

**КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

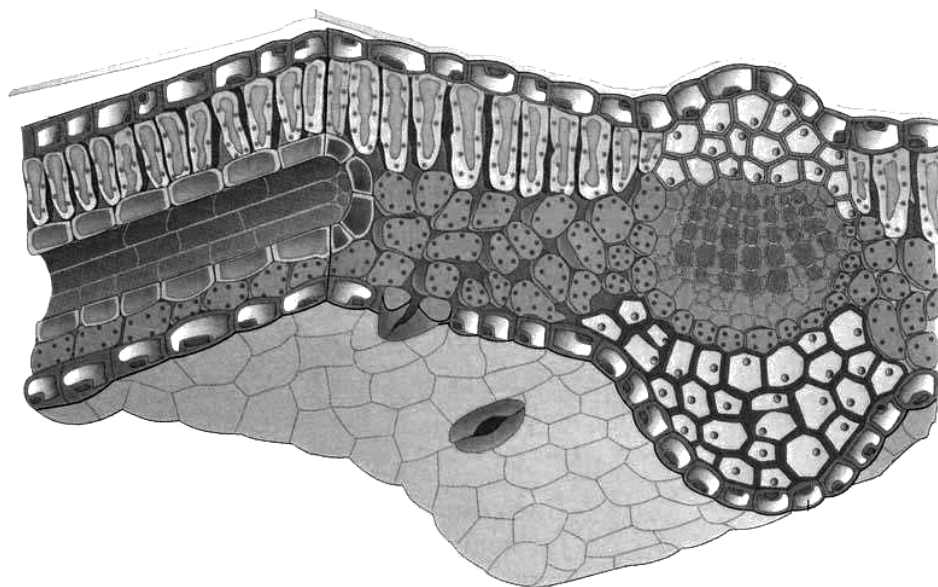
Институт фундаментальной медицины и биологии

Кафедра ботаники и физиологии растений



БОТАНИКА: АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ

Учебное пособие



Казань – 2017

УДК 581.8(075.8)

*Печатается по решению Редакционно-издательского совета
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

*учебно-методической комиссии института фундаментальной
медицины и биологии КФУ*

Протокол № 1 от 07.02.2017г.

заседания кафедры ботаники и физиологии растений

Протокол № 11 от 07.12.2016г.

Рецензенты: к.с.-х.н., доцент кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции Казанского ГАУ Манюкова И.Г.
к.б.н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений ИФМиБ К(П)ФУ Дубровная С.А.

Прохоренко Н.Б., Халиуллина Л.Ю., Кадырова Л.Р., Демина Г.В.

Ботаника: анатомия растений: учебное пособие / Н.Б. Прохоренко, Л.Ю. Халиуллина, Л.Р. Кадырова, Г.В. Демина. – Казань: Брик, 2017. – 95 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы организации микроскопических исследований растительных объектов, некоторые приемы изготовления микроскопических препаратов и работы с микроскопом, кроме того, приводится детальная информация об особенностях клеточного строения растений, их тканевой организации и анатомического строения вегетативных органов.

Учебное пособие предназначено для студентов высшего профессионального образования, обучающихся по направлению 06.03.01 – Биология. Пособие может быть использовано в ходе проведения лабораторных занятий по ботанике, а также при планировании и проведении выпускных квалификационных работ.

© Казанский федеральный университет, 2017

© Н.Б. Прохоренко, Л.Ю. Халиуллина, Л.Р. Кадырова, Г.В. Демина

ВЕДЕНИЕ

Учебное пособие по анатомии растений включает четыре раздела: "Устройство микроскопа. Микропрепараты. Научный рисунок", "Строение растительной клетки", "Основы гистологии растений", "Анатомия вегетативных органов".

В пособии рассмотрены вопросы организации микроскопических исследований растительных объектов, некоторые приемы изготовления микроскопических препаратов и работы с микроскопом, требования и подходы к выполнению научного рисунка, кроме того, приводятся данные об основных особенностях строения растений на клеточном, тканевом и органном уровнях их организации.

Значительное место в пособии отводится иллюстративному материалу, что дает возможность студенту не только правильно понять изучаемый препарат и скорректировать свой рисунок в альбоме, но и овладеть общими приемами изображения ботанических объектов. На лабораторных занятиях студенты должны максимально использовать самостоятельно приготовленные временные препараты. Однако, для экономии времени, а также в связи со спецификой можно пользоваться готовыми постоянными препаратами.

Практические работы выполняются каждым студентом. Полученные результаты в виде рисунков, схем и прочего оформляются в альбоме и служат показателем проделанной студентом работы на занятии. В альбоме указываются: а) дата работы, б) точное название темы, в) результаты работы - в виде рисунков и соответствующих подписей.

На практических занятиях по ботанике студент должен:

- освоить работу с микроскопом;
- овладеть техникой приготовления временных микропрепаратов;
- знать теоретический материал каждого занятия;
- знать латинские названия растений;
- оформить полученные результаты в альбом;
- ответить на вопросы, указанные в конце каждой темы.

При изложении материала практикума были учтены известные практические руководства. В практикуме использованы рисунки из учебников, анатомических атласов, практикумов и пособий.

РАЗДЕЛ 1. УСТРОЙСТВО МИКРОСКОПА. МИКРОПРЕПАРАТЫ. НАУЧНЫЙ РИСУНОК.

Устройство микроскопа и правила работы с ним. Тело растительных организмов сложено из клеток, размеры которых выражаются в особых единицах – микронах, 1 микрон = 0,001 мм. Вследствие малых размеров, они недоступны для наблюдения невооруженным глазом и требуют для своего изучения разных методов исследования, а главное – применения микроскопа. Микроскоп – это оптический прибор, позволяющий получить увеличенное обратное изображение изучаемого объекта и рассмотреть мелкие детали его строения, размеры которых лежат за пределами разрешающей способности глаза.

Благодаря разрешающей способности микроскоп дает отдельное изображение двух близко друг другу расположенных точек. Невооруженный человеческий глаз имеет разрешающую способность около 1/10 мм или 100 мкм. Световой микроскоп улучшает возможность человеческого глаза примерно в 500 раз, т. е. его разрешающая способность составляет около 0,2 мкм или 200 нм.

В учебных лабораториях обычно используют световые микроскопы, на которых микропрепараты рассматриваются с использованием естественного или искусственного света. Наиболее распространены световые биологические микроскопы: БИОЛАМ, МИКМЕД, МБР (микроскоп биологический рабочий), МБИ (микроскоп биологический исследовательский) и МБС (микроскоп биологический стереоскопический). Они дают увеличение в пределах от 56 до 1350 раз. Стереомикроскоп (МБС) обеспечивает подлинно объемное восприятие микрообъекта и увеличивает от 3,5 до 88 раз.

В микроскопе выделяют две системы: оптическую и механическую (рис. 1). К оптической системе относят объективы, окуляры и осветительное устройство (конденсор с диафрагмой и светофильтром, зеркало или электроосветитель).

Объектив – одна из важнейших частей микроскопа, поскольку он определяет полезное увеличение объекта. Объектив состоит из металлического цилиндра с вмонтированными в него линзами, число которых может быть различным. Увеличение объектива обозначено на

нем цифрами. В учебных целях используют обычно объективы $\times 8$ и $\times 40$. Качество объектива определяет его разрешающая способность.

Окуляр устроен намного проще объектива. Он состоит из 2–3 линз, вмонтированных в металлический цилиндр. Между линзами расположена постоянная диафрагма, определяющая границы поля зрения. Нижняя линза фокусирует изображение объекта, построенное объективом в плоскости диафрагмы, а верхняя служит непосредственно для наблюдения. Увеличение окуляров обозначено на них цифрами: $\times 7$, $\times 10$, $\times 15$. Окуляры не выявляют новых деталей строения, и в этом отношении их увеличение бесполезно. Таким образом, окуляр, подобно лупе, дает прямое, мнимое, увеличенное изображение наблюдаемого объекта, построенное объективом.

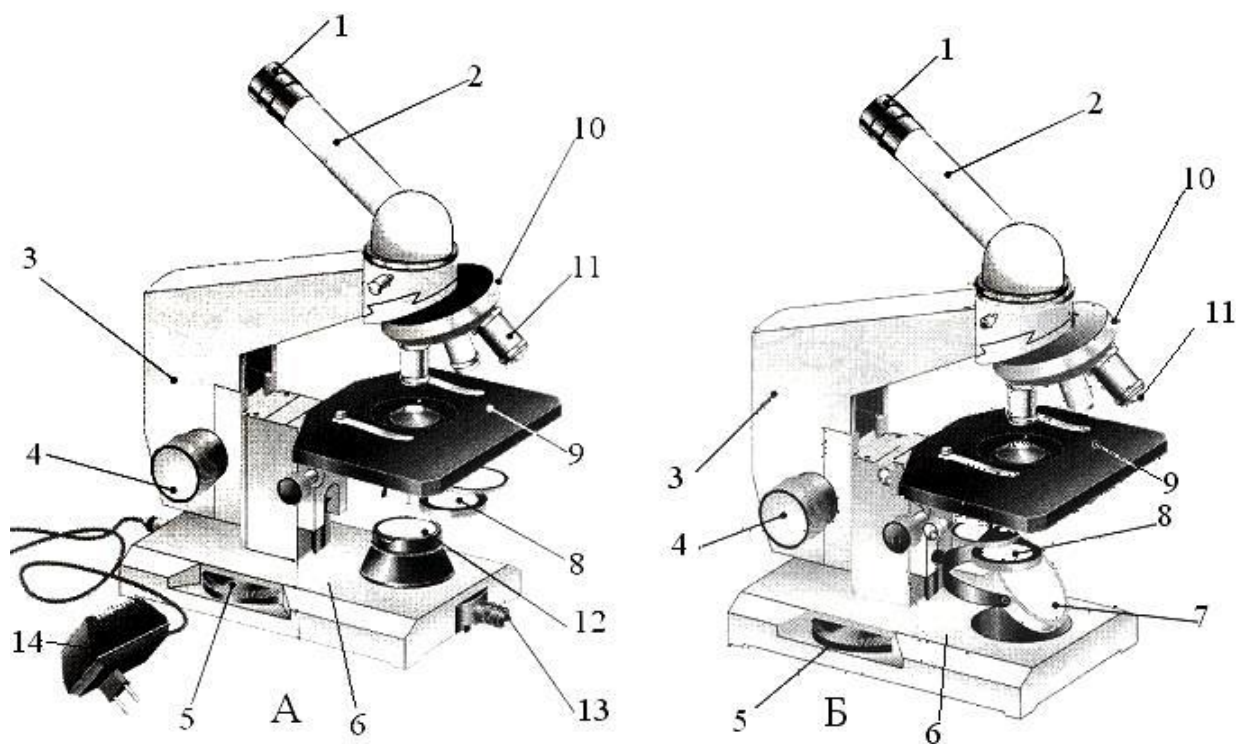


Рис. 1. Устройство световых микроскопов: А – МИКМЕД-1; Б – БИОЛАМ.

1 – окуляр, 2 – тубус, 3 – тубусодержатель, 4 – винт грубой наводки, 5 – микрометрический винт, 6 – подставка, 7 – зеркало, 8 – конденсор, ирисовая диафрагма и светофильтр, 9 – предметный столик, 10 – револьверное устройство, 11 – объектив, 12 – корпус коллекторной линзы, 13 – патрон с лампой, 14 – источник электропитания

Для определения общего увеличения микроскопа следует умножить увеличение объектива на увеличение окуляра.

Осветительное устройство состоит из зеркала или электроосветителя, а также конденсора с ирисовой диафрагмой и светофильтром, которые расположены под предметным столиком. Они предназначены для освещения объекта пучком света. Зеркало служит для направления света через конденсор и отверстие предметного столика на объект. Оно имеет две поверхности: плоскую и вогнутую. В лабораториях с рассеянным светом используют вогнутое зеркало. Электроосветитель устанавливается под конденсором в гнездо подставки.

Конденсор состоит из 2–3 линз, вставленных в металлический цилиндр. При подъеме или опускании его с помощью 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 и состоит из тонких металлических пластинок. С помощью рычажка их можно то соединить, полностью закрывая нижнюю линзу конденсора, то развести, увеличивая поток света. Кольцо с матовым стеклом или светофильтром уменьшает освещенность объекта. Оно расположено под диафрагмой и передвигается в горизонтальной плоскости.

Механическая система микроскопа состоит из подставки, коробки с микрометрическим механизмом и микрометрическим винтом, тубуса, тубусодержателя, винта грубой наводки, кронштейна конденсора, винта перемещения конденсора, револьвера, предметного столика.

Подставка – это основание микроскопа.

Коробка с микрометрическим механизмом, построенном на принципе взаимодействующих шестерен, прикреплена к подставке неподвижно. Микрометрический винт служит для незначительного перемещения тубусодержателя, а, следовательно, и объектива на расстояния, измеряемые микрометрами. Полный оборот микрометрического винта передвигает тубусодержатель на 100 мкм, а поворот на одно деление опускает или поднимает тубусодержатель на 2 мкм. Во избежание порчи микрометрического механизма разрешается

крутить микрометрический винт в одну сторону не более чем на половину оборота.

Тубусодержатель несет тубус и револьвер. Тубус или трубка – цилиндр, в который сверху вставляют окуляры. Тубус подвижно соединен с головкой тубусодержателя, его фиксируют стопорным винтом в определенном положении. Ослабив стопорный винт, тубус можно снять. Револьвер предназначен для быстрой смены объективов, которые ввинчиваются в его гнезда. Центрированное положение объектива обеспечивает защелка, расположенная внутри револьвера.

Винт грубой наводки используют для значительного перемещения тубусодержателя, а, следовательно, и объектива с целью фокусировки объекта при малом увеличении.

Предметный столик предназначен для расположения на нем препарата. В середине столика имеется круглое отверстие, в которое входит фронтальная линза конденсора. На столике имеются две пружинистые клеммы – зажимы, закрепляющие препарат.

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

Правила работы с микроскопом. При работе с микроскопом необходимо соблюдать операции в следующем порядке:

1. Работать с микроскопом следует сидя;
2. Микроскоп осмотреть, вытереть от пыли мягкой салфеткой объективы, окуляр, зеркало или электроосветитель;
3. Микроскоп установить перед собой, немного слева на 2–3 см от края стола. Во время работы его не сдвигать;
4. Открыть полностью диафрагму, поднять конденсор в крайнее верхнее положение;
5. Работу с микроскопом всегда начинать с малого увеличения;
6. Опустить объектив в рабочее положение, т.е. на расстояние 1 см от предметного стекла;
7. Установить освещение в поле зрения микроскопа, используя электроосветитель или зеркало. Глядя одним глазом в окуляр и пользуясь зеркалом с вогнутой стороной, направить свет от окна в объектив, а затем максимально и равномерно осветить поле зрения.

Если микроскоп снабжен осветителем, то подсоединить микроскоп к источнику питания, включить лампу и установить необходимую яркость горения;

8. Положить микропрепарат на предметный столик так, чтобы изучаемый объект находился под объективом. Глядя сбоку, опускать объектив при помощи макровинта до тех пор, пока расстояние между нижней линзой объектива и микропрепаратом не станет 4–5 мм;

9. Смотреть одним глазом в окуляр и вращать винт грубой наводки на себя, плавно поднимая объектив до положения, при котором хорошо будет видно изображение объекта. Нельзя смотреть в окуляр и опускать объектив. Фронтальная линза может раздавить покровное стекло, и на ней появятся царапины;

10. Передвигая препарат рукой, найти нужное место, расположить его в центре поля зрения микроскопа;

11. Если изображение не появилось, то надо повторить все операции пунктов 6, 7, 8, 9;

12. Для изучения объекта при большом увеличении, сначала нужно поставить выбранный участок в центр поля зрения микроскопа при малом увеличении. Затем поменять объектив на х 40, поворачивая револьвер, так чтобы он занял рабочее положение. При помощи микрометрического винта добиться хорошего изображения объекта. На коробке микрометрического механизма имеются две риски, а на микрометрическом винте – точка, которая должна все время находиться между рисками. Если она выходит за их пределы, ее необходимо вернуть в нормальное положение. При несоблюдении этого правила, микрометрический винт может перестать действовать;

13. По окончании работы с большим увеличением, установить малое увеличение, поднять объектив, снять с рабочего столика препарат, протереть чистой салфеткой все части микроскопа, накрыть его полиэтиленовым пакетом и поставить в шкаф.

Техника изготовления временных микропрепаратов. Для изучения растительных объектов с помощью светового микроскопа необходимо приготовить микропрепарат. Микропрепараты, не предназначенные для длительного хранения, называются *временными*. Изучаемый объект помещают на предметное стекло в каплю воды, глицерина либо специального раствора, реактива или красителя и

накрывают покровным стеклом. Такие препараты можно хранить в течение нескольких дней, поместив во влажную атмосферу.

Если объекты помещены в бальзам, глицерин с желатином или целлоидин, препараты сохраняются годами и называются **постоянными**.

Некоторые растения или их органы (водоросли, споры, пыльца и др.) можно рассматривать под микроскопом целиком, без предварительного изготовления срезов. Такие препараты называются **тотальными**.

Однако число объектов, которые можно изучать на тотальных микропрепаратах невелико. Чаще приходится делать срезы органов, подлежащих изучению. Срезы изготавливают из свежих или фиксированных частей растений. Обычно для фиксации употребляют растворы спирта или формалина. Сделанные срезы должны быть очень тонкими и прозрачными. Различают следующие виды срезов: поперечный и продольный (радиальный, тангентальный, парадермальный) (рис. 2).

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.

Продольный тангентальный срез проходит перпендикулярно радиусу цилиндрической структуры, например, корня или стебля; в случае вторичных ксилемы и флоэмы проходит под прямым углом к сердцевинным лучам.

Парадермальный срез (греч. пара + дерма – кожа) – сечение, параллельное поверхности плоской структуры, например, листа (срез эпидермы листа).

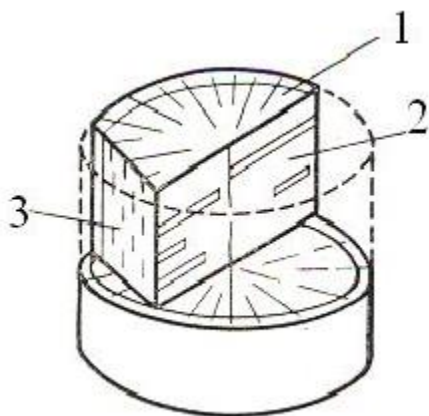


Рис. 2. Виды срезов при изготовлении препаратов:
1 – поперечное, 2 – продольное радиальное, 3 – продольное тангентальное

Правила изготовления анатомических срезов. При изготовлении временных микропрепаратов необходимо соблюдать следующую последовательность операций.

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 его круговыми движениями пальцев.

Нанести на предметное стекло пипеткой каплю жидкости (воды, глицерина, раствора, реактива или красителя).

Сделать срез изучаемого органа при помощи лезвия. Лезвие должно быть очень острым. Для изготовления срезов, мелкие объекты поместить между кусочками из сердцевины бузины или пенопласта (рис. 3). Лезвием выровнять верхнюю поверхность пенопласта вместе с объектом. Затем сделать тонкий срез, ведя лезвием к себе наискось одним плавным и быстрым движением. При этом объект 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.

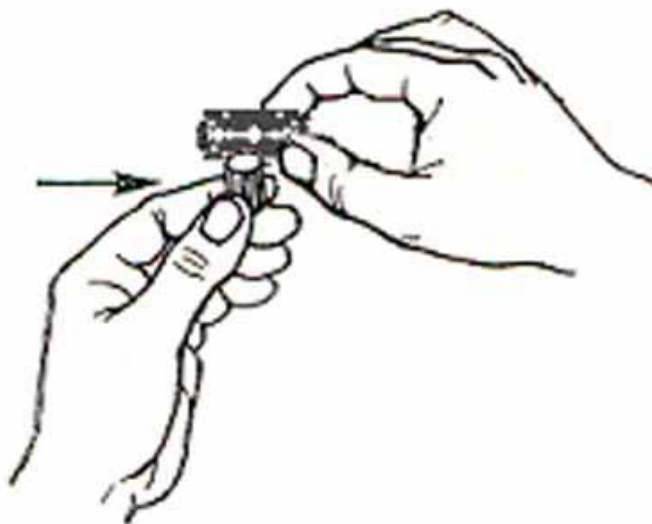


Рис. 3. Положение рук при изготовлении среза

Закрывать срез покровным стеклом так, чтобы под него не попал воздух. Для этого покровное стекло взять двумя пальцами за грани и подвести под углом нижнюю грань к краю капли жидкости и плавно его опустит

Если жидкости много, и она вытекает из – под покровного стекла, удалить ее при помощи фильтровальной бумаги. Если же под покровным стеклом остались места, заполненные воздухом, то добавить жидкость, поместив ее каплю рядом с краем покровного стекла, а с противоположной стороны фильтровальную бумагу.

Выбрать самый тонкий срез, перенести его с помощью препаровальной иглы или тонкой кисточки в центр предметного стекла в каплю жидкости.

Правила оформления результатов наблюдения в виде рисунка. Универсальным способом оформления результатов морфологических и анатомических исследований является рисунок. Зарисовывание препарата способствует запоминанию увиденных структур. В научном рисунке важна не художественная образность, а точность передачи необходимых деталей строения исследованного объекта. Основными требованиями к научному рисунку являются информативность, четкость, лаконичность и научная достоверность.

При зарисовывании структуры не следует изображать те детали, которые не имеют значения для уяснения ее специфики. Например, при прорисовывании клеточной стенки следует изобразить поры, слоистость или штриховатость оболочки, границу между первичной и вторичной оболочками, межклеточную пластинку (если эти структуры видны на препарате), однако нет необходимости изображать протопласт и его компоненты. Если необходимо отобразить особенности строения крахмального зерна, то нет нужды зарисовывать что-либо за пределами амилопласта. Вырисовывая схему строения органа, целесообразно изображать не весь срез, а только такую часть среза, которая дает адекватное представление обо всем срезе.

Зарисовывая участок какой-либо ткани, не следует стремиться изобразить как можно больше клеток, а необходимо зарисовать лишь участок, который дает представление обо всех типах слагающих ткань клеток и особенностях их взаимного расположения. Если ткань сложена однородными клетками, то достаточно зарисовать ее участок с 3 — 5 полными клетками. В том случае, когда интерес представляет не организация тканей, а их расположение в органе, зарисовывают схему его среза, на которой изображают границы между разными тканями, но не вырисовывают отдельные клетки. Для большей

наглядности рисунка оконтуренные массивы разных тканей можно по-разному заштриховать или раскрасить. Не нужно изображать на рисунке детали, отсутствующие на препарате, равно как и структуры, не имеющие отношения к объекту.

Зарисовывая объект, следует приложить особые усилия для соблюдения пропорций. Зарисовывание участка ткани следует начинать с наброска контура слагающих его клеток. Затем к нему подрисовывают стенки клеток, показывая необходимые детали их строения, и, если требуется, протопласт с органоидами, изображенный с необходимой степенью детальности (рис. 4).

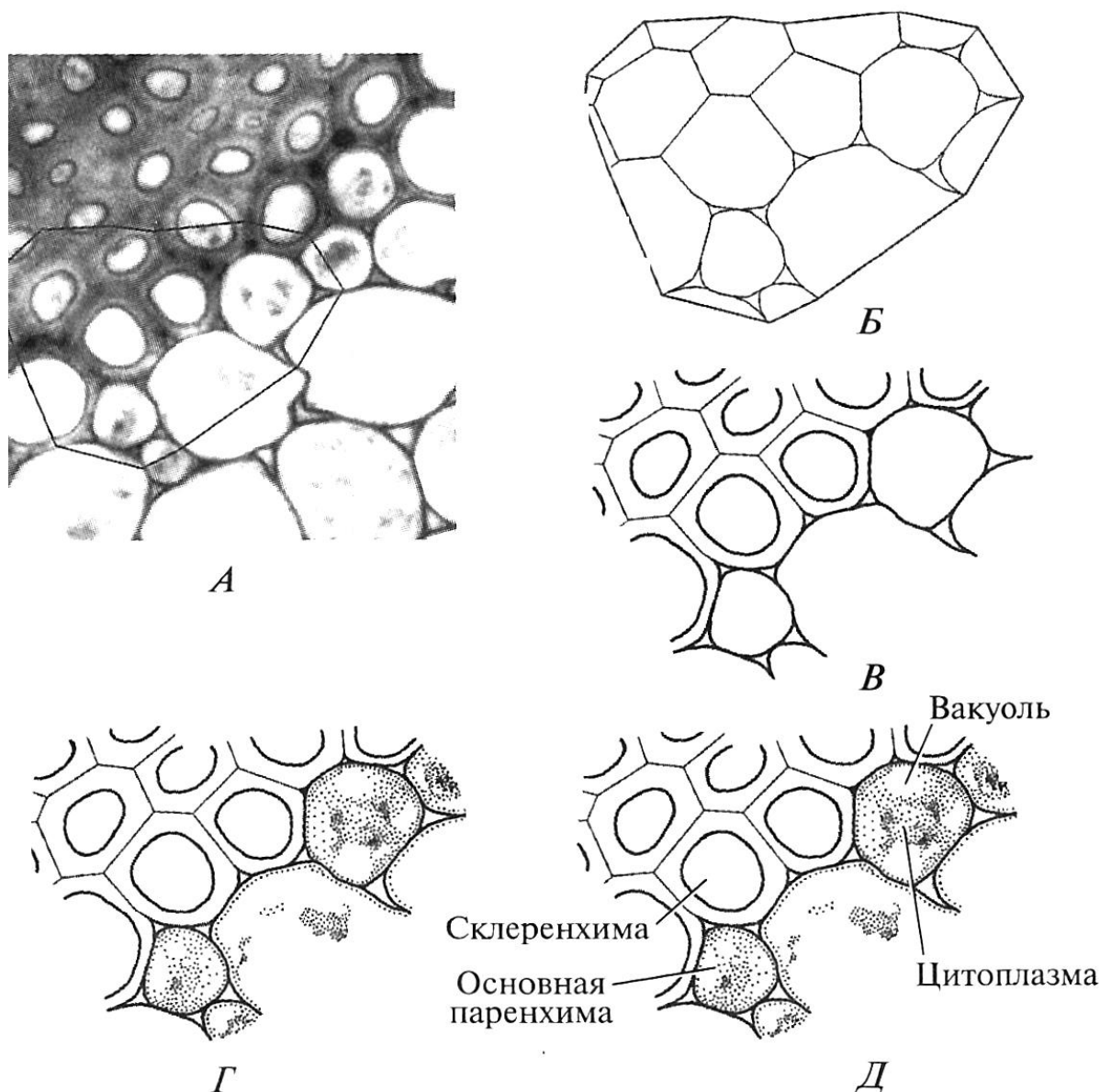


Рис. 4. Последовательные стадии (Б—Д) изготовления рисунка участка ткани, обозначенного на срезе (А) многоугольным контуром

Научные рисунки делают на листах плотной белой («чертежной») бумаги стандартного размера А4 или в альбоме такого же размера тонко заточенным простым графитовым карандашом средней твердости (ТМ или НВ). Изображение должно быть тем крупнее, чем больше деталей в нем необходимо показать, но всегда не менее 10 x 10 см. На одном листе допустимо поместить несколько рисунков. Каждый рисунок должен быть снабжен полными и четкими пояснительными надписями: названием рисунка и на выносках — названиями изображенных структур, причем идущие от надписей линии не должны пересекаться. На рисунках, выполненных на занятиях практикума, аббревиатуры лучше не использовать.

РАЗДЕЛ 2. СТРОЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Клетка представляет собой универсальный структурный и функциональный элемент тела высшего растения. Клетки в теле растения разнообразны соответственно выполняемым ими функциям.

Во взрослой растительной клетке различают три основные части: оболочку, протопласт (живое содержимое) и вакуоль. Сложная организация процессов жизнедеятельности возможна благодаря специализированным структурным элементам – органеллам, выполняющим различные функции. К ним относятся ядро, пластиды, митохондрии, эндоплазматический ретикулум, рибосомы, аппарат Гольджи и др. Органеллы погружены в гиалоплазму, которая обеспечивает их взаимодействие. Гиалоплазма с органеллами, за исключением ядра, составляет цитоплазму клетки. Клеточная оболочка, вакуоль и включения являются продуктами жизнедеятельности протопласта, и образуются им на определенных этапах развития клетки.

Общий план строения растительной клетки

Объекты исследований:

1. клетки эпидермы сочной чешуи *Allium cepa* L. (лук репчатый).

Материалы: сочная чешуя луковицы лука; раствор йода в йодистом калии.

Характеристика объектов.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть клетки эпидермы сочной чешуи репчатого лука. Эпидерма (кожица) – покровная ткань, которая располагается на поверхности листьев, стеблей и т.д. и выполняет защитную функцию. Основные компоненты клетки (оболочка, цитоплазма, ядро, вакуоль) наиболее четко видны при окрашивании микропрепарата слабым раствором йода в йодистом калии (раствор Люголя) (рис. 5).

