассмотренные типы проводящих тканей, сделать необходимые обозначения.

**Выполнение работы.** Для рассмотрения строения трахеид используют микропрепарат продольного (радиального) среза древесины сосны. При малом увеличении микроскопа хорошо различимы длинные прозенхимной формы клетки. Древесина у сосны представлена только клетками трахеид, которые различаются по величине (рис. 36).

Детальное рассмотрение трахеид сосны необходимо проводить при большом увеличении микроскопа. В тонкостенных трахеидах с большой полостью хорошо различимы окаймленные поры. Такие трахеиды формируют весеннюю древесину сосны и выполняют проводящую функцию.

Светлая часть древесины с тонкостенными трахеидами чередуется с темными участками, образованными толстостенными трахеидами

(летне-осенняя древесина сосны). Такие трахеиды выполняют главным образом опорную функцию.

Зарисовывают несколько тонкостенных трахеид, обозначают их утолщенные одревесневшие клеточные стенки и окаймленные поры.

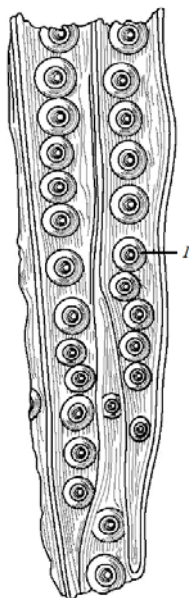


Рис. 36. Трахеиды древесины сосны:  
I – окаймленные поры

Для рассмотрения строения сосудов используют микропрепарат продольного среза сосудистых элементов стебля подсолнечника. Ближе к поверхности среза можно увидеть сосуды большего диаметра, у которых поверхность покрыта плотной сетью утолщений. Это сосуды сетчатого типа. За ними располагаются сосуды меньшего диаметра: пористые, спиральные и кольчатые. Между сосудами находятся клетки паренхимной формы – древесинная паренхима (рис. 37, а).

Кольчатые и спиральные сосуды хорошо различимы, так как имеют одревесневшие участки в виде колец и спиральной ленты (большая часть поверхности сосудов тонкостенная, лишенная одревеснения). Поэтому эти типы сосудов самые тонкие со слабой степенью одревеснения боковой поверхности.

Самыми первыми в растении образуются кольчатые, а затем спиральные сосуды. Эти сосуды могут быть сильно растянутыми в длину вследствие роста стебля уже после их возникновения (одревесневшие кольчатые и спиральные участки сильно искривлены).

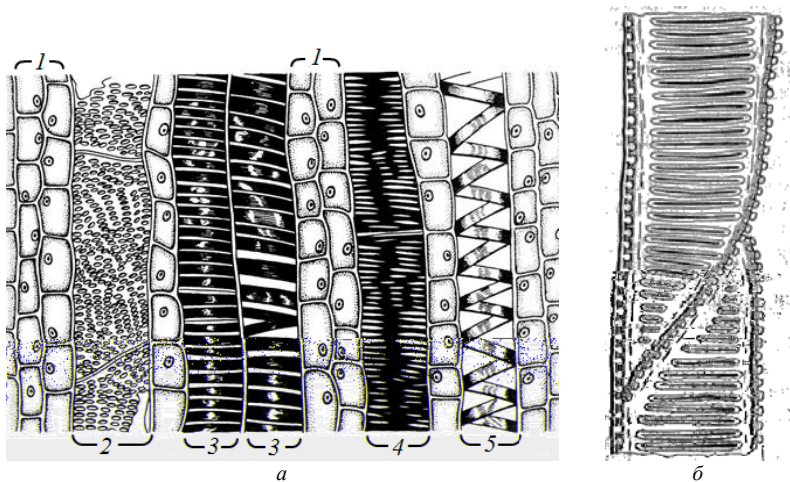


Рис. 37. Сосуды:

*а* – сосуды стебля тыквы: 1 – древесинная паренхима; 2 – пористый сосуд; 3 – кольчатый сосуд; 4 – сетчатый сосуд; 5 – спиральный сосуд; *б* – лестничный сосуд корневища папоротника орляка со щелевидными порами

Для рассмотрения лестничных типов сосудов используют микропрепарат продольного среза папоротника орляка (рис. 37, *б*). При малом увеличении микроскопа хорошо различимы сосуды, у которых утолщения имеют вид лестницы с частыми перекладинами. Горизонтальные промежутки между перекладинами – это щелевидные поры. Членики сосудов разделены наклонными перегородками со щелевидными перфорациями.

Зарисовывают все типы сосудов и делают соответствующие обозначения.

Строение ситовидных трубок с клетками-спутницами рассматривают на препаратах, изготовленных из продольного среза стебля тыквы. Для этого стебель в продольном сечении разрезают так, чтобы срез прошел через середину крупного проводящего пучка, а затем с помощью бритвы делают несколько тонких срезов. На изготовленные срезы

действуют флороглюцином и соляной кислотой. Микропрепараты делают с использованием воды и рассматривают при большом увеличении микроскопа (рис. 38).

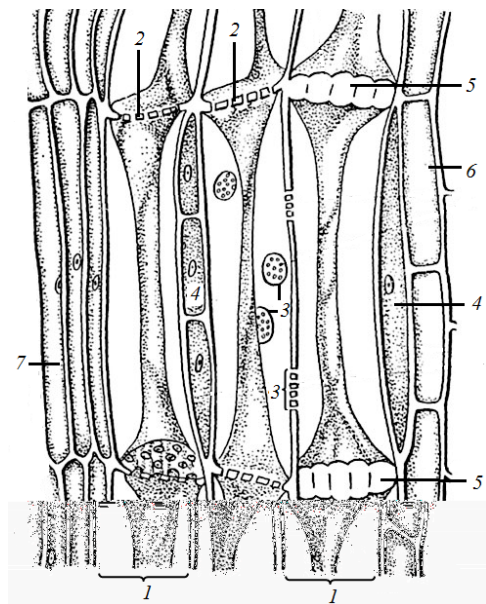


Рис. 38. Ситовидные трубки с клетками-спутницами стебля тыквы

ситовидной трубки соответствуют 1–2 клетки-спутницы, расположенные в один вертикальный ряд.

