

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Южно-Уральский государственный университет (НИУ)  
Кафедра «Общая биология и дифференциальная психология»

*И.В. Машкова*

**БОТАНИКА**  
**С ОСНОВАМИ ФИТОЦЕНОЛОГИИ**  
**Учебное пособие**

Челябинск  
Издательский центр ЮУрГУ  
2021

*Рецензенты:*

*д.п.н., проф. Попова А.Ф.; к.п.н., доц. Борисова Т.В.*

**Машкова, И.В.**

Ботаника с основами фитоценологии: учебное пособие / И.В. Машкова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 76 с.

Учебное пособие предназначено для методической помощи при подготовке к семинарским занятиям, для внеаудиторной работы, успешной сдачи зачета, экзамена. В учебном пособии изложены теоретические основы ботаники покрытосеменных растений, а так же даны методические рекомендации к выполнению лабораторных работ. Каждая тема в пособии начинается с теоретического введения. Далее приводятся описание хода работ, методические рекомендации и пояснения к препаратам. Объекты подобраны с учетом региональных особенностей.

Темы разделов и подразделов, последовательность их изложения и принципы решения продиктованы программными требованиями к дисциплине, целями и задачами курса, желанием содействовать лучшему развитию у студентов способности к обобщению, анализу, восприятию учебного материала

Учебное пособие предназначено для специалистов, обучающихся по направлению подготовки 06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика. Также может использоваться студентами других направлений бакалавриата, в учебной программе которых предусмотрено изучение курса «Ботаника».



## ПОБЕГ И ПОБЕГОВЫЕ СИСТЕМЫ

**Побег**, как и корень, — основной орган высших растений. Главная черта побега, отличающая его от корня — наличие узлов и его облиственность. Вегетативный побег выполняет функцию воздушного питания и способен к метаморфозам. Спороносные побеги (в том числе и цветок) — это репродуктивные органы, обеспечивающие размножение растений.

Вегетативный побег состоит из осевой части — стебля, несущего на себе листья и очаги первичной меристемы, находящиеся внутри почек — верхушечной и боковых (у побегов, закончивших рост, верхушечная почка нередко отсутствует). Верхушечная почка побега — это вся меристематическая верхушка побега вместе с зачатками листьев и боковых почек, окруженная и защищенная почечными покровами.

Боковая почка — это составная часть побега и в то же время зачаток нового бокового побега следующего порядка. Боковые почки располагаются на стебле в пазухах листьев. Из боковых почек формируются боковые побеги и происходит ветвление.

Система побегов семенных растений формируется за счет верхушечных и боковых почек. По структуре побеги, вырастающие из почек, могут быть разнообразными: *удлиненными и укороченными, вегетативными и генеративными.*

### **Работа 1. Морфология побега. Укороченные и удлиненные побеги**

#### Ход работы

1. Рассмотрите облиственные годичные побеги древесных растений (липы, клена, тополя и др.). Нарисуйте схему одного из рассмотренных побегов (рис. 1).

2. Обозначьте на рисунке: почечное кольцо, узлы, междоузлия, пазухи листьев, пазушные почки, верхушечную почку, метамеры побега.

3. Рассмотрите и зарисуйте удлиненные и укороченные побеги яблони, осины, ели, сосны или др. Обратите внимание на сближенные узлы укороченных побегов.

4. Измерьте длину междоузлий удлиненных побегов и общую длину годичных укороченных и удлиненных побегов, сравните результаты. Обратите внимание на листовую рубец, пучки листового следа, форму, расположение почек и их размеры (вегетативные почки — более мелкие, генеративные — более крупные).

#### Пояснение к работе

Важнейшая особенность строения побега, как и всего растения, — его метамерность. Каждый побег строится из более или менее однотипных участков, следующих друг за другом по продольной оси побега и закономерно изменяющихся на его протяжении. Метамером на побеге будет узел с отходящим от него листом, пазушной почкой и нижележащим междоузлием.

Изучение побегов целесообразно проводить на древесных растениях в безлистном состоянии. Укороченные побеги встречаются у осины, тополя (рис. 2), березы, яблони, груши и др. У яблони и груши цветки и плоды образуются на укороченных побегах, так называемых «плодоножках».

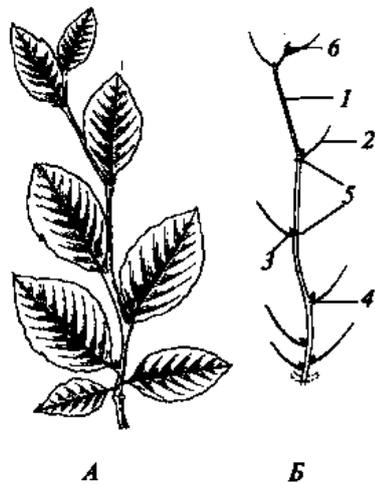


Рис. 1. Побег бука (А) и схематическое изображение того же побега (Б):  
 1 — стебель; 2 — кроющий лист;  
 3 — пазушная почка; 4 — узел;  
 5 — междоузлие; 6 — верхушечная почка

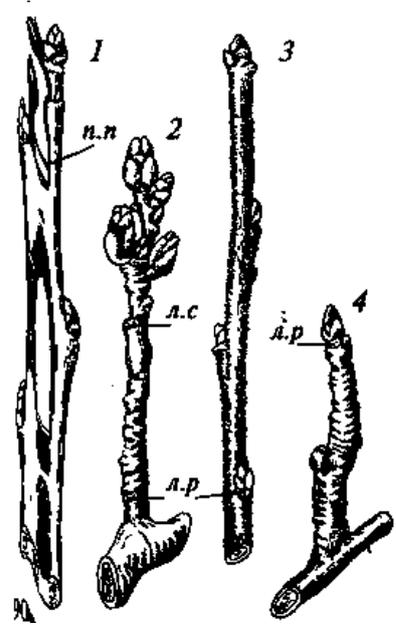


Рис. 2. Удлиненные и укороченные побеги осины и яблони: 1 — удлиненный однолетний побег осины; 2 — четырехлетний укороченный побег осины; 3 — удлиненный однолетний побег яблони; 4 — многолетний укороченный плодущий побег яблони; *n.n* — пазушная зимующая почка; *л.р* — листовый рубец; *л.с* — листовый след

Если междоузлия на побеге длинные, такой побег принято называть удлиненным. Рост каждого междоузлия обусловлен делением и последующим ростом клеток вставочной меристемы. Если узлы на побеге сближены и междоузлия практически отсутствуют, то побег называют укороченным (рис. 3).

## ПОЧКИ

**Почка** — это побег в зачаточном состоянии. Почки, у которых в зачаточном состоянии имеются все части взрослого вегетативного побега, называют **вегетативными**. Стебель вегетативной почки заканчивается конически вытянутым или куполообразно гладким конусом нарастания, состоящим из образовательной ткани (верхушечной, или апикальной). При делении группы клеток одного — двух периферических слоев конуса нарастания возникают бугорки — зачатки будущих листьев. Непосредственно над ними формируются бугорки, из которых развиваются пазушные почки (рис. 2). Самые старые из листовых зачатков могут дифференцироваться в более плотные чешуевидные листья (почечные чешуи), которые прикрывают конус нарастания вместе с молодыми листовыми

зачатками. Так формируются зимующие вегетативные почки. Весной из вегетативной почки разворачивается вегетативный побег.

У *генеративных почек* на зачаточном стебле имеются зачатки цветка или соцветия. Весной из такой почки разворачивается генеративный, или цветоносный, побег (независимо от того, есть на нем зеленые листья или нет).

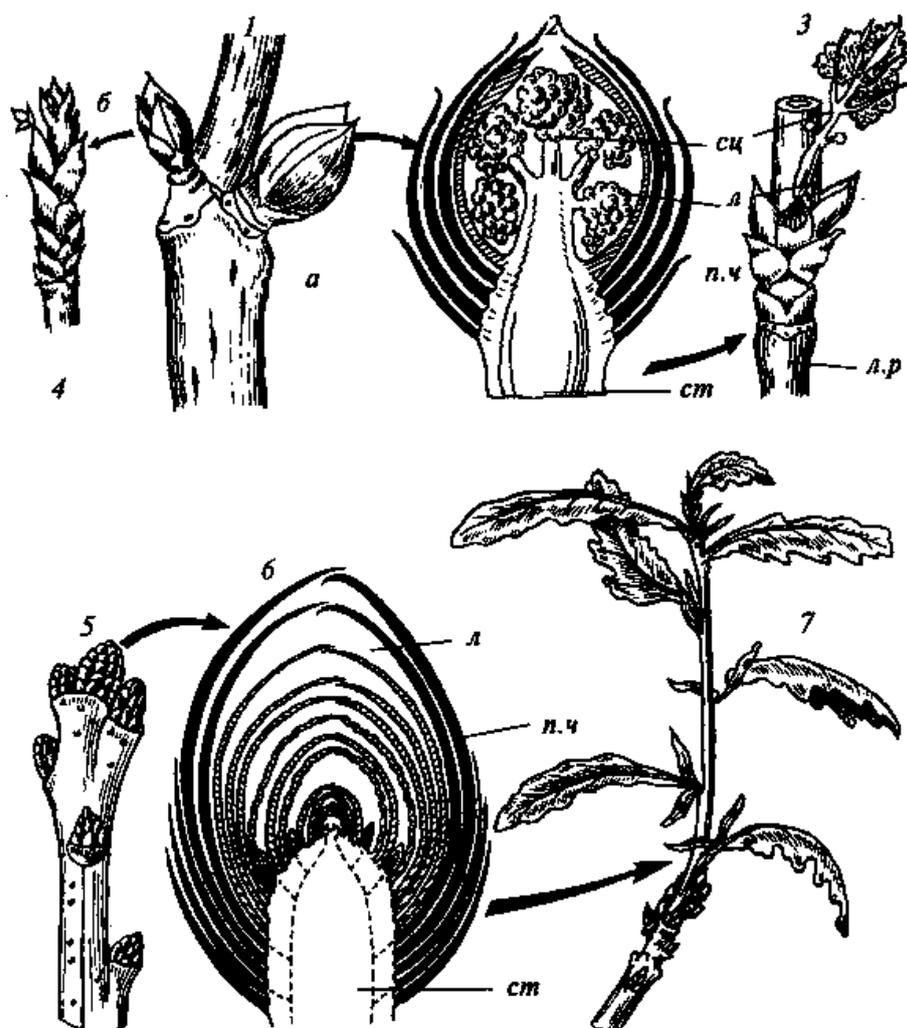


Рис. 3. Почки и побеги древесных растений: 1 — участок побега бузины (*а* — генеративная почка; *б* — вегетативная почка); 2 — продольный разрез генеративной почки бузины (*ст* — стебель, *п.ч* — почечные чешуи, *л* — листья, *сц* — соцветие); 3 — развернувшийся генеративный побег; 4 — развернувшийся молодой вегетативный побег (*л.р* — листовый рубец); 5 — верхушка побега дуба в безлистном состоянии; 6 — продольный разрез почки дуба; 7 — развернувшийся вегетативный побег дуба.

Почечные чешуи представляют собой видоизмененные листья. У деревьев они кожистые, плотные, часто покрыты волосками или выделяют смолы и бальзамы. Они предохраняют внутренние части почки от высыхания, механических повреждений и отрицательного влияния низких температур. Число почечных

чешуи колеблется от одной до нескольких десятков (у хвойных растений). Такие почки называют **закрытыми**.

Для каждого вида растений характерны особая форма и размеры почек, число, структура и окраска почечных чешуи, способы их смыкания (так называемое почкосложение). У почек калины, крушины нет защитных почечных чешуи. Такие почки называют **голыми**, или **открытыми**. При разворачивании такой почки наружные листовые зачатки развиваются в нормальные или несколько меньшие по размеру и проще устроенные зеленые листья.

Некоторые заложившиеся почки не развиваются в облиственные побеги много лет. Это **спящие** почки. Из них могут образовываться побеги в случае какого-либо повреждения растения.

**Придаточные** почки формируются на междоузлиях, листьях, корнях и имеют большое биологическое значение: они обеспечивают активное вегетативное возобновление и вегетативное размножение тех многолетних растений, у которых они имеются.

## Работа 2. Строение и разнообразие почек древесных растений

### Ход работы

1. Рассмотрите почки на побегах бузины красной (*Sambucus racemosa L.*) или сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris L.*). Зарисуйте участок стебля с почками, отметив листовую рубец, пучки листового следа, пазушные почки. Определите размер и форму почек.

2. Отделите крупную почку от стебля и скальпелем сделайте продольный разрез. Рассмотрите его под лупой или биноклем, определите тип почки (вегетативная или генеративная). Зарисуйте строение почки, отметив все ее части.

3. Препаровальной иглой осторожно снимите с другой почки почечные чешуи, листья и расположите их в горизонтальный ряд. Подсчитайте число почечных чешуй, найдите переходные листья от почечных чешуй к настоящему листу.

4. Рассмотрите ветки 2—3 древесных растений и кустарников по следующему плану:

- а) расположение почек на побеге;
- б) форма и размер почек, окраска, опушение и другие внешние признаки;
- в) число почечных чешуй;
- г) форма листового рубца и число пучков листового следа.

5. Все полученные данные внесите в табл. 1.

Таблица 1

### Особенности листорасположения

Название растения	Форма и размер	Расположение по-	Форма листового рубца	Число пучков листового следа	Почечные чешуи	
					Число	Окраска

### Пояснение к работе

Бузина красная широко распространена в лесах и на мусорных местах. Вегетативные почки у нее веретеновидные, острые, расположены преимущественно в основании побегов, а также в затененных участках кустов. Генеративные почки — округло-яйцевидные и плотно, как и вегетативные почки, закрыты почечными чешуями. На продольном разрезе вегетативной почки виден зачаточный стебель, листовые бугорки и листья на разных стадиях развития (см. рис. 3). Самые нижние листья представлены почечными чешуями. Это разросшиеся основания листьев, а листовые пластинки недоразвиты. На продольном срезе генеративной почки (см. рис. 3) видна разветвленная ось соцветия с многочисленными зачатками цветков на концах мелких веточек, в основании оси соцветия находятся крупные зачатки нижних листьев генеративного побега, снаружи почка одета почечными чешуями.

## ВЕТВЛЕНИЕ И НАРАСТАНИЕ. МОНОПОДИАЛЬНАЯ И СИМПОДИАЛЬНАЯ СИСТЕМЫ ПОБЕГОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

**Ветвление побега** — это процесс образования новых побегов из боковых почек. Такое ветвление называют *боковым*. В результате образования боковых побегов развивается система побегов.

Зачатки дочерних побегов могут закладываться на верхушке или сбоку материнского побега. В первом случае верхушка конуса нарастания разделяется на две более или менее равные части, образуя два новых конуса нарастания. Каждый из них продолжает расти под углом к материнскому побегу, формируя дочерний побег, при этом материнский побег больше не способен к дальнейшему нарастанию. Такой способ ветвления называют *верхушечным* (иначе *дихотомическим*, или *вилчатым*). В результате возникает дихотомическая система побегов. Так ветвятся некоторые побеги плаунов.

Для обозначения степени разветвленности побегов употребляют термин «порядок ветвления». Если какой-то побег обозначить как побег I порядка, то возникающие на нем побеги считаются побегами II порядка, они могут повторно ветвиться, образуя побеги III порядка, и т.д.

Характер системы побегов, образующейся при боковом ветвлении, зависит от роста материнского побега. Если материнский побег нарастает за счет верхушечной меристемы, то такой способ нарастания называют **моноподиальным**, а образованную таким образом ось — моноподием. Моноподиальная система побегов характерна для хвойных деревьев (ели, сосны, лиственницы), а также для дуба, клена, ясеня и многих других как древесных, так и травянистых растений (рис. 4).

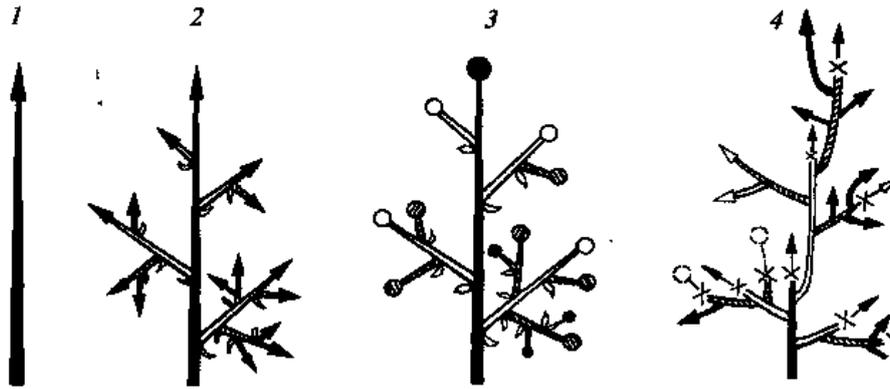


Рис. 4. Схемы моноподиальных и симподиальных систем побегов: 1 — моноподиальное нарастание побега одного порядка (моноподий — след одной меристемы); 2 — открытая моноподиальная система побегов; 3 — закрытая моноподиальная система побегов; 4 — симподиальная система вегетативных и генеративных побегов в кроне дерева

**Симподиальная** система побегов характерна для липы, орешника, удлиненных побегов березы и др. Так, например, у липы на верхушке годичного побега располагается конечная пазушная почка. На стебле под почкой, заменившей верхушечную, с одной стороны находится маленький рубчик — остаток отмершей верхушечной почки. С другой стороны под верхней боковой почкой более крупный, обычно овальный или подковообразный, рубец кроющего листа. Ежегодно из такой почки разворачивается новый побег (пазушный по положению) и растет в том же направлении, что и материнский. В результате ежегодной смены нарастания развивается «сложная ось» — симподий. В отличие от моноподия сложная ось состоит из участков (подиумов), образованных побегами разных порядков ветвления. При симподиальном нарастании оси, сопровождаемом боковым ветвлением, формируется симподиальная система побегов (см. рис. 4).

### Работа 3. Ветвление побегов

#### Ход работы

1. Рассмотрите и зарисуйте ветвящиеся побеги плауна (верхушечное ветвление). Римскими цифрами укажите порядки ветвления.

2. Рассмотрите ветку ели, сосны, пихты или лиственницы (моноподиальная система побегов). Зарисуйте схему строения ветки, отметив верхушечные почки, боковые почки, стебель, листья. Римскими цифрами укажите порядки ветвления.

3. Рассмотрите 2—3-летнюю ветку липы, клена, тополя, рябины или др. найдите на ней почечные кольца, листовые рубцы, пазушные почки (симподиальное нарастание). Определите размер почек и междоузлий (от основания до верхушки годичного побега).

4. Рассмотрите верхушку побега с конечной пазушной почкой. Зарисуйте эту часть побега, отметив листовой рубец, пазушную почку, рудимент верхушечной почки, междоузлие.

5. Определите порядки ветвления и нарисуйте схему симподия.

Пояснение к работе

а) Плаун северный (*Lycopodium Selago L.*) растет в хвойных лесах, на скалах, болотах и в тундре. Побеги у плауна лежащие с многочисленными узколанцетными очередными листьями. На побегах расположены равновильчато разветвленные придаточные корни.

б) Ель обыкновенная (*Picea abies L.*) — одна из главных лесобразующих пород наших лесов. Побеги ели удлиненные. Игольчатые листья многочисленные, расположены в сложной спирали на сравнительно небольшом линейном расстоянии друг от друга. Узлы и междоузлия выражены слабо. Главный побег растет моноподиально в течение 80—100 лет. Первые боковые ветви развиваются на 4—5-летних елочках. Они образуются из боковых почек, расположенных в верхней части годичного прироста главного побега. Боковые побеги II и последующих порядков ежегодно нарастают за счет разворачивания верхушечных почек.

У сосны и лиственницы имеются два типа побегов: укороченные и удлиненные. Годичные (ростовые) побеги сосны несут чешуевидные листья, в пазухах которых расположены укороченные побеги с ограниченным ростом, несущие в основании несколько чешуевидных листьев, а на верхушке 2, 3 или 5 хвоинок (число хвоинок постоянно для вида).

в) Для липы мелколистной (*Tilia cordata Mill.*) характерно симподиальное нарастание ствола и ветвей кроны. Ежегодно происходит перевершинивание — самый верхний боковой побег становится побегом замещения. Он принимает направление роста материнского побега и как бы продолжает его, тогда как остальные боковые побеги остаются в качестве обычных боковых побегов, менее сильных и растущих под углом к материнскому побегу.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое побег? Что такое годичный побег?
2. Что такое полярность? Как она проявляется у растения?
3. Какие типы симметрии наиболее часто встречаются в строении побегов?
4. Какое строение имеют почки? Как они располагаются на побеге?
5. Что представляют собой почки возобновления? У каких растений они встречаются?
6. Какие почки называются спящими?
7. Что такое листовой рубец, листовой след?
8. Как определить границу годичного побега у дерева или кустарника?
9. В чем разница между моноподиальным и симподиальным нарастанием побегов?

## ЛИСТ

**Лист** — боковой элемент побега, выполняющий в типичных случаях функции фотосинтеза, газообмена и транспирации. Листья располагаются на стебле в определенном порядке. В пазухах листьев находятся почки.

Полный лист состоит из **листовой пластинки, черешка, основания и прилистников**. Прилистники представляют собой парные боковые выросты, возникающие у основания листа и защищающие его на ранних стадиях развития. Их размеры и форма различны. Они могут быть листовидными, крупными или едва заметными. Прилистники существуют либо в течение всей жизни листа, либо опадают рано. Они могут срастаться в трубку, образуя так называемый раструб (у представителей семейства гречишных). Прилистники могут быть свободные или приросшие к черешку (шиповник и др.).

Листья с черешком называют **черешковыми**, а без черешков — **сидячими** (неполный лист). У некоторых растений (пшеница, рожь, сныть, дудник и др.) основание листа разрастается и охватывает стебель над узлом. Такое разросшееся основание называют **влагалищем**.

**Листорасположение**, или филлотаксис, — это порядок размещения листьев на стебле. Оно может быть **очередным** (спиральным) и **мутовчатым**. При очередном листорасположении в каждом узле находится один лист. При мутовчатом — каждый узел несет больше одного листа (2, 3 и более).

Если в узле находятся два листа, обычно расположенных друг против друга (супротив), то такое листорасположение называют **супротивным**.

В любом случае листья, отходящие от двух соседних узлов, никогда не располагаются друг над другом, а только под углом друг к другу. Таким образом, достигается минимальное затенение одного листа другим.

Лист выполняет функции фотосинтеза, транспирации и газообмена. В соответствии с этим в листе представлены следующие **ткани: фотосинтезирующая**, в клетках которой происходит фотосинтез; **покровная**, обеспечивающая защиту и регулирующая газообмен и транспирацию; **проводящие и механические**. Нередко встречаются идиобласты (одионочные или группы клеток).