Компоненты клетки, содержащие белок, окрасятся в разные оттенки: цитоплазма – в желтый цвет, ядро – в бурый. Небелковые соединения останутся бесцветными. При малом увеличении найти и

рассмотреть участок из одного слоя клеток без повреждений. Наиболее отчетливо видны оболочки клеток, они образуют как бы сеточку. Оболочка каждой клетки с боков соприкасается с оболочками соседних клеток. В клетке хорошо заметно ядро. Оно обычно прижато к оболочке и несколько сплющено. Если ядро прижато к верхней или нижней стенке клетки, то оно видно как округлое тельце с одним – несколькими ядрышками. Если же оно прижато к боковой стенке, то видно сбоку и заметно, что оно погружено в тонкий слой цитоплазмы. Цитоплазма непрерывным слоем прилегает к оболочке. В центральной части клетки расположена вакуоль с клеточным соком, занимающая большой объем.

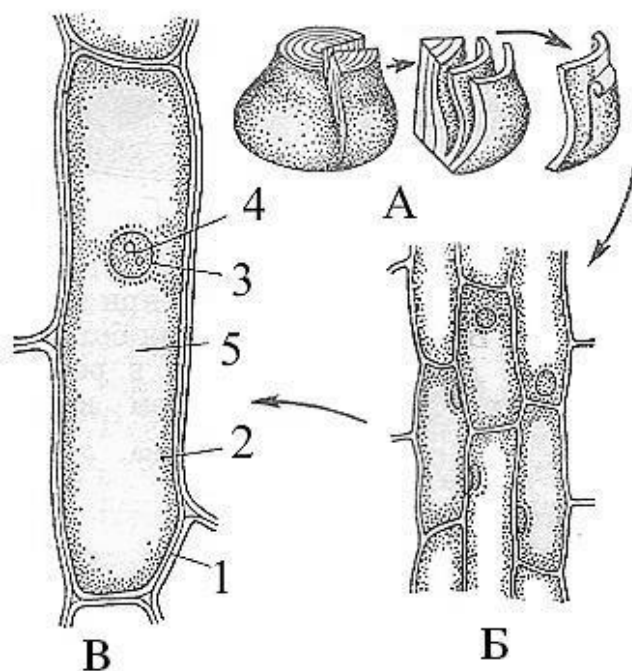


Рис. 5. Клетки эпидермы сочной чешуи *Allium cepa* L. (лук репчатый)
(по: Г.А. Бавтуто, 2002):

А – луковица лука; Б – клетки эпидермы; В – отдельная клетка; 1 – оболочка клетки, 2 – цитоплазма, 3 – ядро, 4 – ядрышко, 5 – вакуоль

Задания по теме «Общий план строения растительной клетки».

1. Приготовить *временный препарат* эпидермы сочной чешуи лука. Препаровальной иглой или пинцетом снять небольшой участок эпидермиса с вогнутой поверхности чешуи, переместить в каплю воды (или в раствор йода в йодистом калии) на предметное стекло, наружной стороной кверху, и накрыть покровным стеклом. При

увеличении объектива микроскопа х8 и х40 рассмотреть и зарисовать 2–3 клетки, найти и обозначить их компоненты (оболочка, цитоплазма, ядро, вакуоль, пластиды, зерна ассимиляционного крахмала).

Пластиды и их типы

Пластиды – органоиды, присущие только растительным клеткам, внутриклеточные органеллы цитоплазмы автотрофных растений, содержащие пигменты и осуществляющие синтез органических веществ. У высших растений различают 3 типа пластид: зелёные хлоропласты, бесцветные лейкопласты и различно окрашенные хромопласты. Пластиды каждого типа имеют характерное строение и выполняют свои, только им присущие функции.

Объекты исследований:

1. хлоропласты в клетках листа *Elodea canadensis* Rich. (элодея канадская);
2. лейкопласты в клетках листа *Tradescantia virginica* L. (традесканция виргинская);
3. хромопласты в клетках мякоти зрелых плодов *Sorbus aucuparia* L. (рябина обыкновенная), *Rosa canina* L. (шиповник собачий), *Convallaria majalis* L. (ландыш майский), *Crataegus sanguinea* L. (боярышник кроваво–красный).

Характеристика объектов.

При увеличении объектива микроскопа х8 и х40 рассмотреть хлоропласты в клетках элодеи канадской. **Хлоропласты** – это тельца линзовидной или округлой формы размером 4–6 мкм (редко до 9 и как исключение до 24 мкм); содержат около 50% белка, 35% липидов и 7% пигментов, а также небольшое количество дезоксирибонуклеиновой (ДНК) и рибонуклеиновой (РНК) кислот. Находясь в тесном взаимодействии с другими компонентами клетки, имея в своём составе ДНК и РНК, пластиды обладают некоторой генетической автономностью. Зеленая окраска хлоропластов обусловлена присутствием в них пигмента хлорофилла. В хлоропластах в процессе фотосинтеза образуется органическое вещество, которое

накапливается в них в виде твердых зернышек ассимиляционного (первичного) крахмала.

Лист элодеи – удобный объект для изучения клетки, сложен всего двумя слоями клеток, и только вдоль жилки мелкие клетки образуют большее число слоев. Хлоропласты в клетках элодеи имеют форму линзы и погружены в постенный слой цитоплазмы и прижаты к стенкам клетки. Клетки находятся в состоянии полного насыщения водой – состоянии тургора (рис. 6).

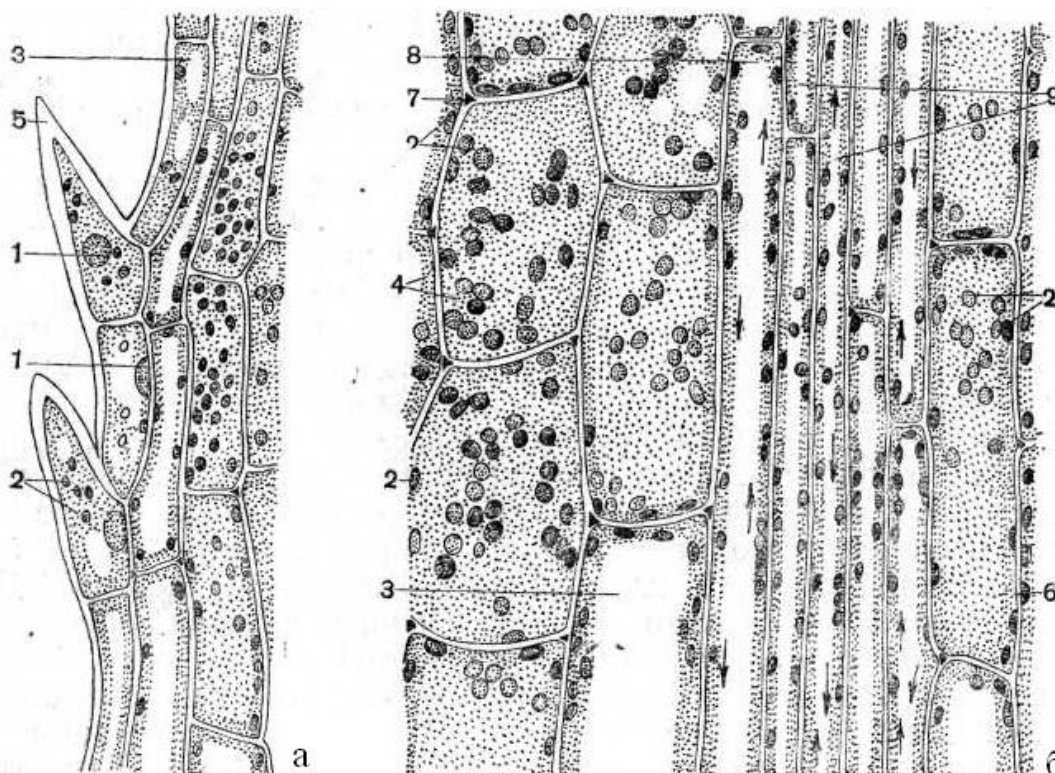


Рис. 6. Клетки листа *Elodea canadensis* Rich. (элодея канадская) в крайней части (а) и в центральной части листа (б):

1 – ядро; 2 – хлоропласты; 3 – вакуоль; 4, 8 – цитоплазма; 5 – зубчик листа; 6 – оболочка клетки; 7 – межклетник; 9 – клетки «средней жилки»

В хлоропластах становятся хорошо заметными зерна первичного крахмала, если на клетку подействовать реактивом Люголя (раствор йода в йодистом калии), в результате чего они окрашиваются в черно-фиолетовый цвет. Ассимиляционный крахмал легче всего обнаружить в клетках у основания листа, куда реактив проникает в первую очередь

и где крахмал сохраняется дольше. Интенсивность накопления первичного крахмала зависит от условий освещения.

При увеличении объектива микроскопа х40 рассмотреть лейкопласты в клетках эпидермиса традесканции виргинской. В бесцветных пластидах (**лейкопластах**) из простых органических соединений синтезируются более сложные вещества – вторичный крахмал (**амилопласты**), белки (**протеопласты**) и липиды (**олеопласты**), откладываемые в запас в тканях клубней, корней, корневищ и в эндосперме семян.

Эпидерма листьев традесканции виргинской состоит из прозрачных плотно сомкнутых тонкостенных клеток, слегка вытянутых по длине листа (рис. 7). В средней части клеточной полости хорошо видно округлое ядро. Цитоплазма, образуемая вокруг него ядерный кармашек, соединена с постенным слоем тонкими тяжами. В цитоплазме, окружающей ядро, и в ее тяжах видны мелкие шаровидные тельца – лейкопласты, сильно преломляющие свет. Иногда они настолько тесно группируются вокруг ядра, что полностью закрывают его.

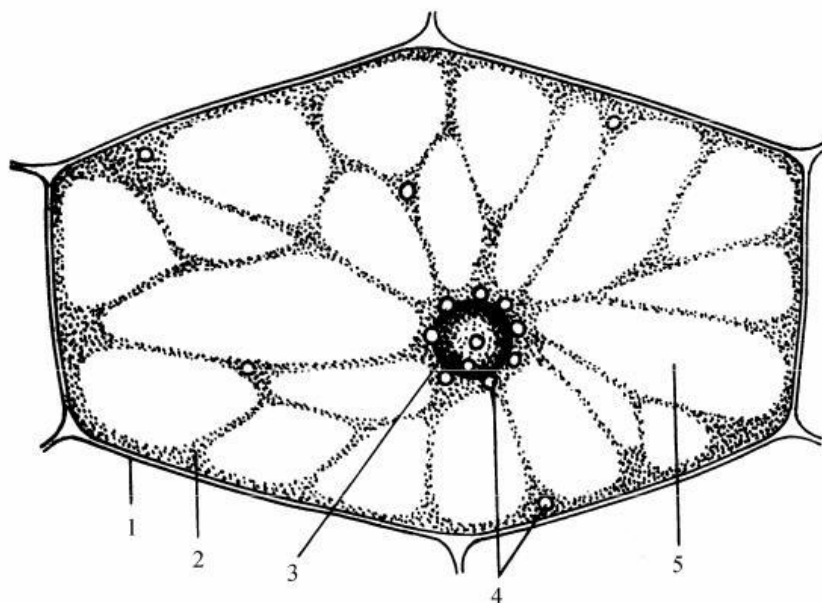


Рис. 7. Лейкопласты в клетках эпидермиса *Tradescantia virginica* L.
(традесканция виргинская):

1 – клеточная оболочка, 2 цитоплазма, 3 – ядро, 4 – лейкопласты, 5 – вакуоль (по: Г.А. Бавтуто, 2002)

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть хромопласты в клетках мякоти зрелых плодов (рябины обыкновенной, ландыша майского, шиповника, боярышника). Для ознакомления с хромопластами могут служить также свежие зрелые плоды спаржи, хурмы, красного перца и других растений.

Хромопласты содержат пигменты из группы каротиноидов: желтый ксантофилл, оранжевый каротин и др. Каротиноиды либо растворены в жировой (липоидной) части стромы пластиды, либо выпадают в виде кристаллов, растягивая строму. Хромопласты обычно характерны для клеток околоцветников и плодов многих растений, яркая окраска которых привлекает насекомых – опылителей, способствует распространению плодов и семян птицами и другими животными. Хромопласты имеются также в клетках «корнеплодов» моркови и некоторых других растений. Кроме того, хромопласты образуются из хлоропластов в клетках листьев при их старении перед листопадом.

В созревающих плодах пектиновые вещества межклетников исчезают (мацерация) и клетки оказываются почти не соединенными друг с другом. Клетки мякоти зрелых плодов имеют округлую форму, оболочки клеток очень тонкие и хромопласты в них очень хорошо видны (рис. 8).

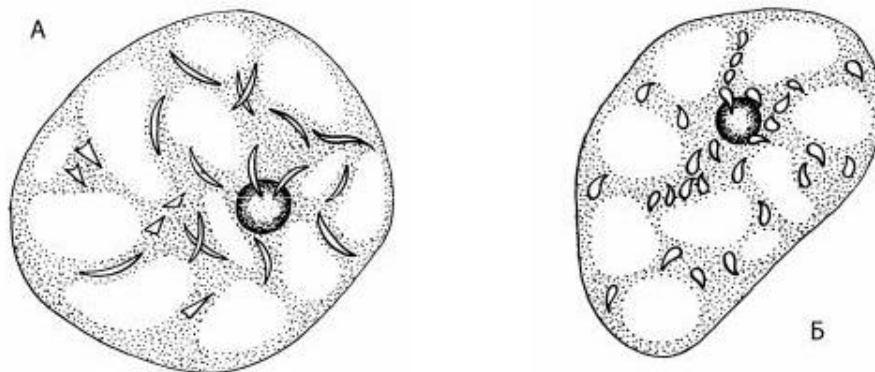


Рис. 8. Хромопласты в клетках мякоти зрелых плодов:

А – *Sorbus aucuparia* L. (рябина), Б – *Rosa canina* L. (шиповник) (из Г.А. Бавтуто, 2002)

В плодах рябины, боярышника хромопласты имеют вытянутую, заостренную, иногда слегка изогнутую форму, в клетках плодов шиповника и ландыша – овальную или округлую. В хромопластах каротин кристаллизуясь образует многочисленные кристаллы, которые

сильно растягивают пластиду в разных направлениях, придавая ей неправильные очертания. Форма хромопластов также зависит от степени созревания плодов и расположения клеток в сочном гипантии: в наружных клетках они обычно более или менее округлые, в клетках глубже лежащих слоев — угловатые.

Задания по теме «Пластиды и их типы».

1. Приготовить *временный препарат* листа элодеи канадской. Для этого пинцетом оторвать лист с побега элодеи, положить в каплю воды на предметное стекло верхней (адаксиальной) стороной листа вверх и накрыть покровным стеклом. При увеличении объектива микроскопа х8 рассмотреть общую форму листа, отметить наличие средней жилки. Изучить форму краевых, паренхимных и прозенхимных (жилка) клеток. При увеличении объектива микроскопа х40 рассмотреть участок около центральной жилки в нижней (проксимальной) части листа. Изучить строение паренхимных клеток. Зарисовать отдельную клетку, обозначив основные компоненты: клеточную оболочку, цитоплазму, ядро, вакуоль, пластиды. Для того, чтобы рассмотреть зерна первичного крахмала накапать раствор Люголя на препарат и фильтровальной бумагой вытянуть воду с другой стороны стекла.

2. Приготовить *временный препарат* абаксиальной эпидермы листа традесканции виргинской. Для этого осторожно поддеть пинцетом нижнюю эпидерму листа, снять небольшой участок эпидермы, расправить на предметном стекле в капле воды наружной поверхностью вверх и прикрыть покровным стеклом. Зарисовать несколько клеток эпидермы при увеличении объектива микроскопа х40, обозначив основные компоненты: клеточную оболочку, цитоплазму, ядро, вакуоль, пластиды.

3. Приготовить *временный препарат* мякоти из зрелых плодов рябины обыкновенной, ландыша майского, шиповника. Для этого препаровальной иглой разорвать кожицу плода, извлечь небольшое количество мякоти и перенести ее в каплю воды на предметное стекло. Мякоть осторожно разрыхлить иглой и накрыть покровным стеклом. При увеличении объектива микроскопа х8 найти свободные клетки. При увеличении объектива микроскопа х40 зарисовать несколько

клеток, обозначив основные компоненты: клеточную оболочку, цитоплазму, ядро, вакуоль, пластиды.

Движение цитоплазмы и осмотические явления в клетке

Одно из важнейших свойств цитоплазмы живой клетки – ее способность к движению. **Движение цитоплазмы** играет важную роль в осуществлении обмена и распределении веществ внутри клетки, а также характеризует уровень жизнедеятельности клеточных структур. О движении цитоплазмы можно судить по перемещению органелл в крупных клетках с большими вакуолями. В осуществлении движения цитоплазмы принимают участие элементы цитоскелета – *микрофиламенты*. Источником этого движения служит АТФ (аденозинтрифосфат). Движение цитоплазмы – один из наиболее чувствительных показателей жизнеспособности клетки. Многие, даже незначительные воздействия, останавливают или, наоборот, ускоряют его.

Различают следующие типы движения цитоплазмы: *спонтанное, постоянное и индуцированное внешними факторами* (изменением освещенности, температуры, химическими веществами, механическими воздействиями и т.п.). Основными типами движения цитоплазмы являются *круговое (вращательное или ротационное), струйчатое и колебательное*.

Жизнедеятельность клетки характеризуется непрерывно протекающими в ней процессами обмена веществ, причем цитоплазма избирательно реагирует на воздействие разных факторов внешней среды. В поглощении и выделении веществ большую роль играют процессы диффузии и осмоса. Осмотическими называют явления, происходящие в системе, состоящей из двух растворов, разделенных полупроницаемой мембраной. В растительной клетке роль полупроницаемых мембран выполняют пограничные слои цитоплазмы: плазмалемма и тонопласт. **Плазмалемма** – наружная мембрана цитоплазмы, прилегающая к клеточной оболочке. **Тонопласт** – внутренняя мембрана цитоплазмы, окружающая вакуоль. **Вакуоли** представляют собой полости в цитоплазме, заполненные

клеточным соком — водным раствором углеводов, органических кислот, солей, белков с низким молекулярным весом, пигментов.

Объекты исследований:

1. лист *Elodea canadensis* Rich. (элодея канадская).

Материалы: листья *Elodea canadensis* Rich. (элодея канадская); 10% раствор NaCl (либо 6–8% раствора селитры KNO₃).

Характеристика объектов.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 пронаблюдать *круговое движение* цитоплазмы в клетках листа элодеи, которое видно по перемещению хлоропластов в одном направлении вдоль клеточной стенки (круговое движение). Наиболее интенсивное движение можно увидеть в длинных узких клетках средней жилки листа. Если лист элодеи подержать несколько минут на ярком свете, скорость движения цитоплазмы усиливается, тогда будет видно, что в некоторых клетках хлоропласты довольно быстро перемещаются вдоль боковых стенок клетки, что обусловлено круговым движением цитоплазмы.

Концентрация веществ в клеточном соке и во внешней среде (в почве, водоемах) обычно не одинаковы. Если внутриклеточная концентрация веществ выше, чем во внешней среде, вода из среды будет диффундировать в клетку, точнее в вакуоль, с большей скоростью, чем в обратном направлении, т. е. из клетки в среду. Чем больше концентрация содержащихся в клеточном соке веществ, тем сильнее сосущая сила — сила, с которой клетка всасывает воду. При увеличении объема клеточного сока, вследствие поступления в клетку воды, увеличивается его давление на цитоплазму, плотно прилегающую к оболочке. При полном насыщении клетки водой она имеет максимальный объем. Состояние внутреннего напряжения клетки, обусловленное высоким содержанием воды и давлением содержимого клетки на ее оболочку, носит название тургора (рис. 9, А). Тургор обеспечивает сохранение органами формы (например, листьями, неодревесневшими стеблями) и положения в пространстве, а также сопротивление их действию механических факторов. С потерей воды связано уменьшение тургора и увядание растения.

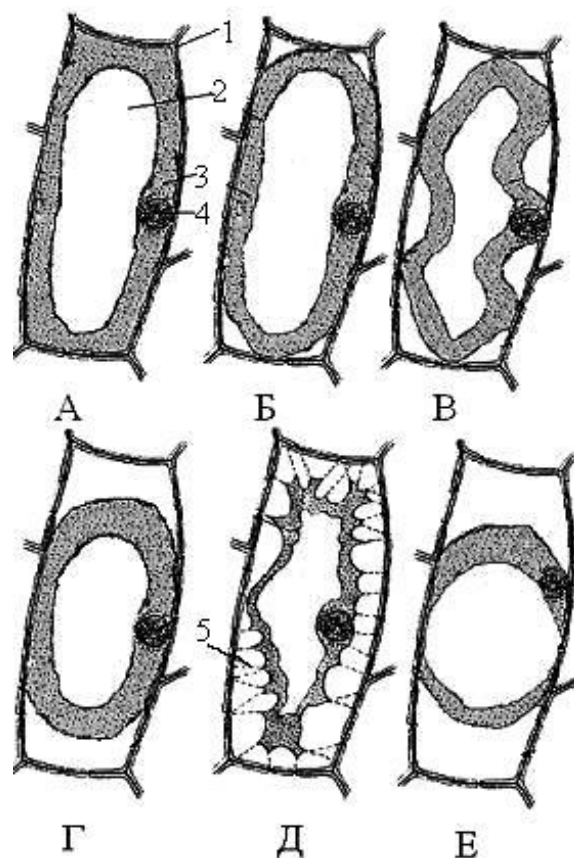


Рис. 9. Плазмолиз растительной клетки:

А – клетка в состоянии тургора; Б – угловый; В – вогнутый; Г – выпуклый; Д – судорожный; Е – колпачковый; 1 – оболочка, 2 – вакуоль, 3 – цитоплазма, 4 – ядро, 5 – нити Гехта

Если клетка находится в гипертоническом растворе, концентрация которого больше концентрации клеточного сока, то скорость диффузии воды из клеточного сока будет превышать скорость диффузии воды в клетку из окружающего раствора. Вследствие выхода воды из клетки объем клеточного сока сокращается, тургор уменьшается. Уменьшение объема клеточной вакуоли сопровождается отделением цитоплазмы от оболочки – происходит **плазмолиз**. В ходе плазмолиза форма плазмолизированного протопласта меняется. Вначале протопласт отстает от клеточной стенки лишь в отдельных местах, чаще всего в уголках. Плазмолиз такой формы называют угловым (рис. 9, Б). Затем протопласт продолжает отставать от клеточных стенок, сохраняя связь с ними в отдельных местах, поверхность протопласта между этими точками имеет вогнутую форму. На этом этапе плазмолиз называют вогнутым (рис. 9, В). Постепенно протопласт отрывается от клеточных стенок по всей

поверхности и принимает округлую форму. Такой плазмолиз носит название выпуклого (рис. 9, Г). Если у протопласта связь с клеточной стенкой в отдельных местах сохраняется, то при дальнейшем уменьшении объема в ходе плазмолиза протопласт приобретает неправильную форму. Протопласт остается связанным с оболочкой многочисленными нитями Гехта. Такой плазмолиз носит название судорожного (рис. 9, Д).

При длительном нахождении клеток в гипертоническом растворе (15 минут и более) цитоплазма набухает в клетках, там, где протопласт не касается клеточных стенок, образуются так называемые колпачки цитоплазмы. Такой плазмолиз носит название колпачкового (рис. 9, Е).

Если плазмолизированную клетку поместить в гипотонический раствор, концентрация которого меньше концентрации клеточного сока, вода из окружающего раствора будет диффундировать внутрь вакуоли. В результате увеличения объема вакуоли повысится давление клеточного сока на цитоплазму, которая начинает приближаться к стенкам клетки, пока не примет первоначальное положение – произойдет *деплазмолиз*.

Задания по теме «Движение цитоплазмы и осмотические явления в клетке».

1. Приготовить *временный препарат* листа элодеи канадской. Для этого пинцетом оторвать лист с побега элодеи, положить в каплю воды на предметное стекло верхней (адаксиальной) стороной листа вверх и накрыть покровным стеклом. При увеличении объектива микроскопа $\times 40$ рассмотреть и зарисовать 3–4 клетки элодеи, показав клеточную оболочку, постенный слой цитоплазмы и пластиды в разном положении. Направление движения цитоплазмы показать стрелками.

2. На *временный препарат* листа элодеи канадской, рядом с покровным стеклом нанести на предметное стекло каплю 10% раствором NaCl (либо 6–8% раствора селитры KNO_3). С другой стороны на предметное стекло вплотную к покровному стеклу положить полоску фильтровальной бумаги, которую нужно держать до тех пор, пока раствор не войдет под покровное стекло, заменив воду. Через 5–10 минут обратить внимание на отрыв цитоплазмы от оболочки клеток, т.е. плазмолиз. Колпачковый плазмолиз наступает

через 15 и более минут. Зарисовать формы плазмолиза (уголковый, вогнутый выпуклый, судорожный, колпачковый).

3. Далее пронаблюдать явление деплазмолиза в клетках элодеи. Для этого следует заменить раствор NaCl (либо 6–8% раствора селитры KNO₃) водой, оттянув раствор фильтровальной бумагой. Отметить возвращение цитоплазмы к оболочке клетки, т.е. в ее нормальное состояние. Деплазмолиз происходит медленнее, чем плазмолиз.

Эргастические вещества как продукты жизнедеятельности протопласта.

Вещества живого содержимого растительной клетки – протопласта и продукты его жизнедеятельности очень разнообразны. Условно их объединяют в две группы:

1) **конституционные**, входящие в состав живой материи и участвующие в обмене веществ (белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводы и пр.);

2) **эргастические включения** (греч. *эргон* – работа) представляют собой компоненты протопласта, играющие вспомогательную роль в его жизни, они выступают либо источниками энергии при росте и работе живой клетки, либо конечными продуктами ее метаболизма. Одни из них – запасные вещества, которые временно исключены из процесса обмена веществ (белки, липиды, углеводы: крахмал, инулин и др.). Другие вещества – конечные продукты обмена веществ, которые хранятся в особыхместилищах или выделяются наружу, например, соли кальция, смолы, эфирные масла и др.

Вторичный крахмал – это запасный продукт. Он накапливается в специализированных органах: корневищах, клубнях, семенах, околоплоднике и т. д. Каждому виду растений свойственна определенная форма и размеры крахмальных зерен. Это обстоятельство используют при анализе состава муки, а также при идентификации видовой принадлежности растительного материала. В клубнях растений семейства сложноцветных клеточный сок содержит близкий к крахмалу углевод инулин, отличающийся от крахмала растворимостью в воде.

Белки – это основные органические вещества, определяющие строение и свойства живой материи. Запасные белки наиболее часто откладываются в виде зерен округлой или овальной формы. Белки в составе обезвоженных вакуолей называются алейроновыми зернами. Белки, накапливающиеся в лейкопластах, называются протеопласты. Это простые белки – протеины. Запасными белками богаты семена бобовых и злаковых растений. В зерновках злаков большое количество белков находится в клетках, расположенных под семенной кожурой, в так называемом алейроновом слое.

Липиды включают большую группу соединений биологического происхождения. Запасные масла обычно откладываются в лейкопластах, называемых олеопластами или встречаются в цитоплазме в виде липидных капель.

Объекты исследований:

1. запасной крахмал в клетках клубней *Solanum tuberosum* L. (картофель клубненосный);
2. друзы в клетках черешка *Begonia heracleifolia* Cham. ex Schltdl. (бегония борщевиколистная);
3. рафиды в клетках корневища *Polygonatum officinale* All. (купена лекарственная).

Характеристика объектов.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть крахмальные зерна клубня картофеля. Крахмал (после целлюлозы) является самым распространенным в растительном мире углеводом. Первичный крахмал образуется в хлоропластах во время фотосинтеза (ассимиляционный крахмал). Однако, здесь он не накапливается. При помощи ферментов первичный крахмал гидролизуетеся и в виде молекул глюкозы транспортируется из листа в клетки других органов, где используется на их построение или откладывается в запас в виде вторичного крахмала. Вторичное превращение сахара в крахмал происходит в лейкопластах (амилопластах), где образуются простые, полусложные или сложные зерна вторичного крахмала (рис. 10). Если в лейкопласте имеется один центр крахмалообразования, вокруг которого откладываются слои крахмала, то образуется простое зерно, если две и более – сложное зерно, состоящее из нескольких простых.

Полусложное зерно формируется в том случае, если в лейкопласте имеется 2 и более центров крахмалообразования, вокруг которых откладываются собственные слои крахмала и общие для нескольких центров слои. Видимая слоистость крахмальных зерен обусловлена неодинаковым гидротированием (обводнением) слоев крахмала и проявляется в различной степени. Возникновение слоистости приписывают чередованию двух углеводов амилазы (линейные молекулы) и амилопектина (разветвленные молекулы). Расположение слоев может быть концентрическим (например, у злаков и бобовых) и эксцентрическим (например, у картофеля). В последнем случае, точка, вокруг которой откладываются слои, находится не в центре зерна, а сдвинута вбок.