Зарисовать 1–2 члена ситовидной трубки с клетками-спутницами, сделать соответствующие обозначения.

## Тема 14. ПРОВОДЯЩИЕ ПУЧКИ

Очень часто в органах растений ткани располагаются сложными комплексами. Такими комплексами являются сосудисто-волокнистые проводящие пучки, пронизывающие в виде тонких тяжей все органы растений. Каждый *проводящий пучок* представляет собой *совместные тяжи ксилемы и флоэмы*.

Проводящие комплексы ксилема и флоэма включают проводящие, механические и основные ткани, выполняющие определенную функцию. В состав *ксилемы*, или древесины, входят:

- 1) сосуды и трахеиды;
- 2) древесинная паренхима, в клетках которой происходит ближний радиальный транспорт водных растворов и накопление запасных веществ;

3) древесинные волокна (либриформ).

В состав *флоэмы*, или луба, входят:

- 1) ситовидные трубки с клетками-спутницами;
- 2) лубяная паренхима, участвующая в ближнем транспорте ассимилянтов и накоплении запасных веществ;
- 3) лубяные волокна (либриформ).

Проводящие пучки осуществляют двустороннее *передвижение* веществ в растении (водные растворы минеральных веществ, продукты ассимиляции), а также выполняют *опорную* функцию, придавая растениям прочность.

Формирование проводящих пучков осуществляется за счет деятельности *прокамбия*. Наружные клетки прокамбия, интенсивно делясь, дифференцируются в элементы флоэмы, внутренние – в элементы ксилемы. Если в проводящем пучке между ксилемой и флоэмой не остается клеток меристемы, то такой проводящий пучок является *закрытым* и включает только первичные элементы флоэмы и ксилемы. Закрытые проводящие пучки не способны к дальнейшему росту. Они характерны для однодольных покрытосеменных, а также для папоротников, очень редко встречаются у двудольных.

Когда между флоэмой и ксилемой из сохранившихся клеток прокамбия заново восстанавливается меристематическая активность (за-

кладывается камбий), тогда проводящие пучки будут *открытыми*. Открытые проводящие пучки включают не только первичные, но и вторичные элементы флоэмы и ксилемы, между которыми располагается камбий. Такие проводящие пучки характерны для двудольных покрытосеменных и голосеменных, стебли и корни которых способны ко вторичному утолщению.

В зависимости от *расположения ксилемы и флоэмы* в составе проводящего пучка их подразделяют:

– на **коллатеральные**, в которых ксилема и флоэма расположены бок о бок, на одном радиусе; такой тип пучка характерен для корней, стеблей и листьев семенных растений. На поперечном срезе органа коллатеральные пучки чаще всего овально-округлой формы, в которых наружная часть представлена флоэмой, а внутренняя – ксилемой. Коллатеральные проводящие пучки могут быть как открытыми, так и закрытыми (рис. 39);

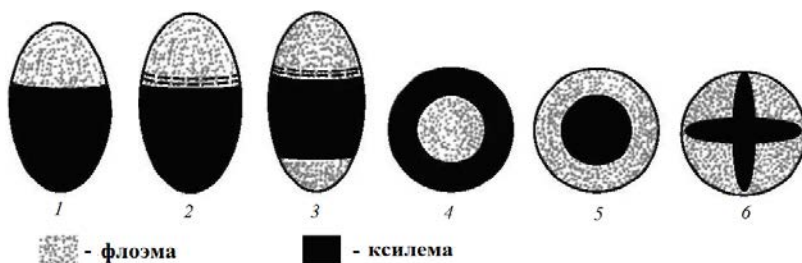


Рис. 39. Типы проводящих пучков:

- 1 – коллатеральный закрытый; 2 – коллатеральный открытый; 3 – биколлатеральный;  
 4 – концентрический амфивазальный; 5 – концентрический амфикрибральный;  
 6 – радиальный

– **биколлатеральные**, которые имеют дополнительный участок флоэмы, поэтому к ксилеме с двух сторон примыкает флоэма. Биколлатеральные пучки являются открытыми, они характерны для растений семейств Тыквенные, Пасленовые, Норичниковые;

– **концентрические** – ксилема и флоэма располагаются в виде окружностей, пучки только закрытые. Если в проводящем пучке ксилема окружает флоэму, такой проводящий пучок называется *амфивазальным* (характерен для корневищ однодольных растений, например ландыш, ирис). Проводящий пучок, в котором флоэма окружает ксилему, называется *амфикрибральным* (корневище папоротников);

– **радиальные** – характеризуются тем, что ксилема и флоэма располагаются на разных радиусах. Такие пучки являются закрытыми и характерны для зоны всасывания корней (см. рис. 39).

**Материал:** фиксированные участки стеблей кукурузы (*Zea mays* L.), подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) и тыквы (*Cucurbita pepo* L.), корневища ландыша (*Convallaria majalis* L.), папоротника орляка (*Pteridium aquilinum* L.), корня лютика (*Ranunculus acris* L.) или постоянные микропрепараты поперечных срезов стеблей, корневищ и корней данных растений, флороглюцин, соляная кислота.

#### **Задание.**

1. На препарате поперечного среза стебля кукурузы рассмотреть строение закрытого коллатерального проводящего пучка.
2. Рассмотреть строение открытого коллатерального проводящего пучка на препарате поперечного среза стебля подсолнечника.
3. На препарате поперечного среза стебля тыквы рассмотреть открытый биколлатеральный проводящий пучок.
4. На препарате поперечного среза корневища ландыша найти и рассмотреть концентрический проводящий пучок.
5. Используя препарат поперечного среза корня лютика, рассмотреть радиальный проводящий пучок.
6. Зарисовать рассмотренные типы проводящих пучков, привести обозначения всех гистологических элементов каждого проводящего пучка.