### **Работа 4. Морфологические особенности листьев**

#### Ход работы

1. Рассмотрите коллекцию простых и сложных листьев. Выберите 2 листа: простой и сложный. Составьте их характеристику по следующему плану:

а) лист простой или сложный (укажите тип сложного листа), степень выраженности черешка, прилистников, влагалища;

б) форма и характер листовых пластинок (цельные, лопастные, отдельные, рассеченные), для лопастных, отдельных, рассеченных укажите также форму лопастей, сегментов и долей;

в) форма основания и верхушки листовой пластинки, характер края и жилкование листа (рис. 5 — 7).

2. Зарисуйте листья и подпишите названия растений.

3. Используя рис. 5 — 8, по предложенному ниже описанию нарисуйте лист и определите, какому растению он принадлежит.

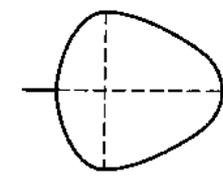
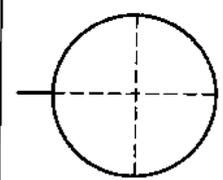
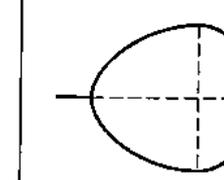
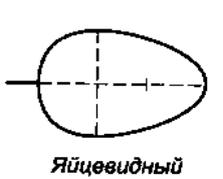
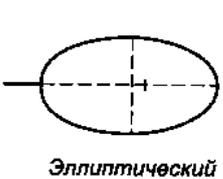
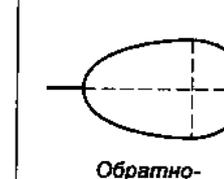
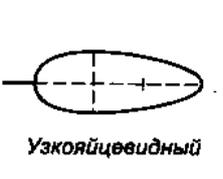
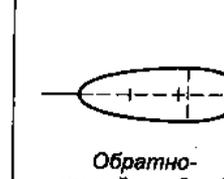
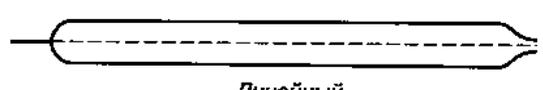
	Наибольшая ширина находится ближе к основанию листа	Наибольшая ширина находится посередине листа	Наибольшая ширина находится ближе к верхушке листа
Длина равна ширине или превышает ее очень мало	 Широкояйцевидный	 Округлый	 Обратноширокояйцевидный
Длина превышает ширину в 1,5 раза	 Яйцевидный	 Эллиптический	 Обратнояйцевидный
Длина превышает ширину в 3-4 раза	 Узкояйцевидный	 Ланцетный	 Обратноузкояйцевидный
Длина превышает ширину более чем в 5 раз	 Линейный		

Рис. 5. Обобщенная схема форм листьев

Лист простой, короткочерешковый, лировидный, прерывистоперисторасчеченный, с крупной округлой конечной долей и небольшими продолговатыми боковыми долями, которые располагаются супротивно или поочередно, имеют клиновидное основание и тупую верхушку, доли цельнокрайние или неравногородчатые, сетчатонервные, прилистники и влагалище отсутствуют.

В листовой пластинке имеется сильно разветвленная система проводящих пучков, называемых жилками. Перистое (или перисто-сетчатое) и пальчатое (или пальчато-сетчатое) жилкование характерно для двудольных растений. Однодольным растениям свойственно параллельное и дуговидное жилкование.

#### Пояснение к работе

Лист называют простым, если у него имеется одна листовая пластинка и между ней и черешком нет сочленения. Лист называют сложным, если у него одна или несколько листовых пластинок (листочков) и во всех случаях каж-

дая из них сочленена с общим черешком. Сложные листья бывают однолисточковые, трехлисточковые, пальчатые, непарно- и парноперистые.

Пластинки простых листьев и листочки сложных листьев у разных растений разнообразны. Основные формы листовых пластинок (рис. 5) характеризуются соотношением длины и ширины и положением наиболее широкой части пластинки. Они бывают округлые, овальные, линейные, яйцевидные и др. При морфологическом описании листьев необходимо обращать внимание на край листа, его верхушку и основание пластинки (рис. 6), а также учитывать характер жилкования.

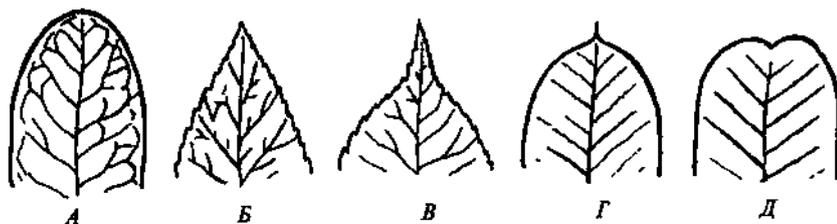


Рис. 6. Формы верхушки листа:  
А — тупая; Б — острая; В — заостренная;  
Г — остроконечная; Д — выемчатая

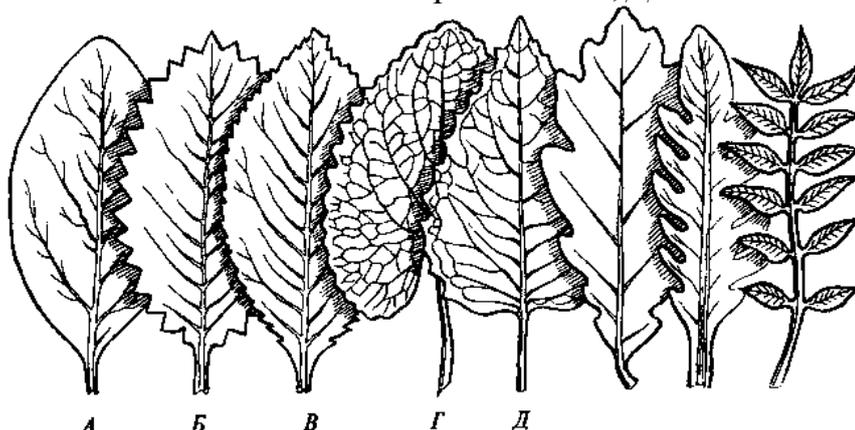


Рис. 7. Очертания края пластинки листа:  
А — цельнокрайние листья; Б — зубчатые;  
В — пильчатые; Г — городчатые;  
Д — выемчатые

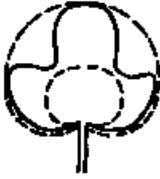
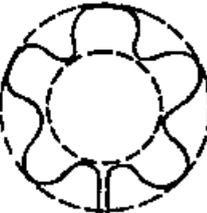
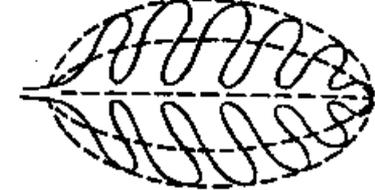
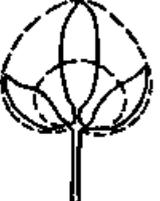
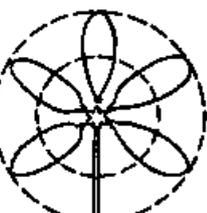
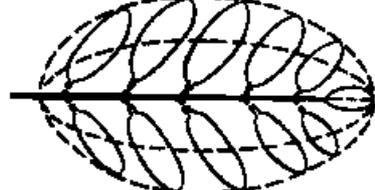
		Тройчато- (трех-)	Пальчато-	Перисто-
Простые листья	Лопастный (менее чем до половины ширины полупластинки)			
	Раздельный (глубже половины ширины полупластинки)			
	Расчлененный (до основания)			
Сложные листья (листочки на черешочках с сочленениями)				

Рис. 8. Типы расчленения пластинки простого листа

### Работа 5. Формации листьев (низовые, срединные и верховые). Гетерофиллия и анизофиллия

Ход работы

1. Рассмотрите гербарные образцы клоповника пронзеннолистного (*Lepidium perfolium* L.), ландыша майского (*Convallaria majalis* L.) и других растений.

2. Найдите на побегах низовые, срединные и верховые листья. Зарисуйте побеги с тремя категориями листьев и сделайте соответствующие подписи.

3. Рассмотрите гербарные образцы некоторых растений (побегов клена платановидного (*Acer platanoides* L.), стрелолиста обыкновенного (*Sagittaria sagittifolia* L.)).

4. Сравните размер черешков и листовых пластинок листьев, сидящих в одном узле. Зарисуйте этот метамер побега.

5. На укороченном побеге стрелолиста подсчитайте общее количество листьев и определите количество листьев, разных по форме, размерам и положению на побеге. Зарисуйте этот побег.

Пояснение к работе

а) Не все расположенные на побеге листья имеют одинаковое строение и размеры (рис. 9, 10, 11).

В основании годичного побега нередко находятся чешуевидные пленчатые, бледно-зеленые, буроватые или с антоциановой окраской листья. Они не имеют листовых пластинок и представляют собой разросшиеся основания листа, выполняющие защитную функцию. Их называют листьями низовой формации. К этой категории листьев относятся почечные чешуи, семядоли, чешуи луковиц и др.

Зеленые листья составляют срединную формацию. Строение срединных листьев — важный диагностический признак растения. Именно этой категории листьев в морфологии уделяется основное внимание.

В области соцветия расположены мелкие, пленчатые, зеленые или окрашенные в другой цвет листья. В их пазухах расположены цветки. Эта категория листьев составляет верховую формацию.

б) На побеге среди листьев срединной формации наблюдается гетерофиллия (от греч. *heteros* — другой; *phylon* — лист). Гетерофиллия (см. рис. 9, 10, 11) часто связана с одновременным появлением листьев на побеге и с неодинаковыми условиями их развития. Это явление характерно для многих водных растений. Так, у стрелолиста обыкновенного (*Sagittaria sagittifolia* L.) — растения мелководий пресных водоемов (рис. 9) — подводные листья линейные, длинные плавающие листья — длинночерешковые с округлой листовой пластинкой; надводные — стреловидные, длинночерешковые.

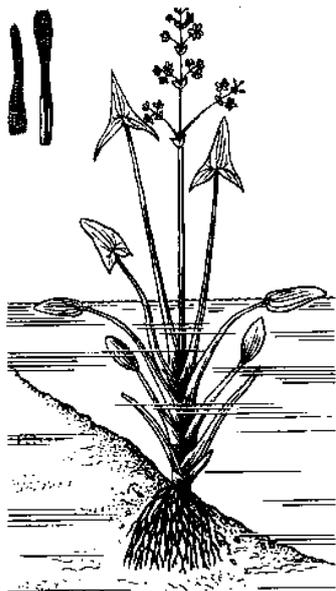


Рис. 9. Гетерофиллия:  
стрелолист

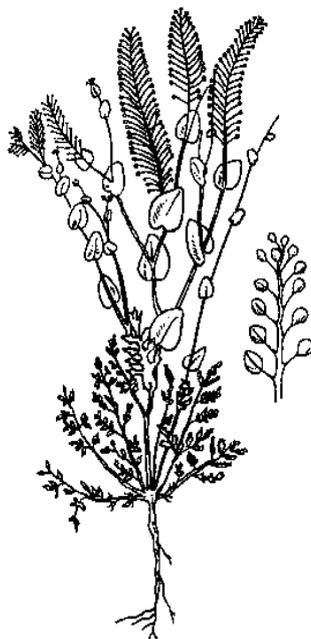


Рис. 10. Гетерофиллия:  
клоповник пронзеннолист-  
ный

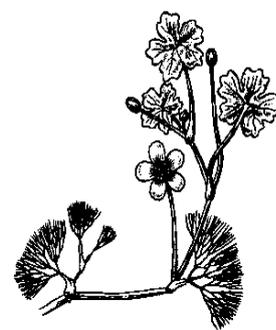


Рис. 11. Гетерофил-  
лия:  
водяной лютик

Анизофиллия — разнолистность срединных листьев в пределах 1—2 близлежащих узлов — ярко проявляется на плагитропных побегах у древесных растений (например, у клена платановидного).

## Вопросы для самоконтроля

1. Из каких частей состоит лист?
2. Каковы принципы классификации листьев на простые и сложные?
3. Какие бывают типы простых листьев по форме края, степени рассеченности листовой пластинки и жилкованию?
4. Как подразделяются сложные листья по форме?
5. Какие бывают типы листорасположения?

## АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛИСТА

Расположение тканей в листе, степень их развития, структурные особенности их клеток сильно варьируют, что обусловлено как наследственными факторами, так и условиями обитания растений. Анатомическая структура листа чрезвычайно пластична и реагирует на изменения условий внешней среды, особенно на световой и водный режимы. У водных растений в листе образуется мощная система воздухоносных полостей. У растений сухих мест обитания (ксерофитов) хорошо развиты механическая и проводящие ткани. У теневых листьев недостаток освещения способствует формированию губчатого мезофилла с многочисленными межклетниками, утончению стенок, эпидермальных клеток и кутикулы. У световых листьев яркое освещение вызывает развитие столбчатого мезофилла, толстой кутикулы, толстостенных эпидермальных клеток и др.

### Работа 6. Анатомическое строение листа

#### Ход работы

1. При малом увеличении микроскопа рассмотрите срез листовой пластинки листа камелии (*Cornelia japonica L.*). Найдите верхнюю и нижнюю эпидерму, палисадную и губчатую хлоренхиму, склереиды, проводящие пучки.
2. Схематически зарисуйте участок листовой пластинки с центральным проводящим пучком. В нижней эпидерме покажите устьица.
3. При большом увеличении микроскопа рассмотрите, а затем зарисуйте участок поперечного среза листа от верхней до нижней эпидермы. Укажите верхнюю и нижнюю эпидерму, устьица, кутикулу, клетки столбчатого и губчатого мезофилла, друзы оксалата кальция и склереиды.
4. Рассмотрите при малом увеличении микроскопа препарат поперечного среза хвоинки сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*). Зарисуйте схему строения хвоинки, отметьте полукруглую форму, устьица по всей поверхности среза, эпидерму, гиподерму, мезофилл, смоляные каналы, эндодерму, два проводящих пучка и трансфузионную ткань.
5. Рассмотрите микропрепарат при большом увеличении. Зарисуйте участок среза с эпидермой, гиподермой, смоляным каналом, складчатым мезофиллом и эндодермой.

## Пояснение к препарату

а) Листья камелии темно-зеленые, толстые, кожистые, блестящие. Верхняя эпидерма состоит из мелких клеток с утолщенными наружными оболочками, на поверхности которых хорошо различима кутикула (рис. 12).

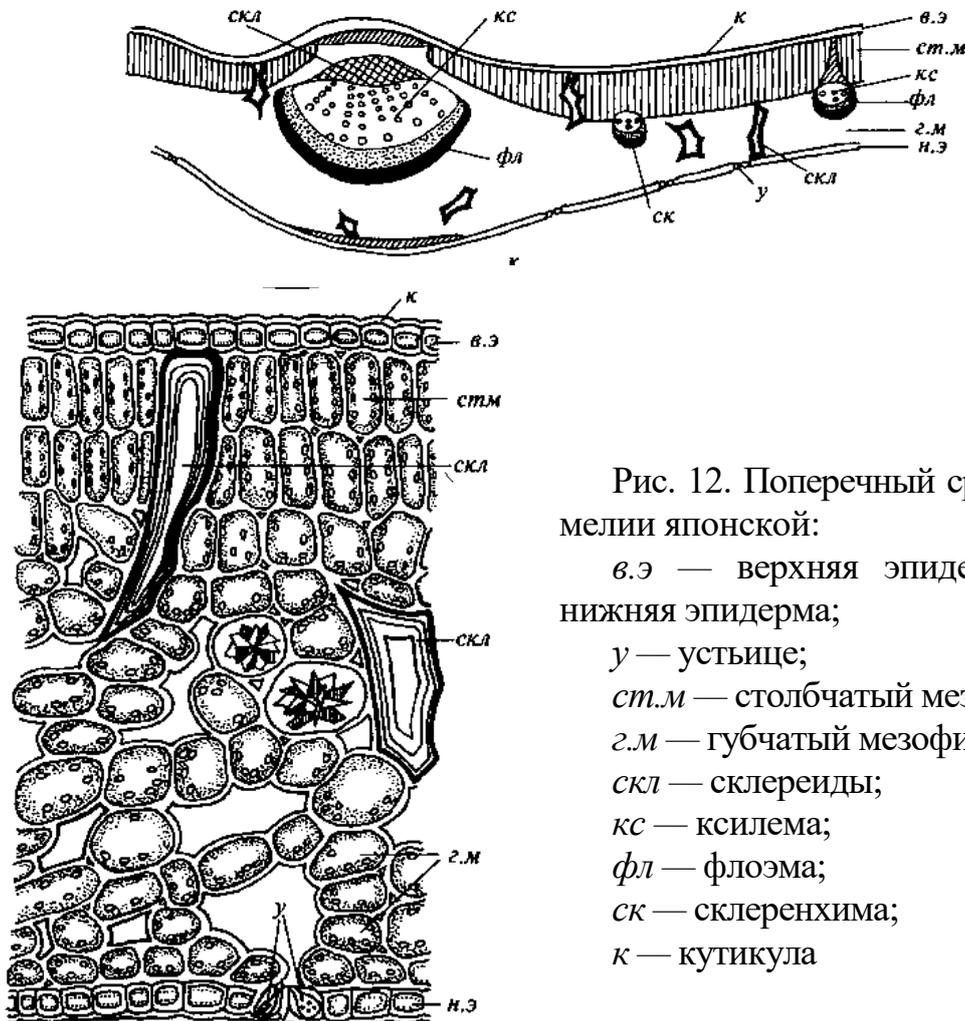


Рис. 12. Поперечный срез листа камелии японской:

*в.э* — верхняя эпидерма; *н.э* — нижняя эпидерма;

*у* — устьице;

*ст.м* — столбчатый мезофилл;

*г.м* — губчатый мезофилл;

*скл* — склереиды;

*кс* — ксилема;

*фл* — флоэма;

*ск* — склеренхима;

*к* — кутикула

Устьиц в верхней эпидерме нет. Они расположены в нижней эпидерме. Между верхней и нижней эпидермой находится мезофилл (мякоть листа). Он состоит из 10 — 12 рядов клеток. Под верхней эпидермой расположены узкие цилиндрические клетки, вытянутые перпендикулярно поверхности листа. Это живые тонкостенные клетки с многочисленными хлоропластами. Такую ткань называют столбчатым (палисадным) мезофиллом. Между клетками этого мезофилла имеются узкие, небольшие межклетники. Губчатый мезофилл состоит из 8 — 10 рядов клеток. Эти клетки имеют неправильную или округлую форму. Между ними находится система полостей — крупных межклетников. В клетках этого мезофилла хлоропластов меньше, чем в столбчатом, поэтому нижняя сторона листа светлее, чем верхняя. На срезе хорошо различимы проводящие пучки разных размеров. Самый крупный — это центральная жилка листа. Ксилема в пучках всегда расположена к верхней стороне листа, а флоэма — к нижней. Пучок окружен склеренхимой в виде обкладки, которая огибает пучок со стороны фло-

эмы. Среди клеток мезофилла расположены склереиды различной формы с толстыми одревесневшими оболочками.

б) Многолетние листья хвойных растений характеризуются ксероморфной структурой, развитие которой связано как с резкими колебаниями температуры в течение года, так и с недостаточным водоснабжением в зимнее время. Уменьшение испаряющей поверхности достигается игольчатой формой листьев.

В поперечном сечении (рис. 13) лист сосны — полукруглый. Морфологически верхняя сторона листа плоская, а нижняя выпуклая. Проводящая система представлена двумя коллатеральными пучками, расположенными в центре и под углом друг к другу. Ксилема обращена к плоской стороне листа, а флоэма — к выпуклой. Между пучками в нижней части расположены волокна с одревесневшими оболочками. Проводящие пучки окружены трансфузионной тканью, которая состоит из клеток двух типов. Одни клетки удлиненные с одревесневшими оболочками и окаймленными порами, это так называемые трансфузионные трахеиды. Остальные клетки трансфузионной ткани — живые, тонкостенные, паренхимные, они содержат смолистые вещества и нередко крахмальные зерна. Трансфузионная ткань, по-видимому, участвует в передвижении веществ между проводящими пучками и мезофиллом. Проводящие пучки с трансфузионной тканью отделены от мезофилла эндодермой — однорядным слоем паренхимных клеток.

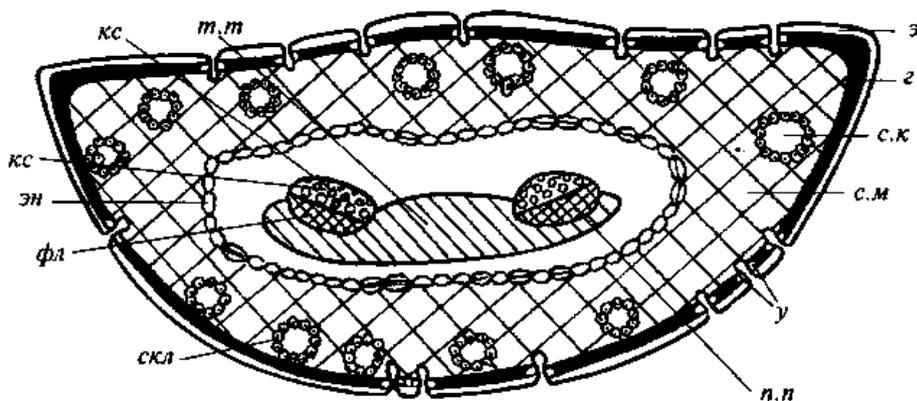


Рис. 13. Поперечный разрез хвои сосны (схема):

- э — эпидерма; у — устье; г — гиподерма; с.к — смоляной канал; с.м — складчатый мезофилл; эй — эндодерма;  
 п.п — проводящий пучок; т.т — трансфузионная ткань;  
 кс — ксилема; фл — флоэма; скл — склеренхима

Мезофилл хвойных листьев (рис. 14) — складчатый, однородный. В процессе роста оболочка клетки врастает в полость клетки и полость приобретает лопастивидные очертания. За счет складок увеличивается поверхность постенного слоя цитоплазмы, содержащего хлоропласты. Клетки складчатого мезофилла соединены плотно, межклетники очень маленькие. В мезофилле расположены смоляные ходы схизогенного происхождения. Они проходят вдоль листа и слепо заканчиваются вблизи верхушки. Полость смоляного хода выстлана тонкостен-

ными живыми клетками эпителиальной ткани, выделяющими смолу. Снаружи смоляной канал имеет обкладку из толстостенных неодревесневших волокон.

Хвоинка снаружи покрыта толстой кутикулой. Под ней лежит эпидерма. Ее клетки мелкие, квадратной формы, с очень толстыми оболочками. Полости эпидермальных клеток округлые, к углам клеток отходят узкие поровые каналы. Под эпидермой расположен один слой толстостенных клеток с одревесневшими оболочками. В ребрах хвоинок располагаются 2—3 слоя клеток гиподермы. Устьица расположены по всей поверхности хвоинки, они заглублены и их замыкающие клетки находятся на уровне гиподермы, под околоустьичными клетками. Утолщенные оболочки замыкающих и околоустьичных клеток одревесневшие. Устьичная щель ведет в подустьичную полость, окруженную клетками мезофилла.