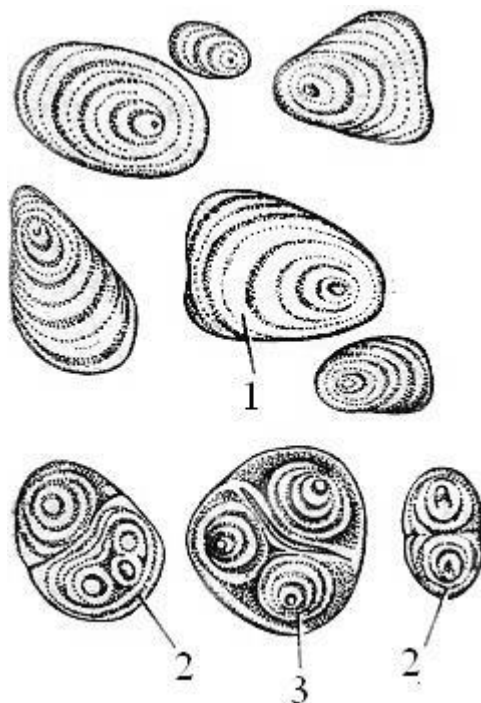


Рис. 10. Запасной крахмал в клетках клубней *Solanum tuberosum* L.
(картофель клубненосный):

1 – простое крахмальное зерно, 2 – сложное, 3 – полусложное

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть друзы в клетках черешка бегонии борщевиколистной и рафиды в клетках корневища купены. В отличие от животных клеток, которые выделяют избыток ионов во внешнюю среду вместе с жидкими конечными продуктами метаболизма, растения, не имеющие развитых органов выделения, вынуждены накапливать их в тканях. Избыточное накопление веществ, исключенных из обмена, часто приводит к

выпадению их в осадок в аморфном виде или в форме кристаллов, носящих название *включений*.

Одним из токсичных продуктов жизнедеятельности клеток является щавелевая кислота. Растение освобождается от нее при помощи ионов кальция. Щавелевокислый кальций откладывается в растениях главным образом в старых и отмирающих клетках в виде кристаллических образований разнообразной формы: одиночных кристаллов, друз, рафид и др. (рис. 11).

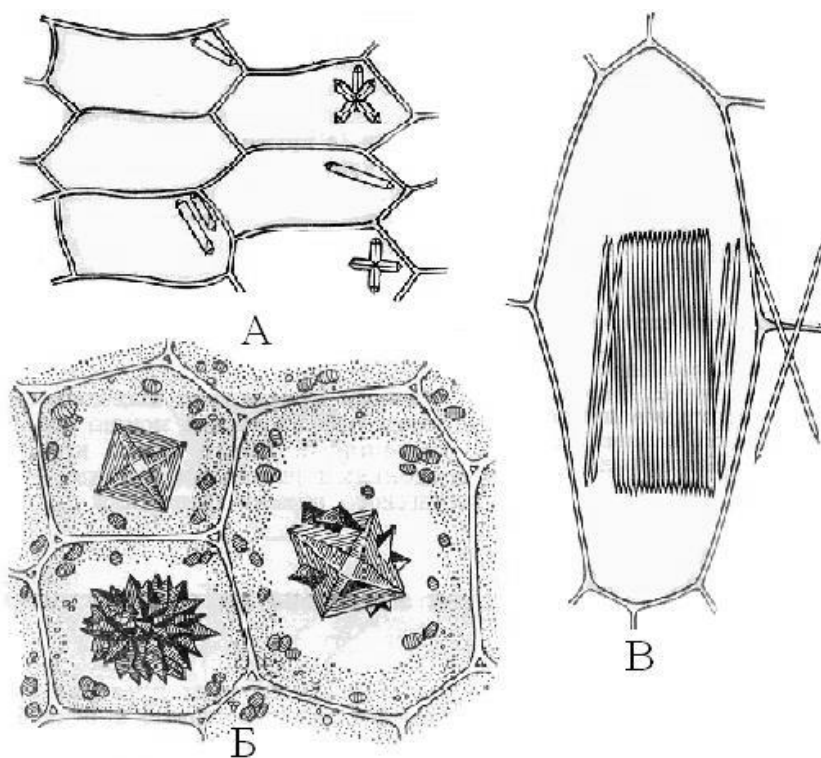


Рис. 11. Кристаллы щавелевокислого кальция в клетках:

А – одиночные и крестообразные в клетках сухой чешуи луковицы *Allium cepa* L. (лук репчатый); Б – одиночный кристалл, сросток кристаллов и друза (черешок *Begonia heracleifolia* Cham. ex Schlttl. (бегония борщевиколистная); В – пучок рафид в клетке корневища *Polygonatum officinale* All. (купена лекарственная)

Друзы – шаровидные образования, состоящие из многих мелких сросшихся кристаллов (в клетках корневищ, коры, корки, черешков и эпидермы многих растений). Рафиды – игольчатые кристаллы, соединенные в пучки (в корневищах купены, стебле винограда). Кристаллический песок – скопление множества мелких одиночных кристаллов (в чешуе лука, стебле бузины). Как правило, друзы встречаются у двудольных растений, а рафиды – у однодольных.

Встречаются также одиночные кристаллы более простых и сложных комбинационных форм. Кристаллы, имеющие форму сильно вытянутых призм, называют стилоидами. У некоторых растений образуются цистолиты (греч. китос – пузырь, или мешок, литос – камень). Они чаще всего состоят из карбоната кальция или кремнезема и представляют собой гроздевидные образования внутри клеток, возникшие на выступах клеточной оболочки (фикус, крапивные, тутовые).

Задания по теме «Эргастические вещества как продукты жизнедеятельности протопласта».

1. Приготовить *временный препарат* крахмальных зерен клубня картофеля. Для этого отрезать маленький кусочек клубня картофеля и сделать им мазок на предметном стекле в капле воды. При этом из разрушенных клеток в воду переходят крахмальные зерна, в результате чего она мутнеет. Каплю накрыть покровным стеклом и рассмотреть при увеличении объектива микроскопа х8 и х40. При рассмотрении слоистости следует прикрыть диафрагму конденсора и слегка вращать микрометрический винт. Найти и зарисовать 3–4 простые, сложные и полусложные крахмальные зерна.

2. Приготовить *временный препарат* поперечного среза черешка бегонии борщевиколистной. Для этого сделать тонкий поперечный срез черешка в капле воды. При увеличении микроскопа объектива микроскопа х8 и х40 найти тонкостенные паренхимные клетки. В их содержимом имеется тонкий постенный слой цитоплазмы с немногочисленными хлоропластами. В клеточном соке многих клеток встречаются отложения оксалата кальция либо в виде одиночных кристаллов – *ромбоидов*, либо в виде сростков многочисленных мелких кристаллов – *друз*. В некоторых клетках могут встретиться переходные формы, у которых на поверхности крупных одиночных кристаллов видны спаянные с ними более мелкие кристаллы. Найти клетки с разными по форме кристаллами (ромбоиды, друзы, переходные формы) и зарисовать.

3. Приготовить *временный препарат* продольного среза корневища купены лекарственной. Для получения хороших препаратов срезы желательно делать с фиксированного материала в продольном направлении. Рассмотреть их в воде или глицерине. Найти

клетки, содержащие рафиды. Они обычно вытянутые и крупнее, чем окружающие их соседние паренхимные клетки. Рассмотреть при увеличении объектива микроскопа х8 и х40 в клетках игольчатые кристаллы, лежащие группами параллельно друг к другу. Они обычно окружены слизистым мешком и погружены в протоплазму клетки, занимая иногда почти всю ее полость. Зарисовать 1–2 клетки с рафидами.

Деление растительной клетки

Рост растительного организма происходит за счет митоза или кариокинеза. **Митоз** - основной способ деления ядра эукариотических клеток. Биологическое значение митоза состоит в строго одинаковом распределении генетического материала между дочерними клетками, что обеспечивает образование абсолютно идентичных клеток и сохраняет преемственность в ряду клеточных поколений. Митоз условно делят на 4 стадии: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

Объекты исследований:

1. митоз в клетках корешка *Allium cepa* L. (лук репчатый).

Характеристика объектов.

При увеличении объектива микроскопа х8 и х40 рассмотреть клетки апикальной меристемы корня лука репчатого на разных стадиях митоза (кариокинеза). В работе используют постоянный препарат продольного среза верхушки корня, окрашенный гематоксилином по Гейденгейну.

Апикальная меристема состоит из мелких клеток, находящихся в интерфазе и на разных этапах карио- и цитокинеза. В зоне активных клеточных делений клетки располагаются плотно, четкими продольными рядами и на срезе имеют вид прямоугольников. Клеточные стенки тонкие, поперечные – нередко в большей или меньшей степени извилистые. Цитоплазма зернистая, слабо вакуолизированная. В центре клетки, находящейся в *интерфазе* (рис. 12, А), располагается относительно крупное круглое ядро с хорошо различимой оболочкой, одним или двумя окрасившимися в черный

цвет округлыми ядрышками и тонкой сетью хроматина. В ячейках этой сети находится неокрашивающаяся *кариолимфа*, или ядерный сок.

На большем протяжении *профазы* в клетке сохраняется ядро с ядрышком (ядрышками), но вместо тонкой сети хроматина в нем заметны разнонаправленные короткие нити конденсирующегося хроматина — спирализующиеся хромосомы (рис. 12, Б).

В *метафазе* (рис. 12, В) в клетке уже нет ни ядра, ни ядрышка, а полностью спирализовавшиеся хромосомы располагаются в средней части клетки в виде «экваториальной пластинки», поперечной к оси корня. Такие хромосомы имеют четкие контуры, различаются размером и формой и состоят каждая из двух прижатых друг к другу хроматид. У некоторых хромосом хорошо заметна первичная перетяжка, где располагается центромера. Имеются также хромосомы с вторичной перетяжкой, отделяющей мелкий шаровидный «спутник» (заметны только в определенных ракурсах). В противоположные стороны от экваториальной пластинки хромосом отходят пучки сходящихся очень тонких, на пределе разрешающей способности микроскопа, нитей, представляющих собой микротрубочки митотического веретена.

В *анафазе* клетка заметно вытянута продольно (рис. 12, Г). Хроматиды каждой хромосомы отделились друг от друга и смещаются к противоположным полюсам митотического веретена, вследствие чего в клетке имеются две группы хромосом, состоящих из одной хроматиды каждая.

Метацентрические и субметацентрические хромосомы V-образные с вершиной, обращенной к ближайшему полюсу митотического веретена; акроцентрические хромосомы палочковидные. Часть микротрубочек митотического веретена соединена концом с центромерами хромосом, а часть пересекает зону бывшей экваториальной пластинки хромосом и оканчивается слепо среди микротрубочек противоположного полуверетена.

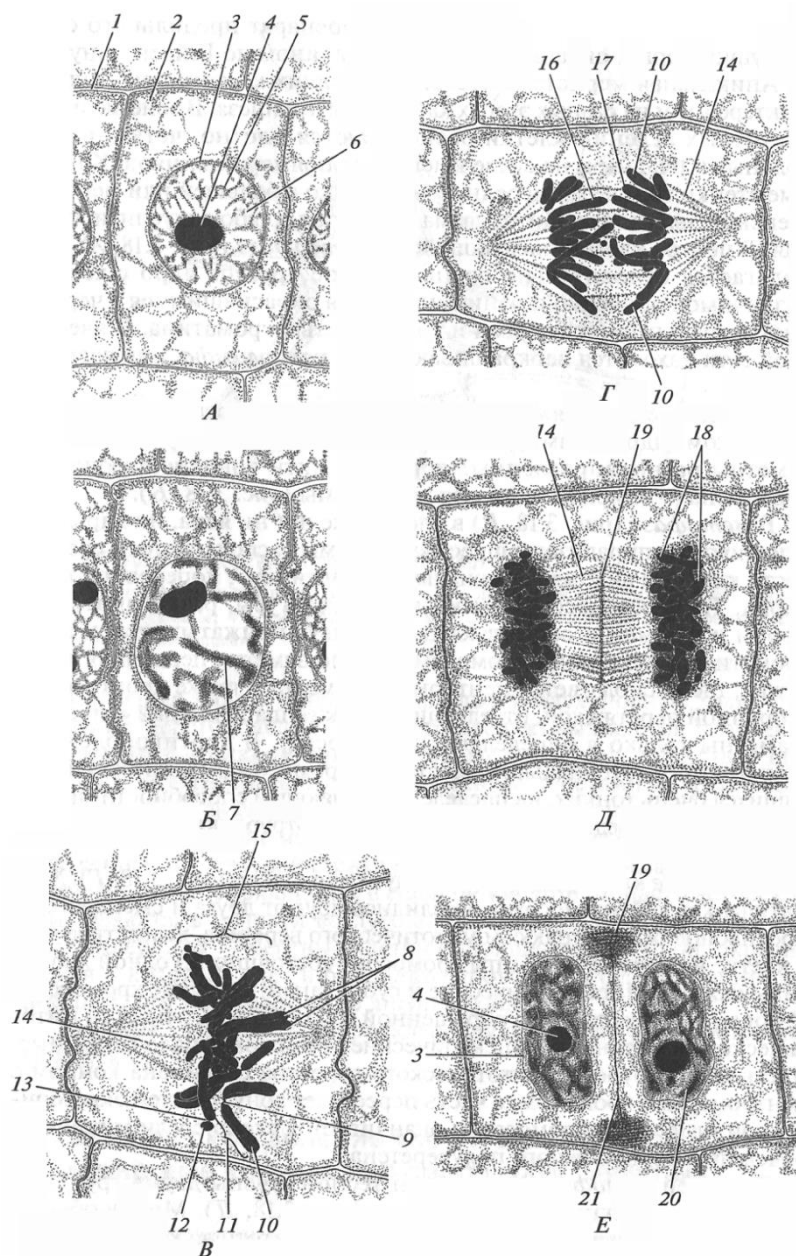


Рис. 12. Интерфазная (А) и митотически делящиеся (Б—Е) клетки в апикальной меристеме корня *Allium cepa* L. (лук репчатый):

Б — профаза; В — метафаза; Г — анафаза; Д, Е — ранняя и поздняя телофаза; 1 — клеточные стенки; 2 — цитоплазма; 3 — ядро; 4 — ядрышко; 5 — хроматин; 6 — кариоплазма; 7 — спирализующиеся хромосомы; 8 — хроматиды; 9 — центромера (первичная перетяжка); 10 — метацентрическая хромосома; 11 — плечо хромосомы; 12 — «спутник»; 13 — вторичная перетяжка; 14 — нити митотического веретена; 15 — экваториальная пластинка хромосом; 16 — субметацентрическая хромосома; 17 — акроцентрическая хромосома; 18 — хромосомы; 19 — фрагмопласт; 20 — де-спирализующаяся хромосома; 21 — межклеточная пластинка с формирующимися на ней первичными клеточными стенками

В ранней *телофазе* хромосомы тесно скучены двумя группами на противоположных концах клетки (рис. 12, Д). Между обеими группами протягиваются микротрубочки митотического веретена. В плоскости бывшей экваториальной пластинки хромосом находится фрагмопласт. В поздней телофазе (рис. 12, Е) уже нет митотического веретена, вокруг обеих групп хромосом образовалось по ядру, в котором возникло ядрышко, а сами хромосомы сильно деспирализованы и выглядят как неясные хроматиновые нити внутри ядер. Фрагмопласт сместился к продольным клеточным стенкам, оставив в центре очень тонкую межклеточную (срединную) пластинку, на которую с обеих сторон происходит отложение первичных стенок.

Задания по теме «Деление растительной клетки»:

1. Зарисовать при увеличении объектива микроскопа х40 клетки апикальной меристемы корня лука репчатого в интерфазе, профазе, анафазе, ранней и поздней телофазе. В работе использовать *постоянный препарат*.

Вопросы для самоконтроля к разделу «Строение растительной клетки».

1. Основные структурные элементы растительной клетки, их функциональное предназначение.
2. Что такое тургор, плазмолиз, деплазмолиз?
3. Может ли происходить плазмолиз в мертвой клетке?
4. Основные элементы клеточной оболочки.
5. Отличительные особенности первичной и вторичной оболочки.
6. Типы пластид, строение и выполняемые функции.
7. Типы лейкопластов в зависимости от веществ, накапливающихся в их строении.
8. Какие взаимные превращения возможны между пластидами?
9. Плазмалемма, тонопласт, вакуоль и их роль в жизнедеятельности растительной клетки.
10. С чем связано движение цитоплазмы? Может ли оно происходить в мертвых клетках?
11. Назвать типы движения цитоплазмы.
12. Что такое конституционные и эргастические вещества?
13. Вещества запаса и включения растительной клетки.
14. Первичный и вторичный крахмал.
15. Типы крахмальных зерен и процесс их образования.
16. Каков биологический смысл образования кристаллов щавелевокислого кальция в клетке?
17. В клетках каких органов или их частей накапливаются кристаллы щавелевокислого кальция?
18. Типы кристаллических образований в клетках растений.
19. Основные этапы митоза (кариокинеза).
20. Что такое фрагмопласт и какова его роль в клетке?

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ ГИСТОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

Освоение растениями суши и приспособление к наземным условиям существования сопровождались процессами дифференциации их вегетативного тела, что привело к образованию тканей и органов. **Ткань** – это устойчиво повторяющиеся комплексы клеток, сходные по происхождению, топографии, строению и приспособленные к выполнению одной или нескольких функций (Лотова, 2001; Тимонин, 2007; Тимонин и др., 2012). Способность выполнять те или иные функции определяется особенностями строения ткани. В теле современных наземных растений различают 9 типов тканей:

1. Покровные ткани – эпидерма, перидерма, корка, экзодерма;
2. Проводящие ткани – ксилема или древесина, флоэма или луб, трансфузионная ткань;
3. Абсорбционные ткани – ризодерма, веламен, гиалиновые клетки;
4. Ассимиляционные ткани – хлоренхима;
5. Механические ткани – колленхима, склеренхима;
6. Выделительные ткани – наружной секреции (экскреторные) и внутренней секреции (секреторные);
7. Запасающие ткани – паренхима
8. Вентиляционные ткани – аэренхима
9. Образовательные ткани – апикальная меристема, раневая меристема, прокамбий, камбий, феллоген, перицикл.

Ткани 1 – 8 относятся к категории **постоянных**, клетки которых в результате специализации утрачивают способность к делению, а ткани образовательные (9) – **делящиеся**, клетки которых остаются не дифференцированными и сохраняют способность к митотическому делению. Клетки меристем могут делиться только **периклинально**, т.е. параллельно поверхности органа, только **антиклинально**, т.е. перпендикулярно поверхности органа, или деление происходит в разных направлениях.

По происхождению апикальные (верхушечные) меристемы считаются **первичными**, а латеральные (боковые) – камбий и феллоген (пробковый камбий) – **вторичными**. Постоянные ткани, образованные камбием или феллогеном, относят к вторичным, все остальные – к первичным.

Согласно классификации Ю. Сакса все разнообразие постоянных тканей можно объединить в 3 группы: **покровные, проводящие и основные**. В зависимости от структуры ткани могут быть простыми и сложными. **Простые ткани** как, например, меристемы, аэренхима, паренхима, колленхима, склеренхима, хлоренхима, состоят из однотипных клеток. **Сложные ткани**, такие как ксилема, флоэма, перидерма и корка, образованы различными по строению клетками.

Строение апикальной (верхушечной) меристемы и покровных тканей

Объекты исследований:

1. конус нарастания *Elodea canadensis* Rich. (элодея канадская);
2. эпидерма листовой пластинки *Rhoeo discolor* (L'Her.) Hance (рео разноцветная);
3. вторичная покровная ткань (перидерма) в стебле *Sambucus racemosa* L. (бузина красная).

Характеристика объектов.

При увеличении объектива микроскопа х8 рассмотреть **постоянный препарат** конуса нарастания элодеи канадской. Найти удлинённый **конус нарастания** или **апекс** с верхушкой округлой формы. Апекс сложен инициальными клетками верхушечной меристемы и их производными, которые обладают способностью к митотическому делению (рис. 13). Сверху апекс защищен сводом развитых листьев. Ниже гладкой дистальной части апекса на поверхности стебля закладываются молодые зачатки листьев - **примордии**. По мере удаления от верхушки апекса бугорки вытягиваются и постепенно приобретают форму листьев за счет вакуолизации и роста клеток. В пазухе некоторых примордиев заметны бугорки – зачатки **пазушных почек**, из них в дальнейшем формируются боковые побеги.

При увеличении объектива микроскопа х40 можно увидеть, что клетки верхушечной меристемы мелкие, изодиаметрические, с тонкой клеточной стенкой, содержат густую цитоплазму, крупное ядро, а также пропластиды и мелкие вакуоли. По мере удаления от верхней

части конуса нарастания содержимое клеток становится светлее, в цитоплазме появляются вакуоли, размеры клеток увеличиваются, стенки их утолщаются, ядро в них занимает относительно меньшую часть. Такое превращение меристемы в специализированную ткань хорошо выражено в более крупных листьях, прикрывающих конус нарастания.

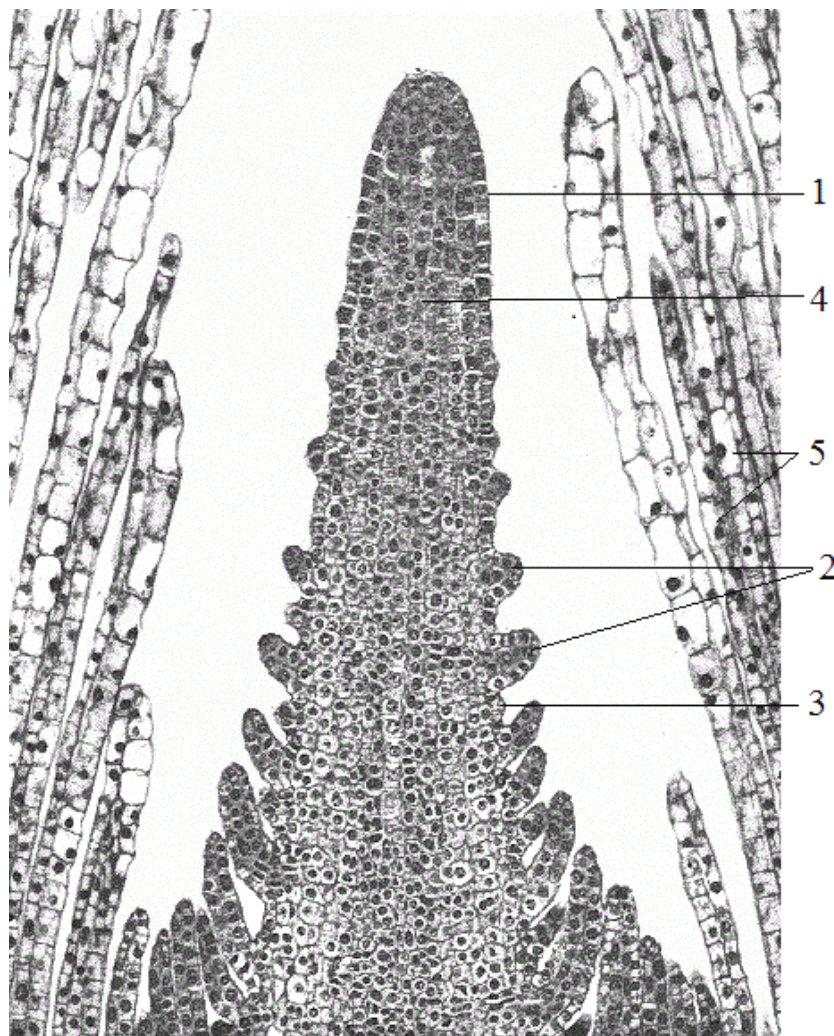


Рис. 13. Апикальная меристема в верхушечной почке побега *Elodea canadensis* Rich. (элодея канадская):

1 – конус нарастания, 2 – зачатки листьев (примордии), 3 – бугорок пазушной почки, 4 – недифференцированные клетки меристемы, 5 – дифференцированные клетки листа

В субдистальной части апекса обособляются **полумеристемы** конуса нарастания: **протодерма**, **прокамбий** и **основная меристема**, которые дают начало постоянным тканям стебля. **Протодерма** – наружный слой клеток, которые делятся антиклинально (перпендикулярно) поверхности органа и преобразуется в первичную

покровную ткань эпидерму. **Прокамбий** – узкие и длинные, периклинально (продольно) делящиеся клетки, которые дифференцируются в первичные ксилему и флоэму. Клетки **основной меристемы** делятся во всех направлениях и дают начало основным тканям стебля.

При увеличении объектива микроскопа х8 рассмотреть общий план строения эпидермы. **Эпидерма** – первичная покровная ткань, которая развивается не только на поверхности листьев, но и на однолетних стеблях, частях цветка, плодах. Эпидерма листа рео состоит из плотно сомкнутых живых клеток 4 – 5 – угольной формы (рис. 14). Для них характерно утолщение наружной стенки из-за отложения кутина и восков, наличие в протопласте крупных вакуолей, а также мелких лейкопластов и кристаллических включений. Клетки эпидермы имеют розовое окрашивание, так как в клеточном соке вакуолей растворен пигмент **антоциан**. Среди основных клеток эпидермы располагаются **устьичные аппараты**, которые состоят из двух **замыкающих клеток устьица** и окружающих его **побочных клеток**.

При увеличении объектива микроскопа х40 рассмотреть строение устьичного аппарата. **Устьица** – мелкие отверстия в эпидерме, окруженные двумя высокоспециализированными клетками. Эти клетки называются **замыкающими**. Они отличаются сравнительно мелкими размерами, имеют почковидную форму и соединены друг с другом концевыми участками. В средней части замыкающие клетки разделены межклетником – **устьичной щелью** или **апертурой**. Апертура переходит в **подустьичную полость** – крупный межклетник. Обращенные к апертуре участки внутренних стенок замыкающих клеток утолщаются и видоизменяются. В цитоплазме замыкающих клеток заметны крупное ядро и хлоропласты. Устьица окружены вспомогательными **побочными клетками** в количестве четырех. Побочные клетки сходны по строению с основными клетками эпидермы, но отличаются от них формой и размером, их число варьирует у различных таксонов. Комплекс побочных и замыкающих клеток обеспечивают протекание таких процессов как транспирация и газообмен. Движение замыкающих клеток устьиц обусловлено

изменением тургорного давления в замыкающих клетках за счет активного транспорта в них ионов калия.

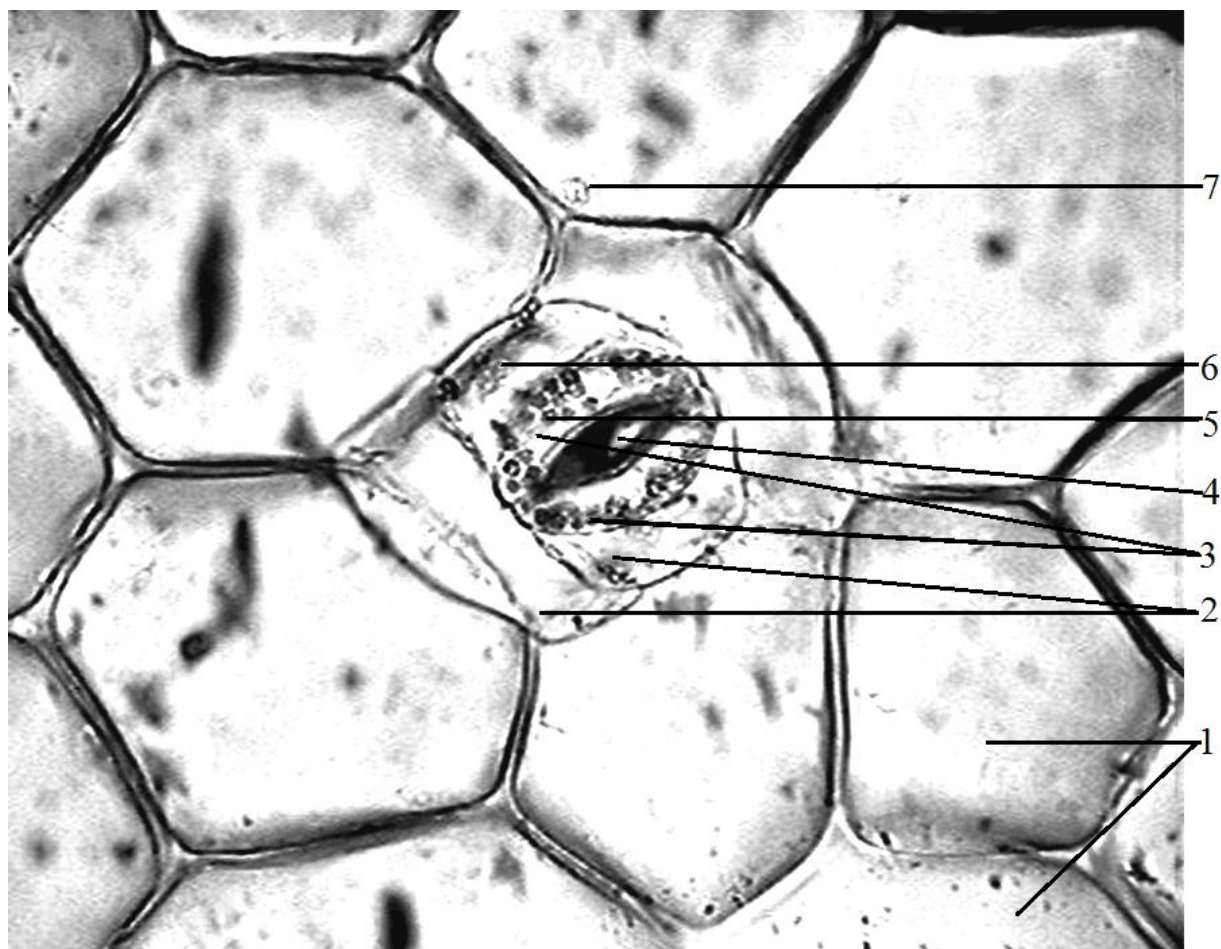


Рис. 14. Участок абаксиальной эпидермы листа *Rhoeo discolor* (L'Her.)