**Выполнение работы.** *Закрытый коллатеральный проводящий пучок.* Из стебля кукурузы делают тонкий строго поперечный срез, действуют на него флороглюцином и соляной кислотой, помещают в каплю воды на предметное стекло и закрывают покровным стеклом. При наличии постоянного препарата поперечного среза стебля кукурузы используют его для изучения закрытого коллатерального пучка.

При малом увеличении микроскопа в препарате видно большое число проводящих пучков, расположенных среди крупных клеток основной паренхимы стебля. Один из пучков, расположенных ближе к центру стебля, рассматривают при большом увеличении микроскопа. Вокруг пучка располагается склеренхимная обкладка (рис. 40). Она представлена однородными по строению клетками с утолщенными покрасневшими клеточными стенками (покраснение свидетельствует о наличии лигнина).

Посередине пучка на одной поперечной линии расположены два крупных сосуда (сетчатых или пористых) и между ними – ряд крупных

клеток древесинной паренхимы с одревесневшими стенками. Ближе к центру пучка находятся 1–3 сосуда меньшего диаметра (спиральные и кольчатые). Ниже их обычно видно большое межклеточное пространство (воздушная полость), образовавшееся благодаря разрушению первых сосудов. Вокруг меньших сосудов и воздушной полости расположена древесинная паренхима, состоящая из мелких клеток с неодревесневшими стенками. Сосуды и древесинная паренхима образуют ксилему пучка.

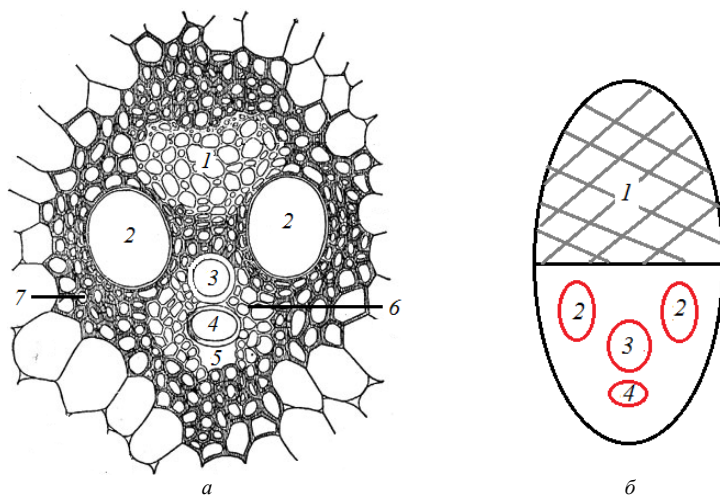


Рис. 40. Закрытый коллатеральный проводящий пучок:  
*а* – рисунок; *б* – схема; 1 – флоэма первичная; 2–6 – ксилема первичная;  
 2 – крупные сосуды (сетчатые или пористые); 3 – спиральный сосуд;  
 4 – кольчатый сосуд; 5 – воздушная полость; 6 – древесинная паренхима;  
 7 – склеренхимная обкладка проводящего пучка

Снаружи от крупных сосудов находится флоэма. У злаков она состоит из ситовидных трубок и сопровождающих клеток, расположенных в своеобразном шахматном порядке. Более крупные клетки – это ситовидные трубки. При поперечном срезе содержимое их обычно вытекает, поэтому при рассмотрении их под микроскопом они будут пустыми. Более мелкие клетки с густым содержимым – сопровождающие клетки. Лубяной паренхимы во флоэме нет. Это характерно для однодольных растений, к которым принадлежит кукуруза. Все ткани пучка первичные, так как они возникли из первичной меристемы –

прокамбия. Обращают внимание на то, что ксилема как бы полукругом охватывает флоэму. Это тоже свойственно однодольным растениям.

Зарисовать схему строения закрытого коллатерального проводящего пучка, сделать соответствующие обозначения.

*Открытый коллатеральный проводящий пучок.* Для рассмотрения такого типа проводящего пучка можно использовать фиксированный микропрепарат поперечного среза стебля подсолнечника. При малом увеличении микроскопа хорошо различима склеренхима, расположенная отдельными участками над проводящими пучками. Она представлена древесинными волокнами периклического происхождения. Под склеренхимой находится флоэма, состоящая из ситовидных трубок с клетками-спутницами и лубяной паренхимы. Благодаря присутствию лубяной паренхимы ситовидные трубки и клетки-спутницы не имеют определенной закономерности в расположении (рис. 41).

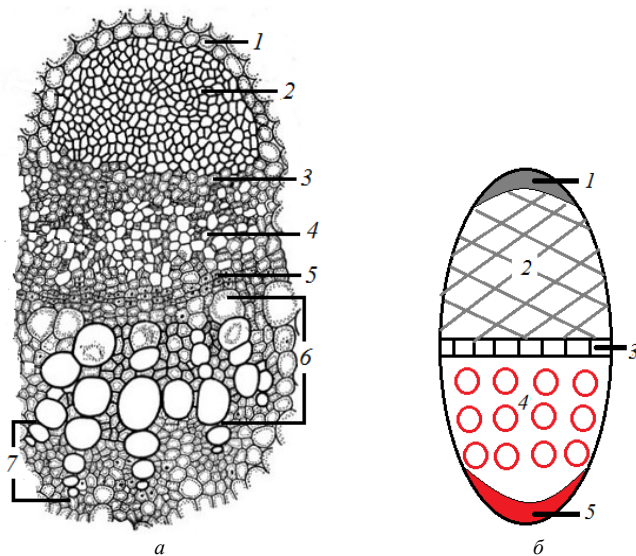


Рис. 41. Открытый коллатеральный проводящий пучок:

- а – рисунок: 1 – типичная паренхима; 2 – склеренхима (древесинные волокна); 3–4 – флоэма (первичная и вторичная); 5 – лубяная паренхима; 6 – ситовидные трубки с клетками-спутницами; 7 – камбий; 8 – ксилема вторичная; 9 – ксилема первичная;  
 б – схема: 1 – флоэма первичная; 2 – флоэма вторичная; 3 – камбий; 4 – ксилема вторичная; 5 – ксилема первичная

Ниже флоэмы и ксилемы располагается тонкий слой живых тонкостенных клеток (имеют густую цитоплазму и ядро в центре клетки). Это камбий, деление клеток которого обеспечивает формирование к поверхности стебля вторичных элементов флоэмы, а к центру стебля – вторичных элементов ксилемы.