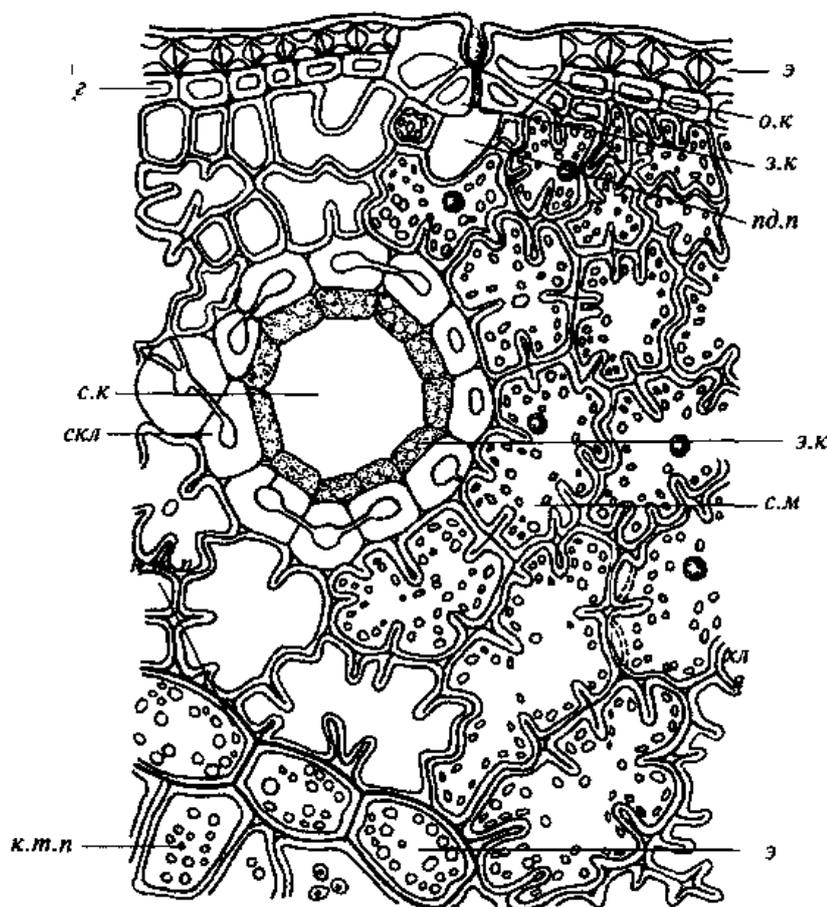


Рис. 14. Часть поперечного среза хвои сосны: э — эпидерма; з.к — замыкающая клетка; о.к — околоустьичная клетка; пд.п — подустьичная полость; г — гиподерма;

с.х — смоляной канал; э.к — эпителиальные клетки;

скл — склеренхима; см — складчатый мезофилл;

эн — эндодерма; к.т.п — клетка трансфузионной паренхимы

### Вопросы для самоконтроля

1. Какими чертами анатомического строения характеризуются дорзовентральные листья?

2. Какова роль столбчатой и губчатой паренхимы?

3. В чем отличие строения изолатерального листа от дорзовентрального?
4. Каковы особенности строения хвоинки?
5. Какие особенности строения имеют листья мезофитных и ксерофитных растений?

## СТЕБЕЛЬ

**Стебель** — осевая часть побега. Он выполняет ряд функций: транспортную, опорную, запасующую и газообмена. Кроме того, зеленые стебли участвуют в фотосинтезе.

В стебле можно выделить три анатомо-топографические зоны: **I** — *покровная ткань*; **II** — *первичная кора*; **III** — *центральный цилиндр (стела)* (рис. 15). В покровных тканях стебля имеются устьица и чечевички, которые участвуют в газообмене. По проводящим тканям центрального цилиндра (лубу и древесине) осуществляется транспорт воды и растворенных в ней питательных веществ. Благодаря механическим тканям достигается прочность стебля. Обычно стебель богат паренхимой, клетки которой служат местом отложения запасных веществ. У ряда растений стебель является основным органом фотосинтеза (иглица, спаржа, саксаул, кактус и др.).

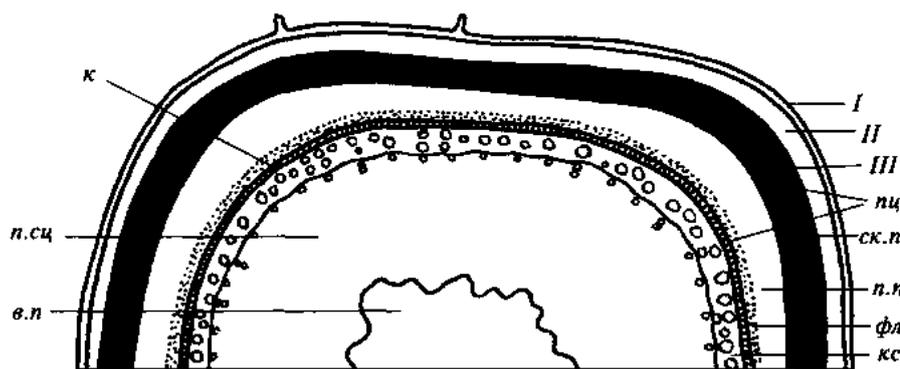


Рис. 15. Схема строения стебля мыльнянки:

*I* — эпидерма; *II* — первичная кора; *III* — центральный цилиндр; *пц* — перицикл; *ск.п* — склеренхима перицикла; *п.п* — паренхима перицикла; *фл* — флоэма; *к* — камбий; *кс* — ксилема; *п.сц* — паренхима сердцевина; *в.п* — воздушная полость

Наряду с перечисленными постоянными тканями в составе стебля присутствуют меристемы (образовательная ткань). У двудольных травянистых и древесных растений рост стебля в толщину обеспечивается боковой меристемой — камбием. Кроме того, в стеблях часто возникает вторичная боковая меристема — феллоген, или пробковый камбий, результатом деятельности которого является перидерма и корка (вторичные покровные ткани).

В узлах центральный цилиндр стебля связан с проводящими тканями листа пучками листового следа. Входя в центральный цилиндр через лакуны, они сливаются с проводящими тканями стебля.

## Работа 7. Анатомическое строение стеблей травянистых днородных и двудольных растений

Стебли однодольных растений характеризуются диффузным распределением закрытых коллатеральных пучков по всему сечению центрального цилиндра. Из механических тканей в этих стеблях преобладает склеренхима, лишь у немногих растений встречается колленхима. Камбия в стеблях нет. Вторичное утолщение (у агавовых) происходит иным способом, чем у двудольных растений.

### Ход работы

1. Рассмотрите при малом увеличении микроскопа стебель купены лекарственной (рис. 16). Зарисуйте схему его строения, отметив: эпидерму, первичную кору, центральный цилиндр, закрытые коллатеральные пучки, склеренхиму, паренхиму.

2. Рассмотрите препарат стебля кукурузы обыкновенной (*Zea mays L.*) при малом увеличении микроскопа. Зарисуйте схему строения стебля, сделайте соответствующие подписи.

3. Рассмотрите поперечный срез стебля кирказона, подсолнечника, полыни, сныти обыкновенной, клевера, лютика или др. крупнолистного при малом увеличении микроскопа (рис. 17). Зарисуйте схему строения этого стебля, **отметьте** топографические зоны и слагающие их ткани.

### Пояснение к препарату

а) Стебель купены лекарственной (*Polygonatum officinale All.*) — ребристый и снаружи одет эпидермой. На его поперечном срезе хорошо различимы три зоны: 1) эпидерма; 2) первичная кора; 3) центральный цилиндр.

Эпидерма имеет обычное строение, иногда ее клетки одревесневают. За эпидермой расположена узкая первичная кора, состоящая из нескольких слоев клеток хлоренхимы. Центральный цилиндр по периферии начинается со склеренхимы перицикла, состоящего из многоугольных толстостенных одревесневших клеток. В склеренхиму погружены проводящие пучки. Большую часть центрального цилиндра занимает паренхима, в которой находятся многочисленные закрытые коллатеральные пучки. Со стороны флоэмы и ксилемы расположены клетки склеренхимы. Пучки расположены по всему сечению центрального цилиндра.

В отличие от стебля купены стебле кукурузы отсутствует первичная кора. На поперечном срезе стебля кукурузы выделяются только две анатомо-топографические зоны: эпидерма и центральный цилиндр. Зона первичной коры отсутствует. Склеренхима перицикла располагается под эпидермой. Закрытые коллатеральные пучки многочисленны и расположены по всему сечению центрального цилиндра. Первичная ксилема состоит из 3 — 5 сосудов первичной ксилемы. Сосуды протоксилемы (кольчатые и спиральные) составляют радиальную цепочку. Метаксилема представлена двумя крупными пористыми сосудами, между которыми расположены волокнистые трахеиды или волокна с одревесневшими оболочками. Первичная флоэма примыкает к сосудам метаксилемы с наружной стороны. Она состоит из мелких клеток-спутниц и крупных ситовидных трубок. На поперечном срезе флоэма имеет вид сеточки с мелкими и крупными ячейками.

Вокруг периферических пучков развивается мощное склеренхимное влагалище, или обкладка. У центральных пучков склеренхимная обкладка хорошо выражена над флоэмой и с внутренней стороны ксилемы, а также по сторонам крупных сосудов метаксилемы. Такое строение проводящих пучков характерно для злаков и осок.

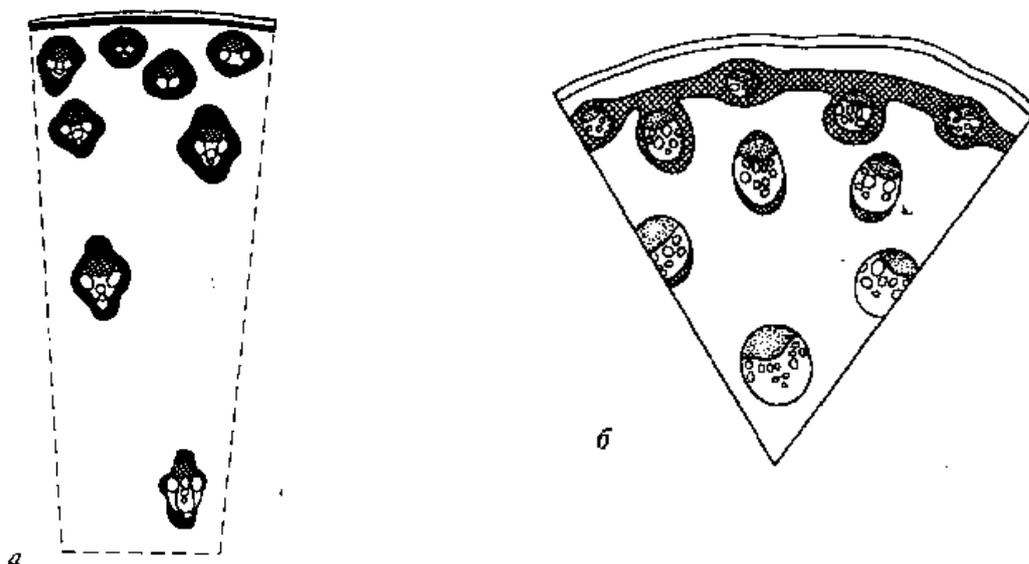


Рис. 16. Строение стебля кукурузы (а) и купены лекарственной (б)

У травянистых двудольных растений надземные побеги существуют один вегетационный период и камбий в их стеблях недолговечен. На поперечных срезах этих стеблей, так же как и у однодольных, выделяют три анатомо-топографические зоны — эпидерма, первичная кора и центральный цилиндр (рис. 17).

б) Кирказон крупнолистный (*Aristolochia Durior Hill.*) — крупная декоративная лиана, часто встречающаяся в садах. В поперечном сечении стебель этого растения округлый. Снаружи он покрыт эпидермой. Под ней лежит довольно широкая первичная кора, в наружной части которой расположена пластинчатая колленхима. Глубже лежат крупные клетки паренхимы первичной коры с друзами оксалата кальция. Самый внутренний однорядный слой первичной коры — крахмалоносное влагалище, состоящее из плотно сомкнутых клеток.

Центральный цилиндр с внешней стороны имеет широкий слой перицикла, состоящего из склеренхимы и паренхимы. Внутренняя часть склеренхимы перицикла образует кольцо с неровной внутренней границей. Проводящие пучки — открытые, коллатеральные и расположены по кругу. Широкие межпучковые зоны представлены паренхимой сердцевинных лучей. На уровне пучкового камбия расположены клетки межпучкового камбия, образующие неодревесневшие клетки лучевой паренхимы. В клетках лучей и в крупных клетках сердцевины встречаются друзы оксалата кальция.

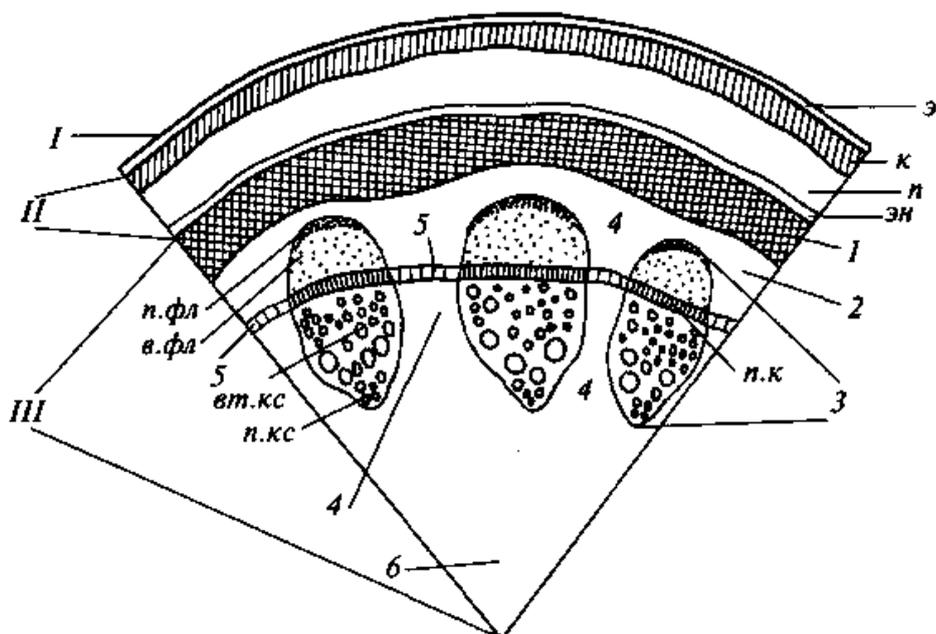


Рис. 17. Схема строения стебля кирказона: I — эпидерма; II — первичная кора (к — колленхима; п — паренхима; ЭН — эндодерма); III — центральный цилиндр (1 — склеренхима перицикла; 2 — паренхима перицикла; 3 — открытые проводящие пучки; п.фл — первичная флоэма; вт.фл — вторичная флоэма; п.к — пучковый камбий; вт.кс — вторичная ксилема; п.кс — первичная ксилема; 4 — сердцевинный луч; 5 — межпучковый камбий; 6 — сердцевина)

### Работа 8. Анатомическое строение стеблей древесных растений

Для стеблей древесных растений характерны: длительно функционирующий камбий, большой объем древесины, где обычно хорошо различимы годовичные кольца (кольца прироста), луб и перидерма, которая с возрастом сменяется коркой.

Ход работы

1. Рассмотрите при малом увеличении микроскопа препарат поперечного среза трехлетнего стебля сосны обыкновенной (рис. 18). Зарисуйте схему строения многолетнего стебля сосны.

2. Рассмотрите строение многолетней ветки липы мелколистной, березы, ольхи, ясеня, дуба и других лиственных пород при малом увеличении микроскопа. Зарисуйте схему поперечного среза стебля.

3. Зарисуйте участок вторичного луба, показав лубяные волокна, ситовидные трубки с перерезанными ситовидными пластинками, клетками-спутницами, запасующие и кристаллоносные клетки тяжелой паренхимы и паренхимы лучей.

4. Зарисуйте участок поперечного среза древесины на границе двух колец, показав сосуды с пористыми стенками, трахеиды, либриформ, клетки тяжелой древесинной паренхимы и клетки лучей.

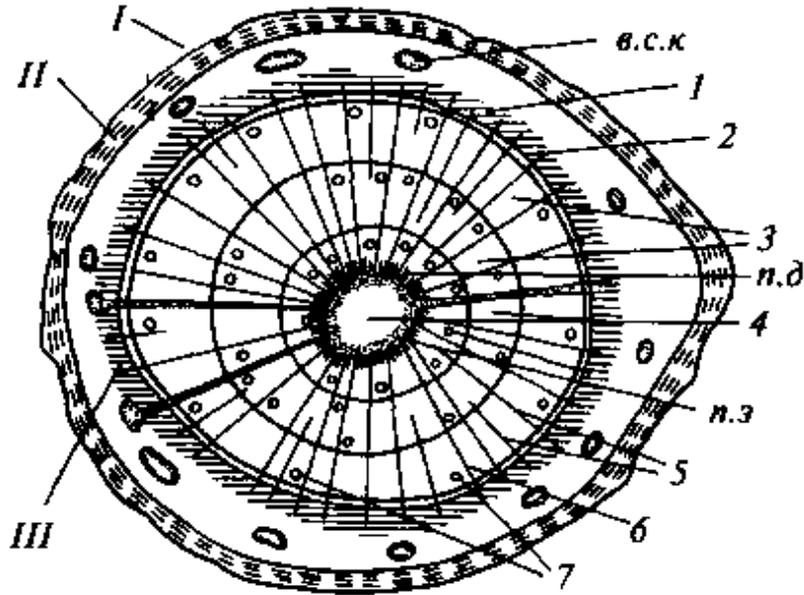


Рис. 18. Схема строения трехлетней ветки сосны:

- / — перидерма; // — первичная кора (в.с.к — вертикальные смоляные каналы); /// — центральный цилиндр  
 (7 — вторичная флоэма; 2 — камбий; 3 — годовичные приросты древесины; п.д — первичная древесина; 4 — сердцевина;  
 п.з — перимедулярная зона сердцевины; 5 — вторичные лубодревесинные лучи; 6 — первичные сердцевинные лучи;  
 7 — смоляные ходы)

#### Пояснение к препарату

а) Стебель сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на поперечном срезе более или менее округлый (рис. 18). В нем хорошо выражены перидерма, первичная кора и центральный цилиндр. Сердцевина занимает небольшую часть среза. Несколько периферических слоев мелких толстостенных клеток составляют перимедулярную зону. Вокруг нее расположена первичная древесина. Во вторичной древесине хорошо различимы годовичные кольца. Древесина состоит из трахеид, расположенных радиальными рядами. В каждом годовичном кольце хорошо видны смоляные каналы, окруженные обкладкой из тонкостенных, неодревесневших паренхимных клеток.

На границе самого молодого годовичного кольца находится камбий, или камбиальная зона, состоящая из нескольких слоев тонкостенных, живых клеток, вытянутых в тангентальном направлении. Вокруг камбиальной зоны узким кольцом расположен луб, или вторичная флоэма.

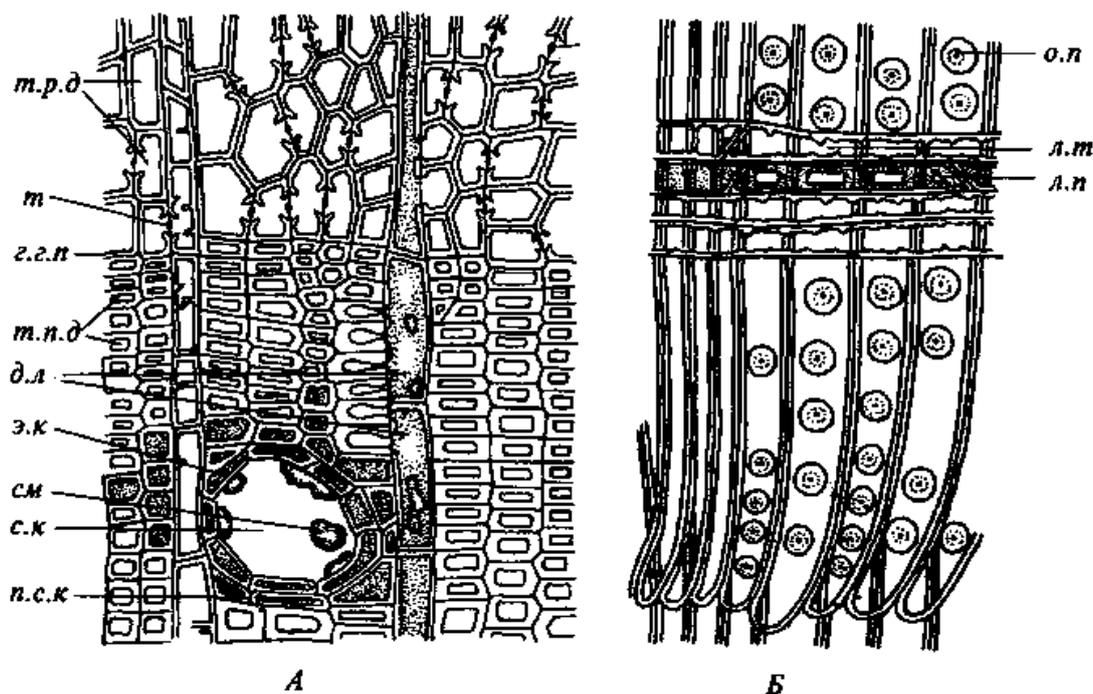


Рис. 19. Поперечный (А) и продольный радиальный (Б) срез древесины сосны: *г.г.п* — граница годовичного прироста; *т.р.д* — трахеиды ранней древесины; *т.п.д* — трахеиды поздней древесины; *о.п* — окаймленные поры; *т* — торус; *д.л* — древесинный луч; *л.т* — лучевая трахеида; *л.п* — лучевая паренхима; *с.к* — смоляной канал; *п.с.к* — паренхимная обкладка смоляного канала; *э.к* — эпителиальные клетки; *см* — капли смолы

Первичная флоэма, которая находится на границе с первичной корой неразличима. Все элементы луба расположены радиальными рядами. Древесина и луб пересечены узкими однорядными лучами разной протяженности. Первичные сердцевинные лучи находятся между корой и сердцевиной, а вторичные — пересекают луб и древесину в радиальном направлении и никогда не доходят до сердцевины и первичной коры. Первичная кора довольно узкая, наружная часть ее состоит из клеток, более или менее вытянутых в тангентальном направлении. В первичной коре хорошо различимы округлые или овальные в поперечном сечении смоляные каналы, лежащие вокруг центрального цилиндра. Первичная кора окружена перидермой, все элементы которой расположены радиальными рядами.