Hance (рео разноцветная):

1 – основные клетки эпидермы, 2 – побочные клетки устьичного аппарата, 3 – замыкающие клетки, 4 – устьичная щель (апертура) устьища, 5 – хлоропласты, 6 – лейкопласты, 7 – ядро

В состав эпидермы могут входить **волоски** или **трихомы** различного происхождения. **Кроющие трихомы** защищают органы от перегрева и излишней транспирации, **железистые трихомы** относят к категории выделительных тканей.

При увеличении объектива микроскопа х8 рассмотреть топографию и общий план строения перидермы на постоянном препарате поперечного строения стебля бузины обыкновенной. **Перидерма** или **пробка** – вторичный покровный комплекс тканей, формирующийся под эпидермой на многолетних частях растений (рис.

15). Функцию газообмена и транспирации в перидермы выполняют **чечевички** – участки рыхло расположенных клеток, выступающие над поверхностью перидермы.

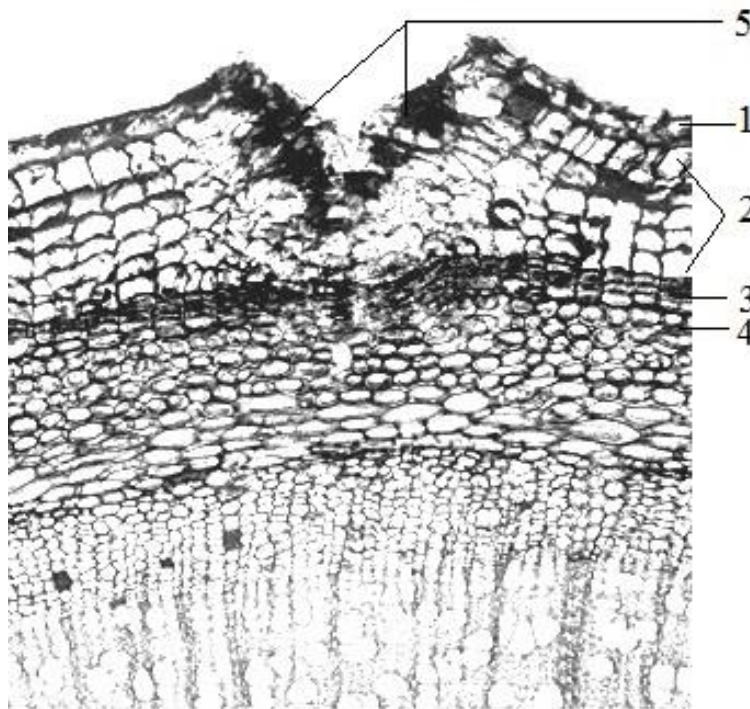


Рис. 15. Вторичная покровная ткань (перидерма) стебля *Sambucus racemosa* L. (бузина красная):

1 – эпидерма; 2–4 – перидерма (2 – феллема, 3 – феллоген, 4 – феллодерма); 5 – выполняющая ткань чечевички

При увеличении объектива микроскопа х40 рассмотреть детали строения перидермы и чечевички. Перидерма образована вторичной латеральной (боковой) меристемой – **пробковым камбием** (феллогеном). **Феллоген** – слой живых таблитчатых клеток, которые делятся в тангенциальном направлении (параллельно поверхности органа). Снаружи от феллогена располагаются клетки **феллемы**, или **пробки**, а изнутри – **феллодермы**. Клетки феллемы располагаются плотно, без межклетников, правильными рядами, в ходе дифференциации их содержимое отмирает, а оболочки утолщаются и **опробковывают** из-за отложения **суберина**. По мере увеличения толщины феллемы ее внешние клетки деформируются и сплющиваются. На некоторых препаратах на поверхности сплюснутых клеток сохраняются клетки эпидермы. Клетки пробки обладают водо- и газонепроницаемыми, а также теплоизолирующими свойствами. Феллодерма представляет собой 2-3 слоя живых

фотосинтезирующих, рыхло расположенных клеток. Весь комплекс: пробка (феллема), пробковый камбий (феллоген) и феллодерма называется перидермой.

Чечевички образуются на месте устьиц в эпидерме в результате деления феллогена. При этом феллоген откладывает кнаружи не типичную феллему, а **выполняющую ткань чечевички** – совокупность клеток с многочисленными мелкими межклетниками. Оболочки клеток выполняющей ткани, подобно клеткам феллемы, опробковывают из-за накопления суберина, а протопласты клеток отмирают. К концу вегетации при делении феллогена под выполняющей тканью формируется плотно сомкнутый **замыкающий слой** чечевички, который снижает транспирацию в зимний период. Весной замыкающий слой разрывается под давлением вновь образующейся выполняющей ткани.

Задания по теме «Строение апикальной (верхушечной) меристемы и покровных тканей».

1. Зарисовать верхнюю часть побега элодеи канадской при увеличении объектива микроскопа х8. Обозначить на рисунке конус нарастания, листовые бугорки, бугорки пазушных почек, клетки меристемы и дифференцированные клетки листа.

2. Приготовить *временный препарат* абаксиальной эпидермы листа рео. Для этого осторожно поддеть пинцетом нижнюю эпидерму листа, снять небольшой участок эпидермы, расправить на предметном стекле в капле воды наружной поверхностью вверх и прикрыть покровным стеклом.

3. Зарисовать участок эпидермы листа рео при увеличении объектива микроскопа х40. Обозначить на рисунке клетки эпидермы, замыкающие клетки устьица, побочные клетки устьичного аппарата, устьичную щель (апертуру), хлоропласты, лейкопласты, ядро.

4. Зарисовать участок перидермы стебля бузины при увеличении объектива микроскопа х40. Отметить на рисунке клетки феллемы, феллогена, феллодермы, выполняющую ткань чечевички.

Строение механических и проводящих тканей

Объекты исследований:

1. колленхима в черешке листа *Begonia heracleifolia* Cham. ex Schltl. (бегония борщевиколистная);
2. каменистые клетки (склереиды) околоплодника *Pyrus communis* L. (груша обыкновенная);
3. склеренхима в стебле *Cucurbita pepo* L. (тыква обыкновенная).
4. флоэма в стебле *Cucurbita pepo* L. (тыква обыкновенная);
5. трахеальные элементы ксилемы в стебле *Helianthus annuus* L. (подсолнечник однолетний).

Характеристика объектов.

При увеличении объектива микроскопа х8 и х40 рассмотреть временный препарат поперечного среза черешка листа бегонии. Колленхима располагается сразу под эпидермой стебля (рис. 16).

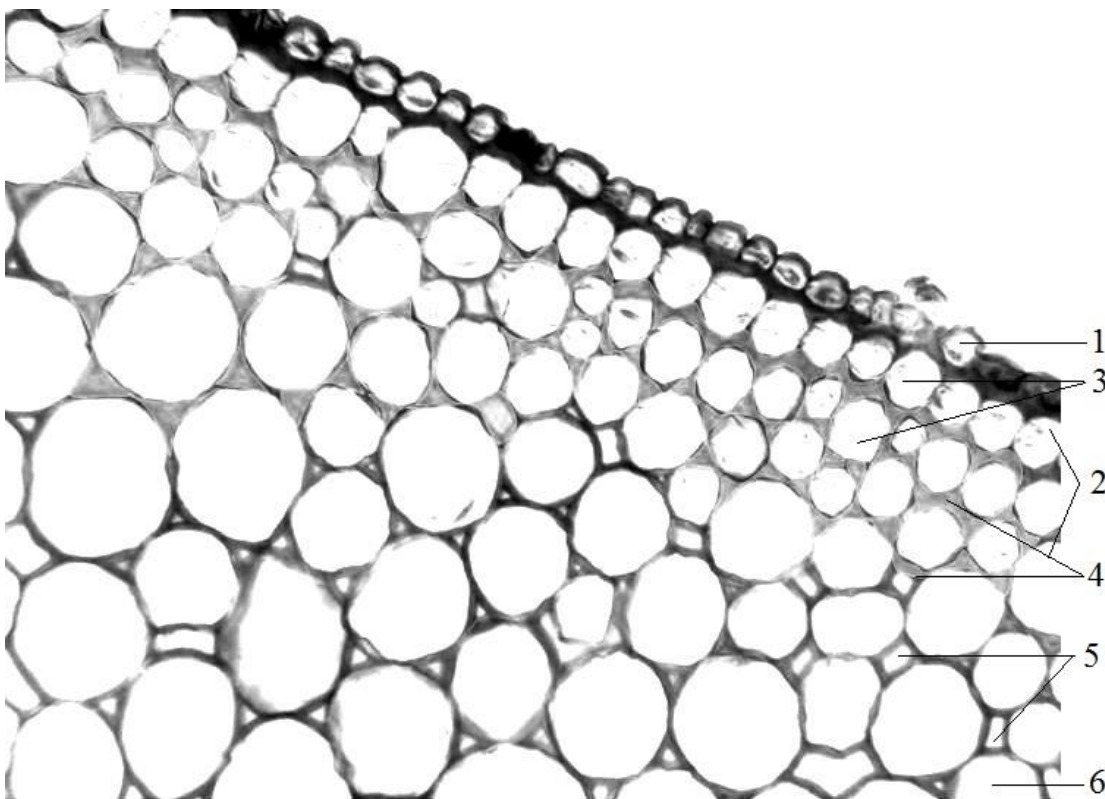


Рис. 16. Строение колленхимы в черешке листа *Begonia heracleifolia* Cham. ex Schltl. (бегония борщевиколистная):

1 – эпидерма, 2 – колленхима, 3 – цитоплазма с органеллами, 4 – утолщения стенок клеток колленхимы, 5 – межклетник, 6 – клетки паренхимы

Колленхима – живая механическая ткань, состоящая из прозенхимных клеток с неравномерно утолщенными нелигнифицированными стенками. Клетки колленхимы сильно вакуолизированные, могут содержать хлоропласты. На поперечном срезе черешка листа бегонии клетки колленхимы многоугольные, плотно сомкнутые между собой, стенки в местах контакта клеток значительно утолщены из-за дополнительных слоев целлюлозы, а в середине граней остаются тонкими. Утолщенные участки клеточных стенок блестят в проходящем свете, они могут иметь вид ромбов, треугольников, параллелограммов или многоугольников в зависимости от числа соседних клеток. Колленхиму с таким строением стенок называют **угolkовой**. По характеру утолщения оболочек различают также **пластинчатую** и **рыхлую** колленхиму. Эта ткань характерна преимущественно для представителей класса двудольные растения, она в большей степени укрепляет молодые растущие органы растений.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть временный препарат среза мякоти плода груши (рис. 17).

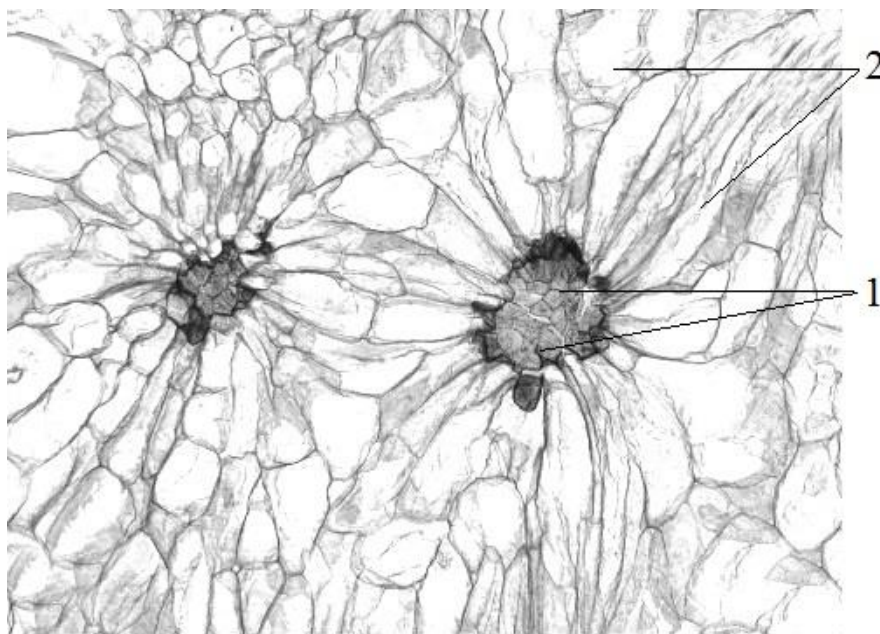


Рис. 17. Каменистые клетки (склереиды) околоплодника *Pyrus communis* L.
(груша обыкновенная) при увеличении объектива x8:
1 – склереиды; 2 – клетки запасающей паренхимы околоплодника

При малом увеличении на препарате можно увидеть крупные удлиненные тонкостенные сильно вакуолизированные клетки запасющей паренхимы околоплодника, которые расходятся как лучи от групп сравнительно мелких округлых клеток со значительно утолщенными стенками. Эти клетки называются каменистыми или **склереидами**, они относятся к наиболее распространенному типу механических тканей – **склеренхиме**.

Склереиды – паренхимные клетки разных очертаний, у которых в процессе дифференциации значительно утолщается и одревесневает (лигнифицируется) клеточная стенка, а протопласт отмирает. При детальном рассмотрении каменистых клеток с использованием объектива х40 заметна слоистость стенок клеток, а также узкие простые и разветвленные поровые каналы, которые пронизывают стенки и связывают соседние клетки друг с другом (рис. 18).

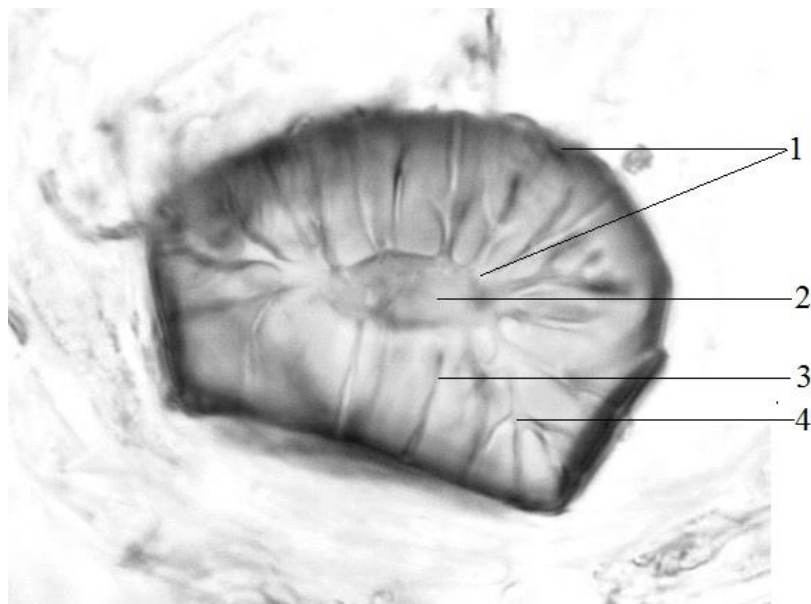


Рис. 18. Каменистые клетки (склереиды) околоплодника *Pyrus communis* L.

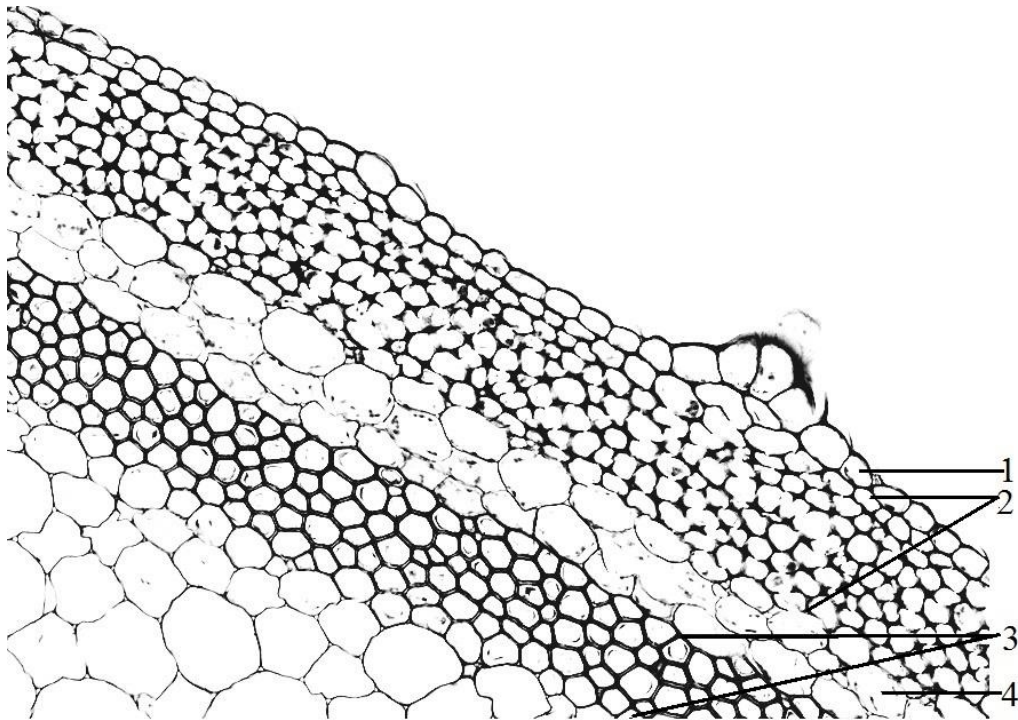
(груша обыкновенная) при увеличении объектива х40:

1 – одревесневшая клеточная стенка; 2 – полость клетки; 3 – простой поровый канал, 4 – разветвленный поровый канал

При увеличении объектива микроскопа х8 и х40 рассмотреть место локализации и строение волокон склеренхимы на постоянном препарате поперечного строения стебля тыквы обыкновенной. **Волокна склеренхимы** располагаются сплошным кольцом среди клеток паренхимы (рис. 19). На поперечном срезе они представлены плотно сомкнутыми выпуклыми многоугольниками разной величины с

хорошо заметными стенками. Согласно цитологическим данным волокна склеренхимы – мертвые прозенхимные клетки с мощной равномерно утолщенной лигнифицированной (одревесневшей) стенкой, в которой откладывается *лигнин*.

А



Б

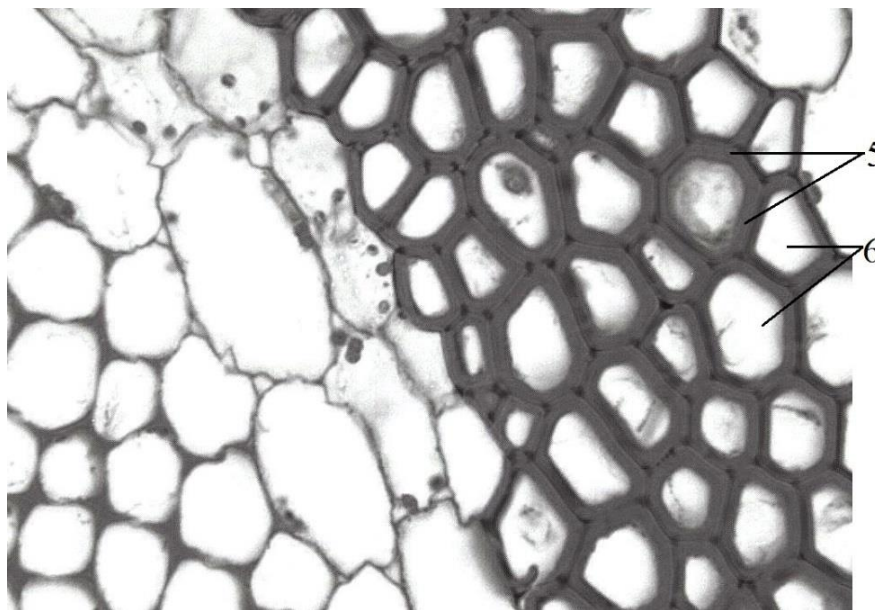


Рис. 19. Волокна склеренхимы на поперечном срезе стебля *Cucurbita pepo* L. (тыква обыкновенная) при увеличении объектива x8 (А) и x40 (Б):
1 – эпидерма, 2 – пластинчатая колленхима, 3 - кольцо склеренхимы, 4 – клетки паренхимы, 5 – одревесневшая стенка волокон, 6 – полость клетки

В составе некоторых клеточных стенок заметны щелевидные каналы простых пор. Концы клеток волокон заостренные, по прочности клеточных стенок волокна не уступают стали. Они способны укреплять органы растений и противодействовать различным нагрузкам.

При увеличении объектива микроскопа х8 найти участки флоэмы в составе крупных биколлатеральных проводящих пучков на постоянном препарате поперечного строения стебля тыквы обыкновенной (рис. 20).

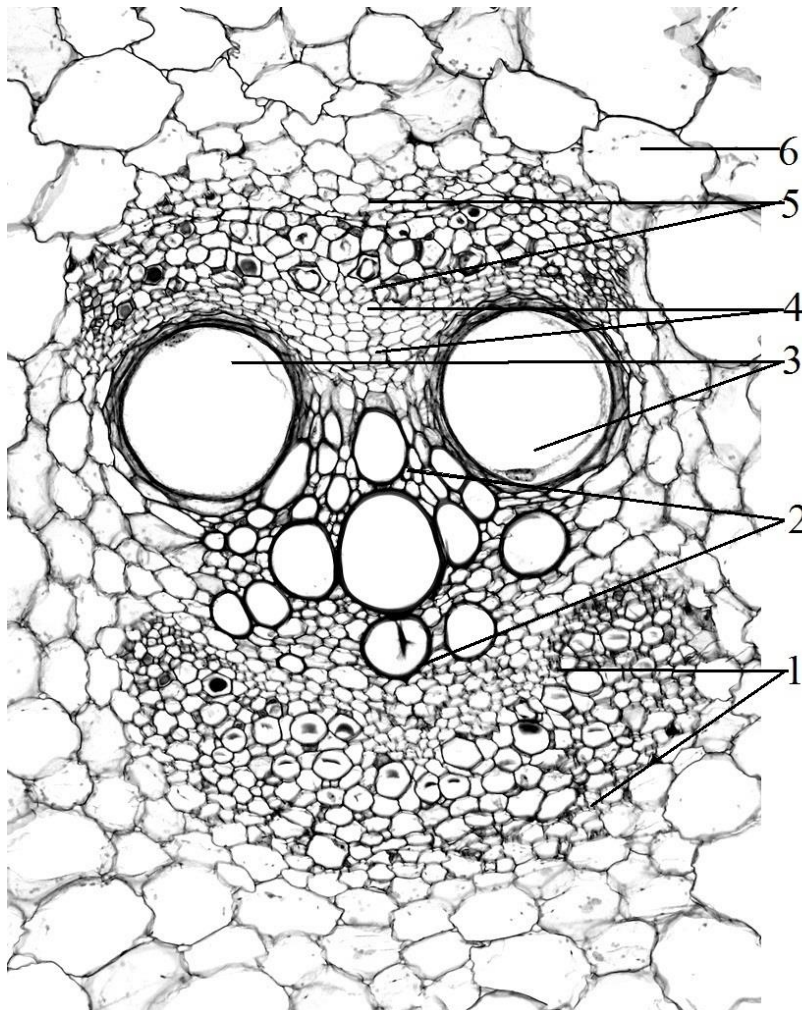


Рис. 20. Биколлатеральный проводящий пучок в стебле *Cucurbita pepo* L.

(тыква обыкновенная):

1 – первичная флоэма, 2 – первичная ксилема, 3 – вторичная ксилема, 4 – камбий, 5 – вторичная флоэма, 6 – паренхима

Флоэма – сложная ткань, в состав которой входят: проводящие элементы – **ситовидные клетки** или **ситовидные трубки** с

сопровождающими клетками (клетки-спутницы), а также тяжевая паренхима и лубяные волокна.

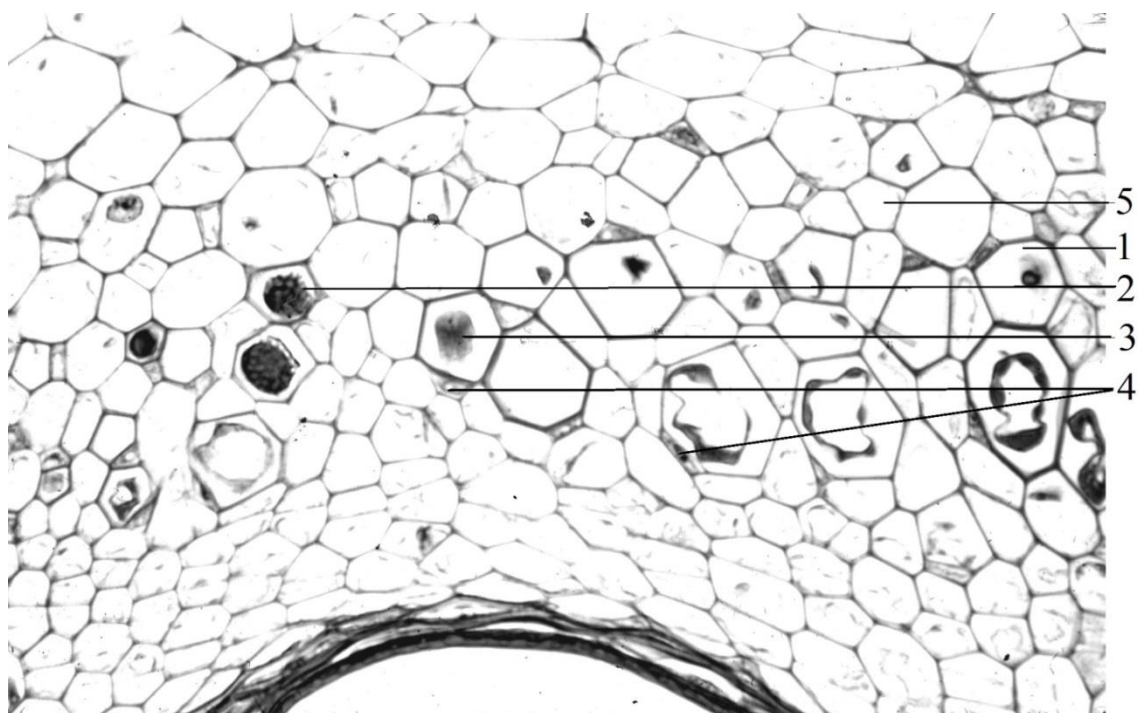
По проводящим элементам осуществляется нисходящий ток растворов органических веществ, живые клетки паренхимы выполняют функции запаса и ближнего транспорта, а волокна – опорную роль.

При увеличении объектива микроскопа х40 рассмотреть хорошо заметные крупные, округлые в поперечном сечении ситовидные трубки (рис. 21). Ситовидные трубки состоят из расположенных друг над другом отдельных члеников – это живые безъядерные прозенхимные клетки, в составе которых цитоплазма смешана с клеточным соком вакуолей из-за разрушения **тонопласта**. Если срез прошел по границе члеников, составляющих трубку, то видна ситовидная пластинка с многочисленными каналами. Если поперечный срез прошел вне поперечной перегородки между отдельными члениками, то видна полость членика, в составе которой может быть заметно ее бесструктурное содержимое.

К ситовидным трубкам примыкают мелкие по размерам сопровождающие клетки с оптически плотной цитоплазмой – это живые ядерные клетки, которые регулируют процессы метаболизма в ситовидных трубках. Кроме того, на срезе видны клетки **тяжевой паренхимы** флоэмы – средних размеров клетки, в составе которых могут содержаться крахмальные зерна.

При увеличении объектива микроскопа х8 найти элементы ксилемы на постоянных препаратах стебля подсолнечника. В центре стебля видна тонкостенная паренхима, к которой примыкает ксилема (рис. 22). В состав ксилемы, как правило, входят проводящие (**трахеальные**) элементы – **трахеиды** и **сосуды** (трахеи), древесинная (**тяжевая**) паренхима, а также **древесинные волокна (волокна либриформа)**. По трахеальным элементам осуществляется восходящий ток воды и минеральных веществ, тяжевая паренхима выполняет функции запаса и ближнего транспорта веществ, а древесинные волокна укрепляют органы.