Внутри от камбия правильными радиальными рядами располагаются сосуды вторичной ксилемы. Между крупными сосудами вторичной ксилемы располагаются более мелкие живые клетки древесинной паренхимы. Стенки ее клеток постепенно одревесневают, но протопласт остается живым.

Самые мелкие первые сосуды, расположенные ближе к центру стебля, являются первичными, так как возникли из прокамбия. Камбий, делясь тангенциально, образует вторичные элементы ксилемы, которые отличаются расположением в виде правильных рядов.

После изучения необходимо зарисовать открытый коллатеральный проводящий пучок в виде схемы и обозначить его составляющие структуры.

*Открытый биколлатеральный проводящий пучок.* Для рассмотрения такого типа проводящего пучка можно использовать фиксированный микропрепарат поперечного среза стебля тыквы. На поперечном срезе стебля выбирают один из проводящих пучков и более подробно изучают его строение. Наружный участок проводящего пучка представлен флоэмой: хорошо различимы крупные полости ситовидных трубок, иногда попадают их поперечные стенки с ситовидными пластинками. Рядом с ситовидными трубками лежат мелкие клетки-спутницы с густой цитоплазмой и клетки лубяной паренхимы. Ниже флоэмы располагается широкий слой камбия, представленный радиальными рядами мелких клеток (рис. 42).

Под камбием, занимая центральную часть в проводящем пучке, находится вторичная ксилема. Крупные сетчато-пористые сосуды и древесинная паренхима вторичной ксилемы расположены более или менее правильными радиальными рядами. По направлению к центру стебля находится первичная ксилема. Она представлена мелкими спиральными и кольчатыми сосудами, которые расположены без определенного порядка.

За сосудами первичной ксилемы снова располагаются ситовидные трубки с клетками-спутницами и лубяной паренхимой, формирующие внутренний участок флоэмы в строении проводящего пучка. Внутренний участок флоэмы по происхождению только первичный. Проводящие пучки с наружной и внутренней флоэмой называют *биколлатеральными*.

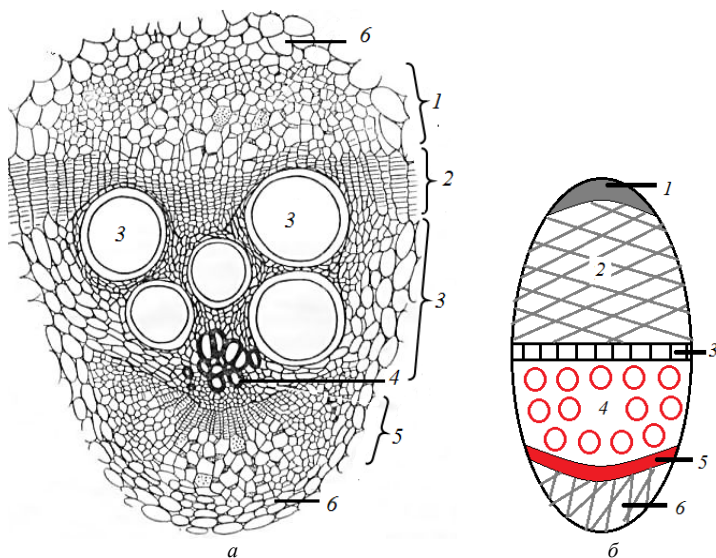


Рис. 42. Открытый биколлатеральный проводящий пучок стебля тыхвы:  
 а – рисунок: 1 – флоэма первичная и вторичная (наружный участок); 2 – камбий;  
 3 – ксилема вторичная; 4 – ксилема первичная; 5 – флоэма (внутренний участок);  
 6 – типичная паренхима; б – схема: 1 – первичная флоэма; 2 – вторичная флоэма  
 (1–2 – наружная флоэма); 3 – камбий; 4 – ксилема вторичная; 5 – ксилема первичная;  
 6 – флоэма (внутренний участок)

Зарисовать открытый биколлатеральный проводящий пучок в виде схемы и обозначить его составляющие элементы.

*Закрытые концентрические проводящие пучки.* Рассмотрим строение такого проводящего пучка, используя микропрепарат поперечного среза корневища ландыша. Наружный периферический слой проводящего пучка представлен крупными пустыми клетками с утолщенными клеточными стенками. Это ксилема (рис. 43). В центре проводящего пучка находятся крупные клетки ситовидных трубок, расположенные с мелкими клетками-спутницами. Концентрические проводящие пучки, в которых ксилема окружает флоэму, называют *амфивазальными*.

В корневище папоротников есть также концентрические проводящие пучки. Рассмотрим микропрепарат корневища папоротника орляка. В нем хорошо различимы концентрические проводящие пучки, в которых наружный слой представлен ситовидными клетками, составляющими флоэму. Внутренний слой проводящего пучка представлен

элементами ксилемы. Концентрические проводящие пучки, в которых флоэма окружает ксилему, называют *амфикрибральными* (рис. 44).