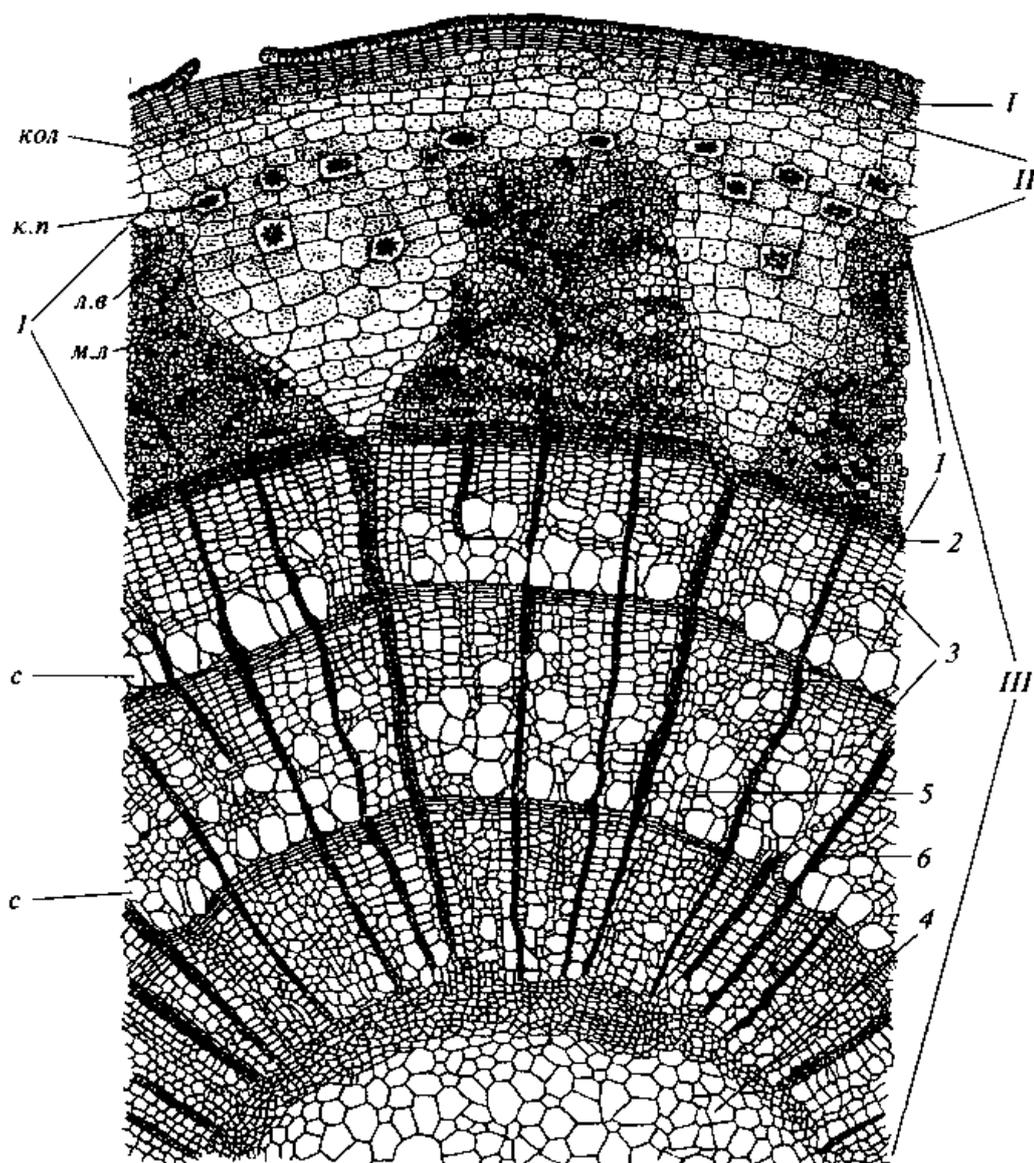


Рис. 20. Ветка липы (поперечный разрез):

/ — перидерма; // — первичная кора (кол — колленхима; к.п. — кристаллоносная паренхима); III — центральный цилиндр (/ — луб; л.в. — лубяные волокна; м.л. — «мягкий луб»; 2 — камбий; 3 — годовые приросты древесины; 4 — сердцевина; п.з. — перимедуллярная зона сердцевины; 5 — первичный сердцевинный луч; 6 — вторичный лубодревесинный луч; с — сосуды)

б) Периферическая зона стебля липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) представлена перидермой, большую часть которой составляет темно-бурая пробка (рис. 20). Клетки перидермы расположены радиальными рядами. В молодых стеблях на поверхности перидермы сохраняются остатки эпидермы.

Первичная кора — небольшая и состоит из клеток пластинчатой колленхимы и запасящей паренхимы. В некоторых клетках первичной коры встречаются друзы оксалата кальция.

В центральном цилиндре отсутствует перицикл. На границе с первичной корой находятся группы одревесневших толстостенных клеток, разделенные паренхимой. Эти одревесневшие элементы представляют собой первичные лубяные волокна, возникающие из наружной части прокамбиальных тяжей в период первичной дифференциации анатомической структуры. С них начинаются трапециевидные участки луба. Узкие основания этих участков — первичные лубяные волокна. Внутри от них располагается вторичная флоэма, или вторичный луб. Он состоит из чередующихся тангентальных полосок твердого и мягкого луба. Твердый луб состоит из толстостенных одревесневших лубяных волокон, мягкий луб — из ситовидных трубок, клеток-спутниц и паренхимы. Между трапециевидными участками луба располагаются участки лучей в виде треугольника с основанием, обращенным к первичной коре. Это лубяные части первичных сердцевинных лучей, соединяющих сердцевину с первичной корой.

Камбиальная зона представлена несколькими рядами таблитчатых клеток. Вовнутрь от нее находится вторичная древесина с несколькими годичными кольцами. В них хорошо различимы крупные округлые или угловатые в очертании сосуды (рис. 21), более или менее равномерно расположенные по годичному кольцу. Во внутренней части первого годичного кольца на границе с перимедуллярной зоной сердцевины различаются радиальные цепочки мелких сильно одревесневших элементов первичной ксилемы (древесины). Вторичные лучи, которые образуют лучевые инициалии камбия, обычно узкие, 1—3-рядные.

Сердцевина стебля липы сложена паренхимными клетками, среди которых встречаются крупные слизевые каналы. Периферическая часть сердцевины — перимедуллярная зона — состоит из более мелких и толстостенных клеток.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что представляет собой стебель и каковы его функции?
2. В чем состоят основные анатомические различия строения стебля двудольных и однодольных растений? Чем они обусловлены?
3. Что обуславливает возникновение пучкового, переходного и непучкового (сплошного) типов строения стебля двудольных растений?
4. С чем связано образование годичных колец в древесине?
5. Какую роль выполняют сердцевинные лучи в стебле?
6. По каким гистологическим элементам различают стебли голосемянных и двудольных покрытосемянных растений?

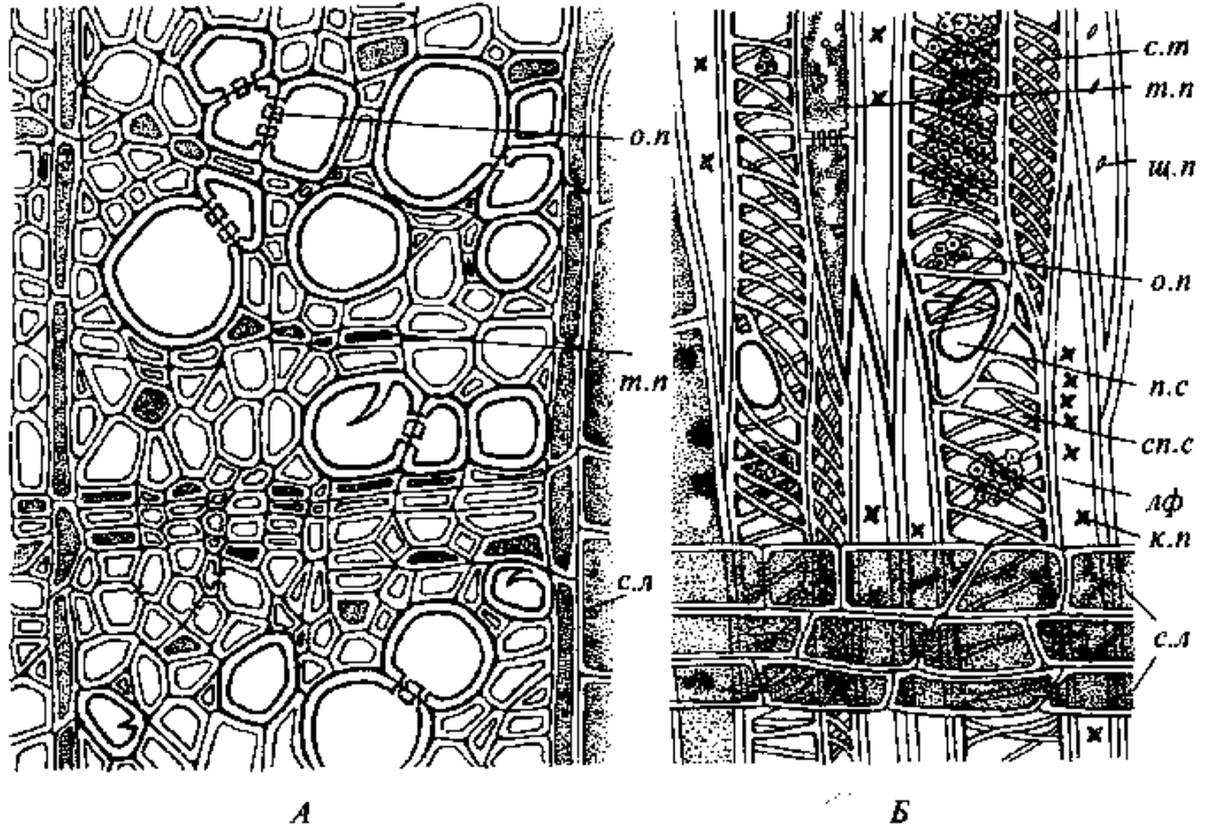


Рис. 21. Строение древесины липы на поперечном (А) и радиальном (Б) срезах: *к.п* — крестовидные поры; *лф* — либриформ; *о.п* — окаймленная пора; *п.с* — перфорации сосудов; *с.л* — сердцевидный луч; *сп.с* — спирально-пористые сосуды; *с.т* — спиральная трахеида; *т.п* — тяжевая паренхима; *щ.п* — щелевидные поры

## МЕТАМОРФОЗЫ ПОБЕГА И ЛИСТА

Побеги цветковых растений отличаются большим разнообразием. Во многих случаях они могут быть подземными и, принимая на себя ряд дополнительных функций, теряют основную функцию — фотосинтез.

Одна из важнейших дополнительных функций стебля — запасаящая. Запасы питательных веществ в разных частях побега дают возможность растению переносить неблагоприятный период (холодный или сухой, в зависимости от климата) и обеспечивают возможность возобновления роста при наступлении теплого и влажного периода. Таким образом, в нашем умеренном климате видоизмененные запасаящие побеги (преимущественно подземные) — это органы возобновления, обеспечивающие многолетнее существование растений. Наиболее разнообразны они у многолетних трав. Возобновление роста возможно исключительно за счет почек. При любом видоизменении побега почки остаются «храни-

лищами» очагов меристем, которые формируют зачатки новых листьев и участков стебля. Чешуевидные листья подземных побегов различны по форме, структуре и выполняемым функциям. Иногда они пленчатые, бесцветные, и их функция ограничивается защитой почек, или они редуцированы (что сочетается с более мощным утолщением стеблевой части побега).

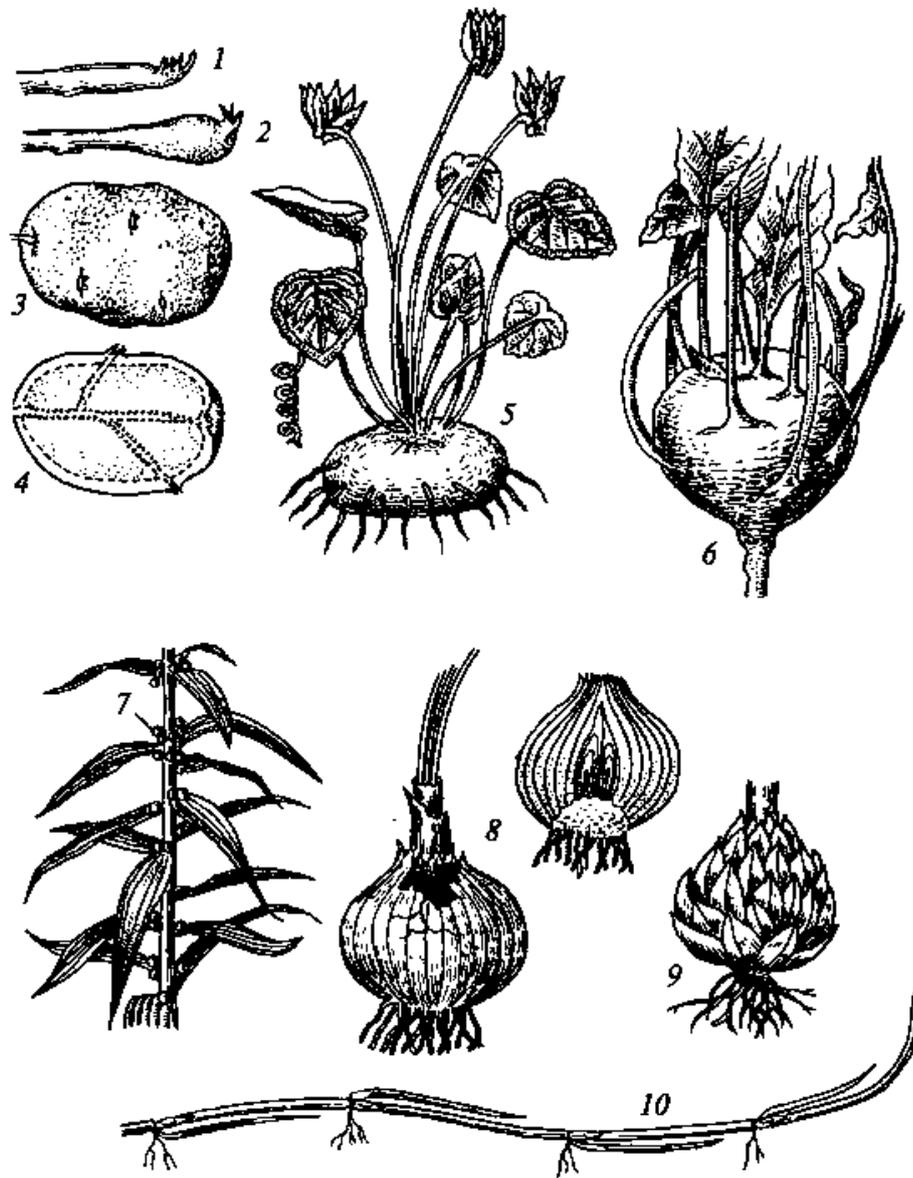


Рис. 22. Клубни, луковицы, корневища: 1, 2, 3, 4 - последовательность развития и строение клубня картофеля; 5 - клубень цикламена; 6 - клубень кольраби; 7 - луковички лилии тигровой; 8 - луковица лука репчатого; 9 - луковица лилии; 10 - участок длинного корневища пырея ползучего

Совершенно другое соотношение частей побега наблюдается у луковиц (рис. 22), среди которых есть как подземные, так и наполовину надземные (у кринума). Запасные органы луковиц – подземные чешуевидные листья или раз-

росшиеся основания (влагалища) зеленых листьев. Разросшаяся сочная чешуя у лилии соответствует целому листу, а у лука репчатого — только его части. Своеобразный видоизмененный запасующий побег — кочан капусты. Его главными запасующими органами являются листья, которые содержат воду и растворенные в ней питательные вещества. Луковицы и кочан капусты в ходе эволюции развились у растений, обитающих в областях со средиземноморским климатом — с мягкой, влажной зимой и сухим, жарким летом. Это свидетельствует о том, что специализация таких побегов — приспособление к перенесению летней засухи.

Разнообразные видоизмененные побеги (столоны, корневища, клубни, луковички, клубнелуковички, филлоклады, кладодии, усики и колючки) прекрасные объекты для демонстрации тесной связи и взаимозависимости между тремя компонентами единого органа — побега: его осью (стеблем), листьями и почками (рис. 22). При любом метаморфозе мы находим их в соответствующей позиции по отношению друг к другу.

### **Работа 9 - 10. Метаморфозы побега и листа. Гомологичные и аналогичные органы**

Ход работы

1. Рассмотрите гербарные образцы растений земляники (*Fragaria vesca L.*). Найдите надземные столоны, определите способ их нарастания.

2. Зарисуйте дочерний стolon I порядка, отметьте его пазушное положение, наличие двух длинных метамеров, чешуевидный лист, розеточный побег на его верхушке и придаточные корни.

3. Рассмотрите на гербарных образцах и на фиксированном материале строение корневища пырея ползучего (*Elytrigia repens (L.) Nevski*), купены лекарственной (*Polygonatum officinale L.*) или вороньего глаза (*Paris quadrifolia L.*). Зарисуйте участок корневища, отметив узел, междоузлие, чешуевидные листья, пазушные почки, верхушечную почку, придаточные корни.

4. Измерьте длину междоузлий и общую длину корневища. Результаты запишите в альбоме под рисунком корневища.

5. Рассмотрите клубень картофеля (*Solanum tuberosum L.*). Найдите у него основание побега, его верхушку, листовые рубцы и почки. Нарисуйте клубень и сделайте соответствующие подписи.

6. Рассмотрите и зарисуйте луковичку лука репчатого (*Allium cepa L.*) в продольном разрезе. Отметьте на рисунке сухие и мясистые чешуи, стебель, почки, придаточные корни.

7. Рассмотрите и зарисуйте участки побегов боярышника (*Craetegus*) и барбариса (*Herberts sp.*). На рисунке отметьте стебель, лист, колючку, почку, пазушный побег.

8. Рассмотрите и зарисуйте участки побегов тыквы, огурцов, винограда, чины и горошка мышиноного или заборного, с усиками разного происхождения

9. Подберите примеры гомологичных и аналогичных органов. Установите, какие признаки позволяют выявить их морфологическую природу.

10. Заполните табл. 2.

**Видоизменения растений**

<b>Органы</b>	<b>Название растения</b>	<b>Тип видоизменения</b>	<b>Функции</b>	<b>Происхождение видоизменения</b>
Аналогич-				
Гомоло-				

**Пояснение к работе**

а) Столоны — это однолетние надземные или подземные побеги с длинными междоузлиями, с зелеными (живучка ползучая) или чешуевидными листьями (земляника). Благодаря образованию удлинённых ползучих побегов дочернее растение способно «перемещаться» и занимать новые места. Верхушка столона может укореняться придаточными корнями, а почка развивается в укороченный побег. Горизонтальная часть столона отмирает и дочернее растение начинает самостоятельную жизнь.

Столоны служат для расселения и размножения растений. Этому способствует значительная длина столона, положение в пространстве и его недолговечность.

Столоны земляники — надземные, удлинённые, тонкие, однолетние симподиально нарастающие видоизменённые побеги. Каждый стolon состоит из двух метамеров. На столоне расположены один чешуевидный лист и розеточный побег на его верхушке.

б) Корневище — это многолетний (чаще подземный) побег с отходящими от него придаточными корнями. Его листья часто чешуевидные, в их пазухах расположены почки. После отмирания листьев на стебле корневища остаются рубцы. Корневища разнообразны по длине, толщине, направлению роста, способам формирования и нарастания. Они свойственны многим травянистым растениям.

Корневища выполняют функции запасания веществ, расселения, размножения и возобновления растений.

Пырей ползучий — один из наиболее распространённых луговых злаков и злостный сорняк. Многолетние корневища этого растения шнуровидные, желто-коричневые, молодые — белого цвета (рис. 23).

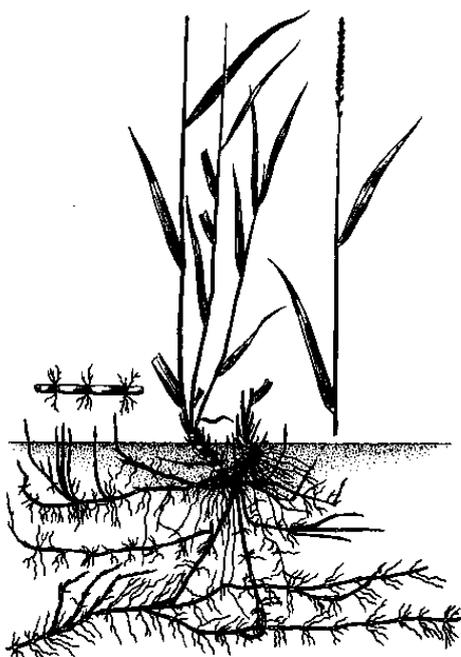


Рис. 23. Пырей ползучий (корневище с придаточными корнями)

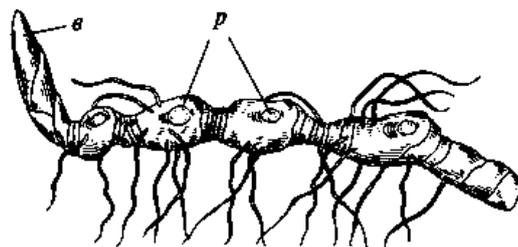


Рис. 24. Купена лекарственная: корневище с веточными рубцами (*p*), число рубцов соответствует числу лет корневища; *v* — верхушечная почка

На молодых участках корневища хорошо выражены узлы, в которых расположены чешуевидные листья, полностью охватывающие стебель. Если отогнуть листья, то в узлах хорошо различимы пазушные почки. Верхушечная почка образует зеленый побег. Побеги пырея анизотропные, корневищная часть побега — плагитропная, с большим числом длинных метамеров. Придаточные корни узловые. Почки не имеют периода покоя и развиваются в новые побеги вплоть до заморозков. Участки корневища могут образовать новые побеги на 15—20-й день.

Купена лекарственная растет в лесах и среди кустарников. Ее короткое толстое корневище развивается под землей. На корневище хорошо различимы веточные рубцы округлой формы с многочисленными пучками листовых следов (рис. 24). Надземный побег развивается из верхушечной почки подземной корневищной части побега. Подземный участок побега — короткий и ежегодно входит в состав корневища.

Вороний глаз — многолетнее травянистое растение хвойных и широколиственных лесов. Его подземное корневище ежегодно формируется за счет разворачивания верхушечной почки, которая никогда не образует надземного зеленого побега. Надземные побеги формируются из пазушных почек. После отмирания надземного побега на корневище остается веточный рубец и в этой части корневище утолщенное.

б) Клубень — это видоизмененный побег, который служит для запасания веществ, размножения и воспроизведения растений. У клубня утолщен стебель, а листья могут быть чешуевидными или настоящими зелеными (у кольраби). У картофеля и земляной груши клубни формируются из верхушек удлиненных подземных побегов — столонов.