А



Б

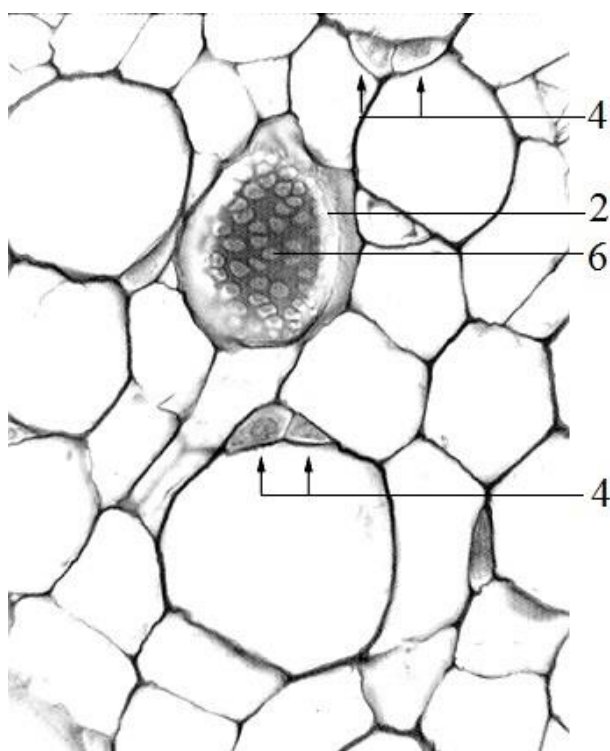


Рис. 21. Поперечное строение участка флоэмы стебля *Cucurbita pepo* L. (тыква обыкновенная) при увеличении микроскопа x40 (А), x90 (Б):

1 – ситовидная трубка, 2 – ситовидная пластинка, пронизанная каналами, 3 – содержимое ситовидной трубки, 4 – клетки-спутницы, 5 – тяжевая паренхима флоэмы



Рис. 22. Продольный срез стебля *Helianthus annuus* L. (подсолнечник однолетний):

1 – сосуды ксилемы, 2 – флоэма, 3 – лубяные волокна, 4 – паренхима

При увеличении объектива микроскопа х40 детально изучить строение трахеальных элементов. Трахеальные элементы ксилемы состоят из мертвых без протопластов клеток (трахеиды и членики сосудов), которые располагаются одна над другой и характеризуются различной степенью одревеснения стенок из-за отложения лигнина. В **кольчатых, спиральных** и **сетчатых** трахеидах и сосудах утолщения и вторичные изменения в стенках затрагивают лишь отдельные участки. В **пористых** (точечных) сосудах одревеснение покрывает целиком всю стенку и только мембраны пор остаются нелигнифицированными. Поперечные стенки в трахеидах скошенные и заостренные на концах. Между члениками сосудов поперечные стенки разрушаются с образованием сквозных отверстий **перфораций**.

На препарате непосредственно к паренхиме примыкают узкие по диаметру кольчатые или кольчато-спиральные трахеальные элементы (рис. 23).

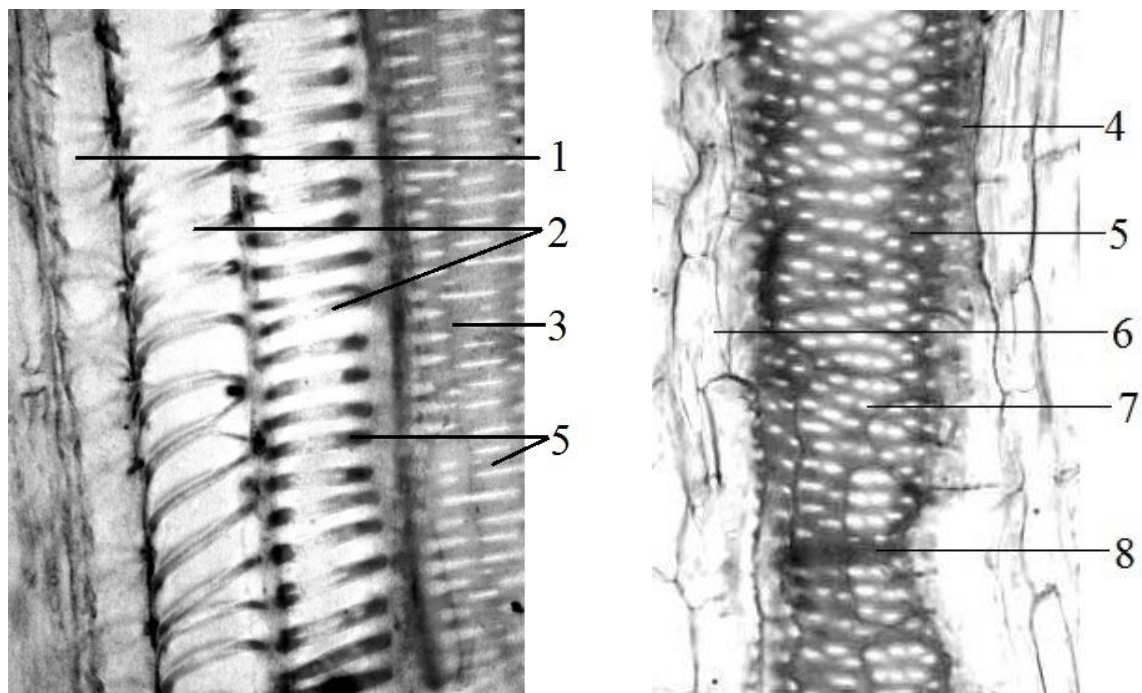


Рис. 23. Сосуды на продольном срезе стебля *Helianthus annuus* L.
(подсолнечник однолетний):

1 – кольчато-спиральный сосуд, 2 – спиральный сосуд, 3 – сетчатый, 4 – пористый сосуд, 5 – одревесневшие участки клеточной стенки, 6 – тяжевая паренхима, 7 – окаймленные поры, 8 – граница членика сосуда

Лигнифицированные участки в их составе формируются на внутренней части стенки в виде далеко отстоящих друг от друга колец или спирально скрученной ленты. По мере удаления от внутренних участков ксилемы диаметр трахеальных элементов увеличивается. У спиральных трахеид и сосудов вторичные утолщения стенки имеют вид одной или двух круто закрученных спиралей со сближенными витками. У сетчатых элементов витки спирали соединены перемычками, поэтому в стенке видны щелевидные неутолщенные участки. Пористые элементы наиболее удалены от центра стебля, они характеризуются наибольшими диаметром и площадью одревеснения оболочки. Их стенки пронизаны многочисленными окаймленными порами.

Кольчатые, спиральные и сетчатые элементы образуются **прокамбием** и относятся к **первичной ксилеме**. Пористые элементы образуются из камбия и выступают частью **вторичной ксилемы**. В составе первичной ксилемы кольчатые и спиральные элементы, которые способны к растяжению, составляют **протоксилему**, а не способные к растяжению сетчатые элементы – **метаксилему**.

Задания по теме «Строение механических и проводящих тканей».

1. Приготовить временный препарат поперечного среза черешка листа бегонии. Для этого лезвием сделать на весу несколько срезов, положить их в 1-2 капли воды на предметное стекло, закрыть покровным стеклом.

2. Зарисовать участок колленхимы при увеличении объектива микроскопа х40, отметить на рисунке эпидерму, клетки колленхимы, утолщения их оболочек, цитоплазму.

3. Приготовить временный препарат среза мякоти плода груши. Для этого лезвием сделать на весу несколько тонких срезов, положить их в 1-2 капли воды на предметное стекло, закрыть покровным стеклом.

4. Зарисовать склереиды при увеличении объектива микроскопа х40. Обозначить небольшие полости клеток, толстые одревесневшие слоистые оболочки, разветвленные и простые поры.

5. Зарисовать строение волокон склеренхимы на поперечном срезе стебля тыквы при увеличении объектива микроскопа х40. Отметить на рисунке одревесневшие клеточные стенки, полости клеток.

6. Зарисовать ситовидные трубки на поперечном срезе стебля тыквы обыкновенной при увеличении объектива микроскопа х40, отметить ситовидную пластинку, каналы ситовидной пластинки, сопровождающие клетки, содержимое ситовидной трубки, клетки камбия.

7. Зарисовать сосуды на продольном срезе стебля подсолнечника однолетнего при увеличении объектива микроскопа х40 и отметить на рисунке кольчатый, спирально-кольчатый, спиральный, сетчатый и пористый сосуды, границу между члениками сосуда, участки одревесневшей оболочки и окаймленные поры.

Вопросы для самоконтроля к разделу «Основы гистологии растений».

1. Разнообразие тканей в растительном организме.
2. Первичные и вторичные ткани, их принципиальное отличие.
3. Простые и сложные ткани, их принципиальные отличия.
4. Строение верхушечной меристемы побега.
5. Особенности строения клеток меристемы.
6. Топография и цитологические особенности строения эпидермы.
7. Строение и функции устьичного аппарата.
8. Строение и особенности формирования вторичных покровных тканей перидермы и корки.
9. Строение и функции чечевички.
10. Происхождение чечевички.
11. Топография и цитологические особенности строения колленхимы.
12. Склереиды и волокна склеренхимы, сходство и различия в строении.
13. Разнообразие клеток, входящие в состав ксилемы.
14. Разнообразие клеток, входящие в состав флоэмы.
15. Строение и функции проводящих элементов ксилемы.
16. Строение и функции проводящих элементов флоэмы.
17. Топография и строение ситовидной пластинки.
18. Камбий и прокамбий, их строение, топография и значение в жизни растений.
19. Феллоген, особенности строения и роль в жизни растения.
20. Одревеснение и опробковение клеточных стенок.

РАЗДЕЛ 4. АНАТОМИЯ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ

Тело высших растений разделено на органы. Органы образованы определенным комплексом тканей и выполняют те или иные функции. Вегетативные органы – **корень**, **стебель** и **лист** – осуществляют процессы питания, роста и вегетативного размножения. Для растения в целом и отдельных органов характерны такие общие признаки, как полярность, симметрия и регенерация. **Полярность** – ориентация органа в пространстве, определяемая наличием продольной оси с апикальным (верхним) и базальным (нижним) концами. **Симметрия** – упорядоченное расположение повторяющихся структур в органе по отношению к его геометрической оси. Различают радиально-симметричные, имеющие много плоскостей симметрии (корень, стебель) и моносимметричные, имеющие одну плоскость симметрии (лист), органы. **Регенерация** – способность к восстановлению организма из отдельных его частей.

Вегетативные органы споровых сосудистых растений (плауны, хвощи и папоротники) развиваются в ходе деления зиготы. У семенных растений (голосеменных и покрытосеменных) зачатки вегетативных органов формируются в зародыше семени. При прорастании семени из зародышевого корешка формируется главный корень, из зародышевой почечки – побег.

Корень – осевой радиально-симметричный подземный орган неограниченного роста с эндогенным ветвлением. Корень обеспечивает закрепление растения в субстрате, поглощение и проведение почвенных растворов, участвует в выделении продуктов метаболизма, а также синтезе аминокислот, алкалоидов, гормонов роста и других физиологически активных веществ. Кроме того, у корнеотпрысковых растений корни способствуют вегетативному размножению. У многих растений корни в результате метаморфоза выполняют и другие особые функции: осуществление симбиотической связи с микроорганизмами и грибами почвы, накопление запасных веществ и др.

Побег – орган высших растений, состоящий из стебля с расположенными на нем листьями и почками. Побег в отличие от корня обладает экзогенным ветвлением и метамерным

(повторяющимся по продольной оси) строением. Стебель чаще всего имеет цилиндрическую форму и выполняет преимущественно механическую и проводящую функции. Листья – в типичном случае плоские боковые органы, в тканях которых осуществляется фотосинтез, газообмен и транспирация. Почка – зачаток нового побега, который обеспечивают длительное нарастание и ветвление. В результате глубокого преобразования строения или метаморфоза, части побега приобретают способность к выполнению таких функций, как запасание органических веществ и воды, прикрепление к опоре, защита от повреждения и др.

Специфика анатомического строения органов во многом определяет выполнение ими тех или иных функций. Так, для осевых органов (стебля и корня) характерно наличие стелы – системы первичных проводящих тканей, осуществляющей двусторонний транспорт веществ и укрепление органов, для листа – мезофилла – ассимиляционной паренхимы (хлоренхимы), в клетках которой происходит фотосинтез.

В ходе роста и развития осевые органы могут изменяться в строении вследствие заложения камбия и феллогена. В связи с этим различают *первичное* и *вторичное* анатомическое строение корня и стебля. У голосеменных растений, а также у покрытосеменных растений из класса двудольные первичное анатомическое строение органов встречается только на ранних стадиях развития, а затем после формирования камбия и феллогена оно сменяется на вторичное строение. У покрытосеменных растений из класса однодольные первичное строение органов сохраняется в течение всей жизни.

Анатомическое строение корня

Объекты исследований:

1. поперечный срез корня *Triticum aestivum* L. (пшеница мягкая);
2. поперечный срез корня *Iris germanica* L. (ирис германский);
3. поперечный срез корня *Cucurbita pepo* L. (тыква обыкновенная);
4. поперечный срез многолетнего корня *Tilia cordata* Mill. (липа сердцевидная).

Характеристика объектов.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть временный препарат верхушки корешка пшеницы мягкой. В растущем корне выделяют несколько зон, между которыми нет резких границ и, наблюдается постепенный переход от одной зоны к другой. Каждая из них отличается по строению клеток и функциям.

На верхушке корня располагается **корневой чехлик**, который прикрывает и защищает апикальную (верхушечную) меристему корня (рис. 24). Корневой чехлик состоит из живых паренхимных клеток. Клетки чехлика содержат амилопласты с крахмальными зёрнами и имеют тонкие ослизняющие оболочки. Крахмальные зёрна представляют собой статолиты, которые участвуют в определении пространственного положения корня. Поверхностные клетки корневого чехлика отслаиваются вследствие ослизнения стенок, что облегчает продвижение корня сквозь почвенные частички, а высвобождающиеся при этом органические вещества способствует частичному растворению минеральных солей и переводу их в доступную растению форму.

Апикальная меристема состоит из плотно сомкнутых между собой изодиаметрических клеток с тонкими оболочками, густой цитоплазмой и относительно крупным ядром в составе. Участок апикальной меристемы корня длиной 1,5 – 2мм называется **зоной деления**.

К зоне деления примыкает **зона растяжения**. В этой зоне клетки делятся менее интенсивно и начинают увеличиваться в размерах в продольном направлении за счет вакуолизации. В пределах этой зоны, наряду с ростом клеток наблюдается и дифференциация некоторых из них (например, проводящие элементы флоэмы). Вследствие вытягивания клеток в продольном направлении осуществляется рост корня в длину и продвижение его в почве.

Участок корня, несущий корневые волоски, называется **зоной всасывания** или **зоной дифференциации постоянных тканей**. На поверхности корня дифференцируется **ризодерма (эпиблема)** – абсорбционная ткань корня. Поглощение почвенных растворов происходит через корневые волоски, которые образуются вследствие вытягивания клеток ризодермы. Клетки ризодермы, из которых образуются корневые волоски, называются **трихобласты**, а клетки, не образующие волосков – **атрихобласты**. Корневой волосок

содержит тонкий постенный слой цитоплазмы, крупную центральную вакуоль и ядро, которое смещается в кончик волоска. Корневые волоски недолговечны, на более старых частях корня они отмирают, но закладываются вновь на образовавшихся молодых участках вблизи верхушки. Поэтому ризодерма представляет собой эфемерную ткань.

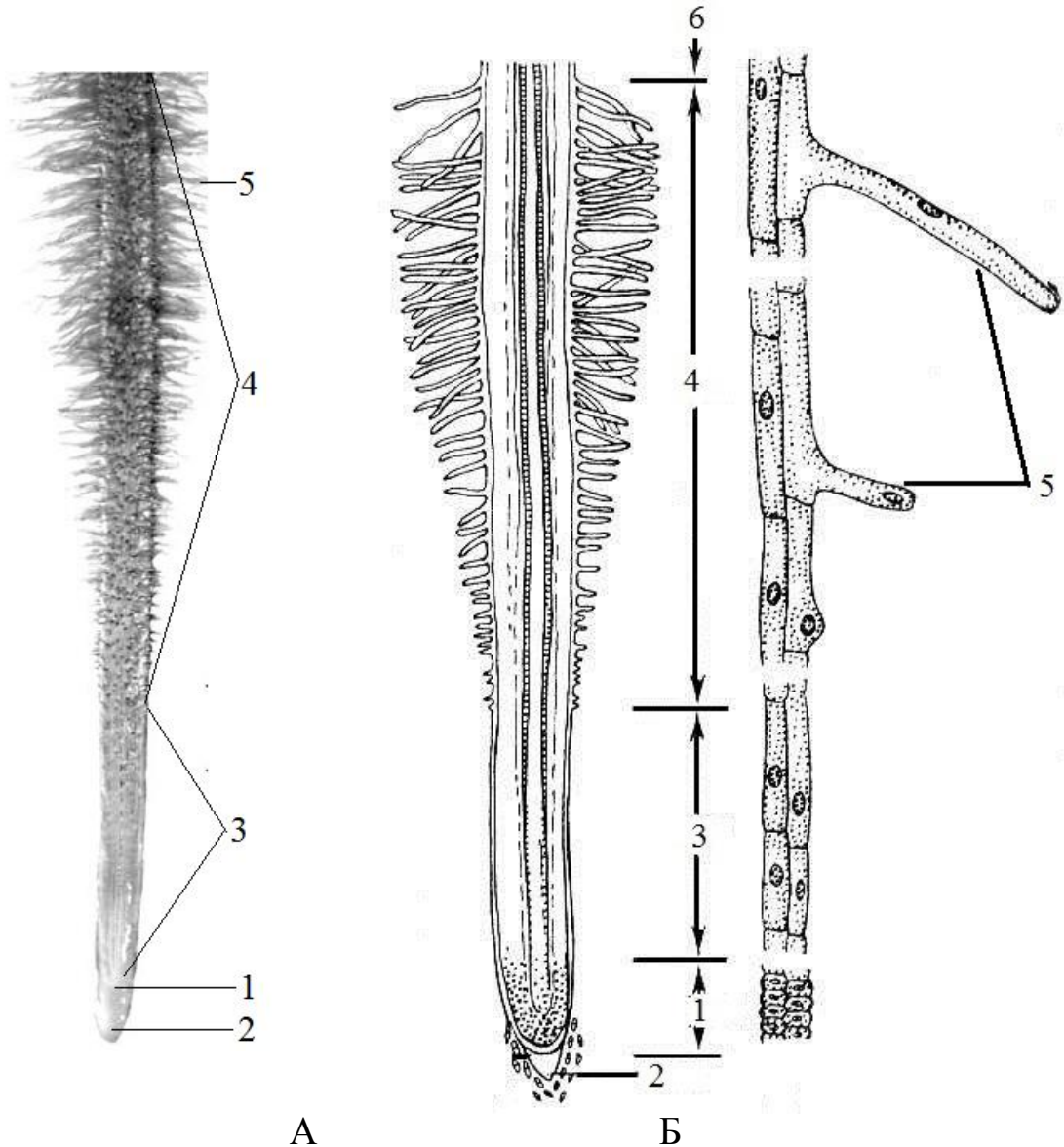


Рис. 24. Строение корня *Triticum aestivum* L. (пшеница мягкая) при увеличении объектива микроскопа $\times 8$ (А) и на схема (Б):

1 – зона деления, 2 – корневой чехлик, 3 – зона растяжения, 4 – зона всасывания, 5 – корневой волосок, 6 – зона проведения

В зоне всасывания формируется первичное анатомическое строение корня, поэтому поглощенные корневыми волосками вода и минеральные соли транспортируются в ксилему для дальнейшего транспорта в надземные части растения.

Последняя самая протяженная зона корня – **зона проведения**, по которой происходит двусторонний транспорт веществ.

При увеличении объектива микроскопа х40 на вершукше корня в составе зоны деления можно рассмотреть, как и в конусе нарастания побега, расположение полумеристем или гистогенов, из которых на некотором удалении от вершукши будут формироваться определенные ткани: **протодерму** (дерматоген), **прокамбий** (плерому) и **основную меристему** (периблему). Из поверхностного слоя клеток протодермы дифференцируется ризодерма, из центрального тяжа прокамбия – ксилема и флоэма, из клеток основной меристемы – паренхима коры (рис. 25).

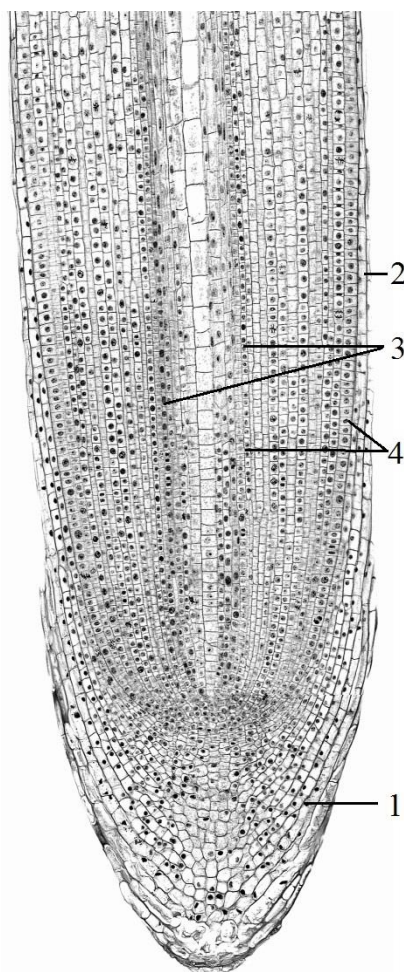


Рис. 25. Строение вершукши корня *Triticum aestivum* L. (пшеница мягкая):
1 – корневой чехлик, 2 – протодерма, 3 – прокамбий, 4 – основная меристема

При увеличении объектива микроскопа х8 и х40 рассмотреть поперечное строение корня ириса германского – растения из класса однодольные. На поверхности корня могут сохраняться отмершие и

частично разрушенные клетки ризодермы. Под ризодермой хорошо различимы широкая **первичная кора (кортекс)** и относительно узкий **центральный цилиндр** (рис. 26).

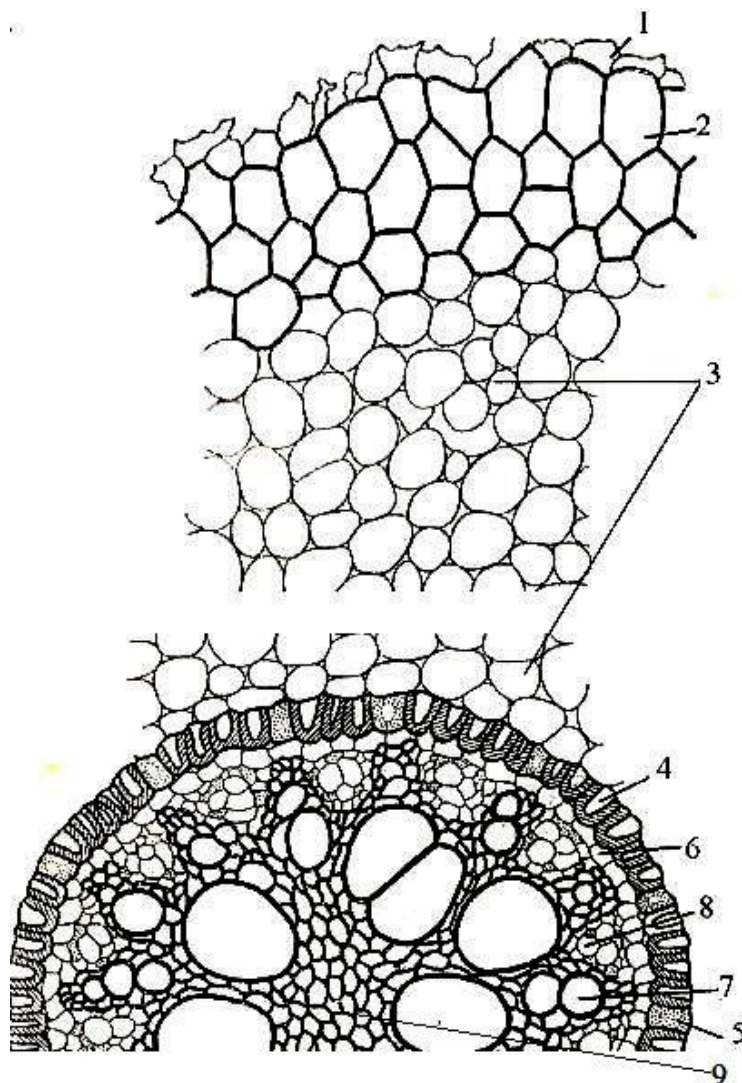


Рис. 26. Анатомическое строение корня *Iris germanica* L. (ирис германский): 1 – остатки ризодермы, 2 – экзодерма, 3 – мезодерма, 4 – клетки эндодермы, 5 – пропускная клетка, 6 – перицикл, 7 – первичная ксилема, 8 – первичная флоэма, 9 – тяжелая склерофицированная паренхима.

В первичной коре выделяют экзодерму, мезодерму и эндодерму. Первичная кора начинается двух–трехслойной **экзодермой**. Она состоит из крупных многоугольных клеток с опробковевшими и одревесневшими оболочками, протопласты которых отмирают. Срединная зона кортекса (**мезодерма**) представлена округлыми рыхло расположенными паренхимными клетками с большим количеством крахмальных зерен в составе. Внутренний слой первичной коры –

однослойная **эндодерма**. В клетках эндодермы радиальные и внутренние тангенциальные стенки сильно утолщаются, одревесневают и опробковывают из-за чего они приобретают подковообразные очертания, а протопласты клеток отмирают. Среди них встречаются живые тонкостенные клетки с густой цитоплазмой и крупным ядром, которые называют **пропускными клетками**. Транспорт почвенных растворов через пропускные клетки эндодермы происходит под контролем цитоплазмы.

Внутри от эндодермы располагается **стела** – совокупность первичных проводящих тканей корня. Самый наружный слой мелких тонкостенных клеток стелы – **перицикл**. Клетки перицикла сохраняют способность к делению и дают начало боковым корням. Элементы первичной ксилемы располагаются в виде лучей, количество которых может составлять более восьми. Узкопросветные трахеальные элементы **протоксилемы** примыкают к перициклу, а широкопросветные сосуды **метаксилемы** – к центральной части стелы. Первичная флоэма, содержащая ситовидные трубки с сопровождающими клетками и тяжелой паренхимой располагается небольшими участками между лучами ксилемы. Первичные проводящие ткани располагаются в виде полиархного (многолучевого) радиального проводящего пучка. Центральную часть стелы занимает механическая ткань из клеток с равномерно утолщенными одревесневшими стенками.

Корни двудольных растений сохраняют первичное строение недолго, в них быстро происходит переход к вторичному строению. При первичном строении корни двудольных растений имеют ряд отличий: в клетках эндодермы имеются лишь небольшие участки утолщений радиальных стенок, называемых **пояски Каспари**, а также в стеле формируется ди-, тетра- или пентархная первичная ксилема.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 изучить вторичное строение корня двудольного растения на примере тыквы обыкновенной. При рассмотрении поперечного среза в центре корня следует прежде всего отыскать первичную ксилему (рис. 27). Первичная ксилема представлена четырьмя, реже тремя или пятью короткими радиальными цепочками узкопросветных мелких элементов протоксилемы, сходящихся к одному более широкому

сосуду метаксилемы. Это исходная ксилема первичного радиального пучка корня.