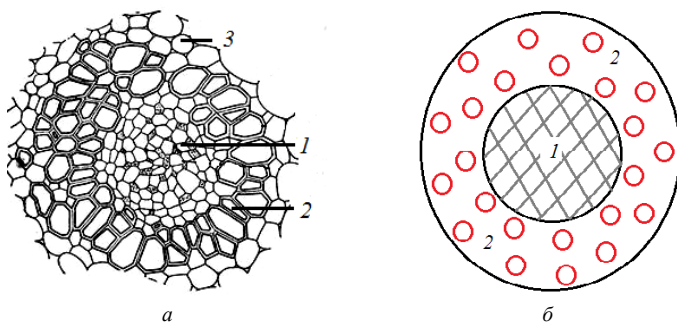


Рис. 43. Амфивазальный концентрический проводящий пучок корневища ландыша: а – рисунок; б – схема; 1 – флоэма; 2 – ксилема; 3 – типичная паренхима

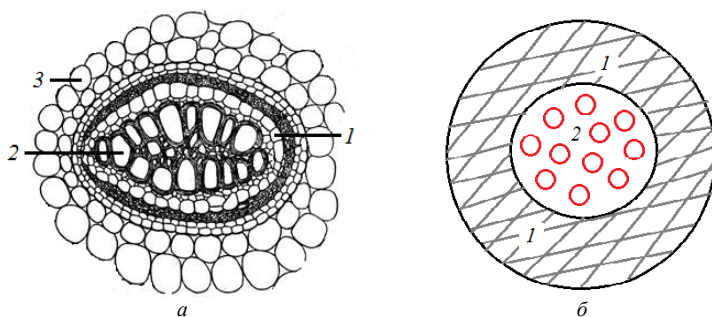


Рис. 44. Амфикрибральный концентрический проводящий пучок (корневище папоротника орляка): а – рисунок; б – схема; 1 – флоэма; 2 – ксилема; 3 – типичная паренхима

Необходимо схематично зарисовать амфивазальный концентрический проводящий пучок, сделать обозначения.

*Закрытый радиальный проводящий пучок.* Для рассмотрения строения радиального проводящего пучка изготавливают препарат из поперечного среза корешка лютика в зоне всасывания. На тонкий срез корня лютика действуют флороглюцином и соляной кислотой, рассматривают его в капле воды.

При рассмотрении корня лютика выделяют центральный цилиндр, в котором находится проводящий пучок (рис. 45). Снаружи централь-

ный цилиндр окружен клетками эндодермы с одревесневшими подковообразными участками (пояски Каспари). Центральный цилиндр начинается с тонкого слоя меристематически активных клеток перicycle. В самом центре центрального цилиндра расположен радиальный проводящий пучок. Ксилема образует четыре ряда острых выступов в виде лучей, заканчивающихся снаружи более мелкими сосудами. Лучи ксилемы имеют красный оттенок от действия реактива. Между выступами ксилемы располагаются участки флоэмы, которые отделены от ксилемы тонкостенными клетками типичной паренхимы.

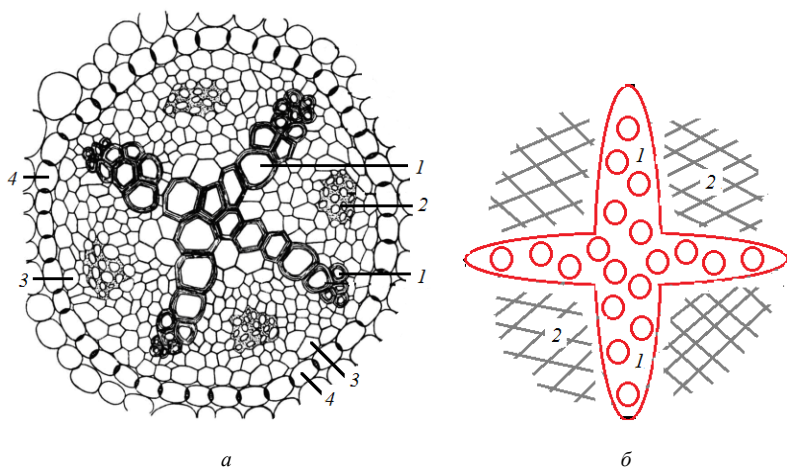


Рис. 45. Радиальный проводящий пучок (корень лютика):  
а – рисунок; б – схема; 1 – ксилема; 2 – флоэма; 3 – перикцикл; 4 – эндодерма

После изучения необходимо зарисовать закрытый радиальный проводящий пучок в виде схемы и обозначить его строение.

## Тема 15. ВЫДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ

В процессе жизнедеятельности растений образуются также вещества, которые не участвуют в дальнейшем метаболизме. Это побочные или конечные продукты обмена веществ, подлежащие выделению или изоляции внутри растения. Химическая природа их различна. Это разнообразные эфирные масла, смолы, бальзамы, каучук и т. д. Эфирные масла могут привлекать насекомых-опылителей, отпугивать живот-

ных, предохранять растения от перегрева и уменьшать испарение с их поверхности. Смолы препятствуют гниению. Также выделяются вода, соли, сахара; изолируются токсичные вещества.

Удаление побочных продуктов обмена происходит в результате **секреции** – акт отделения вещества от протопласта. Отделяемые (секретируемые) вещества называются **секретами**.

Выделительные ткани подразделяют на ткани наружной и внутренней секреции.

**Выделительные ткани наружной секреции** эволюционно связаны с покровными тканями, выделяют секретируемые вещества наружу, в окружающую среду. К ним относятся:

– **железистые волоски** – это специальные выросты эпидермы, имеющие многоклеточное строение; они состоят из живых клеток, которые формируют удлинненную ножку из 1–2 клеток и одно- или многоклеточную головку. Клетки головки выделяют секреты под кутикулу, при разрыве которой секрет изливается в окружающую среду. Таким образом выделяются эфирные масла, водные растворы солей. Железистые волоски характерны для растений семейств Яснотковые, Астровые, Сельдерейные (рис. 46);

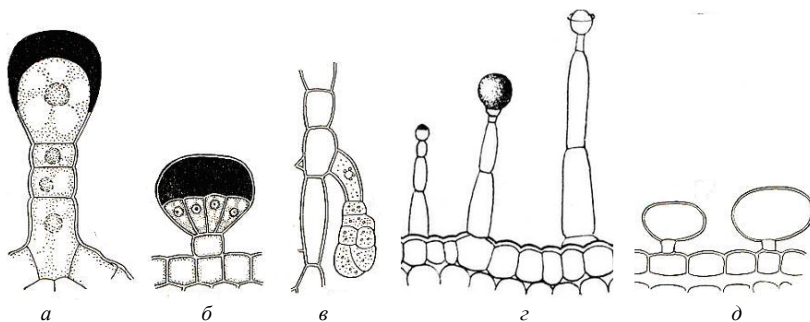


Рис. 46. Железистые волоски:

*а* – пеларгония; *б* – розмарин; *в* – картофель; *г* – первоцвет; *д* – лаванда

– **железки** – также специальные выросты эпидермы, но отличаются от железистых волосков наличием короткой ножки и многоклеточной головки; могут выделять эфирные масла и смолы. Железки располагаются на стеблях около формирующихся почек – мята, лаванда, полынь, смородина черная и др. (рис. 47);

– **нектарники** обычно формируются в цветке и могут быть представлены отдельными железистыми клетками. Нектарники могут находиться в ямках (лютик), желобках, шпорцах (живокость), возвышаться в виде бугорков, подушечек (тыква, ива, яснотка). Эти железистые клетки выделяют *нектар* – это водный раствор сахаров с небольшим количеством белков, спиртов и ароматических веществ. Нектароносные растения являются медоносными, посещаются пчелами – липа, гречиха, горчица и др. (рис. 47);

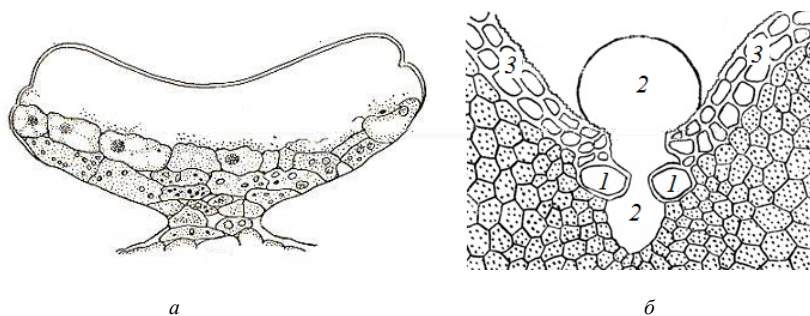


Рис. 47. Выделительные ткани наружной секреции:  
 а – железка (смородина черная); б – нектарник (персик): 1 – клетки, секретирующие нектар; 2 – нектар в нектарной ямке; 3 – клетки эпидермы лепестков

– **осмофоры** также располагаются в цветках и представляют собой специализированные клетки эпидермы или железы, в которых вырабатываются ароматические вещества. Эти вещества представляют собой смеси органических соединений (главным образом эфирных масел), обладающие высокой летучестью. Выделение этих веществ из осмофоров является кратковременным;

– **гидатоды** выделяют капельно-жидкую воду и растворенные в ней соли. Через гидатоды происходит процесс *гуттации* – выделение капель воды при ее избытке и ослабление транспирации из мезофилла листа на его поверхность. В строении гидатодов специальной секреторной ткани нет. Вода подается трахеидами окончаний проводящих пучков. Гидатоды могут быть в виде: 1) многоклеточных волосков (фасоль); 2) устьиц, которые не способны регулировать величину устьичной щели (манжетка, настурция); 3) многоклеточной ткани эпидермы под водными устьицами – в зубцах листьев камнеломки, земляники, шиповника, чая, первоцвета (рис. 48);

– **переваривающие железы** развиваются на листьях насекомоядных растений (росянка, жирянка, венерина мухоловка). Переваривающие железы выделяют пищеварительные ферменты и кислоты. Они характерны для растений, которые произрастают в условиях недостаточного минерального питания (заболоченная местность, в воде). С помощью переваривающих железок эти растения переваривают мягкие части тела пойманного насекомого, поглощают низкомолекулярные соединения через эпидерму и компенсируют этим недостаток азотного питания.

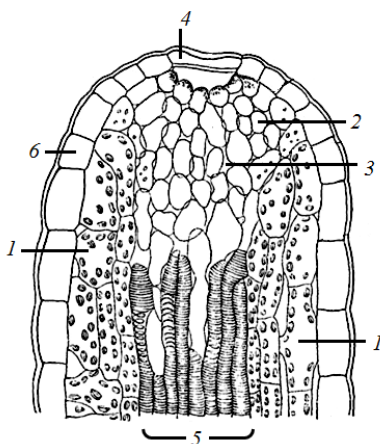


Рис. 48. Гидатоды (зубчик листа первоцвета китайского):  
 1 – клетки хлоренхимы; 2 – клетки паренхимы;  
 3 – крупные межклетники; 4 – одна из двух замыкающих  
 клеток водяного устьища, разрезанного продольно;  
 5 – трахеиды; 6 – клетки эпидермы

**Выделительные ткани внутренней секреции** обеспечивают изоляцию продуктов вторичного обмена внутри растения. К ним относятся:

– **секреторные вместилища** – накапливают внутри растения чаще всего эфирные масла, смолы, дубильные вещества, каучук. По происхождению их подразделяют на схизогенные и лизигенные вместилища.

**Схизогенные вместилища** возникают в результате увеличения межклеточных пространств (в межклетниках скапливаются вещества) и выстилания ходов эпителиальными клетками. Такие каналообразные вместилища с эфирными маслами имеют плоды многих сельдерейных (укроп, кориандр, анис, тмин). Смоляные ходы в листьях и хвое голосеменных также относятся к схизогенному типу вместилищ.

*Лизигенные* вместилища возникают тогда, когда секретируемые вещества накапливаются внутри клеток с последующим растворением клеточных оболочек и образованием пространств. Такие по строению вместилища с эфирными маслами имеют листья и плоды цитрусовых растений;

– **млечники** – образованы живыми клетками с целлюлозными клеточными стенками, цитоплазмой, ядром, лейкопластами и крупной вакуолью с определенным составом клеточного сока. Клеточный сок млечников называют *млечным соком* или *латексом*, представляющим собой по составу эмульсию (в жидкое содержимое могут быть включены сахара, белки, камеди, алкалоиды, жиры, бальзамы, каучук, гутта и др.). Млечный сок у большинства растений имеет вид белой (молочай, одуванчик, мак) или желтой, оранжевой (чистотел) жидкости.

Млечники подразделяют на членистые и нечленистые.