Картофель культивируется как пищевое и кормовое растение. Клубни образуются у него на верхушках тонких, недолговечных подземных побегов — столонов, которые состоят из хрупкого стебля без утолщений и мелких чешуевидных листьев. На верхушке столона находится верхушечная почка, постепенно разрастающаяся в клубень. После отмирания столона на клубне остается веточный рубец, по которому легко определить основание клубня. На клубне картофеля листья редуцированы. Сначала они имеют вид мелких чешуек, а потом верхняя их часть отмирает и на зрелом клубне видны только небольшие валики, называемые в обиходе «бровками». Они утратили вообще всякие функции — это рудименты листьев.

Верхушечная и пазушные почки на клубне — «глазки». Они не имеют специальных почечных чешуи. Придаточные корни не образуются на клубнях, а возникают только на основаниях надземных побегов, растущих из глазков клубня.

г) Луковица представляет собой обычно подземный укороченный побег с мясистыми чешуевидными листьями, отходящими от короткого стебля — донца. На верхушке стебля и в пазухах листьев (чешуи) закладываются почки (рис. 25). Луковицы служат для размножения, переживания неблагоприятного периода года и возобновления растений. Они могут быть однолетними или многолетними, пленчатыми или чешуйчатыми. Цветоносные побеги образуются либо из верхушечной почки (у симподиальных луковиц), либо из пазушных почек (у моноподиальных луковиц).

Сухие пленчатые чешуи репчатого лука расположены снаружи в 1—2 слоя. Они прикрывают мясистые чешуи, которые у разных сортов лука могут быть белыми или фиолетовыми. Донце (укороченный стебель) по форме ширококоническое. Наружные мясистые чешуи отличаются от внутренних тем, что на верхушках первых из них заметны засохшие листовые пластинки, а внутренние чешуи похожи на колпак и заканчиваются верхушкой влагилица. В пазухах чешуи расположены пазушные почки (рис. 25).

д) Колючки часто встречаются у растений и представляют собой метаморфоз всего побега, целого листа или его частей (рис. 26). Колючки побегового происхождения развиваются в пазухах листьев из пазушных почек, они скоро перестают расти, одревесневают и становятся острыми. На молодой колючке боярышника часто можно видеть мелкие недоразвившиеся листья, которые быстро отмирают и опадают, оставляя на стебле листовые рубцы. У боярышника колючки неветвящиеся, у гледичии — разветвленные. У дикой яблони и груши в колючку превращается укороченный олиственный побег. У колючек листового происхождения в пазухе располагается укороченный побег или почка (например, у барбариса).

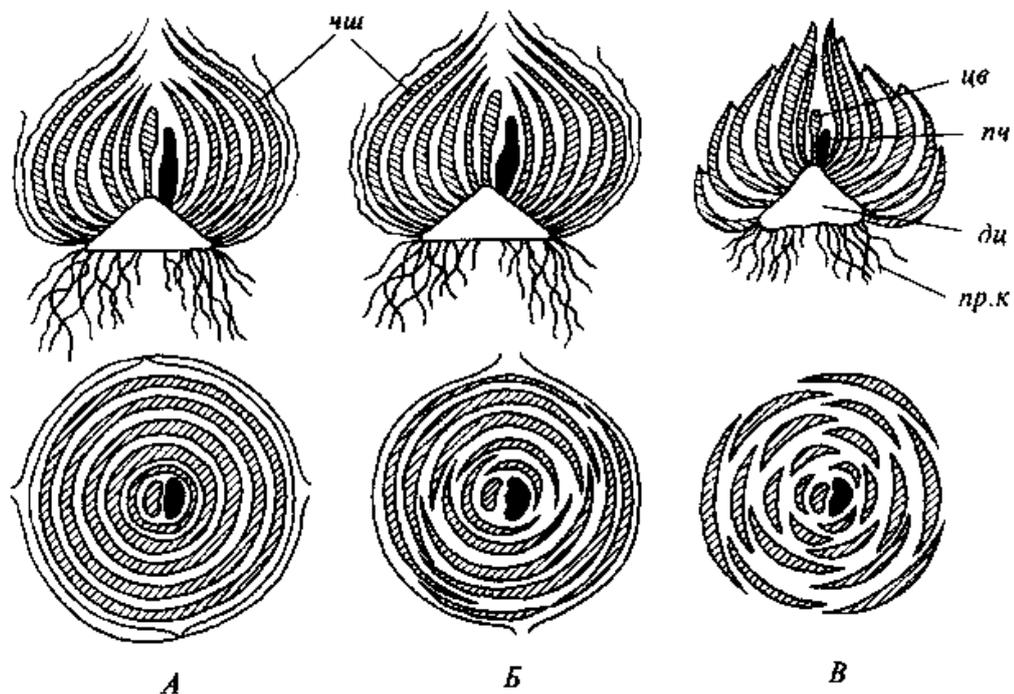


Рис. 25. Луковицы: *A* — пленчатые туникатные; *B* — пленчатые полутуникатные; *B* - черепитчатые; *дц* — донце; *пр.к* - придаточные корни; *т* — почка возобновления; *цв* - зачаток цветка или соцветия; *чш* - мясистые чешуи

е) Усики выполняют опорную функцию и характерны для лиан (рис. 26), благодаря им побеги растений занимают вертикальное положение. Усики представляют собой метаморфоз всего побега (у винограда) или частей сложного листа (у горошка, чины и др.)

Метаморфоз органов происходит в результате наследственно закрепленного изменения их индивидуального развития (онтогенеза), что и приводило к эволюционному изменению соответствующих органов и структур. Органы, возникающие в онтогенезе из сходных зачатков, называют гомологичными. Они имеют единую морфологическую природу, поскольку сходны в существенных чертах своей организации. Органы, разные по своей морфологической природе, но выполняющие одну и ту же функцию и в силу этого сходные по внешнему облику и внутреннему строению, называют аналогичными, например, колючки листового и побегового происхождения (см. рис. 26).

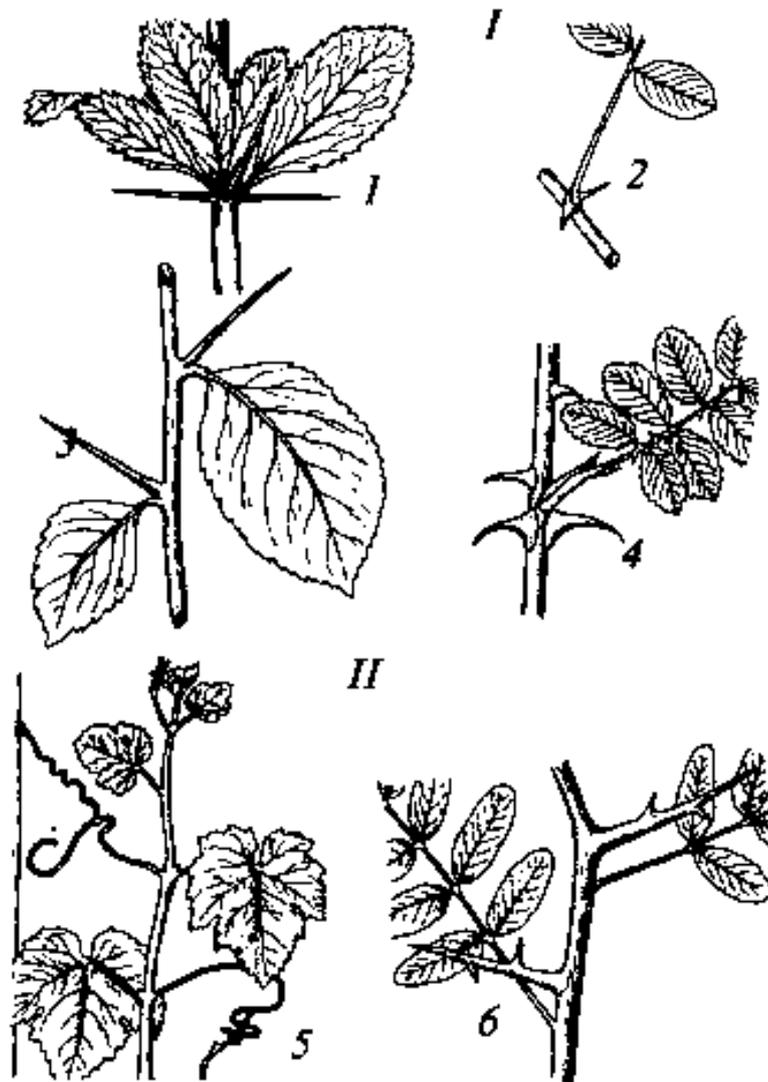


Рис. 26. Примеры аналогичных (I) и гомологичных (II) органов: I — колючки: 1 — барбариса; 2 — белой акации; 3 — боярышника; 4 — шипы шиповника; II — усики винограда (5); 6 — колючки гледичии

## КОРЕНЬ И КОРНЕВЫЕ СИСТЕМЫ

**Корень** — основной вегетативный орган растения, располагающийся обычно в почве. Большинство корней имеют цилиндрическую форму и радиальную симметрию. Для них характерен только верхушечный рост и боковое ветвление. На меристематическом кончике корня находится чехлик, защищающий верхушечную меристему.

Боковые корни появляются эндогенно. Корни могут образовываться на стебле и листьях. У ряда растений на корнях формируются почки (корнеотпрысковые растения), однако на них никогда не образуются листья.

Корень удерживает растение в почве, поглощает из нее воду и растворенные минеральные соли. По проводящим тканям от корней вещества поступают в надземные органы, а от них — обратно в корни.

В клетках корней из солей, поглощенных из почвы, и органических веществ, поступивших в клетки корня из листьев, образуется ряд важных органических соединений. Некоторые вещества в корнях откладываются в запас. У некоторых многолетних растений корни способны к сокращению и втягиванию оснований побегов в почву. Благодаря этому почки на побегах у трав, кустарников, кустарничков оказываются погруженными в верхние почвенные слои, где они защищены от зимних холодов и иссушающего летнего зноя. Корни выделяют в почву различные вещества, которые, как правило, угнетающе воздействуют на рядом растущие растения.

**Корневой системой** называют совокупность всех корней растения (рис. 27). Она может быть образована разными по происхождению корнями — главным, боковыми и придаточными. Главный корень у растения всегда один, его называют корнем I порядка. Начало ему дает корешок зародыша семени. При ветвлении главного корня образуются боковые корни II порядка. На них, в случае их ветвления, возникают боковые корни III порядка и т.д.

Корни, образующиеся на побегах, называют придаточными («стеблеродные» придаточные корни). Ветвясь, они также дают начало боковым корням. Придаточные корни могут образовываться и на более старых участках главного корня («корнеродные» придаточные корни).

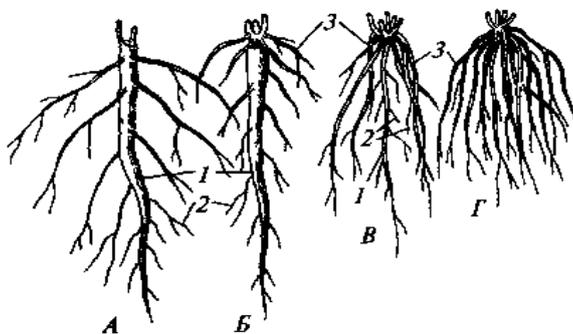


Рис. 27. Типы корневых систем: по форме А, Б — стержневая; В, Г — мочковатая; по происхождению А — система главного корня; Б, В — смешанная корневая система; Г — придаточная корневая система; 1 — главный корень; 2 — боковые корни; 3 — придаточные корни

## Работа 11. Разнообразие корневых систем. Метаморфозы корня

### Ход работы

1. Рассмотрите корневые системы проростков огурца, фасоли и пшеницы. Определите типы корней и корневых систем.

2. Рассмотрите гербарии растений с разными корневыми системами (дикая редька, клевер горный, мятлик луговой, копытень европейский и др.). Выделите у них главный, боковые и придаточные корни. Определите тип корневых систем растений.

2. Зарисуйте в альбоме корневые системы 3—4 видов растений. Укажите типы корней и корневых систем.

1. Рассмотрите метаморфозы корней разных видов растений. Какие функции

являются для них основными?

2. Определите, какие корни (и их участки), а также другие части растения принимают участие в образовании метаморфоза.

3. Заполните табл. 3 и зарисуйте метаморфозы корней. В примечании укажите происхождение корней и другие их особенности.

Таблица 3

### Метаморфозы корня

Название метаморфоза	Функции	Примеры растений	Примечания	Рисунок
1.				

#### Пояснение к работе

а) Существует несколько классификаций корневых систем: по форме, происхождению, глубине проникновения в почву, степени ветвления и охвата почвы.

1. По форме корневые системы растений делят на **стержневые и мочковатые** (рис. 27). Стержневой называют корневую систему, у которой хорошо развит главный корень, а придаточные и боковые занимают подчиненное положение. Такая корневая система у одуванчика лекарственного, клевера горного, лопуха большого. Если у растения преобладают придаточные корни, а главный развит слабо или вообще отсутствует, корневую систему называют мочковатой. Она свойственна злакам, луку репчатому, подорожнику большому, лютику едкому. В процессе жизни растения возможна смена стержневой корневой системы на мочковатую. Иногда выделяют бахромчатую корневую систему, которая характерна для растений, образующих длинные корневища (вороний глаз четырехлистный, копытень европейский, колокольчик персиколистный): от их узлов отходят небольшие «мочки» придаточных корней.

2. По происхождению выделяют: систему главного корня, смешанную и придаточную, корневые системы. Система главного корня образована хорошо развитым главным корнем и отходящими от него боковыми. Придаточная корневая система характеризуется наличием у растения только придаточных и боковых корней. Если в образовании корневой системы принимают участие все три типа корней (главный, боковые и придаточные), то такую систему называют смешанной.

3. По глубине проникновения корней в почву выделяют три типа корневых систем: поверхностные (20 — 50 см), глубинные (2 — 10 м и более) и универсальные (с корнями глубокими и поверхностными). В условиях сухого и жаркого климата у растений обычно развивается глубоко уходящая в почву корневая система, нередко достигающая грунтовых вод. Напротив, в условиях вечной мерзлоты в северных районах (в тундре, в лесотундре), где в течение короткого и холодного лета почва прогревается на небольшую глубину, у растений развивается поверхностная корневая система. Не проникают глубоко в почву корни растений, произрастающих на болоте, где грунт перенасыщен водой и растения испытывают недостаток в кислороде.

4. По степени ветвления и охвата почвы различают: экстенсивные (маловетвистые, охватывающие большой объем почвы) и интенсивные (сильно разветвленные

и небольшие по объему).

б) Метаморфоз — видоизменения органов, возникающие в процессе эволюции в связи со сменой или усилением одной из функций, и генетически закрепленные в потомстве (рис. 28).

Классификация метаморфозов корня:

1. Запасающие корни: а) корнеплоды; б) корневые шишки.
2. Опорные корни: а) досковидные; б) столбовидные; в) ходульные; г) корни-прицепки.
3. Дыхательные корни.
4. Воздушные корни.
5. Втягивающие корни.
6. Гаустории
7. Симбиотические метаморфозы: а) образующие микоризу; б) образующие клубеньки.
8. Зеленеющие корни (содержащие хлорофилл).

При усилении запасающей функции значительно увеличивается диаметр корня. У некоторых двулетних растений (моркови, репы, свеклы) образуются корнеплоды. В их формировании наряду с основанием главного корня принимает участие основание побега. В образовании корнеплода моркови большая часть принадлежит корню, в отличие от корнеплодов репы и свеклы.

В образовании корневых шишек, характерных для чистяка, ятрышника, аспрагуса, принимают участие придаточные корни.

У некоторых растений для поддержания побегов в воздушной среде образуются дополнительные корни. Они отходят от кроны и, достигнув поверхности почвы, интенсивно ветвятся (например, у баньяна). Они напоминают по форме столбы и называются столбовидными. У кукурузы и ризофоры от нижних участков стебля нередко отходит множество ходульных корней. У фикуса каучконосного образуются досковидные корни (сходны по внешнему виду с досками). Последние, в отличие от столбовидных и ходульных, являются не придаточными, а боковыми по происхождению. Побеги плюща, стремясь к солнцу, обвивают различные деревья или прикрепляются к стенам, удерживаясь на поверхности при помощи корней-прицепок.

Условия произрастания растений нередко существенно влияют на строение корней. Так, есть целая группа растений, произрастающих на кронах деревьев. Их корни свешиваются с ветвей и способны подобно «губке» поглощать влагу и пылевидные частицы, взвешенные в воздухе. Такие корни характерны для эпифитов, обитающих во влажных тропических лесах (орхидные, папоротники).

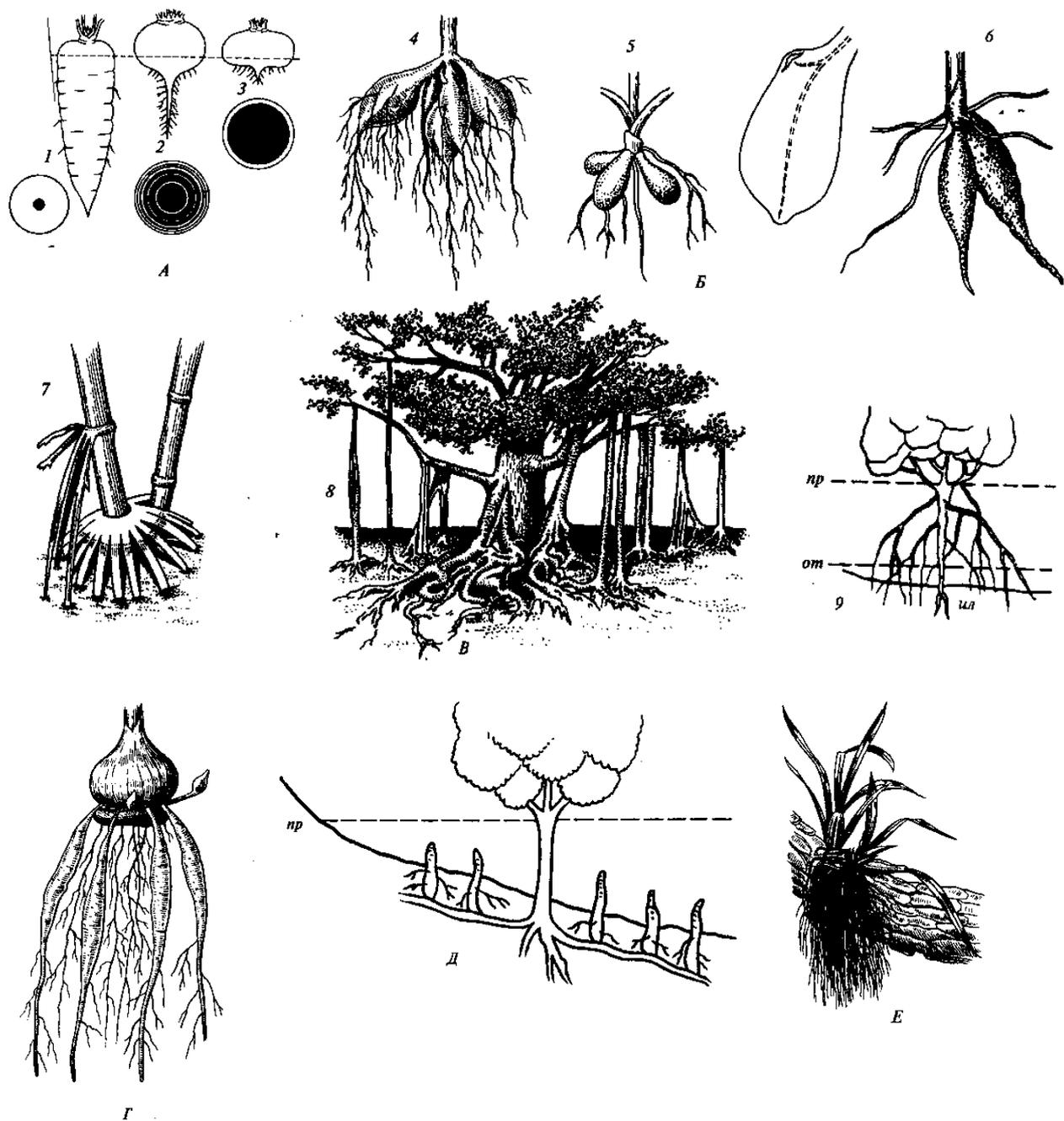


Рис. 28. Метаморфозы корня:

*A* — корнеплоды: 1 — моркови (*Daucus sativus*), 2 — свеклы (*Beta vulgaris*), 3 — редьки (*Raphanus sativus*), *Б* — корневые шишки: 4 — георгина (*Callistephus sp.*); 5 — чистяка (*Ficaria verna*), 6 — любки (*Platanthera bifolia*); *В* — опорные корни: 7 — кукурузы (*Zea mays*); 8 — баньяна (*Ficus bengalensis*); 9 — ризофоры (*Rizophora sp.*); *Г* — втягивающие корни шпажника (*Gladiolus sp.*); *Д* — дыхательные корни с пневматофорами у авиценнии (*Avicennia sp.*); *Е* — воздушные корни орхидеи (*Orchidium sp.*); *np* — зона прилива; *от* — зона отлива; *ил* — ил

У некоторых растений корни видоизменяются в присоски, внедряются в тка-

ни растения-хозяина и поглощают из клеток воду и питательные вещества. Одни растения из этой группы (иван-да-марья, погребок, омела) имеют зеленую окраску и способны самостоятельно образовывать органические вещества. Им необходимы только вода и минеральные вещества. Такие растения относятся к полупаразитам. Другие (повилика, заразиха) питаются готовыми органическими веществами, высасывая их из другого растения. Они относятся к группе паразитов.

В качестве метаморфозов корня могут быть рассмотрены и зарисованы: 1 — корнеплоды (морковь, свекла, редька); 2 — корневые шишки (георгины, аспарагус); 3 — воздушные корни (онцидиум); 4 — втягивающие корни (чемерица, тюльпан); 4 — столбовидные корни (баньян); 6 — досковидные корни (фикус каучуконосный); 7 — ходульные корни (кукуруза, ризофора); 8 — дыхательные корни (болотный кипарис); 9 — микориза (сосна); 10 — бактериальные клубеньки (фасоль, люпин); 11 — гаустории (омела).

## **Работа 12. Зоны молодого корня**

### **Ход работы**

1. Отделите с помощью пинцета один из корней проростка пшеницы. Положите его на предметное стекло в каплю воды и накройте покровным стеклом.

2. При малом увеличении микроскопа рассмотрите препарат «кончик корня пшеницы». Зарисуйте схему строения корня, отметив: корневой чехлик, зону деления, зону роста, зону всасывания, зону проведения.

3. При большом увеличении микроскопа зарисуйте несколько клеток ризодермы на разных стадиях развития.

### **Пояснение к работе**

Принято выделять несколько зон корня: 1 — зону деления, 2 — зону растяжения, 3 — зону всасывания, 4 — зону проведения (рис. 29). Каждая из них выполняет свойственные ей функции и отличается по строению. Резких границ между ними нет, а наблюдается постепенный переход от одной зоны к другой.

Самая верхняя часть корня — зона деления — представлена клетками апикальной меристемы, которые постоянно делятся.