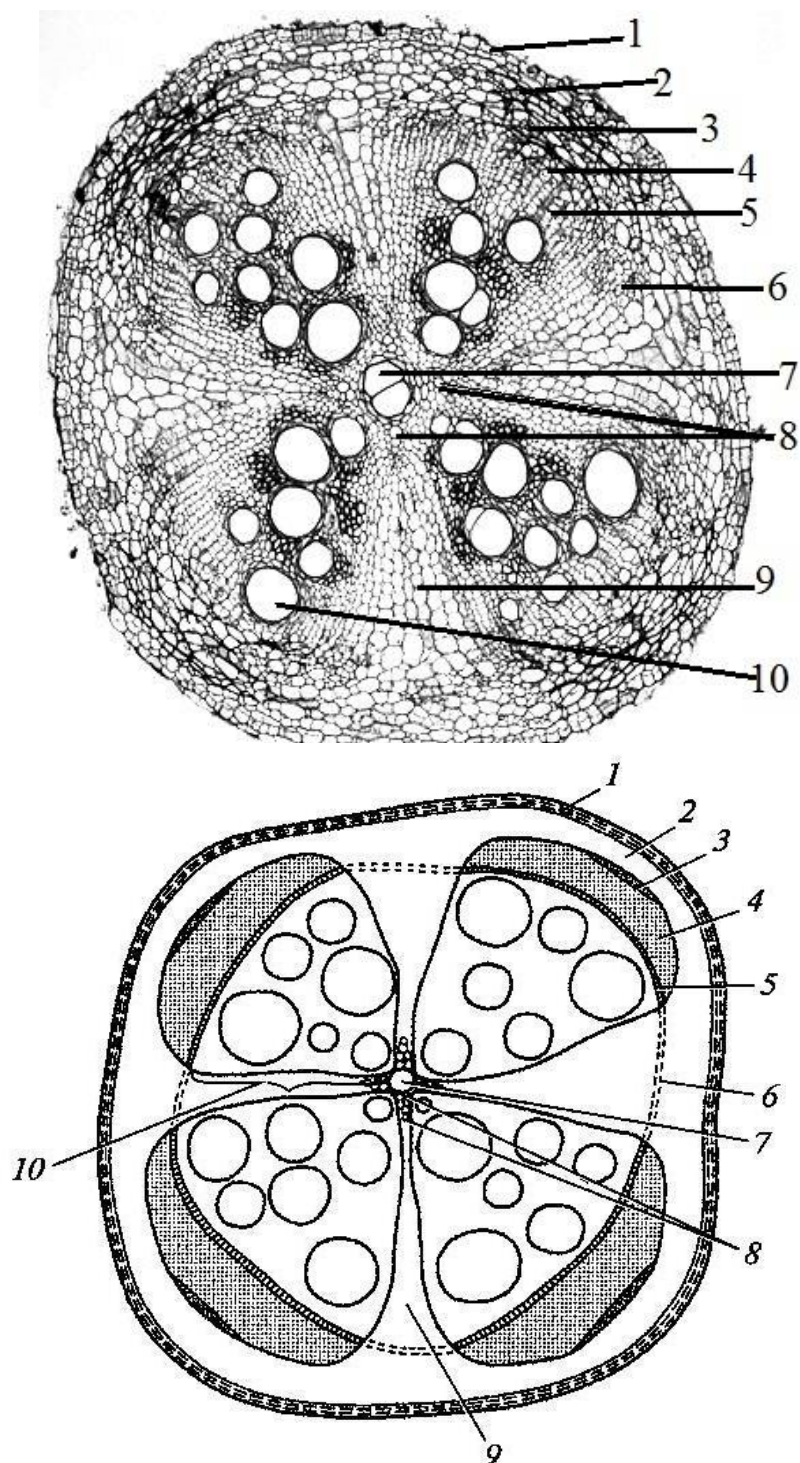


Рис. 27. Поперечный срез корня *Cucurbita pepo* L. (тыква обыкновенная):
 1 – перидерма; 2 – паренхимная зона; 3 – первичная флоэма; 4 – вторичная флоэма; 5 – пучковый камбий; 6 – межпучковый камбий; 7 – сосуд метаксилемы; 8 – цепочка сосудов протоксилемы; 7 и 8 – первичная ксилема; 9 – первичный паренхимный луч; 10 – вторичная ксилема

Лучи первичной ксилемы переходят в расширяющиеся участки паренхимы – **первичные лучи**. Между лучами первичной ксилемы располагаются четыре (три-пять) крупных открытых **коллатеральных проводящих пучка**, сформированные камбием. Большую часть площади каждого пучка занимает вторичная ксилема, состоящая из широкопросветных сосудов, древесинных волокон и мелких клеток паренхимы. С внешней стороны от вторичной ксилемы находится камбиальная зона, состоящая из мелких таблитчатых клеток и имеющая слегка волнистые очертания. В проводящих пучках снаружи от камбия находится вторичная флоэма, состоящая из ситовидных трубок и тяжелой паренхимы. Первичная флоэма оттеснена к периферии пучка, клетки ее сплющены и плохо различимы. Межпучковый камбий в корне с вторичным строением не всегда заметен, именно при его делении формируются первичные паренхимные лучи. Проводящие пучки окружает паренхимная зона, образованная перициклом. На поверхности корень покрыт тонкой (3 – 4 слоя клеток) перидермой.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть анатомическое строение многолетнего корня липы сердцевидной на постоянном препарате. В корне хорошо выделяются зоны перидермы, вторичной флоэмы (луба), камбия и древесины (первичная и вторичная ксилема) (рис. 28).

На поверхности корня развита многослойная темно-бурая перидерма, состоящая из 4–10 слоев сильно уплощенных клеток, внутренние из которых живые, а наружные мертвые с опробковевшими (суберенизированными) стенками (рис. 28, 29). Внутрь от пробки развита зона из живых, вытянутых в тангенциальном направлении клеток паренхимной ткани, которые сформировались в результате деления клеток перицикла.

Глубже паренхимной зоны располагается луб, в составе которого заметны чередующиеся тангенциальные полосы лигнифицированных механических элементов – **лубяные волокна (твердый луб)**, а также нелигнифицированных – ситовидные трубки с клетками–спутницами и тяжелая паренхима (**мягкий луб**). Наружный слой лубяных волокон относится к волокнам протофлоэмы, остальные слои механических

элементов – к вторичной флоэме. Луб рассечён **первичными** (берут начало от первичной ксилемы) и **вторичными** (начинаются в толще вторичной ксилемы) **паренхимными лучами**. Все первичные лучи и некоторые вторичные лучи **дилатируют**, т.е. в зоне луба расширяются благодаря антиклинальному делению клеток, и, тем самым, обеспечивают растяжение корня по периферии.

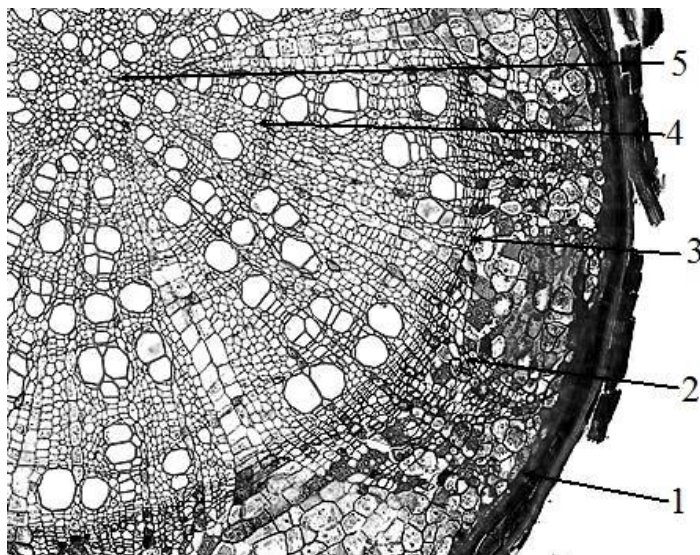


Рис. 28. Поперечный срез многолетнего корня *Tilia cordata* Mill. (липа сердцевидная) при увеличении объектива микроскопа х8:

1 – перидерма, 2 – вторичная флоэма, 3 – камбий, 4 – вторичная ксилема, 5 – первичная ксилема

Луб отделен от древесины **камбиальным кольцом**, который состоит из одного слоя делящихся клеток и нескольких слоев еще не дифференцированных элементов ксилемы и флоэмы.

Древесина, представленная преимущественно вторичной ксилемой, занимает основной объем корня, в ее составе заметны слабо выраженные границы колец прироста, образование которых связано с периодичностью деятельности камбия. Во внутренней части годичного прироста заметны широкопросветные сосуды, а в средней и наружной частях – узкопросветные. В состав древесины, помимо сосудов, входят **волокна либриформа**, которые отличаются небольшими размерами поперечного сечения и более утолщенными одревесневшими стенками, а также древесинная (тяжевая) паренхима. Все паренхимные лучи во вторичной ксилеме 1–3–слойные, состоят из вытянутых в радиальном направлении паренхимных клеток со слабо одревесневшими стенками.

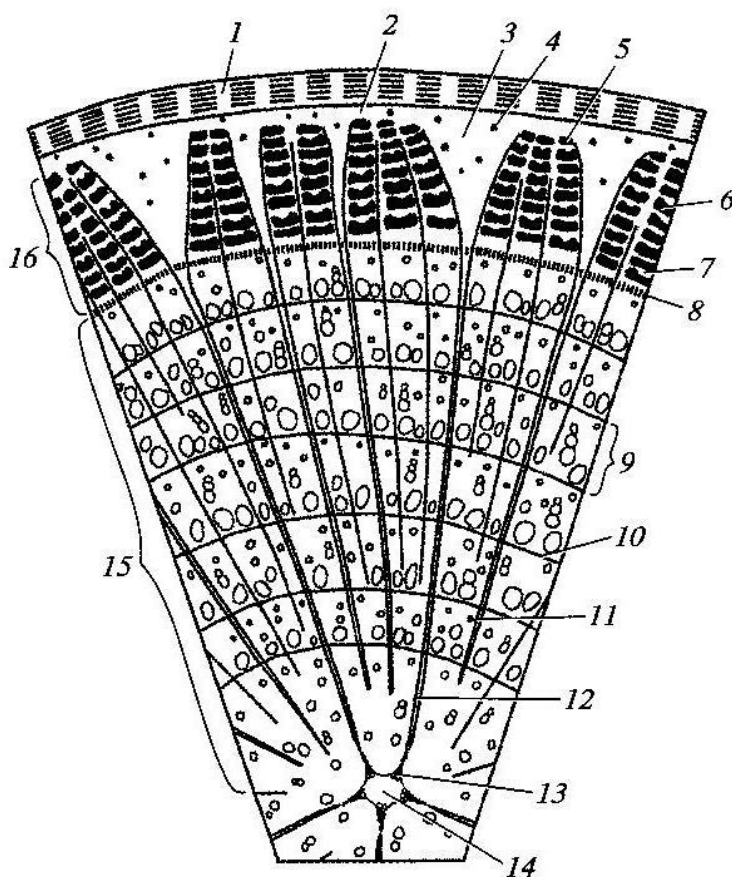


Рис. 29. Схема поперечного среза многолетнего корня *Tilia cordata* Mill.
(липа сердцевидная):

1 – перидерма, 2 – паренхимная зона, 3 – дилатирующий луч, 4 – идиобласт с друзой оксалата кальция, 5 – волокна протофлоэмы, 6 – волокна вторичной флоэмы (твердый луб), 7 – мягкий луб, 8 – камбий, 9 – кольцо годичного прироста вторичной ксилемы, 10 – граница кольца прироста, 11 – вторичный паренхимный луч, 12 – первичный паренхимный луч, 13 – первичная ксилема, 14 – склерифицированная сердцевина

К вторичной ксилеме изнутри примыкает обычно пятилучевая (пентархная) первичная ксилема, лучи которой образованы узкопросветными сосудами. Центральная часть корня занята склерофицированными паренхимными клетками сердцевины.

Задания по теме «Анатомическое строение корня».

1. Приготовить временный препарат верхушки корешка пшеницы мягкой. Для этого корешок длиной 1,5-2см помещают в каплю воды на

предметное стекло и накрывают покровным так, чтобы под стеклом находилась верхушка корешка.

2. При увеличении объектива микроскопа х8 зарисовать схему строения корня, отметить на рисунке корневой чехлик, зоны деления, растяжения, всасывания и проведения. При увеличении объектива микроскопа х40 зарисовать особенности строения корневых волосков.

3. Зарисовать схему поперечного строения корня ириса германского. Отметить на рисунке первичные проводящие ткани, перицикл, эндодерму, мезодерму и экзодерму.

4. Зарисовать схему поперечного строения корня тыквы обыкновенной. Отметить на рисунке вторичные и первичные проводящие ткани, камбий, паренхимный луч, паренхимную зону и перидерму.

5. Зарисовать схему поперечного строения корня липы сердцевидной. Отметить на рисунке вторичные и первичные проводящие ткани, камбий, первичные и вторичные паренхимные лучи, паренхимную зону и перидерму.

Анатомическое строение стебля

Объекты исследований:

1. поперечный срез стебля *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce (купена душистая);

2. поперечный срез стебля *Aristolochia macrophylla* Lam. (кирказон крупнолистный);

3. поперечный срез стебля *Tilia cordata* Mill. (липа сердцевидная);

4. поперечный срез стебля *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная).

Характеристика объектов.

При увеличении объектива микроскопа х8 и х40 рассмотреть детали первичного анатомического строения стебля купены лекарственной на постоянном препарате. Анатомическое строение стебля формируется ниже апекса побега в зоне заложения листовых зачатков. При первичном строении в стебле различают три анатомо–

топографические зоны – *эпидерму*, *первичную кору* (кортекс) и *стелу* (центральный цилиндр), которая представлена *атактостелой* (рис. 30).

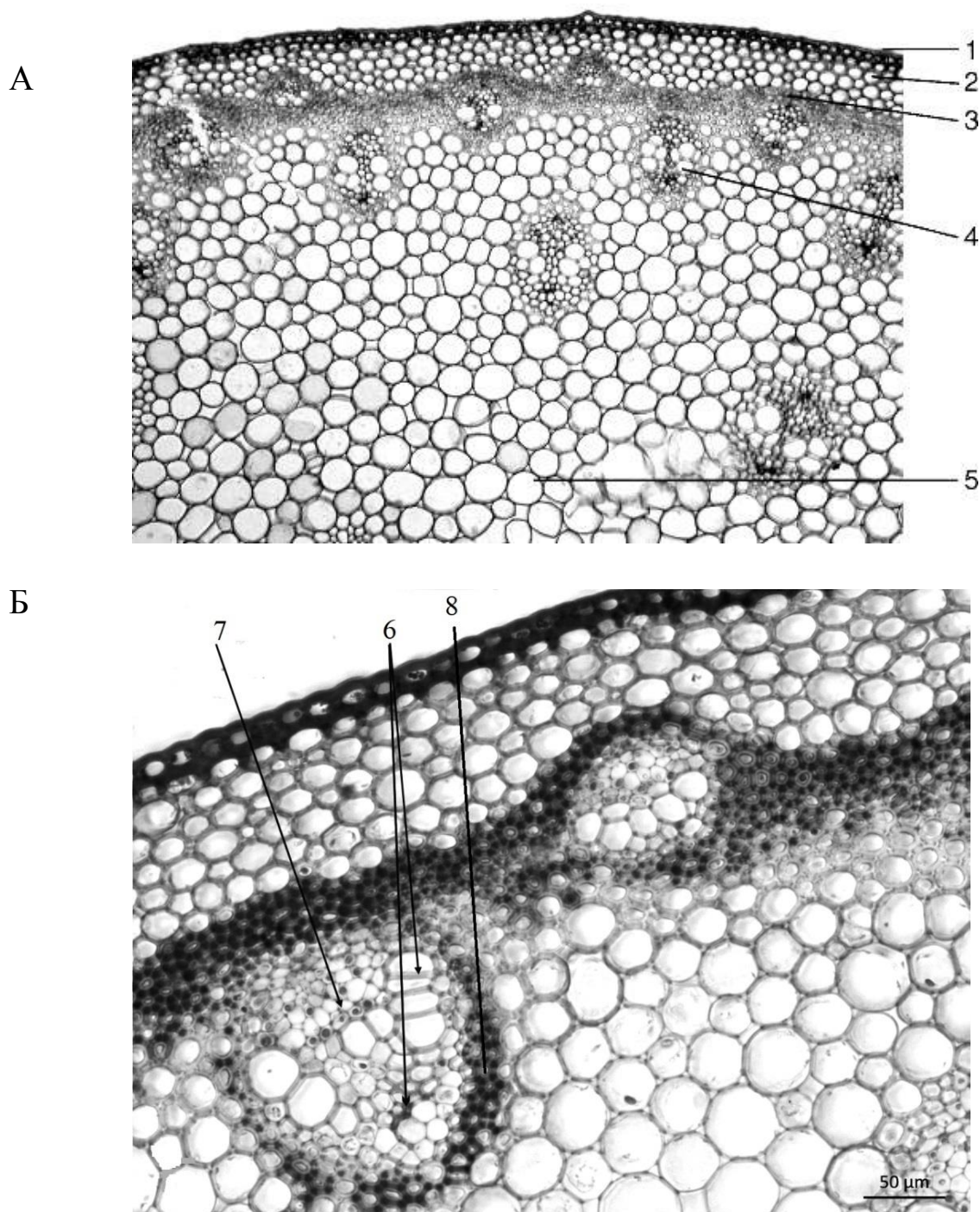


Рис. 30. Участок стебля *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce (купена душистая) при увеличении объектива x8 (А) и x 40 (Б):
1 – эпидерма, 2 – первичная кора, 3 – склеренхима перицикла, 4 – закрытый проводящий пучок, 5 – паренхима стелы, 6 – первичная ксилема, 7 – первичная флоэма; 8 – склеренхимная обкладка

Атактостела – тип стелы, характерный для представителей класса однодольные растения. Атактостела в стебле купены образована множеством закрытых диффузно расположенных закрытых проводящих пучков.

Эпидерма имеет обычное строение, клетки ее вытянуты в тангенциальном направлении, они имеют утолщенные одревесневшие (лигнифицированные) стенки. Снаружи эпидерма защищена кутикулой. Первичная кора (кортекс) узкая, состоит из более или менее рыхло расположенных тонкостенных паренхимных клеток, между которыми заметны небольшие межклетники. Наружные 1-2 слоя клеток кортекса напоминают уголковую или рыхлую колленхиму. В клетках паренхимы коры развиваются немногочисленные хлоропласты.

Стела (центральный цилиндр) начинается кольцом склеренхимы, которое образовано перициклом и поэтому называется склеренхимой перицикла (склеренхима перициклического происхождения). Прилегающие к перициклу проводящие пучки имеют полную обкладку из склеренхимных волокон. В связи с этим границы склеренхимы перицикла извилистые (рис. 31).

Вся остальная часть центрального цилиндра занята тонкостенными клетками основной паренхимы с большим числом коллатеральных проводящих пучков. Обкладка у остальных пучков стелы состоит из мелких паренхимных клеток. Все пучки закрытые, так как не содержат в своем составе камбия. Пучок состоит из первичной флоэмы, к которой изнутри примыкает первичная ксилема. Флоэма состоит из ситовидных трубок с клетками–спутницами, в составе ксилемы выделяется протоксилема из узкопросветных водопроводящих элементов и метаксилема из широкопросветных водопроводящих элементов

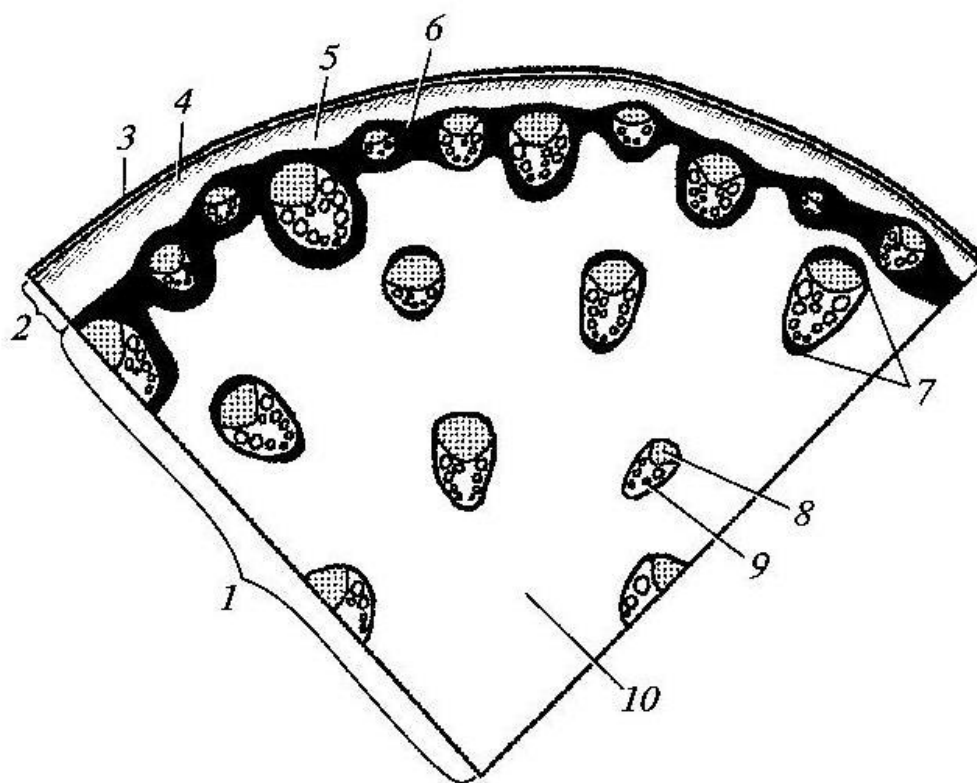


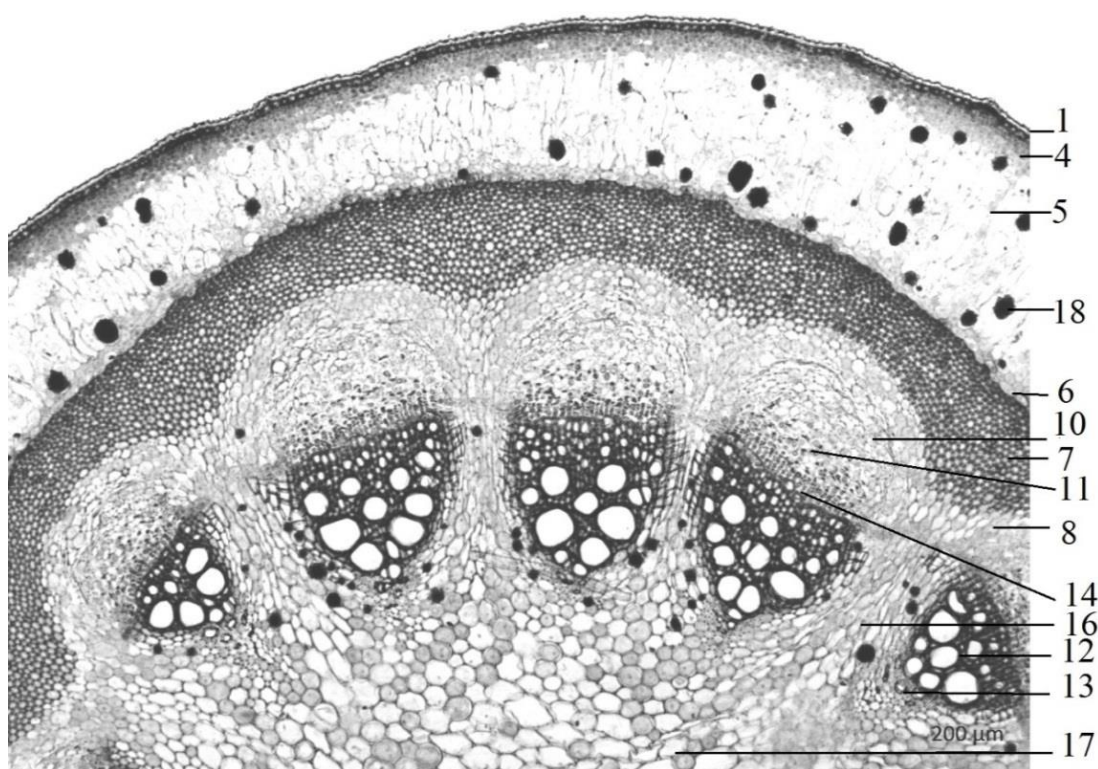
Рис. 31. Схема поперечного строения стебля *Polygonatum officinale* (купены лекарственной):

1 – стела (центральный цилиндр), 2 – первичная кора (кортекс), 3 – эпидерма, 4 – ткань, напоминающая колленхиму, 5 – паренхима кортекса, 6 – склеренхима перицикла, 7 – склеренхимная обкладка проводящих пучков, 8 – первичная ксилема, 9 – первичная флоэма, 10 – основная паренхима стелы

При увеличении объектива микроскопа х8 и х40 рассмотреть анатомическое строение стебля кирказона крупнолистного на постоянном препарате. На поперечном срезе стебля кирказона можно различить три анатомо–топографические зоны – эпидерму, первичную кору и центральный цилиндр, представленный эвстелой (рис. 32). **Эвстела** – тип стелы, свойственный голосеменным растениям и растениям из класса двудольных. Особенностью эвстелы выступает наличие одного круга открытых проводящих пучков.

Эпидерма состоит из прямоугольных плотно сомкнутых клеток, наружная стенка которых значительно утолщена и покрыта кутикулой. В ее составе могут быть заметны устьица. Под эпидермой в наружной части первичной коры расположены несколько слоев пластинчатой хлорофиллоносной колленхимы (реже уголковой колленхимы).

А



Б

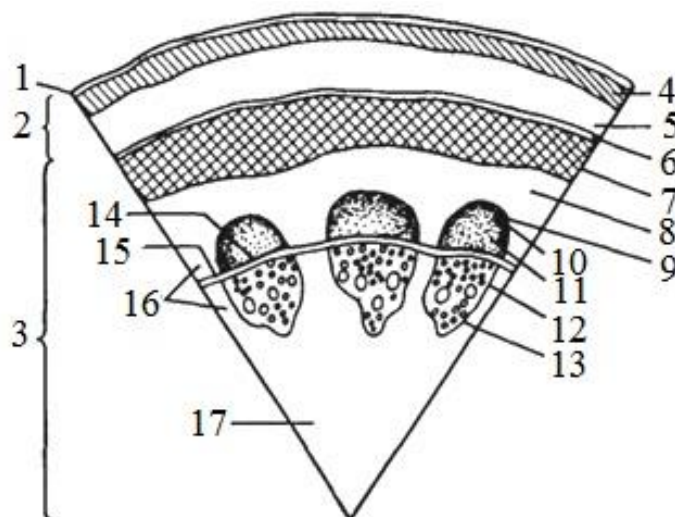


Рис. 32. Поперечное строение стебля *Aristolochia macrophylla* Lam. (кирказон крупнолистный) при увеличении объектива микроскопа $\times 8$ (А) и на схеме (Б):

1 – эпидерма, 2 – первичная кора (кортекс), 3 – центральный цилиндр (стела), 4 – колленхима, 5 – паренхима первичной коры, 6 – эндодерма, 7 – склеренхима перицикла, 8 – паренхима перицикла, 9 – коллатеральный пучок, 10 – первичная флоэма, 11 – вторичная флоэма, 12 – вторичная ксилема, 13 – первичная ксилема, 14 – пучковый камбий, 15 – межпучковый камбий, 16 – паренхимный луч, 17 – сердцевина, 18 – идиобласты с друзами

Под колленхимой располагаются тонкостенные клетки паренхимы первичной коры, среди которых можно различить мелкие округлые и вытянутые в радиальном направлении крупные сильно вакуолизированные клетки. В состав паренхимы коры входят многочисленные *идиобласты* с друзами оксалата кальция. Самый внутренний слой первичной коры – *крахмалоносное влагалище* (видоизмененная эндодерма), которое состоит из одного слоя вытянутых в тангенциальном направлении овальных клеток с высоким содержанием крахмала.

Центральный цилиндр начинается широким кольцом склеренхимы перициклического происхождения, состоящей из многоугольных толстостенных клеток с одревесневшими оболочками. Склеренхиму подстилает паренхима также перициклического происхождения, в составе которой заметны идиобласты с друзами.

Проводящие пучки открытые, коллатеральные, вытянуты в радиальном направлении. Флоэма в пучке занимает наружное, а ксилема – внутреннее положение. Между ними находится камбиальная зона из тонкостенных таблитчатых клеток, расположенных радиальными рядами (*пучковый камбий*). Флоэма представлена ситовидными трубками, клетками–спутницами и тяжелой паренхимой. Большая часть флоэмы – вторичная, камбиального происхождения, первичная флоэма занимает самую наружную часть пучка. Основной объем в пучке внутри от камбиальной зоны составляет вторичная ксилема. Вторичная ксилема состоит из крупнопросветных сосудов, древесинных волокон и клеток тяжелой паренхимы. Первичная ксилема располагается в самой внутренней части пучка, она представлена небольшим числом узкопросветных проводящих элементов.

Сердцевина образована паренхимой. Широкие паренхимные лучи, которые располагаются между проводящими пучками, образовались в результате деятельности *межпучкового камбия*. Среди клеток лучей и сердцевины попадаются кристаллоносные идиобласты.

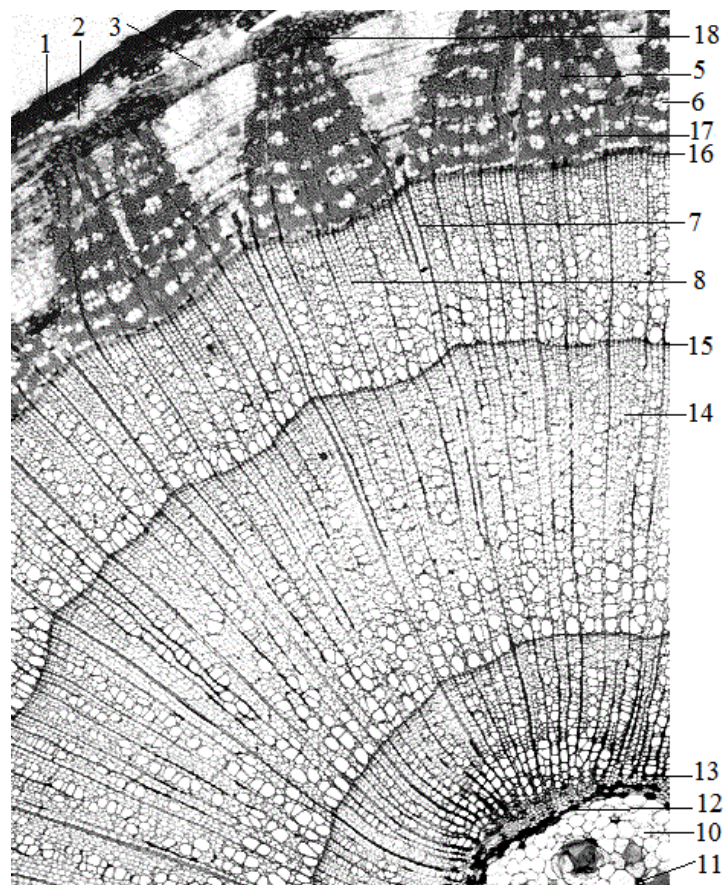
При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть строение стебля липы сердцевидной на постоянном препарате. При малом увеличении микроскопа ознакомиться с общим планом

строения стебля и выделить основные его зоны, различающиеся размерами и окраской: перидерма, первичная кора, зона флоэмы (луб), представленная трапециевидными и треугольными участками, камбиальная зона, древесина, в составе которой заметны границы годовичных колец (кольца прироста), и сердцевина, занимающая центральную часть ветви (рис. 33).