*Членистые млечники* образуются из живых вытянутых клеток, расположенных продольными рядами. Иногда поперечные перегородки частично или полностью растворяются, в результате чего образуются сплошные тонкие трубки с млечным соком. Членистые млечники имеют многие растения из семейств Астровые, Маковые, Колокольчиковые, Вьюнковые, а также каучуконосные растения гевея, манихот семейства Молочайные.

*Нечленистые млечники* состоят из одной клетки, которая разрастается по мере роста растения. Каждая клетка такого млечника разветвляется, пронизывает все растение, но отдельные млечные клетки никогда не соединяются. Нечленистые млечники характерны для многих видов семейств Маковые, Молочайные, Кутровые, Крапивные и др.

Биологическое значение млечников достаточно велико. Млечники часто рассматривают не только как выделительные, но и проводящие ткани. В млечном соке многих растений есть продукты ассимиляции (углеводы, белки, жиры), поэтому млечники подобно ситовидным трубкам обеспечивают их перемещение. У некоторых растений с сильно развитыми млечниками ситовидные трубки слабее развиты или совсем отсутствуют (мак).

**Материал:** фиксированные корни одуванчика (*Taraxacum officinale* L.), постоянный микропрепарат поперечного среза стебля сосны (*Pinus sylvestris* L.), околоплодник апельсина (*Citrus sinensis* L.) или мандарина, живые листья герани (*Pelargonium roseum*) или постоянный микропрепарат эпидермы листа герани, флороглюцин, соляная кислота.

### Задание.

1. На препарате поперечного среза корня одуванчика рассмотреть членистые млечники.

2. Рассмотреть схизогенные смоляные ходы, используя постоянный микропрепарат стебля сосны.

3. Изготовить препарат поперечного среза околоплодника апельсина (мандарина) и рассмотреть строение лизигенных вместилищ.

4. Рассмотреть строение железистых волосков на микропрепарате эпидермы листа герани.

5. Зарисовать рассмотренные типы выделительных тканей, сделать соответствующие обозначения.

**Выполнение работы.** *Членистые млечники корня одуванчика.* Кусочек корня одуванчика разрезают вдоль и с поверхности разреза делают тонкий срез бритвой, захватывая кору. Млечники у одуванчика образуются во вторичной флоэме корня, чередуясь с рядами лубяной паренхимы. В продольном разрезе млечники имеют вид темных разветвленных каналов, состоящих из клеток, равных по длине клеткам окружающей их паренхимы (рис. 49).

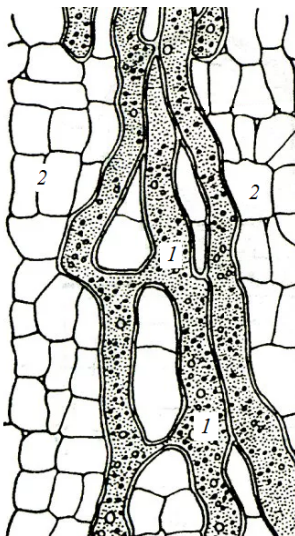


Рис. 49. Членистые млечники корня одуванчика:  
1 – млечный сок; 2 – клетки паренхимы корня

Поперечные стенки в клетках-члениках млечника разрушаются, поэтому млечники у одуванчика имеют вид тонких сплошных трубок. При большом увеличении микроскопа можно рассмотреть млечный сок: густое зернистое содержимое с глобулами каучука, изредка с блестящими каплями масла.

Необходимо зарисовать участок лубяной паренхимы с млечниками и обозначить млечник, млечный сок, клетки лубяной паренхимы.

*Смоляные (схизогенные) ходы сосны.* Для рассмотрения вместилищ схизогенного происхождения можно использовать микропрепараты стебля или хвои голосеменных растений. Для этих целей используют фиксированный препарат поперечного среза древесины сосны (или можно приготовить препарат с применением флороглюцина и соляной кислоты). При малом увеличении микроскопа находят в древесине сосны трахеиды, покрасневшие от действия реактива. Среди трахеид выделяются округлые группы неокрашенных клеток с крупным межклеточным пространством в центре. Эти клетки и формируют смоляные ходы (рис. 50, а).

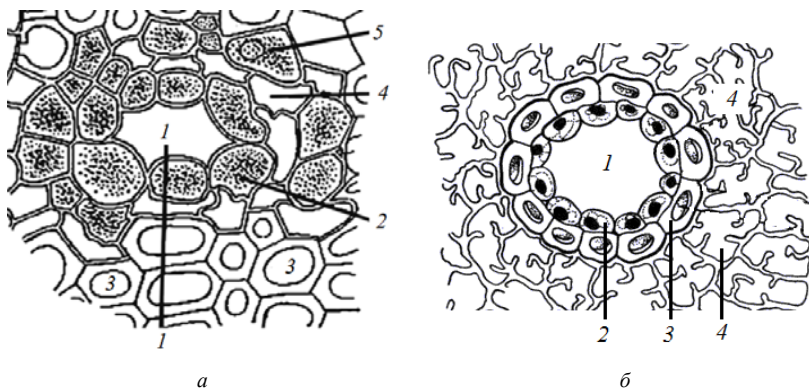


Рис. 50. Смоляные ходы древесины и хвои голосеменных:  
а – смоляной ход древесины: 1 – межклеточное пространство (полость смоляного канала); 2 – эпителиальные клетки; 3 – трахеиды; 4 – раздавленные мертвые клетки; 5 – живые клетки паренхимы; б – смоляной ход хвои: 1 – межклеточное пространство; 2 – эпителиальные клетки; 3 – клетки обкладки; 4 – складчатая паренхима

При большом увеличении микроскопа видно, что выстилающие смоляной ход клетки живые, заполнены густой цитоплазмой с ясно

заметными ядрами. Это эпителиальные клетки смоляного хода, выделяющие вещества (смолы) внутрь межклеточного пространства. При микроскопическом рассмотрении смоляного хода иногда хорошо различимы капли смолы. Смоляные ходы сосны образовались путем разъединения клеток: между несколькими клетками образуется межклеточное пространство, куда и поступают выделяемые вещества. Если такие группы выделительных клеток с межклетником в центре расположены друг над другом, то образуется длинный выделительный ход (канал). Эпителиальные клетки могут делиться, в результате чего смоляной канал становится шире.