Эти клетки мелкие, изодиаметрические, с тонкими оболочками, густой цитоплазмой и крупными ядрами. Вакуолей в них много, но они мелкие и практически незаметны.

Зону деления снаружи покрывает корневой чехлик. Он имеет вид колпачка и состоит из живых паренхимных клеток, содержащих цитоплазму, ядро, амилопласты с крахмальными зёрнами и тонкие ослизняющиеся оболочки. Самые периферические, более крупные, клетки чехлика постепенно отмирают и отделяются от корня. Благодаря этому корневой чехлик не только защищает апикальную меристему, но и участвует в продвижении корня в почве.

На самой верхушке корня у цветковых растений находится группа инициальных клеток, расположенных в три слоя. У двудольных растений клетки нижнего слоя дают начало протодерме и корневому чехлику, среднего слоя — основной меристеме, а верхнего — прокамбию. У однодольных растений из нижнего слоя

образуется только корневой чехлик, средний слой дает начало протодерме и основной меристеме, а внутренний — прокамбию.

В зоне растяжения клетки обычно прекращают делиться и увеличиваются в размерах. Корень в этой зоне более прозрачен, что определяется, прежде всего, образованием крупных вакуолей. Наряду с ростом клеток наблюдается их дифференциация. Из клеток прокамбия формируется центральный цилиндр. Первыми закладываются участки первичной флоэмы и только несколько позже первичной ксилемы. Клетки основной меристемы формируют первичную кору. Из протодермы возникает ризодерма. Ее клетки образуют небольшие выросты, на верхушку которых перемещается ядро. Из этих клеток возникают корневые волоски. У некоторых растений не все клетки ризодермы способны образовывать волоски. В этом случае выделяют два типа клеток: трихобласты, образующие волоски, и атрихобласты.

Зона всасывания четко заметна благодаря наличию корневых волосков. Здесь большинство клеток уже полностью дифференцированы. По периферии расположены клетки ризодермы. Они имеют тонкие оболочки, крупную вакуоль и постенный слой цитоплазмы. Ядро располагается обычно посередине волоска. На верхушке волоска оболочка часто ослизняется, обеспечивая более тесный контакт с почвой.

Наружный слой первичной коры (экзодерма) состоит из одного или нескольких рядов плотно сомкнутых клеток. Под ними находятся живые паренхимные клетки первичной коры (мезодерма). Они, как правило, расположены более или менее рыхло, образуя межклетники. Нередко развиваются воздухоносные полости, осуществляющие газообмен.

Внутренний слой первичной коры (эндодерма) состоит из одного слоя несколько вытянутых в длину, призматических, плотно прилегающих клеток. Средние части их радиальных и горизонтальных (поперечных) стенок несколько утолщены за счет отложения суберина и лигнина. Это образование получило название поясков Каспари. Оно обеспечивает регулирование поступления воды и водных растворов от корневых волосков к центральному цилиндру. Водные растворы не могут свободно перемещаться в центральный цилиндр, а проходят через цитоплазму клеток, обладающую избирательной проницаемостью.

По периферии центрального цилиндра находится перицикл, состоящий из одного или нескольких рядов живых тонкостенных паренхимных клеток. В центре расположен радиальный проводящий пучок, в котором чередуются тяжи первичной флоэмы с тяжами первичной ксилемы. Их число у разных растений варьирует от двух до многих (различают диархные, триархные, тетраархные, полиархные корни). Последний тип характерен для однодольных.

В верхней части зоны проведения клетки экзодермы с внутренней стороны покрываются тонким слоем суберина, что обеспечивает их непроницаемость для воды и газов. После отмирания ризодермы экзодерма принимает на себя функции покровной ткани.

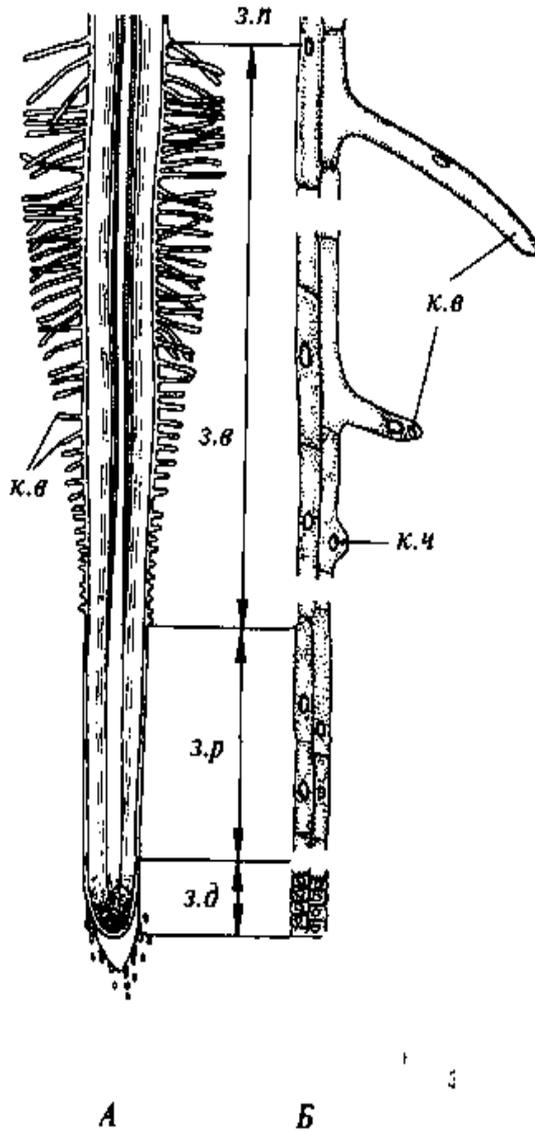


Рис. 29. Строение корня проростка пшеницы (*Triticum aestivum*): *А* — схема строения корня; *Б* — дифференциация клеток ризодермы и экзодермы;  
*км* — корневой чехлик; *з.д* — зона деления; *з.р* — зона растяжения; *г.в* — зона всасывания; *з.л* — зона проведения;  
*к.в* — корневой волосок

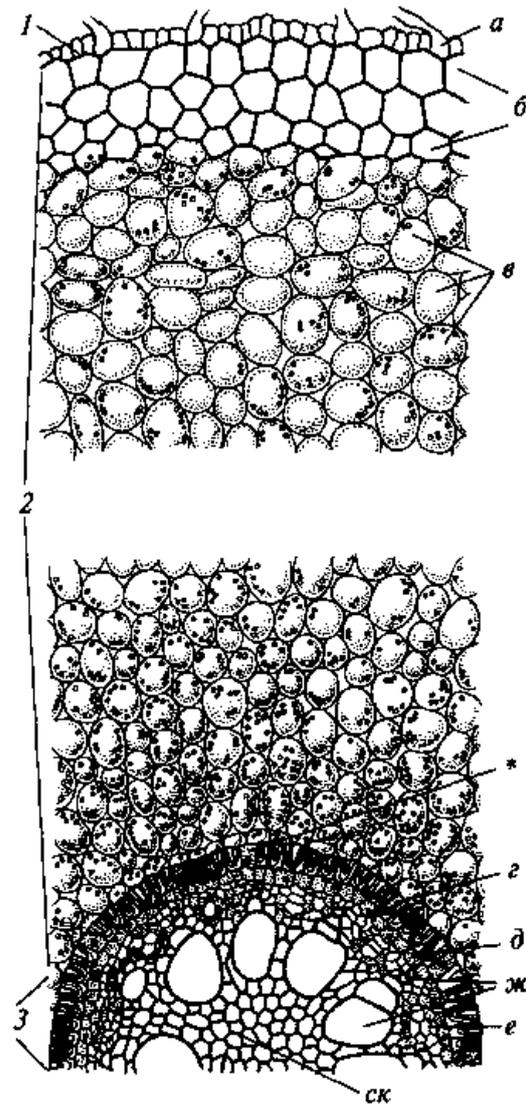


Рис. 30. Корень касатика (*Iris germanica*) на поперечном срезе:  
*1* — ризодерма; *а* — корневой волосок; *2* — первичная кора;  
*б* — экзодерма; *в* — мезодерма; *г* — эндодерма; \* — пропускная клетка; *3* — центральный цилиндр;  
*д* — перицикл; *е* — флоэма;  
*ж* — ксилема; *ск* — склерема

У однодольных растений в клетках эндодермы на этом уровне обычно происходят существенные изменения. Вначале на внутреннюю поверхность их первичной оболочки откладывается суберин. В дальнейшем на субериновый слой еще откладывается толстая одревесневающая целлюлозная оболочка, и на поперечном срезе можно видеть клетки с подковообразными утолщениями. Часть клеток внутреннего слоя первичной коры остаются с тонкими неодревесневшими стенками, имеющими только пояски Каспари. Это

пропускные клетки, через которые осуществляется связь между первичной корой и центральным цилиндром.

Клетки перицикла сохраняют меристематический характер дольше других тканей корня. Из его клеток закладываются боковые корни, а также зачатки придаточных почек.

У однодольных растений, в отличие от двудольных, первичное строение корня практически не изменяется в течение всей жизни.

### **Работа 13. Первичное строение корня**

Ход работы

1. При малом увеличении микроскопа рассмотрите препарат «корень ириса на поперечном срезе» (рис. 30).

2. Зарисуйте в виде сектора схему первичного строения корня, отметив следующие ткани: ризодерму, первичную кору: экзодерму, мезодерму, эндодерму; центральный цилиндр: перицикл, флоэму, ксилему.

3. Рассмотрите препарат при большом увеличении микроскопа. Зарисуйте несколько клеток разных тканей.

Пояснение к препарату

Корень ириса в верхней части зоны всасывания покрыт клетками ризодермы (см. рис. 30), однако отдельные корневые волоски уже могут отмирать.

Первичная кора, занимающая большую часть поперечного среза, представлена широким кольцом, окружающим небольшой по площади сечения центральный цилиндр.

Экзодерма состоит из двух-трех слоев крупных, обычно шестиугольных, клеток, плотно сомкнутых между собой. На препаратах, обработанных суданом, опробковевшие оболочки несколько желтеют (розовеют).

Многослойная мезодерма представлена крупными округлыми паренхимными клетками с многочисленными межклетниками. В них расположены крахмальные зерна, а также стилоиды щавелевокислого кальция. Эндодерма — внутренний слой первичной коры — состоит из одного слоя плотно сомкнутых клеток. Их радиальные и внутренние тангентальные стенки сильно утолщены и на поперечном срезе они имеют подковообразные утолщения. В эндодерме расположены тонкостенные пропускные клетки с густой цитоплазмой и крупным ядром.

Перицикл окружает радиальный проводящий пучок и представлен одним слоем мелких клеток. На поперечном срезе многочисленные (более восьми) тяжи ксилемы имеют вид многолучевой звезды. Вблизи перицикла расположены самые ранние по времени образования — узкопросветные спиральные и кольчатые трахеиды протоксилемы. Внутреннюю часть ксилемного тяжа образуют наиболее молодые и широкие пористые сосуды метаксилемы. Их может быть от одного до трех.

Первичная флоэма расположена небольшими участками между ксилемой. В самом центре расположена механическая ткань, состоящая из клеток с равномерно утолщенными одревесневшими оболочками и многочисленными простыми порами. Сходные по строению клетки можно увидеть и между сосудами метаксилемы и трахеидами.

## Работа 14. Вторичное строение корня

### Ход работы

1. Рассмотрите при малом увеличении микроскопа постоянный препарат поперечного среза корня тыквы в зоне проведения. Найдите вторичные и первичные проводящие ткани, камбий и перидерму.

2. Зарисуйте в виде сектора схему строения корня тыквы и обозначьте имеющиеся ткани.

3. Рассмотрите при большом увеличении вторичные проводящие ткани. Зарисуйте их строение.

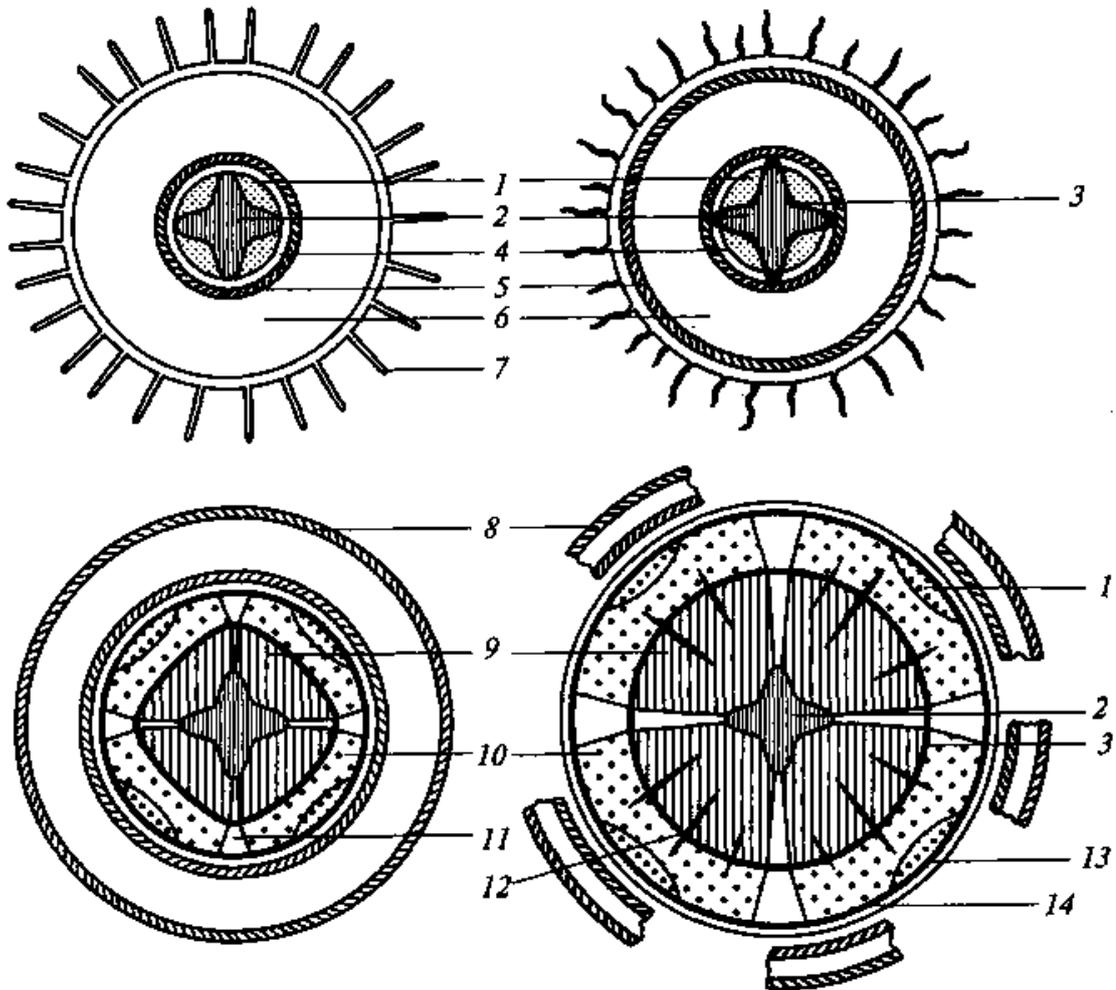


Рис. 31. Переход от первичного строения корня к вторичному:

1 — первичная флоэма; 2 — первичная ксилема; 3 — камбий; 4 — перицикл; 5 — эндодерма; 6 — мезодерма; 7 — ризодерма; 8 — экзодерма; 9 — вторичная ксилема; 10 — вторичная флоэма; 11 — первичные лубодревесные лучи; 12 — вторичные лубодревесные лучи; 13 — феллоген; 14 — пробка

### Пояснение к препаратам

Для большинства двудольных растений характерна быстрая смена первичного строения корня на вторичное (рис. 31).

Вторичное утолщение связано с заложением и деятельностью камбия, который образуется из живых тонкостенных клеток, расположенных между лучами первичной флоэмы и первичной ксилемы (пучковый камбий), и перицикла (межпучковый камбий). Межпучковый камбий образуется несколько позже пучкового. При их смыкании появляется непрерывный камбиальный слой.

На поперечном срезе пучковый камбий представлен в виде вогнутых дуг. В результате его деятельности образуются вторичные проводящие ткани. Первоначальная неравномерная деятельность камбия приводит к тому, что дуги пучкового камбия становятся выпуклыми. Первичная ксилема остается в центре корня в виде «звезды с лучами», а первичная флоэма оттесняется к периферии.

Клетки межпучкового камбия образуют первичные лубодревесные лучи, представляющие собой широкие лучи паренхимы между вторичными проводящими тканями. Позднее первичных формируются вторичные лубодревесные лучи, образованные уже пучковым камбием.

Вторичное утолщение корня приводит к разрыву первичной коры. К этому времени клетки перицикла образуют феллоген, откладывающий наружу пробку, а внутрь — феллодерму.

С поверхности поперечный срез корня тыквы покрыт перидермой (рис. 32). На самой периферии расположены несколько слоев клеток пробки с бурыми стенками. Под ними находится один слой клеток феллогена. Феллодерма и производные перицикла образуют хорошо выраженную паренхимную зону, окружающую центральную часть корня.

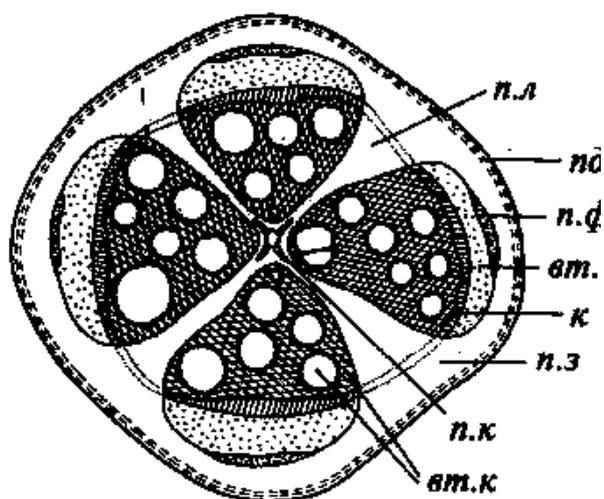


Рис. 32. Поперечный срез вторично утолщенного корня тыквы (*Cucurbita pepo*):

*nd* — перидерма;  
*n.z* — паренхимная зона;  
*n.l* — первичный луч;  
*n.f* — первичная флоэма;  
*vt.f* — вторичная флоэма;  
*k* — камбий; *vt.k* — вторичная ксилема;

В центре среза находится первичная ксилема в виде четырех, иногда трех или пяти небольших радиальных цепочек мелких сосудов, отходящих от центрального крупного сосуда метаксилемы. Между ними расположены основания четырех (реже трех или пяти) крупных открытых коллатеральных проводящих пучков.

Вторичная ксилема значительно превышает по площади флоэму и лежит ближе к центру. Она представлена крупными сосудами, волокнами и мелкими клетками

паренхимы. Между ксилемой и флоэмой расположена широкая камбиальная зона, имеющая неровные очертания и состоящая из нескольких рядов довольно мелких клеток таблитчатой формы. Вторичная флоэма, находящаяся по периферии камбиальной зоны, представлена ситовидными трубками с простыми горизонтальными ситовидными пластиками, клетками-спутницами и паренхимой. Первичная флоэма расположена на самой периферии пучка, ее ситовидные трубки деформированы.

Между проводящими пучками находятся широкие первичные лубодревесные лучи, образованные межпучковым камбием. Крупные паренхимные клетки, образующие лучи, несколько вытянуты в радиальном направлении.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Какие типы корней выделяют по происхождению?
2. Что такое корневая система? Какие выделяют типы корневых систем?
3. Что такое метаморфоз?
4. Перечислите метаморфозы корня? Какие функции они выполняют?
5. Какие различия имеются в строении корнеплодов и корневых шишек?
6. Из каких зон состоит корень? Какую функцию выполняет каждая из них?
7. Что представляет собой корневой чехлик? Охарактеризуйте его функции и особенности строения.
8. Каковы особенности первичного строения корня? Как происходит формирование первичных постоянных тканей?
9. Зарисуйте первичное строение корня на уровне зоны всасывания.
10. Что представляют собой барьерные ткани корня? Каково их строение?
11. Каким образом осуществляется переход ко вторичному строению корня? Составьте необходимые схемы.
12. Каковы особенности вторичного строения корней у разных растений?

## **ЦВЕТОК**

Цветок выполняет функцию семенного размножения цветковых растений. Основные части цветка: *околоцветник* (чашечка и венчик), *андроцей* (совокупность тычинок), *гинецей* (один или несколько пестиков). Все части цветка располагаются на *цветоложе*. В случае нижней завязи цветоложе незаметно, поскольку входит в состав последней. Расположение частей цветка может быть циклическим (в один или несколько кругов) или же спиральным.

*Околоцветник* может состоять из чашечки и венчика и тогда его называют *двойным*. Если все листочки околоцветника одинаковые, тогда его называют *простым*. Венчик цветка обычно более ярче окрашен, чем чашечка. Простой околоцветник и чашечка могут быть сростнолистными или раздельнолистными. Кроме того, простой околоцветник может быть венчиковидным или чашечковидным.

*Венчик* бывает *раздельнолепестным* или *сростнолепестным*, раздельнолепестный венчик состоит из лепестков, у которых часто выделяются нижняя, более узкая, часть — ноготок и верхняя расширенная — пластинка.

В сростнолепестном венчике выделяются трубка и отгиб. Трубка может быть длинной (долихоморфные венчики) и короткой (брахиморфные венчики). Место перехода трубки в отгиб называется зев.

В зависимости от количества плоскостей симметрии, которые можно провести через околоцветник, говорят об актиноморфных цветках (если плоскостей симметрии две и более) и зигоморфных (с одной плоскостью симметрии). В редких случаях цветок не имеет вообще плоскостей симметрии — он асимметричен.

Совокупность тычинок в цветке называют андроцеом. По числу тычинок цветки удивительно разнообразны. Часто тычинки отличаются друг от друга по размерам. Во многих цветках тычинки сростаются друг с другом или с различными частями цветка. *Тычинка* имеет *тычиночную нить, пыльник*, обычно с четырьмя пыльцевыми гнездами, и *связник* (продолжение тычиночной нити между двумя половинками пыльника). Иногда связник продолжается и выше пыльника (надсвязник).

*Пестик* состоит из *завязи*, в которой располагаются семязачатки, *стилодия и рыльца*, воспринимающего пыльцу (столбик может возникнуть в ценокарпных гинецеях при срастании стилодиев). *Гинецей*, состоящий из одного плодолистика или из нескольких не сросшихся между собой плодолистиков, называется *апикарным*. Гинецей, состоящий из сросшихся плодолистиков, называется *ценокарпным*.

Завязь бывает верхняя и нижняя. Верхняя завязь свободная. Ее можно выделить, не повреждая других частей цветка. Нижняя завязь образуется в результате срастания плодолистиков с другими частями цветка. Она расположена как бы под цветком и выделить ее, не нарушая целостности цветка, невозможно.