При детальном изучении среза можно рассмотреть особенности строения всех зон. Перидерма образована радиальными рядами таблитчатых клеток, среди которых наружные темно-бурые клетки феллемы мертвые, а внутренние клетки феллемы, феллогена и феллодермы – живые. Под перидермой располагается первичная **кора (кортекс)**, в состав которой входят пластинчатая колленхима (2–4 слоя плотно сомкнутых клеток, вытянутых в тангенциальном направлении), а также паренхима кортекса (округлые рыхло расположенные клетки). Среди паренхимных клеток заметны кристаллоносные идиобласты.

Внутри от первичной коры находится сравнительно более широкая зона флоэмы (луб). Проводящие участки флоэмы имеют форму трапеций, сложенных чередующимися полосками тонкостенных и толстостенных клеток. Полоски толстостенных клеток представляют собой **твердый луб**, образованный волокнами флоэмы (лубяные волокна) с толстыми частично одревесневшими стенками и узкой точечной полостью. Самый наружный слой твердого луба образован **волокнами протофлоэмы**, остальные слои относятся к вторичной флоэме. Между твердым лубом формируется **мягкий луб**, состоящий из ситовидных трубок с сопровождающими клетками и клетками тяжелой паренхимы. Светлые треугольные участки, вершина которых обращена внутрь ветви, представляют собой **дилатирующие** (расширяющиеся) **лучи**. По своему происхождению – это **первичные паренхимные лучи**, которые берут начало около сердцевины, контактируют с кортексом и обеспечивают радиальный транспорт веществ в стебле. В зоне флоэмы их клетки делятся антиклинально (перпендикулярно поверхности), что приводит к дилатации. Цепочки паренхимных клеток, которые пронизывают флоэму в радиальном направлении и слепо заканчиваются в ней – **вторичные паренхимные лучи**.

А



Б

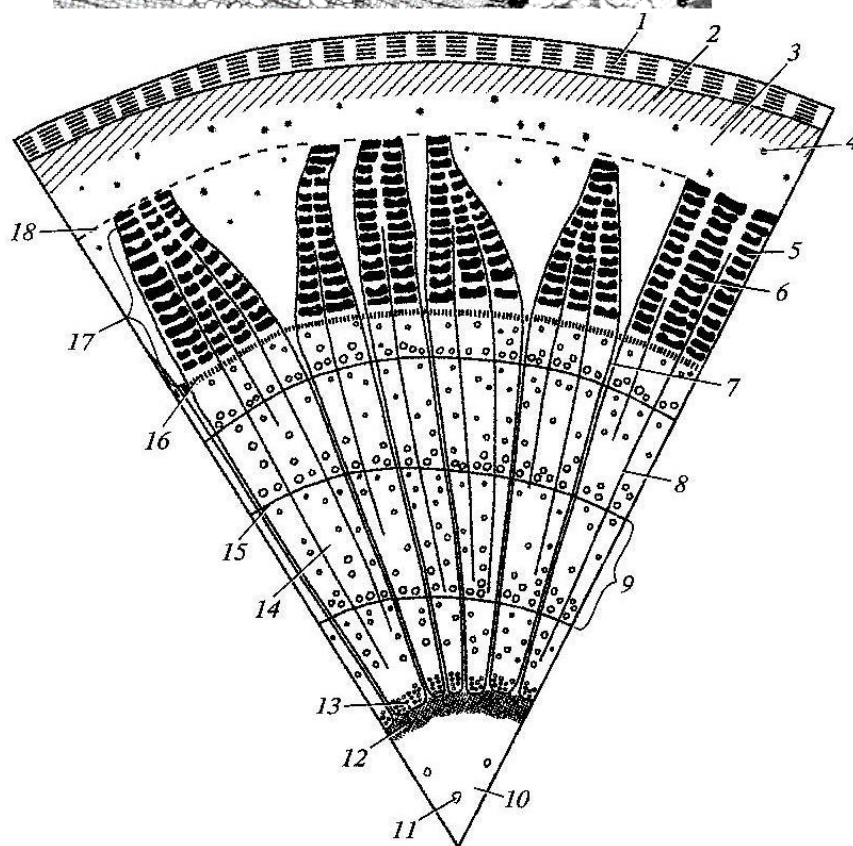


Рис. 33. Поперечное строение стебля многолетней ветки *Tilia cordata* (липы сердцевидной) при увеличении объектива микроскопа $\times 8$ (А) и на схеме (Б):

1 – перидерма, 2 – колленхима, 3 – паренхима первичной коры (кортекса), 4 – идиобласты с друзами, 5 – твердый луб, 6 – мягкий луб, 7 – первичный паренхимный луч, 8 – вторичный паренхимный луч, 9 – годовичное кольцо прироста, 10 – паренхима сердцевины, 11 – слизевая полость, 12 – перимедуллярная зона, 13 – первичная ксилема, 14 – вторичная ксилема, 15 – граница кольца прироста, 16 – камбий, 17 – вторичная флоэма, 18 – волокна протофлоэмы

Камбиальная зона находится на границе луба и древесины. Она состоит из типичных мелких таблитчатых тонкостенных клеток, расположенных правильными радиальными рядами.

Большую часть древесины занимает **вторичная ксилема**. В состав вторичной ксилемы входят широко- и узкопросветные водопроводящие элементы (сосуды), а также древесинные волокна (волокна либриформа) – мелкие по диаметру клетки с одревесневшей стенкой, и живые клетки тяжелой паренхимы. Во вторичной ксилеме хорошо заметны **кольца прироста**. Внутреннюю часть каждого кольца составляет **весенняя** или **ранняя древесина**, образованная сосудами большого диаметра. В наружной части кольца прироста сосредоточены узкопросветные сосуды, относящиеся к **летней** или **поздней древесине**.

Ксилема, как и флоэма, пронизана радиальными цепочками живых паренхимных клеток, составляющие первичные (начинаются у сердцевины) или вторичные (начинаются в толще вторичной ксилемы) лучи. Непосредственно с сердцевиной граничит **первичная ксилема**.

Серцевина, образованная тонкостенной живой паренхимой, занимает центр стебля. Клетки сердцевины различаются по размерам и характеру содержимого клеток. Ближе к древесине сосредоточены более мелкие клетки паренхимы, обычно богатые запасными питательными веществами, относящиеся к так называемой **перимедуллярной зоне**. Центральная часть сердцевины состоит из более крупных паренхимных клеток, среди которых разбросаны слизевые каналы (схизогенные вместилища).

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть анатомическое строение молодого стебля сосны на постоянном препарате. На срезе хорошо выражены перидерма, кортекс, зона луба, древесина и сердцевина (рис. 34).

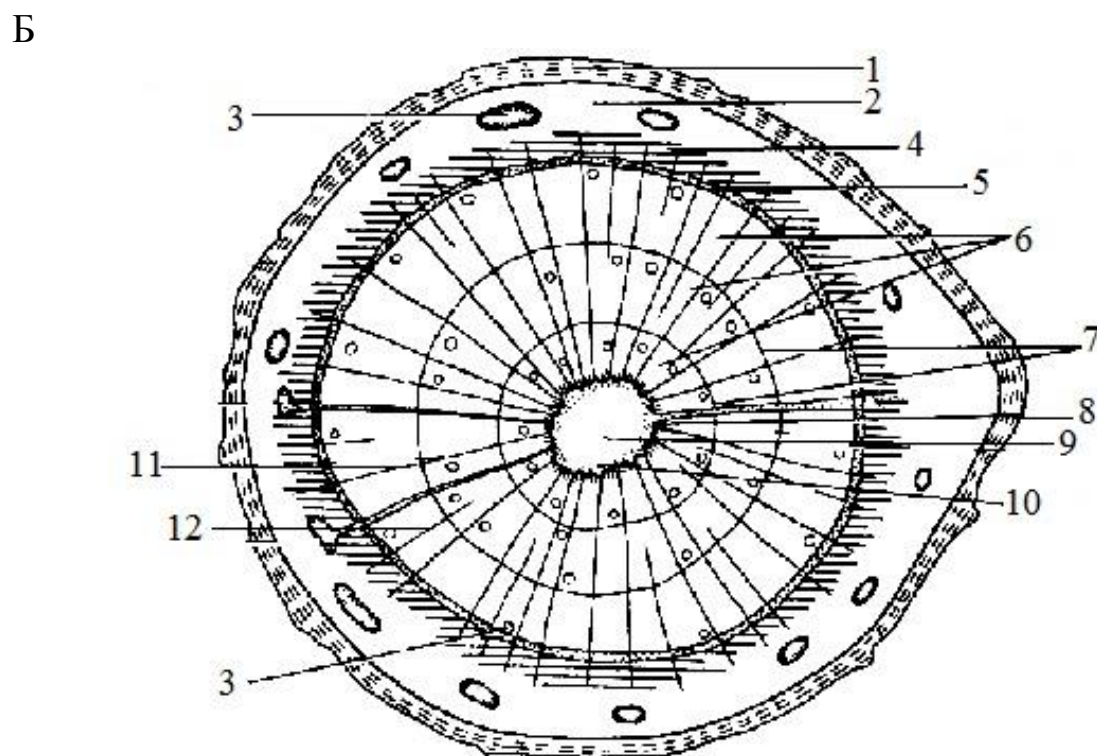
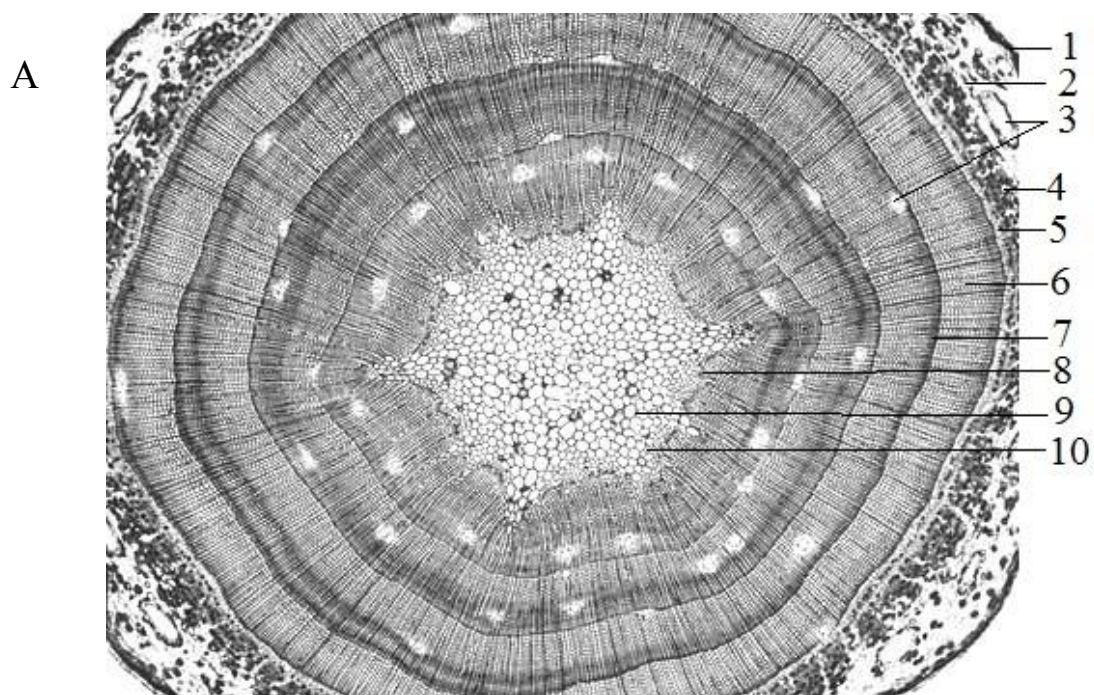


Рис. 34. Поперечное строение стебля многолетней ветки *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная) при увеличении объектива микроскопа $\times 8$ (А) и на схеме (Б):

1 – перидерма, 2 – паренхима первичной коры, 3 – смоляные ходы, 4 – вторичная флоэма, 5 – камбий, 6 – вторичная ксилема, 7 – граница годовичного кольца прироста, 8 – первичная ксилема, 9 – паренхима сердцевины, 10 – перимедуллярная зона, 11 – первичный паренхимный луч, 12 – вторичный паренхимный луч

Снаружи стебель покрыт перидермой типичного строения, все клетки которой расположены радиальными рядами одна над другой. Первичная кора довольно узкая, в ней хорошо заметны округлые **смоляные каналы** или ходы (**схизогенные вместилища**), которые выстланы изнутри тонкостенными **эпителиальными клетками** (рис. 35). Эти клетки выделяют в полость канала смолу.

Внутри от первичной коры располагается луб, представленный преимущественно вторичной флоэмой. Вторичная флоэма состоит из мелких ситовидных клеток и округлых паренхимных клеток (тяжевая паренхима), которые составлены в короткие тангентальные цепочки. Все элементы луба располагаются также радиальными рядами.

Первичная флоэма расположена на границе с первичной корой, образована преимущественно **облитерированными** (сплюсненными) клетками и практически неразличима.

Камбий, состоящий из тонкостенных вытянутых в тангенциальном направлении клеток, располагается в виде кольца на границе луба и древесины.

Основным компонентом древесины выступают трахеиды, расположенные радиальными рядами (рис. 35). Наибольшую часть древесины составляет вторичная ксилема. Во вторичной ксилеме можно различить годовые кольца прироста. Самое молодое кольцо прироста контактирует с камбиальной зоной. Внутреннюю часть каждого кольца прироста занимает ранняя древесина, трахеиды которой более широкопросветные и на поперечном срезе имеют 4–6–угольную форму. В наружной части кольца прироста находится поздняя древесина, образованная узкопросветными и уплощенными тангенциально трахеидами. Переход от ранней древесины к поздней постепенный. В каждом годовом кольце имеются смоляные каналы, окруженные обкладкой из паренхимных клеток и выстланные эпителиальными клетками.

В радиальном направлении древесина и луб пересечены узкими, обычно однорядными лучами различной протяженности. Первичные лучи соединяют собой первичную кору и сердцевину. Вторичные лучи короче первичных и полностью являются производными камбия. Паренхимная сердцевина занимает небольшую часть среза. Несколько периферических слоев более мелких толстостенных клеток сердцевины составляют перимедуллярную зону.

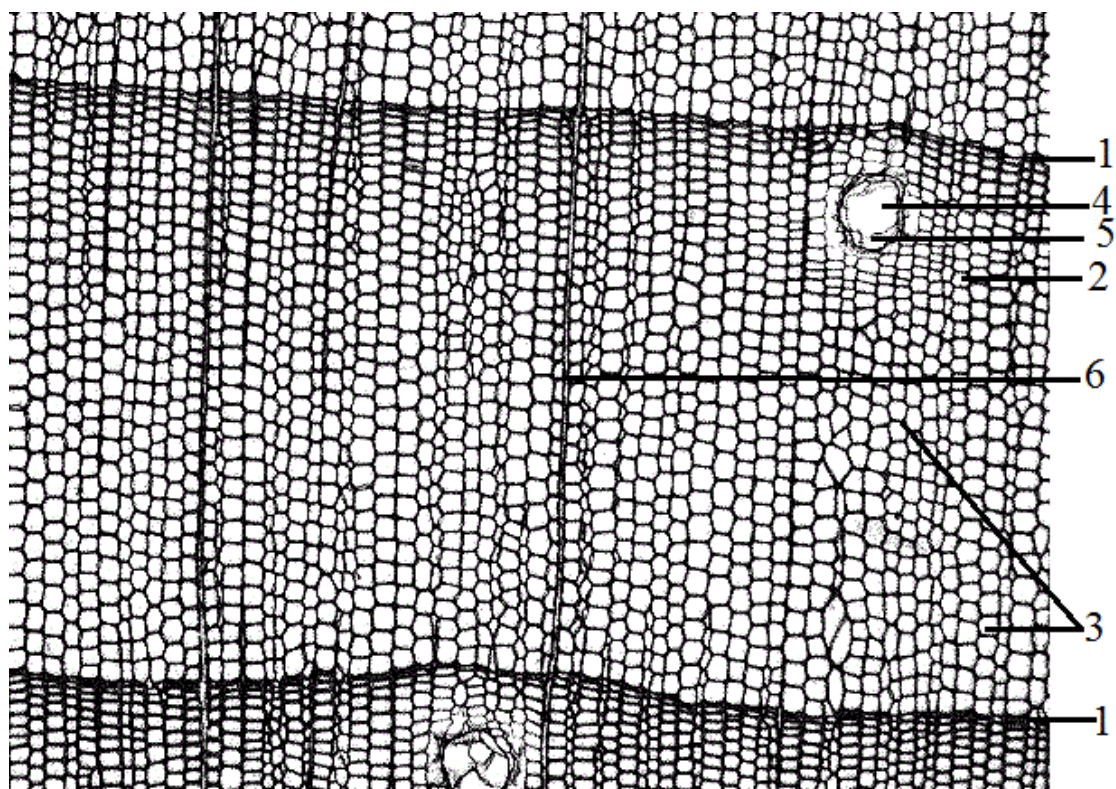


Рис. 35. Участок древесины ветки *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная) при увеличении объектива микроскопа х40:
1 – граница годичного прироста, 2 – поздняя древесина, 3 – ранняя древесина, 4 – смоляной канал, 5 – эпителиальные клетки, 6 – паренхимный луч

Задания по теме «Анатомическое строение стебля».

1. Зарисовать схему строения стебля купены при увеличении объектива микроскопа х8, отметить на рисунке эпидерму, первичную кору, склеренхиму перицикла, закрытые проводящие пучки, основную паренхиму центрального цилиндра.

2. Зарисовать схему строения стебля кирказона при увеличении объектива микроскопа х8, отметить на рисунке эпидерму, первичную кору, колленхиму, паренхиму первичной коры, крахмалоносное влагалище, склеренхиму перицикла, паренхиму перицикла, открытые проводящие пучки с ксилемой и флоэмой в составе, камбий, паренхиму сердцевины, сердцевинные лучи и идиобласты с друзами.

3. Зарисовать общую схему строения стебля липы, отметить на ней перидерму, первичную кору, колленхиму, твердый и мягкий луб,

камбиальную зону, древесину с годичными кольцами, паренхимные лучи и сердцевину с перимедуллярной зоной.

4. Зарисовать общую схему строения стебля сосны, отметить на ней перидерму, первичную кору, колленхиму, луб, камбиальную зону, древесину с годичными кольцами, смоляные ходы, паренхимные лучи и сердцевину с перимедуллярной зоной.

Анатомическое строение листа

Объекты исследований:

1. поперечный срез листовой пластинки *Camellia japonica* L. (камелия японская);
2. поперечный срез листовой пластинки *Iris germanica* L. (ирис германский);
3. поперечный срез хвоинки *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная).

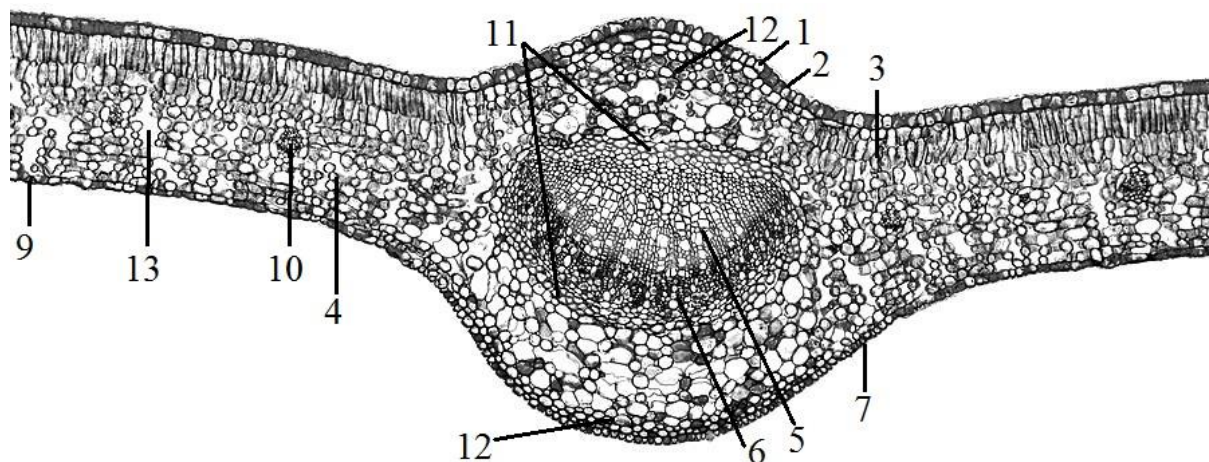
Характеристика объектов.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть общий план и детали анатомического строения листовой пластинки камелии японской на постоянном препарате.

На поперечном срезе хорошо видно, что лист имеет **дорсивентральное строение** с выраженной **адаксиальной** (верхняя, обращенная к стеблю) и **абаксиальной** (нижняя, обращенная от стебля) поверхностями (рис. 36). Сверху и снизу лист покрыт эпидермой (верхняя и нижняя) с развитой кутикулой. Клетки эпидермы квадратные в сечении со значительно утолщенными наружными стенками. В нижней абаксиальной эпидерме сосредоточены устьица, замыкающие клетки устьиц расположены на одном уровне с основными клетками эпидермы. Внутрь от замыкающих клеток заметны **подустьичные полости**.

Пространство между верхней и нижней эпидермой занимает **мезофилл** – **ассимиляционная паренхима** листа, клетки которой содержат многочисленные хлоропласты. Мезофилл дифференцирован на **столбчатую** (палисадную) и **губчатую** ткани.

А



Б

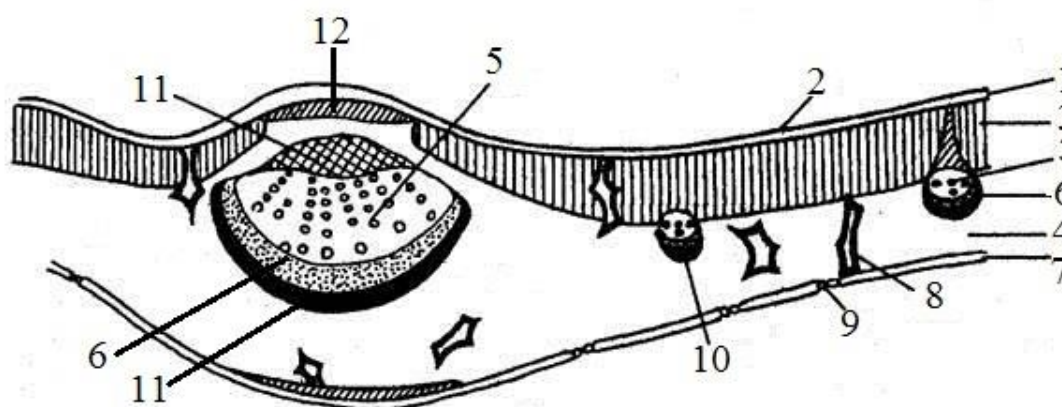


Рис. 36 . Поперечный срез листа *Camelia japonica* L. (камелия японская):
 1 – верхняя эпидерма, 2 – кутикула, 3 – столбчатая паренхима (мезофилл), 4 – губчатая паренхима (мезофилл), 5 – ксилема, 6 – флоэма, 7 – нижняя эпидерма, 8 – склереида, 9 – устьице, 10 – коллатеральный сосудисто-волокнистый проводящий пучок, 11 – склеренхима, 12 – колленхима

Столбчатый мезофилл приурочен к верхней (адаксиальной) стороне листа и состоит из двух слоев плотно сомкнутых между собой цилиндрических по форме клеток. Губчатый мезофилл занимает сравнительно больший объем и примыкает к нижней (абаксиальной) стороне листа. Его отличает наличие многолопастных по форме клеток и большое количество крупных межклетников. В мезофилле встречаются идиобласты двух типов: одни округлые тонкостенные клетки с друзами оксалата в составе, другие – склереиды неправильной формы с толстыми одревесневшими стенками.

Жилкование листа у камелии японской перистое. Соответственно, на поперечных срезах через лист двудольного растения хорошо видны средняя или центральная жилка первого порядка и более мелкие, второстепенные жилки второго и других порядков, разрезанные вдоль или косо. Средняя жилка значительно выдается над поверхностью листа. Под адаксиальной и абаксиальной эпидермами в районе средней жилки располагается пластинчатая колленхима, в то время как столбчатый мезофилл не развит. Центральную часть этого участка листовой пластинки занимает открытый коллатеральный пучок. Ксилема в пучках обращена к верхней (адаксиальной) стороне листа, флоэма – к нижней (абаксиальной). Проводящий пучок частично или полностью окружен склеренхимной обкладкой, состоящей из волокон с одревесневшими оболочками.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть анатомическое строение листа ириса германского на постоянном препарате.

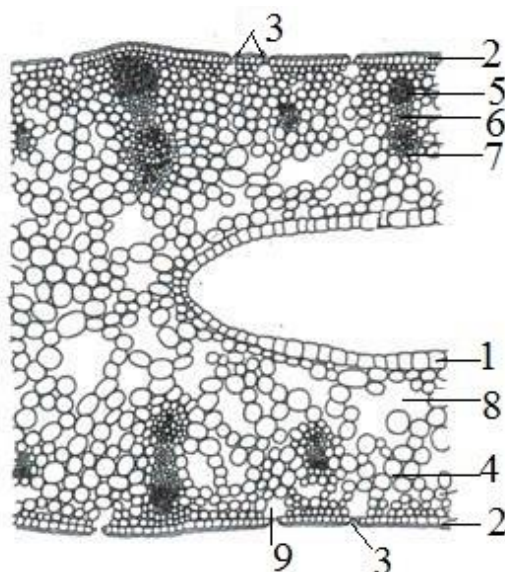
Мечевидный лист касатика сложен вдоль средней жилки так, что морфологически верхняя (адаксиальная) его сторона обращена внутрь, а нижняя (абаксиальная) – наружу (рис. 37).

Лист покрыт кутикулой. Клетки эпидермы более или менее вытянуты вдоль листа и имеют утолщенную наружную стенку. В нижней эпидерме сосредоточены многочисленные устьица, замыкающие клетки которых расположены ниже уровня основных клеток эпидермы. Апертура устьица переходит в подустыичную полость.

Под эпидермой расположен однородный мезофилл, состоящий из округлых тонкостенных рыхло расположенных клеток **ассимиляционной паренхимы (хлоренхимы)**. В толще мезофилла в непосредственной близости от поверхности листовой пластинки располагаются многочисленные закрытые коллатеральные проводящие пучки. У однодольных растений преобладает линейное или дуговое жилкование, которое обуславливает наличие множество проводящих пучков примерно равных по величине, находящихся на более или менее одинаковом расстоянии друг от друга. В пучках флоэма обращена к эпидерме, а ксилема – внутрь листа. Крупные пучки укреплены тяжем склеренхимы. Также тяж склеренхимы

располагается в средней клиновидно вытянутой части листовой пластинки. Между проводящими пучками заметны крупные воздухоносные полости.

А



Б

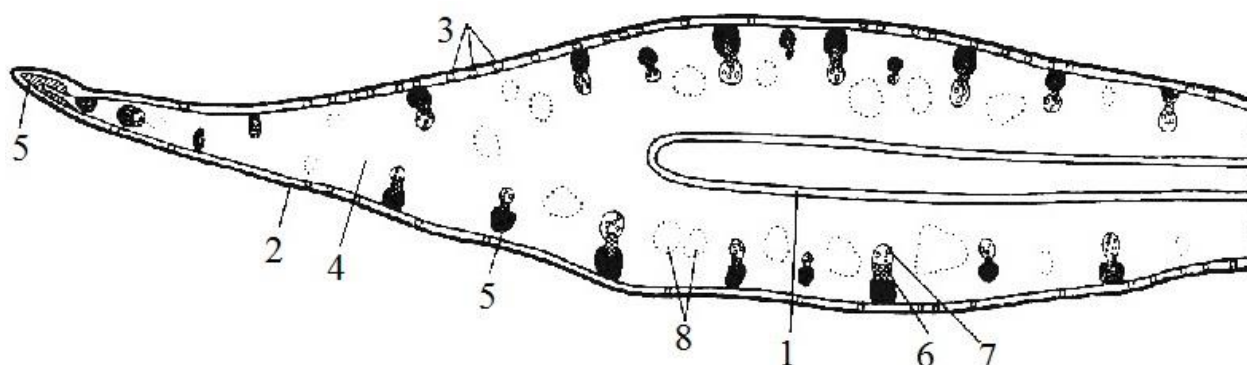


Рис. 37. Строение листа *Iris germanica* L. (ирис германский):

1 – верхняя эпидерма, 2 – нижняя эпидерма, 3 – устьице, 4 – хлоренхима (мезофилл), 5 – склеренхима, 6 – флоэма, 7 – ксилема, 8 – воздухоносные полости, 9 – подустыичная полость

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть на постоянном препарате общий план и детали анатомического строения видоизмененного игольчатого листа – хвоинки сосны обыкновенной. На поперечном срезе хвоинка сосны имеет полукруглые очертания,

при этом плоская сторона – адаксиальная (верхняя), а выпуклая – абаксиальная (нижняя) (рис.38).