При рассмотрении фиксированного препарата поперечного среза хвои сосны видно, что смоляные ходы расположены близко у поверхности листа. Они окружены клетками складчатой паренхимы. В строении смоляного хода хвоинки хорошо различимы клетки эпителия, которые со стороны складчатой паренхимы окружены толстостенными клетками обкладки (см. рис. 50, б).

Необходимо зарисовать смоляной ход и сделать соответствующие обозначения.

*Эфирноносные вместилища околоплодника citrusовых.* На поверхности плода citrusовых хорошо различимы углубления, из которых при изгибании околоплодника выделяется эфирное масло. Для рассмотрения эфирноносного вместилища околоплодника citrusовых делают несколько тонких поперечных срезов околоплодника (рис. 51).

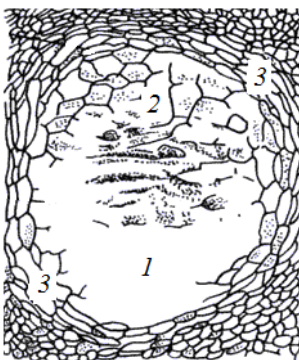


Рис. 51. Эфирноносное вместилище околоплодника мандарина:

- 1 – полость вместилища; 2 – разрушающиеся клетки;  
3 – клетки, образующие стенки вместилища

Сделанные препараты рассматривают при малом увеличении микроскопа. Ближе к поверхности околоплодного слоя виден ряд больших округлых полостей.

Клетки, выстилающие их внутри, имеют очень тонкую стенку и крупные вакуоли. Самый внутренний слой клеток обычно полуразрушен, видны остатки клеточных стенок. Здесь происходит постепенное растворение выделительных клеток. Оно начинается с небольшой центральной группы клеток и распространяется вокруг, захватывая новые концентрические слои клеток и увеличивая таким образом полость вместилища. Так формируются вместилища выделений лизигенного происхождения.

*Железистые волоски эпидермы листа герани.* Для рассмотрения строения железистых волосков используют листья герани. Для этого берут любую часть листа (листовая пластинка или черешок). С помощью бритвы снимают эпидерму с листа герани: с края листа, с его черешка или с жилки листовой пластинки. При этом нужно постараться не примять волоски. Срез помещают в воду на предметное стекло и закрывают покровным стеклом.

При обнаружении рассматриваемого объекта переводят микроскоп на большое увеличение. В поле зрения среди длинных остроконечных простых волосков видны маленькие головчатые железистые волоски. Ножка их состоит обычно из двух живых клеток, головка – из железистой клетки (рис. 52).

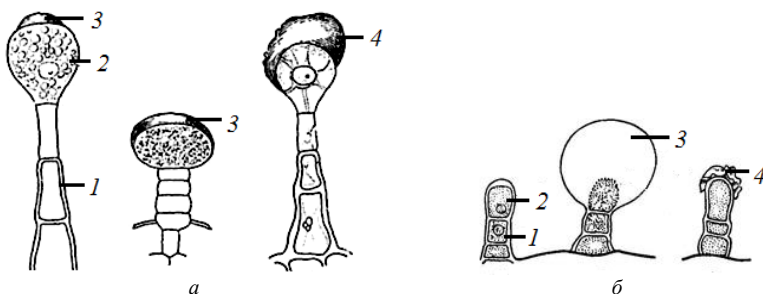


Рис. 52. Железистые волоски эпидермы герани:  
 а – на черешке листа; б – на поверхности листовой пластинки; 1 – ножка; 2 – головка;  
 3 – эфирное масло, вырабатываемое головкой, приподнимает кутикулу;  
 4 – эфирное масло вытекло на поверхность при разрыве кутикулы

Выделяемое этой клеткой эфирное масло накапливается под кутикулой, раздувая ее в виде прозрачного пузырька на верхушке волоска. Затем этот пузырек лопается и жидкость вытекает наружу. После этого начинает собираться новая капелька эфирного масла.

Зарисовывают несколько железистых волосков на разных этапах накопления эфирного масла и делают соответствующие обозначения.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                          | 3  |
| Список рекомендуемой литературы .....                                                  | 5  |
| Устройство биологического микроскопа. Методика изготовления временных препаратов ..... | 5  |
| Тема 1. Строение растительной клетки.....                                              | 12 |
| Тема 2. Пластиды. Хлоропласты. Движение цитоплазмы.....                                | 16 |
| Тема 3. Пластиды. Лейкопласты.....                                                     | 19 |
| Тема 4. Пластиды. Хромопласты.....                                                     | 21 |
| Тема 5. Запасные питательные вещества. Запасной крахмал.....                           | 24 |
| Тема 6. Запасные питательные вещества. Запасные белки и жиры.....                      | 27 |
| Тема 7. Образовательные ткани.....                                                     | 30 |
| Тема 8. Покровные ткани. Эпидерма.....                                                 | 35 |
| Тема 9. Покровные ткани. Выросты эпидермы (трихомы).....                               | 39 |
| Тема 10. Покровные комплексы. Перидерма. Корка.....                                    | 42 |
| Тема 11. Основные ткани.....                                                           | 47 |
| Тема 12. Механические ткани.....                                                       | 53 |
| Тема 13. Проводящие ткани.....                                                         | 60 |
| Тема 14. Проводящие пучки.....                                                         | 67 |
| Тема 15. Выделительные ткани.....                                                      | 75 |

У ч е б н о е   и з д а н и е

**Порхунцова Ольга Анатольевна**

**БОТАНИКА**

**ЦИТОЛОГИЯ. ГИСТОЛОГИЯ**

**Учебно-методическое пособие**

Редактор *Е. В. Ширалиева*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Корректор *А. С. Зайцева*

Подписано в печать 30.03.2021. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 5,11. Уч.-изд. л. 4,52.

Тираж 110 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.

Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.