Кроме того, в цветках можно встретить различные нектарники — видоизмененные части цветка, выросты цветоложа и др., выделяющие нектар. Вокруг нижней части завязи иногда образуется специальный выделяющий нектар диск. Нередко встречаются стаминодии — стерильные тычинки.

Иногда околоцветник вообще отсутствует. Тогда цветки называются голыми. Помимо обоеполых цветков встречаются и такие, у которых отсутствует развитый андроцей или гинецей. Это соответственно женские и мужские цветки. Они располагаются на одних и тех же (однодомность) или на разных (двудомность) экземплярах.

Взаимное расположение всех частей цветка и важные данные о гинецее (число плодолистиков, гнезд завязи, способ плацентации) отражает диаграмма цветка. Пример диаграммы представлен на рис. 33. В формулах буквами и цифрами показывают число частей цветка в каждом круге. При этом употребляют следующие обозначения:  $P$  — простой околоцветник,  $K$  — чашечка,  $C$  — венчик,  $A$  — андроцей,  $G$  — гинецей,  $N$  — нектарник,  $St$  — стаминодий; наличие кругов показывают знаком  $+$ , срастание обозначают скобками  $()$ ; положение завязи показывают черточкой, например:  $\tilde{N}_{(2)}$  — верхняя завязь,  $G_{(\bar{2})}$  — нижняя завязь; облик простого околоцветника отражают следующим образом:  $P_K$  — околоцветник чашечковидный,  $P_C$  — околоцветник венчиковидный; актиноморфность цветка обозначается символом  $*$ , а зигоморфность  $\uparrow$ .

Для цветка, представленного на рис. 33, формула будет следующая:

\*  $K, C_5 A_5 G_{(2)}$ .

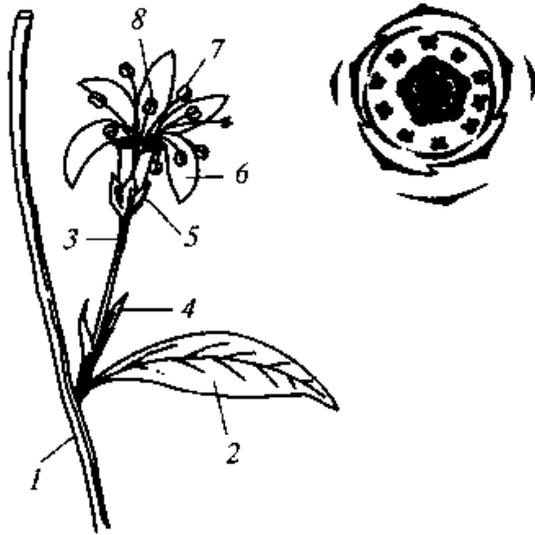


Рис. 33. Цветок и диаграмма:

1 — стебель; 2 — кроющий лист;  
3 — цветоножка; 4 — прицветники;  
5 — чашечка; 6 — венчик;  
7 — тычинки; 8 — пестик

### Работа 15. Строение цветка

Ход работы

1. Изучите цветок лютика:

а) рассмотрите и зарисуйте его внешний вид (рис. 34);

б) сделайте продольный разрез цветка и зарисуйте его, отметив все основные части;

в) отделите лепесток и в его основании рассмотрите нектарник. Удалите чашелистики, лепестки и тычинки, рассмотрите строение гинецея. Зарисуйте лепесток с нектарником и гинецей цветка. Рассмотрите и зарисуйте плод лютика;

г) составьте формулу и диаграмму цветка.

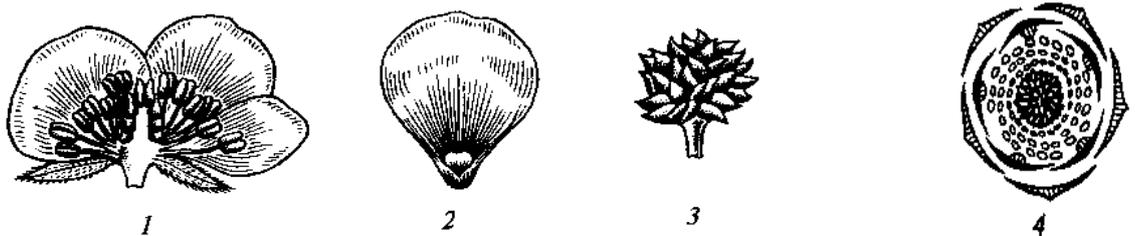


Рис.34. Цветок и плод лютика (*Ranunculus acris L.*)

1 — продольный разрез цветка; 2 — лепесток с нектарником (а);

3 — гинецей; 4 — диаграмма цветка

2. Изучите цветок гороха (рис. 35):

а) рассмотрите и зарисуйте его внешний вид. Обозначьте части околоцветника;

б) отделите лепестки и рассмотрите особенности их строения. Зарисуйте их и подпишите названия;

в) рассмотрите строение андроцея и зарисуйте тычиночную трубку. Отделите гинецей и зарисуйте его. Рассмотрите и зарисуйте плод гороха;

г) составьте формулу и диаграмму цветка.

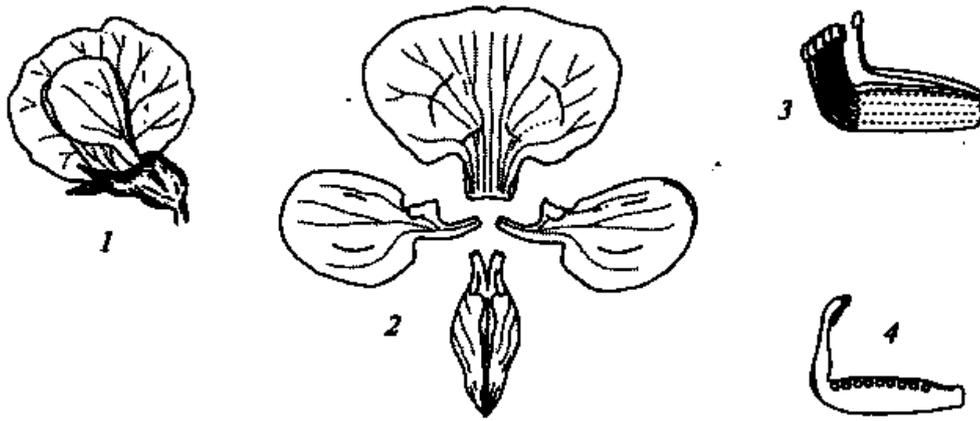


Рис. 35. Цветок и плод гороха (*Pisum sativum*):  
 1 — внешний вид цветка; 2 — лепестки; 3 — андроцей; 4 — гинецей

3. Изучите цветок яблони (рис. 36):

а) рассмотрите и зарисуйте его внешний вид. Сделайте продольный разрез цветка, зарисуйте его, отметив все основные части. Обратите внимание на строение цветочной трубки;

б) составьте формулу и диаграмму цветка.



Рис. 36. Цветок яблони (*Malus sylvestris*)  
 1 — внешний вид цветка; 2 — продольный разрез цветка

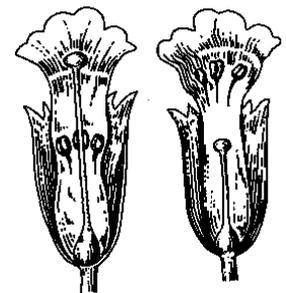


Рис. 37.  
 Гетеростилия первоцвета (*Primula sp.*)

4. Изучите цветок примулы (рис. 37):

а) рассмотрите его внешний вид. Сделайте продольные разрезы цветков с разной длиной столбика и зарисуйте их. Отметьте основные части цветка;

б) составьте формулу и диаграмму цветка.

### Пояснение к работе

Цветок лютика (*Ranunculus acris*) — актиноморфный, гемициклический, с двойным околоцветником (рис. 35). Завязь верхняя. Чашечка состоит из 5 небольших свободных чашелистиков. Венчик образован 5 желтыми свободными лепестками. В основании лепестка хорошо заметна нектарная ямка. Тычинок много (неопределенное количество, т.е. разное в разных цветках). Гинецей апокарпный, полимерный (состоит из множества плодолистиков). Каждый плодолистик образует пестик, имеющий один семязачаток. Из такого гинецея образуется плод — многоорешек. Формула цветка:  $* K_5 C_5 A_\infty G_\infty$ .

Цветок гороха (*Pisum sativum*) зигоморфный, циклический, с двойным околоцветником. Завязь верхняя. Чашечка состоит из 5 небольших чашелистиков. Венчик образован 5 лепестками, два из которых срослись и образовали «лодочку», один самый крупный лепесток — «парус», два остальных называют «веслами». Тычинок 10, расположены в два круга, 9 из них срослись, а одна (внутреннего круга) свободная. Гинецей апокарпный, мономерный. Внутри пестика имеется несколько семязачатков. Плод гороха — боб. Формула цветка:  $* K_{(5)} C_{(2) \cdot 2 \cdot 1} A_{(5+4) \cdot 1} G_1$ .

Цветок яблони (*Malus sylvestris*) актиноморфный, циклический с двойным околоцветником. Завязь нижняя. Чашечка состоит из 5 чашелистиков. Венчик образован 5 лепестками. Тычинок много, а гинецей состоит из 3 или 5 плодолистиков. Основания всех частей срастаются и образуют тычиночную трубку. Формула цветка:  $* K_5 C_5 A_\infty G_{(3-5)}$ .

Цветок примулы (*Primula sp.*) актиноморфный, циклический, с двойным околоцветником. Завязь верхняя. Чашечка трубчатая, состоит из 5 сросшихся чашелистиков. Венчик тоже трубчатый, образован 5 желтыми сросшимися лепестками. Тычинок 5, их тычиночные нити срослись с венчиком. Гинецей состоит из 5 сросшихся плодолистиков. У одних цветков столбики длинные и рыльце расположено выше пыльников, у других, наоборот. Такая особенность называется гетеростилией, или разностолбчатостью, и, возможно, выполняет функцию защиты от гейтоногамии.

## СОЦВЕТИЯ

Побеговые системы цветковых растений, служащие для образования цветков и в этой связи разнообразно видоизмененные, называют **соцветиями**. Обычно соцветия более-менее четко отграничены от вегетативных частей растения. Благодаря обильному ветвлению побегов в соцветиях множество цветков сосредоточивается близко друг к другу. Это усиливает их способность к перекрестному опылению. В соцветиях цветки распускаются неодновременно, что тоже благоприятствует опылению. Строение соцветий связано со строением соплодий и, следовательно, со способами распространения плодов и семян. Соцветия широко распространены у разных групп цветковых.

Для классификации и морфологической характеристики соцветий используют четыре группы признаков: 1 — характер олиственности, 2 — порядок ветвления побегов, 3 — способ их нарастания, 4 — состояние апикальных меристем на главной и основных боковых осях.

По характеру олиственности соцветия делят на **фрондозные**, или олиственные (от лат. *frons, frondis* — листва, зелень, листья), т.е. имеющие зеленые листья срединной формации, **брактеозные** (от лат. *bractea* — чешуя) с прицветниками-чешуями, т.е. листьями верховой формации, и **эбрактеозные**, или голые, т.е. вообще не имеющие листьев.

В зависимости от степени разветвленности побегов соцветия делят на **простые и сложные**. У простых соцветий на главной оси располагаются одиночные цветки, и ветвление, таким образом, не превышает двух порядков. У сложных соцветий на главной оси располагаются веточки с цветками, а ветвление достигает трех и более порядков (рис. 38).

Если оси соцветия простые, т.е. образованы побегами одного порядка и растут моноподиально за счет апикальной меристемы, то соцветия — **моноподиальные**, или рацемозные (от лат. *racemus* — кисть, гроздь), или **ботрические** (от греч. *botryon* — кисть, гроздь). Рацемозные соцветия называют еще неопределенными.

Если нарастание осей происходит симподиально (за счет пазушных почек), формируются **цимозные** (от греч. *сυμῆ* — волна), верхоцветные, или определенные, соцветия. Для цимозных соцветий характерно перевершинивание боковых осей, так что верхушки побегов последующих порядков перерастают верхушку предыдущего. В таком соцветии цветки побегов более низких порядков располагаются ниже цветков побегов более высоких порядков.

В зависимости от того, сколько боковых дочерних побегов сменяет верхушечный, цимозные соцветия, или цимойды, делят на **монохазии** (один боковой побег), **дихазии** (два боковых побега) и **плейохазии** (несколько боковых побегов).

Апикальные меристемы рацемозных, или моноподиальных, соцветий, могут оставаться все время в вегетативном состоянии и тогда соцветия называют **открытыми**. У открытых рацемозных соцветий апексы осей или растут неопределенно долго, или со временем замирают, становятся рудиментами. Если апикальные меристемы главных осей формируют цветки, соцветия называют **закрытыми**.

**Все** цимозные соцветия относятся к закрытым, отсюда их второе название — **верхоцветные**. Среди рацемозных соцветий наряду с открытыми (бокоцветными) соцветиями встречаются и закрытые (верхоцветные). У них апикальные меристемы вначале функционируют как вегетативные, но позже образуют терминальные цветки.

Цветоносные зоны побеговых систем, возникающих из почек возобновления и целиком отмирающих после обсеменения, рассматривают как структурное единство, которое называют **объединенным соцветием**, или синфлоресценцией. Такой подход дает возможность анализировать соцветия на фоне общих закономерностей побегообразования у растений.

Синфлоресценция включает главное соцветие, завершающее главную ось побега возобновления, и зону обогащения, состоящую из боковых силлептических цветоносных побегов — паракладиев. В результате на одном цветущем разветвленном побеге возобновления можно выделить иерархию соцветий, включающих частные, или элементарные, соцветия, из которых состоят главное соцветие и соцветия паракладиев, и все они объединяются в синфлоресценцию (рис. 39).

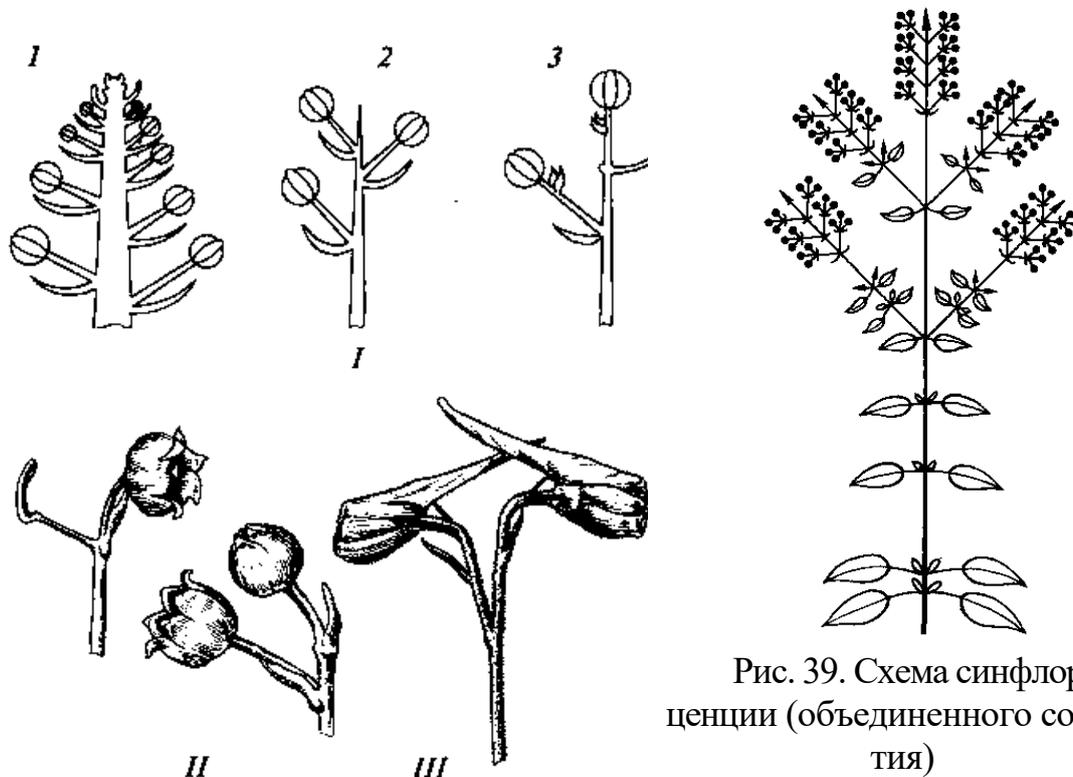


Рис. 39. Схема синфлоресценции (объединенного соцветия)

Рис. 38. Верхушки соцветий:

*I* — *1*, *2* — схемы открытых соцветий;

*3* — схема закрытого соцветия;

*II* — ландыш; *III* — живокость

Существуют два подхода к классификации соцветий: 1) описательный, или морфологический, применяемый к соцветиям любого ранга, 2) типологический, используемый для анализа объединенных соцветий (синфлоресценций).

В описательной классификации соцветия делят на простые (кисти, щитки, головки, колосья, початки, корзинки) и сложные. Сложные подразделяют на рацемозные (сложные кисти, зонтики, колосья, метелки) и цимозные, включающие цимоиды (моно-, ди- и плеюхазии) и тирсы — соцветия с моноподиально растущей главной осью и боковыми веточками — цимоидами.

При типологическом подходе выделяют синфлоресценции полителические (главная ось и паракладии первого порядка открытые) и монотелические (главная ось и паракладии первого порядка закрытые, т.е. заканчиваются верхушечными цветками).

### Работа 16. Простые рацемозные соцветия

Ход работы

1. Составьте схемы соцветий следующих растений: ландыша майского (*Convallaria majalis* L.), спиреи средней (*Spiraea media* Fr. Schmidt), проломника нитевидного (*Androsace filiformis* Retz.), клевера лугового (*Trifolium pratense* L.), нивяника обыкновенного, или поповника (*Leucanthemum vulgare* Lam.), подорожника большого (*Plantago major* L.), белокрыльника болотного (*Calla palustris* L.).

На схемах покажите число и взаимное расположение цветков, прицветников, характер ветвления и степень развития осей (схемы должны отражать строение соцветия при взгляде на него сбоку, т.е. в боковой проекции; цветки изображают кружочками; размер кружочка характеризует фенологическое состояние цветков: большие кружочки — полностью распустившиеся и отцветшие цветки, маленькие кружочки — бутоны и молодые, только что распустившиеся, цветки; линиями обозначают оси соцветий; разросшиеся в толщину оси отмечают сплошными контурами; прицветники — брактеей — изображают скобками).

2. Все рассматриваемые соцветия охарактеризуйте по признакам олиственности и состояния их апикальных меристем. Определите, закрытые соцветия или открытые. Стрелками покажите на схемах порядок распускания цветков.

Рядом с соцветием клевера зарисуйте один цветок. Для нивяника наряду со схемой соцветия зарисуйте вид корзинки снизу (со стороны обертки) и сверху, а также два цветка — краевой язычковый и центральный трубчатый.

3. Определите названия соцветий у вышеперечисленных растений. Дайте определение соцветий: кисть, щиток, зонтик, початок, колос, корзинка, головка. Запишите эти определения в альбоме под соответствующими схемами соцветий.

#### Пояснение к работе

У соцветия ландыша хорошо выражены чешуевидные прицветники. Они располагаются на оси соцветия поочередно, однако цветоножки всех цветков повернуты в одну сторону вниз, поэтому соцветие получается однобоким. Рост верхушки оси соцветия со временем замирает и она остается или в виде небольшого рудимента, или в виде крохотного бугорка. Иногда цветоножка последнего пазушного цветка смещается вверх и как бы продолжает ось соцветия, таким образом, формируется ложноверхушечный, или псевдотерминальный, цветок.

У соцветия спиреи брактеей рано опадают. На сформировавшихся соцветиях можно видеть лишь рубцы от опавших брактеей. Апекс оси соцветия остается вегетативным и обычно замещается ложно-верхушечным цветком. Цветки распускаются в строгой акропетальной последовательности. Это подтверждает их пазушное, т.е. боковое, происхождение. Ложноверхушечный цветок распускается самым последним.

Соцветие проломника имеет очень короткую ось, на которой поочередно располагаются прицветники — брактеей. Из их пазух выходят цветки на длинных цветоножках.

Соцветие клевера лугового также имеет очень короткую, тонкую, неутолщенную ось, на которой сосредоточивается множество цветков на очень коротких цветоножках.

Наиболее специализировано соцветие нивяника с сильно утолщенной блюдцевидно разросшейся осью. Снизу ось сплошь покрыта листьями-чешуями, которые

образуют обертку соцветия. Строение листьев обертки специфично для видов и родов семейства сложноцветных. У нивяника листья обертки овальные с тупой верхушкой и пленчатым темноокрашенным краем. На верхней поверхности блюдцеобразной оси соцветия тесно располагается множество цветков. Крайние цветки с белым, относительно крупным венчиком, похожим на язычок. В центре находятся невзрачные мелкие цветки с трубковидным венчиком.

Соцветие подорожника имеет длинную, сравнительно тонкую ось, с очередными прицветниками — брактелями, в пазухах которых сидят цветки на очень коротких цветоножках.

Ось соцветия белокрыльника тоже достаточно длинная, но в отличие от подорожника сильно утолщена. На ней очень плотно размещены сидячие цветки. Крупный ярко-белый прицветный лист, так называемое крыло, привлекает к соцветию насекомых.

### **Работа 17. Парциальные соцветия рацемозные и цимозные.**

Ход работы

1. Составьте схему цветущего рацемозного побега донника белого (*Melilotus albus Medik.*), разветвленного до 4—5 порядков. Парциальное соцветие обозначьте прямоугольниками. Укажите главное соцветие, основное междоузлие, зону обогащения, паракладии, парциальные соцветия, объединенное соцветие — синфлоресценцию.

2. Составьте схему парциального соцветия, где обозначьте ось, брактелю, цветоножки, цветки. Охарактеризуйте парциальное и главное соцветия донника по признакам олиственности, разветвленности нарастания осей и состояния апикальных меристем. Дайте названия этим соцветиям. Запишите в альбом определения главного и парциального соцветий донника.

3. Рассмотрите гербарные образцы (или живые растения) дихазий звездчатки дубравной (*Stellaria nemorum L.*), монохазий незабудки болотной (*Myosotis palustris L.*), тирс смолки обыкновенной (*Steris viscaria (L.) Raftri*). Составьте схемы их цимозных соцветий. Отметьте на них цветки, прицветники, оси соцветий и цветоножки. Выделите верхушечный цветок на главной оси. Порядок ветвления осей отметьте цифрами. Охарактеризуйте рассмотренные соцветия по признакам олиственности, разветвленности, способа нарастания и состояния апикальных меристем.

Пояснение к работе

а) Цветущие побеги донника обильно ветвятся (рис. 40). Фрагмент такого побега в его верхней части берут для анализа, он должен включать главное соцветие — сложную, или двойную, кисть и 1—2 паракладия. На осях главного соцветия и паракладиев расположены тройчатосложные зеленые листья с прилистниками. Из их пазух вырастают парциальные соцветия — брактеозные открытые кисти или паракладии, завершающиеся соцветиями, подобными главному, т. е. двойными (сложными) брактеозными кистями. Главное соцветие и соцветия паракладиев представляют кисть из кистей, поэтому и появился термин — двойная кисть. Апикальная меристема ее оси остается вегетативной и формирует все новые и новые зеленые листья и пазушные парциальные соцветия.