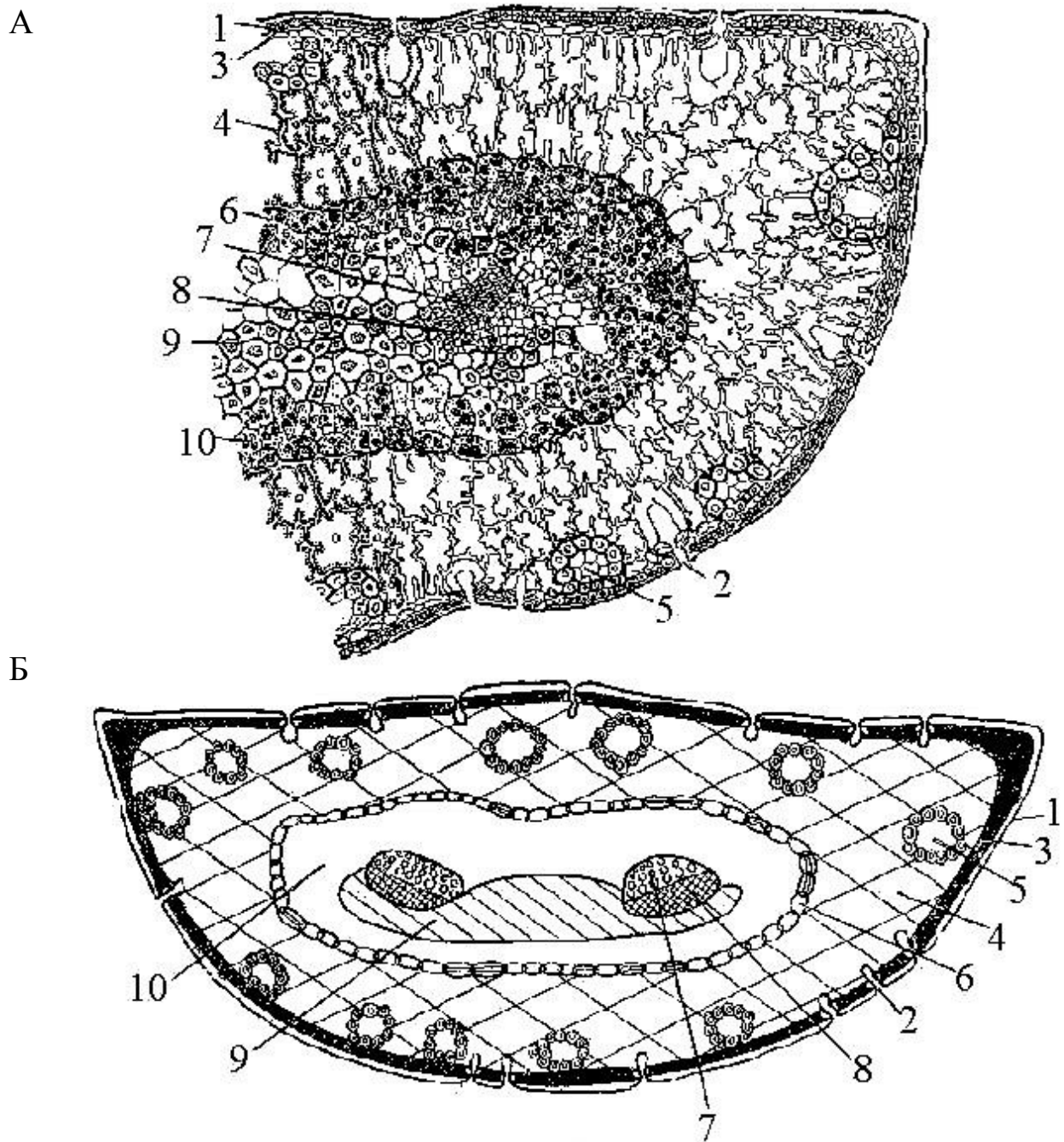


Рис. 38. Строение хвоинки *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная) при увеличении объектива микроскопа $\times 40$ (А) и на схеме (Б):

1 – эпидерма, 2 – устьица, 3 – гиподерма, 4 – складчатый мезофилл, 5 – смоляной канал со склеренхимной обкладкой, 6 – эндодерма, 7 – ксилема, 8 – флоэма, 9 – склеренхима, 10 – трансфузионная ткань

Снаружи хвоинка защищена эпидермой с хорошо развитой кутикулой на поверхности. Клетки эпидермы почти квадратные, имеют значительно утолщенные и частично лигнифицированные оболочки, полость клеток небольшая. Устьица расположены по всей поверхности эпидермы. Их замыкающие клетки находятся ниже уровня основных клеток эпидермы, они характеризуются неравномерно утолщенной одревесневающей стенкой. Устьичная щель (апертура) ведет в довольно крупную подустыичную полость. Под эпидермой находится **гиподерма**, состоящая из одного, а в углах – из двух-трех слоев волокон с равномерно утолщенной и также лигнифицированной стенкой, которые способны удерживать воду.

Основной ассимиляционной тканью в хвоинке выступает **складчатый мезофилл**, представленный однородными по строению клетками ассимиляционной паренхимы. Складки возникают путем образования выростов на внутренней поверхности стенок или выпячивания самих стенок в полость клетки. За счет складок увеличивается объем постенного слоя цитоплазмы, содержащего хлоропласты. В игольчатых листьях других хвойных складчатость выражена слабо или отсутствует.

В мезофилле расположены **смоляные ходы (схизогенные вместилища)**, полость которых выстлана тонкостенными эпителиальными клетками, выделяющими смолу. Снаружи смоляные ходы имеют обкладку из толстостенных неодревесневших волокон склеренхимы.

Центральную часть хвоинки занимает жилка, ограниченная от мезофилла **эндодермой**, представляющей собой один ряд клеток с утолщениями (пояски Каспари) на радиальных стенках. Проводящая система представлена двумя коллатеральными открытыми пучками, расположенными под небольшим углом друг к другу. В пучках ксилема, состоящая из трахеид с узкими полостями, обращена к плоской стороне хвоинки, флоэма, образованная ситовидными клетками – к выпуклой. Со стороны флоэмы пучки соединены тяжем волокон склеренхимы с толстыми, слегка одревесневшими стенками. Пространство между эндодермой и проводящими пучками занято **трансфузионной тканью**, состоящей из клеток двух типов: мертвые удлиненные клетки и живые паренхимные клетки, содержащие смолистые вещества и крахмальные зерна. Трансфузионная ткань

осуществляет двустороннюю связь между проводящими пучками, эндодермой и мезофиллом.

Задания по теме «Анатомическое строение листа».

1. Зарисовать схему строения листа камелии японской при увеличении объектива микроскопа х8; отметить на рисунке верхнюю и нижнюю эпидермы с кутикулой, устьица, столбчатый и губчатый мезофилл, проводящие и механические ткани центральной жилки, а также идиобласты с друзами, склереиды и межклетчатки.

2. Зарисовать схему строения листа касатика германского при увеличении объектива микроскопа х8; отметить на рисунке верхнюю и нижнюю эпидермы, устьице, подустьичную полость, кутикулу, мезофилл, закрытые коллатеральные пучки, склеренхиму, воздушные полости.

3. Зарисовать схему строения хвоинки при увеличении объектива микроскопа х8; отметить на рисунке эпидерму, погруженные устьица, подустьичную полость, кутикулу, гиподерму, складчатый мезофилл, закрытые коллатеральные пучки, смоляные ходы и их склеренхимную обкладку, эндодерму, трансфузионную ткань.

Вопросы для самоконтроля к разделу «Анатомия вегетативных органов растений»:

1. Какие морфологические зоны выделяют в растущем корне?
2. В какой из этих зон формируется первичное строение корня?
3. В чем особенности строения кортекса (первичной коры) при первичном строении корня?
4. В чем особенности строения стелы при первичном строении корня?
5. Каковы особенности строения корня тыквы обыкновенной?
6. Где располагаются участки первичной ксилемы при вторичном строении корня?
7. С чем связаны особенности строения многолетнего корня древесного растения?
8. Какой тип стелы характерен для стебля однодольного растения?
9. Какой тип стелы характерен для стебля двудольного или голосеменного растения?
10. Какие типы механических тканей укрепляют стебель кирказона крупнолистного? Где они располагаются?
11. Какие типы проводящих пучков формируют атактостелу и эвстелу?
12. Каковы особенности строения луба в стебле липы?
13. Каковы особенности строения древесины в стебле липы?
14. Что такое перимедулярная зона? В какой части стебля она развивается?
15. В чем особенности строения древесины голосеменного растения?
16. В чем принципиальные отличия строения листовой пластинки?
17. Какие типы мезофилла могут образовывать толщу листовой пластинки?
18. Какие идиобласты могут встречаться в стебле и листе? Какова их роль?
19. Как устроена жилка листа и хвоинки?
20. Что такое трансфузионная ткань? Где она распространена и каковы ее функции?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

При составлении пособия и его оформлении использовались следующие электронные ресурсы и литературные источники:

1. Бавтуто Г. А. Практикум по анатомии и морфологии растений: учебное пособие для биологических специальностей вузов / Г. А. Бавтуто, Л. М. Ерей. – Минск: Новое знание, 2002. – 464 с.
2. Ботаника: в 4 т. Т. 3. Высшие растения: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.К. Тимонин. – М.: Академия, 2007. – 352 с.
3. Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 528 с.
4. Малый практикум по ботанике. Морфология и анатомия растений: / А.К. Тимонин, В.Р. Филин, М.Н. Нилова, Т.А. Федорова, А.С. Беэр. – М.: Академия, 2012. – 208 с.
5. <http://www.gettyimages.ae/detail/photo/pear-fruit-stone-cells-or-sclereids-lm-x100-high-res-stock-photography/106452342> – Дата доступа 18.03.2017.
6. <http://www.3dham.com/vegetable/Stem-Collenchyma.html> – Дата доступа 19.03.2017.
7. <https://ru.pinterest.com/pin/382665299558160412/> – Дата доступа 25.03.2017.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Абаксиальная поверхность – нижняя, обращенная от стебля, поверхность листа.

Адаксиальная поверхность – верхняя, обращенная к стеблю, поверхность листа.

Апекс (конус нарастания) – верхушка побега или корня, образованная меристематически активными клетками.

Апертура – сквозное отверстие в составе устьица, которое образуется при мацерации (расхождении клеточных стенок).

Ассимиляционная паренхима (хлоренхима) – тип паренхимы, клетки которой содержат большое количество хлоропластов и осуществляют, тем самым, процесс фотосинтеза.

Атактостела – тип стелы, для которого характерно наличие множества диффузно расположенных в толще стебля закрытых проводящих пучков; встречается у однодольных растений.

Атрихобласты – клетки ризодермы (эпиблемы), не образующие корневых волосков.

Биколлатеральный проводящий пучок – комплекс проводящих тканей, представленный тяжем ксилемы, к которому снаружи и изнутри примыкают тяжи флоэмы.

Вакуоль – полости в цитоплазме, заполненные клеточным соком – водным раствором углеводов, органических кислот, солей, белков с низким молекулярным весом и пигментов.

Волокна протофлоэмы – лубяные волокна, принадлежащие к первичной флоэме.

Волокна склеренхимы - мертвые прозенхимные клетки с равномерно утолщенной одревесневшей стенкой.

Вторичное анатомическое строение – микроскопическое строение органа, формирующееся в результате деятельности клеток камбия и феллогена.

Вторичные ткани – ткани, которые образуются в результате деятельности вторичных меристем (камбия и феллогена).

Вторичный паренхимный луч – одно– или многорядные слои живых паренхимных клеток, идущие радиально в составе проводящих тканей стебля и корня; образуется в результате деятельности камбия и осуществляет транспорт веществ в радиальном направлении.

Гиподерма – один или несколько слоев клеток под эпидермой, которые способны удерживать воду и укреплять орган при наличии утолщенной стенки.

Губчатый мезофилл – совокупность многолопастных по форме клеток с хлоропластами и большим количеством крупных межклетников между ними; примыкает к нижней (абаксиальной) стороне листа.

Деплазмолиз – возвращение протопласта клеток растений из состояния плазмолиза в исходное состояние, характеризующееся нормальным тургором.

Дерматоген (протодерма) – один слой клеток на поверхности конуса нарастания корня, который дает начало ризодерме (эпиблеме).

Дилатация лучевая – расширение паренхимных лучей в тангенциальном направлении в зоне вторичной флоэмы.

Дорсивентральное строение – строение плоского листа, у которого верхняя (дорсальная или адаксиальная) и нижняя (вентральная или абаксиальная) поверхности различаются по строению.

Древесина – вторичная ксилема, по которой осуществляется восходящий ток воды и минеральных веществ.

Древесинные волокна (волокна либриформа) – мертвые прозенхимные клетки с незначительно утолщенными одревесневшими стенками, которые входят в состав ксилемы и выполняют механическую функцию.

Друзы – шаровидные образования в клетках, состоящие из многих мелких сросшихся кристаллов (в клетках корневищ, коры, корки, черешков и эпидермы многих растений).

Железистые трихомы (волоски) – структуры разного генезиса на поверхности эпидермы, которые выполняют функции выделения (экскреции) продуктов метаболизма.

Закрытый проводящий пучок – проводящий пучок, в составе которого между ксилемой и флоэмой нет камбия.

Замыкающие клетки устьица – мелкие высокоспециализированные клетки устьица, которые располагаются вокруг апертуры и благодаря изменению тургора обеспечивают его работу.

Зона всасывания (или дифференциации постоянных тканей) – зона корня, расположенная вслед за зоной растяжения, на протяжении которой формируется первичное анатомическое строение корня и происходит активное поглощение почвенных растворов.

Зона деления – участок апикальной меристемы корня длиной 1,5 – 2мм, прикрытый корневым чехликом.

Зона проведения – самая протяженная зона корня между зоной всасывания и корневой шейкой; здесь происходит эндогенное образование боковых корней и двусторонний транспорт веществ.

Зона растяжения – участок корня, расположенный близ верхушки, на протяжении которого клетки увеличиваются в размерах преимущественно за счет вакуолизации.

Идиобласты – одиночные клетки–вместилища эфирных масел, кристаллов и других продуктов метаболизма, а также одиночные склереиды, разбросанные среди других тканей.

Камбий – слой живых вытянутых клеток, которые делятся в тангенциальном направлении (параллельно поверхности органа) и дают начало вторичным проводящим тканям (ксилеме и флоэме).

Коллатеральный проводящий пучок – комплекс проводящих тканей, представленный тяжем ксилемы, к которому снаружи примыкает тяж флоэмы.

Колленхима – живая механическая ткань, состоящая из прозенхимных клеток с неравномерно утолщенными нелигнифицированными стенками.

Кольцо прироста (годовое кольцо) – участок древесины, образованный камбием в течение одного вегетационного периода; включает в себя раннюю и позднюю древесину.

Конституционные вещества – вещества, входящие в состав живой материи, и участвующие в обмене веществ (белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводы и др.).

Кора (кортекс) – анатомо-топографическая зона в составе осевых органов, расположенная внутри от покровной ткани и представленная преимущественно паренхимой.

Корень – осевой радиально-симметричный вегетативный преимущественно подземный орган неограниченного роста с эндогенным ветвлением.

Корка (ритидом) – вторичная покровная ткань на поверхности многолетних органов растений, которая образуется в результате многократного заложения феллогена в более глубоко расположенных от поверхности тканях.

Корневой чехлик – совокупность живых паренхимных клеток с ослизняющимися клеточными стенками на верхушке корня, которая защищает меристему от повреждений.

Крахмалоносное влагалище – внутренний слой крупных вытянутых в тангенциальном направлении клеток кортекса стебля, которые содержат крахмальные зерна.

Кроющие трихомы (волоски) – выросты клеток эпидермы, которые защищают от перегрева и излишней транспирации.

Ксилема (древесина) – сложная ткань, в состав которой входят трахеиды или трахеи (сосуды), тяжевая паренхима и волокна либриформа (древесинные волокна); ксилема обеспечивает восходящий ток воды и минеральных веществ, служит местом отложения запасных питательных веществ и участвует в укреплении органов.

Кутикула – слой кутина и восков на поверхности наружных оболочек клеток эпидермы, который защищает организм от излишней транспирации, проникновения микроорганизмов и грибов, а также механических повреждений.

Кутин – соединение, состоящее из жирных кислот, которое откладывается в наружных оболочках клеток эпидермы и вызывает их кутинизацию.

Лигнин – полимер фенольной природы, который откладываясь в оболочках клеток, вызывает их одревеснение.

Лист – боковой плоский моносимметричный орган растения ограниченного роста, выполняющий функции фотосинтеза, транспирации и газообмена.

Луб – вторичная флоэма, по которой осуществляется нисходящий транспорт органических веществ.

Лубяные волокна – живые или мертвые прозенхимные клетки с сильно утолщенными, но не одревесневшими стенками, которые входят в состав флоэмы и выполняют механическую функцию.

Межпучковый камбий – участок камбиального кольца, который располагается между проводящими пучками; образует паренхимные лучи или добавочные проводящие пучки.

Мезодерма – срединная часть кортекса корня, представленная округлыми рыхло расположенными паренхимными клетками с крахмальными зернами в составе.

Мезофилл – ассимиляционная паренхима (хлоренхима) листа; может быть дифференцирован на столбчатую и губчатую ткани.

Метаксилема – часть первичной ксилемы, представленная не способными к растяжению сетчатыми трахеальными элементами.

Мягкий луб – совокупность ситовидных элементов и тяжелой паренхимы в составе вторичной флоэмы.

Орган – часть тела высшего растения, которая образована различными тканями и выполняет определенные функции.

Открытый проводящий пучок – проводящий пучок, в составе которого между ксилемой и флоэмой находится камбий.

Первичное анатомическое строение – микроскопическое строение органа, формирующееся в результате деятельности клеток верхушечной меристемы.

Первичные ткани – ткани, которые образуются в результате деятельности верхушечных меристем (апекс побега и корня).

Первичный паренхимный луч – одно– или многорядные слои живых паренхимных клеток, идущий радиально между проводящими тканями стебля и корня и соединяющие сердцевину (или первичную ксилему) с паренхимой коры; осуществляет транспорт веществ в радиальном направлении и служит местом отложения запасных питательных веществ.

Периблема (основная меристема) – клетки конуса нарастания корня, при делении которых образуется первичная кора (кортекс).

Перидерма – вторичный покровный комплекс тканей, образующийся на поверхности многолетних органов растений и состоящий из феллогена (пробкового камбия), феллемы (пробки) и феллодермы.

Перимедуллярная зона – мелкие клетки на периферии паренхимы сердцевины обычно богатые запасными питательными веществами.

Перицикл – один или несколько наружных слоев клеток центрального цилиндра, обладающих меристематической активностью.

Перфорация – сквозное отверстие, формирующееся на границе между члениками сосудов.

Плазмалемма – наружная мембрана цитоплазмы, прилегающая к клеточной оболочке.

Плазмолиз – отделение пристеночного слоя цитоплазмы от твёрдой оболочки растительной клетки; явление, обратное тургору; происходит только в живых клетках вследствие сжатия протопласта под действием плазмолитика – раствора, гипертонического по отношению к клеточному соку.

Плерома (прокамбий) – центральный тяж клеток конуса нарастания корня, при делении которого образуются первичные проводящие ткани.

Побег – вегетативный орган высших растений, состоящий из стебля с расположенными на нем листьями и почками.

Побочные клетки – клетки эпидермы, которые отличаются по размерам и форме от основных клеток, окружают замыкающие клетки устьица и принимают участие в работе устьичного аппарата.

Подустьичная полость – крупный межклетник, в который открывается апертура (отверстие) устьица.

Поздняя древесина (летняя древесина) – участок древесины, образованный узкопросветными сосудами или трахеидами.

Полярность – определенная ориентация органа в пространстве, связанная с наличием продольной оси с апикальным (верхним) и базальным (нижним) концами.

Почка – укороченный неразвившейся побег, который формируется в узлах и на верхушке стебля; обеспечивает его длительное нарастание и ветвление.

Пояски Каспари – утолщенные участки в антиклинальных стенках клеток эндодермы, в которых откладывается лигнин и суберин.

Примордии – молодые зачатки листьев, закладывающиеся на конусе нарастания побега.

Проводящий пучок – комплекс ксилемы и флоэмы часто в сопровождении механической ткани, обеспечивающий двусторонний транспорт веществ по растению.

Прокамбий – узкие и длинные, периклинально (параллельно поверхности органа) делящиеся клетки, которые дифференцируются в первичные ксилему и флоэму.

Пропускные клетки – клетки эндодермы корня, которые сохраняют тонкие не утолщенные первичные стенки и участвуют в транспорте веществ между корой и стелой.

Протоксилема – часть первичной ксилемы, образованная способными к растяжению кольчатыми и спиральными трахеальными элементами.

Пучковый камбий – участок камбиального кольца, который входит в состав проводящего пучка.

Радиальный проводящий пучок – комплекс проводящих тканей корня, представленный радиальными лучами ксилемы и расположенными между ними участками флоэмы.

Ранняя древесина (весенняя древесина) – участок древесины, образованный широкопросветными сосудами или трахеидами.

Рафиды – игольчатые кристаллы, соединенные в пучки (в корневищах купены, стебле винограда).

Регенерация - восстановление целого растительного организма из отдельных органов или их частей.

Ризодерма (эпиблема) – абсорбционная ткань на поверхности корня близ его верхушки, благодаря которой происходит поглощение почвенных растворов.

Сердцевина – центральная часть осевого цилиндра, состоящая из крупных паренхимных клеток с целлюлозными иногда одревесневающими клеточными стенками.

Симметрия – упорядоченное расположение повторяющихся структур по отношению к геометрической оси в органе; различают радиально-симметричные (корень, стебель) и моносимметричные (лист) органы.

Ситовидная пластинка – видоизмененная стенка между члениками ситовидной трубки, пронизанная плазмодесменными каналами.

Ситовидные клетки – живые безъядерные длинные прозенхимные клетки, стенки которых пронизаны ситовидными полями; характерны для споровых сосудистых и голосеменных растений.

Ситовидные трубки – однорядный тяж живых безъядерных прозенхимных клеток (членики ситовидной трубки), на поперечной стенке которых образуется ситовидная пластинка; регуляция метаболизма в членике осуществляется при помощи сопровождающей клетки (клетки-спутницы).

Складчатый мезофилл – тип ассимиляционной паренхимы в хвоинке сосны, которую отличает наличие выростов внутренней поверхности стенок или выпячивания самих стенок в полость клетки.

Склериды – паренхимные мертвые клетки разных очертаний с одревесневшей стенкой.

Склеренхима – основная механическая ткань растения, которая состоит из паренхимных или прозенхимных мертвых клеток с одревесневшими стенками.

Склеренхима перицикла – кольцо волокон склеренхимы в стебле, которое возникает в результате деления клеток перицикла.

Склеренхимная обкладка – совокупность волокон склеренхимы вокруг проводящего пучка.

Смоляной канал (схизогенное вместилище) – возникшая в результате расхождения клеток полость в составе органов растений, в которых накапливаются различные конечные продукты метаболизма (смолы, эфирные масла и др.).

Сопровождающие клетки (клетки-спутницы) – живые ядерные клетки, которые взаимодействуют с члениками ситовидных трубок, регулируют их метаболизм и нисходящий транспорт органических веществ.

Сосуды (трахеи) – это ряд мертвых трубчатых прозенхимных клеток (членики сосуда), продольные стенки которых имеют ту или иную степень одревеснения и могут быть пронизаны окаймленными порами, имеют перфорационную пластинку вместо поперечной стенки; характерны для ксилемы покрытосеменных растений.

Стебель – осевой радиально-симметричный орган растения неограниченного роста; часть побега, на которой располагаются листья и почки.

Стела (центральный цилиндр) – система первичных проводящих и основных тканей, осуществляющих двусторонний транспорт веществ и укрепление органов.

Столбчатый мезофилл – один или нескольких слоев плотно сомкнутых между собой цилиндрических по форме клеток с большим количеством хлоропластов; чаще приурочен к верхней (адаксиальной) стороне листа.

Суберин – органическое соединение, состоящее из насыщенных жирных кислот, которое, откладываясь в оболочках клеток, вызывает их опробкование.

Твердый луб – совокупность лубяных волокон в составе вторичной флоэмы.

Ткань – устойчивые комплексы клеток, сходные по происхождению, топографии, строению и приспособленные к выполнению одной или нескольких функций.

Тонопласт – внутренняя мембрана цитоплазмы, окружающая вакуоль.

Трансфузионная ткань – совокупность мертвых и живых удлинённых клеток в хвоинке, которые осуществляют двустороннюю связь между проводящими пучками, эндодермой и мезофиллом.

Трахеиды – мертвые длинные прозенхимные клетки, стенки которых имеют разную степень одревеснения и могут быть пронизаны окаймленными порами; характерны для ксилемы споровых сосудистых и голосеменных растений.

Трихобласты – клетки ризодермы, из которых образуются корневые волоски.

Трихомы – выросты клеток эпидермы (кроющие и железистые).

Тургор – состояние внутреннего напряжения клетки, обусловленное высоким содержанием воды и давлением содержимого клетки на ее оболочку. Обеспечивает сохранение органами формы, положение в пространстве, а также сопротивление их действию механических факторов.

Тяжевая паренхима – живые паренхимные клетки в составе ксилемы или флоэмы, которые осуществляют ближний транспорт веществ и служат местом отложения запасных питательных веществ.

Устьице – мелкое отверстие в эпидерме, окруженное двумя высокоспециализированными (замыкающими) клетками.

Устьичный аппарат – замыкающие клетки устьиц, окруженные побочными клетками.

Феллема – ряды плотно расположенных мертвых клеток с опробковевшими оболочками, которые образуются при делении феллогена.

Феллоген (пробковый камбий) – слой живых таблитчатых клеток, которые делятся в тангенциальном направлении (параллельно поверхности органа) и дают начало перидерме (пробке).

Феллодерма – 2–3 слоя живых фотосинтезирующих рыхло расположенных клеток, которые образуются при деления феллогена.

Флоэма (луб) – сложная ткань, состоящая из ситовидных клеток или ситовидных трубок с сопровождающими клетками (клетки-спутницы), тяжелой паренхимы и лубяных волокон; обеспечивает нисходящий ток органических веществ, а также укрепляет органы и служит местом отложения запасных питательных веществ.

Чечевички – участки рыхло расположенных клеток в составе перидермы, которые выполняют функцию газообмена и транспирации.

Эвстела – тип стелы, для которого характерно наличие одного круга открытых проводящих пучков; свойственен голосеменным и двудольным растениям.

Экзодерма – два–три слоя крупных многоугольных часто мертвых клеток с опробковевшими и одревесневшими стенками на поверхности корня.

Эндодерма – внутренний слой клеток первичной коры корня, состоящий из плотно сомкнутых клеток, большая часть из которых имеет утолщенные видоизмененные стенки.

Эпидерма – первичная покровная ткань, которая развивается на поверхности листьев, однолетних стеблях, частях цветка, плодах и выполняет защитную функцию, транспирации и газообмена.

Эпителиальные клетки – клетки, выстилающие смоляные каналы, которые синтезируют смолы или эфирные масла, а затем экскретируют их в полость канала.

Эргастические включения – компоненты протопласта, которые играют вспомогательную роль и являются либо источниками энергии при росте и работе живой клетки (запасные вещества), либо конечными продуктами ее метаболизма (соли кальция, смолы, эфирные масла).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
РАЗДЕЛ 1. УСТРОЙСТВО МИКРОСКОПА. МИКРОПРЕПАРАТЫ. НАУЧНЫЙ РИСУНОК.....	4
Устройство микроскопа и правила работы с ним.....	4
Техника изготовления временных микропрепаратов.....	8
Правила оформления результатов наблюдения в виде рисунка....	11
РАЗДЕЛ 2. СТРОЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ.....	14
Общий план строения растительной клетки.....	14
Пластиды и их типы	16
Движение цитоплазмы и осмотические явления в клетке.....	21
Эргастические вещества как продукты жизнедеятельности протопласта.	25
Деление растительной клетки.....	30
РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ ГИСТОЛОГИИ РАСТЕНИЙ.....	35
Строение апикальной (верхушечной) меристемы и покровных тканей	36
Строение механических и проводящих тканей.....	42
РАЗДЕЛ 4. АНАТОМИЯ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ.....	53
Анатомическое строение корня.....	54
Анатомическое строение стебля.....	64
Анатомическое строение листа.....	76
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	84
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	85