Рис. 40. Соцветия донника лекарственного:  
 1 — фрондозная двойная кисть; 2 — объединенное соцветие (синфлоресценция): *a* — главное соцветие; *b* — соцветия паракладиев; *c* — частные соцветия — брактеозные простые кисти

Основное междоузлие отличается от ниже- и вышележащих меньшей длиной. Это междоузлие отделяет главное соцветие от зоны обогащения с паракладиями. Парциальные соцветия легко отличить от паракладиев по отсутствию у них зеленых листьев. На осях парциальных соцветий располагаются только чешуевидные листья — брактеи, а у паракладиев нижний участок оси несет зеленые тройчато-сложные листья. Паракладии I порядка могут ветвиться, образуя паракладии II порядка, а те в свою очередь — паракладии III порядка. Вся эта совокупность соцветий разных порядков и рассматривается как объединенное соцветие, или синфлоресценция. У донника синфлоресценция полителическая, поскольку апексы главного соцветия и паракладиев остаются вегетативными. У донника нижние паракладии ветвятся обильнее верхних, поэтому синфлоресценция имеет пирамидальную метелковидную форму.

К соцветию сложная кисть близки соцветия сложные колосья, характерные для злаков (парциальные соцветия у них называют колосками), и сложные зонтики с

парциальными соцветиями зонтичками, свойственные представителям семейства зонтичных.

Соцветие метелка отличается от сложных кистей, колосьев и зонтиков отсутствием парциальных соцветий и большей степенью разветвленности нижних ветвей по сравнению с верхними. Типичные метелки имеют пирамидальную форму, как у сирени, бирючины, гортензии метельчатой.

б) Главная ось соцветия звездчатки заканчивается верхушечным цветком. Из пазух пары супротивных зеленых листьев, лежащих под этим цветком, вырастают два побега II порядка, в свою очередь завершающиеся верхушечными цветками. Они перерастают главную ось и соответственно цветки II порядка оказываются выше главного. На осях II порядка вырастают по два перевершинивающих их побега III порядка с верхушечными цветками, их перерастают побеги IV порядка и т.д. Чем выше порядок ветвления, тем выше располагаются цветки и тем позже они зацветают. После отцветания плодоножки наклоняются вниз и создается иллюзия дихотомического ветвления, так как каждая ось сменяется двумя последующими. По мере того как растет порядок ветвления побегов, уменьшаются размеры прицветников. Если оси I—III порядков несут зеленые, довольно крупные листья, то оси более высоких порядков имеют маленькие чешуевидные листья-брактей. В целом же нижняя часть соцветия звездчатки может быть охарактеризована как фрондозная, верхняя — как брактеозная. Такие переходные по признаку олиственности соцветия называют фрондулезными.

Соцветия незабудки нарастают так же, как соцветия звездчатки, т.е. симподиально. Разница заключается в том, что у незабудки каждый побег сменяется не двумя, а только одним последующим. Таким образом, число цветков соответствует порядку ветвления побегов. При нарастании соцветий незабудки формируется сложная составная ось, включающая побеги многих порядков. Внешне соцветие незабудки похоже на кисть, так как на осях располагается множество цветков на цветоножках равной длины. Однако если внимательно рассмотреть верхушку соцветия, то видно, что она отличается от верхушки простой кисти, во-первых, тем, что завернута в спираль, и тем, что цветки располагаются только на внешней стороне этой спирали двумя рядами, в которых чередуются зигзагообразно.

Соцветия смолки имеют длинную главную ось, завершающуюся верхушечным цветком. Из пазух нескольких пар супротивных листьев на главной оси вырастают боковые соцветия — дихазии, построенные по тому же принципу, что и соцветия звездчатки.

Соцветия, сочетающие признаки рацемозных (моноподиально растущая главная ось) и цимозных (боковые ветви представлены цимоидами — ди- или монохазиями), называют, как мы уже знаем, тирсами. Тирс смолки закрытый, брактеозный.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Чем отличаются друг от друга соцветия: кисть, щиток, колос, початок, зонтик? Что общего у всех этих соцветий?

2. Что представляют собой соцветия головка и корзинка? Простые это соцветия или сложные? На какой орган растения они похожи? Что представляет собой обертка корзинки?

3. В чем разница между парциальными соцветиями и побегами обогащения, или паракладиями?

4. Какое соцветие называют главным? Как оно отделено от зоны обогащения цветущего побега?

5. Как выделить и охарактеризовать объединенное соцветие, или синфлоресценцию?

6. Чем различаются простые и сложные соцветия?

7. В чем разница между рацемозными (ботрическими) и цимозными соцветиями?

8. Какие соцветия называют цимоидами? В чем различия ди- и моно-хазиев?

9. Чем схожи соцветия сложная кисть и метелка? Чем они различаются?

10. Какие соцветия называют тирсами?

11. Чем отличаются друг от друга метелки и тирсы?

## СЕМЕНА И ПРОРОСТКИ

**Семя** — основной орган размножения и расселения семенных растений. Семена образуются из семязачатков, как правило, после оплодотворения. У цветковых растений семена заключены в плоды, у голосемянных располагаются на плоских чешуях женских шишек.

Семя состоит из *зародыша*, эндосперма и *семенной кожуры*. Зародыш — это зачаток нового растения, который развивается из зиготы (оплодотворенной яйцеклетки). Клетки зародыша диплоидны. Сформированный зародыш имеет зародышевый корешок и зародышевый побег. Последний состоит из оси (зародышевого стебелька), зародышевых листьев, или семядолей, и зародышевой почечки.

Эндосперм цветковых растений образуется в результате двойного оплодотворения из центральной клетки зародышевого мешка и состоит из триплоидных клеток. Развитие зародыша и эндосперма у цветковых растений происходит одновременно. У голосемянных эндосперм семян формируется до оплодотворения и развития зародыша. Клетки эндосперма голосемянных (в том числе хвойных) гаплоидны.

Эндосперм обеспечивает питание сначала зародыша, а затем проростков — молодых растений, развивающихся из семян. Вначале клетки эндосперма обнаруживают высокую метаболическую активность, перерабатывая и передавая зародышу питательные вещества, поступающие от материнского растения. Следовательно, зародыши питаются гетеротрофно. Позже метаболическая активность эндосперма затухает, и в его клетках начинают откладываться запасные вещества. В зрелых семенах хвойных и большинства цветковых растений эндосперм хорошо выражен. Однако у представителей некоторых семейств цветковых зародыш разрастается в семенах настолько, что заполняет их целиком. От эндосперма или вообще ничего не остается, как у бобовых, тыквенных, сложноцветных, или сохраняется в виде тонкого слоя

клеток, как у яблони, миндаля. При отсутствии эндосперма запасные вещества семян откладываются в клетках зародыша, чаще в его семядолях.

Семенная кожура развивается из покровов семязачатка. Она всегда покрывает семя и обычно состоит из многих слоев клеток. На поверхности семенной кожуры можно видеть рубчик — место отделения семени от семяножки, соединявшей семя со стенкой плода, а также микропиле, или семявход, — отверстие, через которое в семя поступает вода. Семенная кожура защищает зародыш от механических повреждений, высыхания, преждевременного прорастания, проникновения микроорганизмов. Часто семенная кожура обеспечивает перенос семян с помощью ветра (например, волоски на семенной кожуре ив, тополей, хлопчатника; крыловидные выросты семенной кожуры у хвойных, занонии из семейства тыквенных) или животных (мясистые придатки на семенах копытня, чистотела, фиалок, бересклета).

Для прорастания семян необходимы влага, определенная температура (иногда замораживание или переменные температуры), доступ воздуха, для некоторых видов — свет. Проростки, развивающиеся из семян, имеют смешанный способ питания: наряду с фотосинтезом они используют готовые органические вещества, запасенные в семенах. При прорастании зародышевый корешок развивается в главный корень растения, зародышевый побег и почечка дают начало главному побегу. Семядоли или выносятся на свет, где зеленеют (надземный способ прорастания), или остаются под землей (подземный способ прорастания).

### **Работа 18. Семена и проростки двудольных и хвойных растений**

Ход работы

1. Рассмотрите размоченные в течение суток семена фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) или гороха посевного (*Pisum sativum* L.). Найдите рубчик и микропиле. Зарисуйте внешний вид семени, отметив на рисунке семенную кожуру, микропиле, рубчик.

2. С помощью препаровальной иглы разорвите семенную кожуру и вычленили из семени зародыш. Раздвиньте семядоли, рассмотрите скрытую между ними зародышевую почечку. Зарисуйте зародыш с раздвинутыми семядолями, указав на рисунке: зародышевый корешок; гипокотиль (подсемядольное колено); семядольный узел; семядоли; эпикотиль (надсемядольное колено); зародышевую почечку.

3. Рассмотрите размоченные в течение полутора-двух суток семена хурмы (*Diospyros kaki* L.) или семя ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.). У ясеня препаровальной иглой разорвите околоплодник и выделите из него семя. Зарисуйте общий вид семени, отметив на рисунке: семенную кожуру; рубчик; семенной шов; микропиле. Последнее легко обнаружить, если сдавить с боков намоченные семена — через микропиле выступит капелька воды.

3. Разрежьте семя хурмы вдоль — параллельно его широкой стороне. Зарисуйте продольный разрез семени. Укажите на рисунке: семенную кожуру; микропиле; эндосперм; зародыш, у которого отметьте зародышевый корешок, гипокотиль, семядоли. Обратите внимание на взаимную ориентацию корешка зародыша и микропиле.

а) Семя фасоли уплощено с боков и имеет характерную бобовидную форму. На узкой вогнутой стороне расположены рядом овальный рубчик и небольшое отверстие — микропиле.

Семя гороха шаровидное. Овальный рубчик виден на той части поверхности семени, где под семенной кожурой просвечивает треугольный контур зародышевого корешка. Над его кончиком располагается крохотное отверстие микропиле, далее — овальный рубчик.

Зрелые семена фасоли и гороха не имеют эндосперма. Запасные питательные вещества отложены в зародышах, точнее, в их массивных семядолях. Зародыш полностью заполняет семенную кожуру. Семядоли состоят из специализированных клеток запасяющей ткани и они закрывают почечку и частично осевую часть зародыша (его корешок и стебелек), которая прижата сбоку к краям семядолей. Зародышевые корешок, стебелек и почечка состоят из клеток первичной меристемы. Большая, цилиндрическая, часть оси зародыша соответствует его стебельку и лишь крохотный конусовидный кончик — зародышевому корешку.

Если раздвинуть семядоли, видно, что они отходят от оси зародыша на одном уровне (супротивно). Место отхождения семядолей от оси зародыша называют семядольным узлом. Часть стебля ниже этого узла до корня имеет название — гипокотиль (от лат. *hipo* — под, *kotile* — углубление, чаша), или подсемядольное колено. Участок стебля выше семядольного узла до зародышевой почечки называют эпикотилем (от лат. *epi* — над), или надсемядольным коленом. У зародышей фасоли и гороха эпикотиль и гипокотиль хорошо различимы. Они располагаются почти под прямым углом друг к другу. Соответственно зародышевая почечка и зародышевый корешок оказываются не на прямой, а на согнутой оси. Таким образом, у фасоли и гороха — изогнутые зародыши. Зародышевая почечка у фасоли хорошо развита, в ней отчетливо видны пластинки зачаточных листьев.

б) Семя хурмы уплощенное, овальной формы, покрыто темно-коричневой плотной кожурой. Вдоль одного из узких краев семени проходит семенной шов — продольный гребневидный вырост, возникший в результате срастания части семяножки с семенной кожурой. Вблизи окончания семенного шва располагается микропиле. Из него при сжатии намоченного семени выделяется капелька воды.

Эндосперм составляет большую часть объема семени, что хорошо видно на его продольном разрезе. Ткань эндосперма твердая, роговидная. Она состоит из толстостенных плотно расположенных клеток, в которых запасные вещества откладываются в клеточных оболочках, а не в пластидах, как у фасоли и гороха. Вблизи зародыша эндосперм размягчен вследствие того, что зародыш выделяет ферменты, растворяющие гемицеллюлозу.

Зародыш семени хурмы расположен в центральной части эндосперма ближе к микропиле. У зародыша цилиндрический гипокотиль, очень короткий конусовидный корешок и две овальные семядоли со срезанными основаниями. Семядоли параллельны плоским сторонам семени, между ними расположена слабораз-

витая почечка в риде небольшого меристематического бугорка. Ось зародыша прямая (соответственно и зародыш прямой) и заканчивается внизу корешком, вверху — почечкой. В целом зародыш лопатчатой формы: он похож на лопатку с короткой ручкой — гипокотилем.

Семя ясеня (рис. 41) цилиндрической формы, с тонкой семенной кожурой, поскольку семя защищено плотным околоплодником. Семенной шов и микропиле слабо выражены. Эндосперм представлен белой, довольно мягкой, мучнистой тканью. У ясеня обыкновенного он занимает примерно половину объема семени, линейный зародыш почти вдвое короче семени. У ясеня пенсильванского (*Fraxinus pensylvanica* Marsh. ), широко культивируемого в городских посадках, зародыш намного крупнее, он занимает более 3/4 длины семени, эндосперм же развит сравнительно слабо и имеет вид тонкого слоя беловатой ткани.

Зародыш ясеня, как и у хурмы, прямой, цилиндрический гипокотиль составляет примерно 1/3 длины зародыша, корешок очень короткий, конусовидный, обращен к микропиле. Семядоли узкие, линейные, почечка слабо развита и представлена небольшим меристематическим бугорком.

В качестве примера семян двудольных растений, обладающих эндоспермом, кроме хурмы и ясеня можно использовать семена клещевины (*Ricinus communis* L.), сладкого перца (*Capsicum annuutn* L.), томата (*Lycopersicon esculentum* Mill.). У последних двух видов зародыши согнуты и занимают в семени не центральное, а периферическое положение.

У хвойных в качестве примера семян с эндоспермом можно использовать «кедровые орешки», т. е. семена сибирской кедровой сосны (*Pinus sibirica* Du Tour). Они имеют толстую семенную кожуру (скорлупу), маслянистый эндосперм и многосемядольный прямой зародыш, занимающий центральное положение в эндосперме.

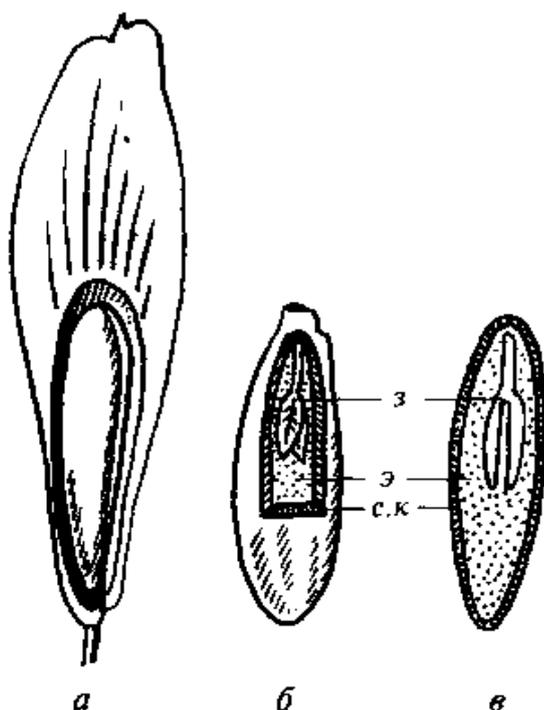


Рис. 41. Плоды и семена ясеня обыкновенного: а – семя внутри плода крылатки; б – положение зародыша в семени; в – схема продольного разреза семени; з – зародыши; э – эндосперм; с.к. – семенная кожура

**Работа 19. Проростки растений с надземным прорастанием на примере фасоли (*Phaseolus vulgaris L.*), тыквы (*Cucurbita pepo L.*), сибирской кедровой сосны (*Pinus sibirica Du Tour*)\* и с подземным прорастанием на примере гороха посевного (*Pisum sativum L.*), конских бобов (*Vicia faba L.*), дуба черешчатого (*Quercus robur L.*)\***

Ход работы

1. Подберите проростки, находящиеся на разных фазах развития. Рассмотрев их, установите, в какой последовательности развиваются при прорастании семян органы зародыша, как меняется с возрастом положение гипокотилия, форма и окраска семядолей, строение листьев. Выкопайте из земли один из крупных проростков, отмойте и рассмотрите его корневую систему.

2. Зарисуйте проростки в последовательных фазах развития: а) рост гипокотилия и корешка; б) вынос семядолей на дневную поверхность; в) проросток с позеленевшими семядолями и первыми листьями; г) молодое растение, у которого семядоли уже опали, но листья по своему строению отличаются от взрослых. На рисунках укажите гипокотиль, семядоли, семядольный узел, эпикотиль, ювенильные листья, верхушечную почку, главный и боковые корни (рис. 42).

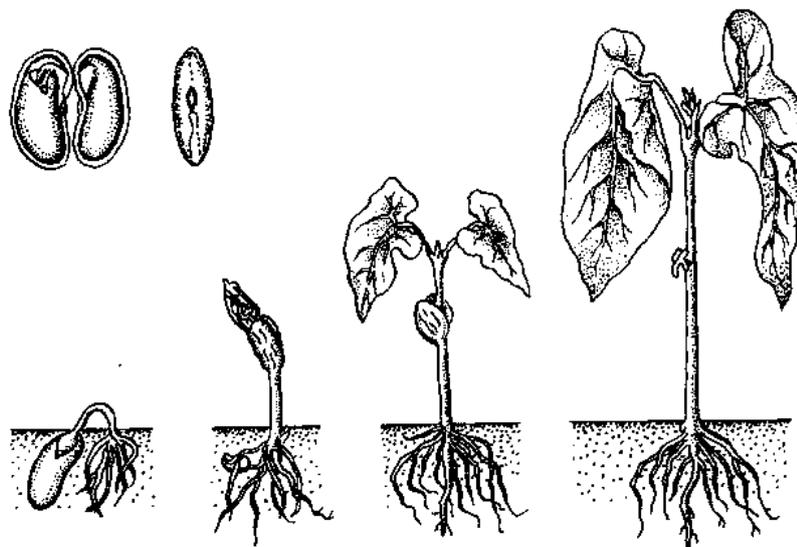


Рис. 42. Семена и проростки фасоли обыкновенной

3. Рассмотрите и зарисуйте корневую систему проростка. Укажите на рисунке главный корень, придаточные корни на гипокотиле, боковые корни разных порядков. Обратите внимание на отличия в изменении длины боковых и придаточных корней по продольной оси растения.

При зарисовке корневой системы проростка фасоли следует отметить, что диаметр главного корня заметно меньше, чем гипокотилия, и потому хорошо видна так называемая корневая шейка, т. е. место перехода корня в гипокотиль. Самые молодые зачаточные боковые корни, имеющие вид бугорков, можно обнаружить на расстоянии 2—3 см от верхушки главного. Длина боковых корней закономерно меняется вдоль материнского корня. Боковые корни возникают

не только на главном, но и на любом другом корне (боковом, придаточном). Придаточные корни в отличие от боковых образуются дополнительно на уже сформировавшихся органах: стеблях, корнях, листьях. У фасоли придаточные корни вырастают на основании гипокотилия. Они не имеют определенной последовательности заложения и потому варьируют по длине без каких-либо закономерностей. Корневая система, т. е. совокупность всех корней, у фасоли имеет смешанное происхождение, так как формируется на главном (первичном) корне и придаточных (вторичных) корнях.

Развитие проростков тыквы в общих чертах происходит так же, как у фасоли.

Семена сибирской сосны, так называемые кедровые орешки, обладают хорошо развитым эндоспермом. Гипокотиль при прорастании семени вытаскивает из семенной кожуры и выносит на дневную поверхность не только семядоли, но и эндосперм, из которого семядоли поглощают питательные вещества. Таким образом, оказавшись на свету, семядоли обеспечивают не только фотосинтез, но и выполняют всасывающую, или гаусториальную, функцию (от лат. *haustor* — черпающий, пьющий). Число семядолей у хвойных варьирует от 6—8 до 10 — 14, поэтому хвойные называют многосемядольными растениями. Расположены семядоли мутовкой.

Пояснение к препаратам

Прорастание семян начинается с активного деления меристематических клеток на кончике зародышевого корешка и в почечке. Одновременно у фасоли происходит интеркалярный рост гипокотилия, благодаря которому корешок выталкивается наружу, разрывая семенную кожуру. Попад в почву, корешок начинает интенсивно расти и формирует главный корень, обеспечивая молодое растение влагой. Органические вещества на первых этапах развития проростки получают из запасов семени, т. е. питаются гетеротрофно. Одновременно с ростом и ветвлением главного корня удлиняется гипокотиль, изгибаясь при этом в форме петли. Затем гипокотиль выпрямляется и выталкивает на дневную поверхность семядоли, которые на свету быстро зеленеют и переходят к фотосинтезу. К этому времени запасные вещества в семядолях почти иссякают. Семядоли становятся тонкими, как бы худеют. Такой способ прорастания с выносом семядолей на поверхность почвы называют надземным. Позеленение семядолей означает, что проростки переходят от гетеротрофного к смешанному питанию, сочетая фотосинтез с поглощением органических запасных веществ семени.

Позеленевшие семядоли довольно быстро опадают, после чего молодые растения начинают питаться только автотрофно.

Рост зародышевой почечки формирует главный побег растения. У фасоли он вырастает очень быстро. Вытягивается эпикотиль, разворачиваются первые настоящие листья. Они располагаются у фасоли, как и семядоли, супротивно, хотя листорасположение у взрослых растений очередное. Первые листья фасоли имеют только одну пластинку в отличие от последующих тройчатосложных. Первые листья называют ювенильными, или юношескими (от лат. *juverillis* — молодой, юношеский).

При прорастании семени гороха, в отличие от фасоли, гипокотиль почти не удлиняется. Семядоли остаются под землей внутри семенной кожуры. Они выполняют лишь запасующую функцию. Такой способ прорастания называют подземным. Эпикотиль также сравнительно короткий. Главный побег сначала растет под землей, формируя чешуевидные листья, которые защищают почечку от механических повреждений в период ее подземного роста. Зеленые листья развертываются на надземной части побега. Как и у фасоли, первые зеленые листья гороха имеют меньше пластинок, чем взрослые.

Семена конских бобов прорастают так же, как и у гороха. Проростки дуба интересны своим долголетием. В течение 4—6 лет они используют питательные вещества, запасенные в семядолях, которые остаются под землей внутри плодов-желудей. Лишь на 5—7 годах жизни проростки дуба теряют связь с желудями и переходят в ювенильное возрастное состояние.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Назовите основные части семени и органы зародыша.
2. Расскажите о разнообразии положений зародыша в семенах.
3. Какие функции выполняет семенная кожура? Каким образом на ней возникают семенной шов и рубчик?
4. Какие условия необходимы для прорастания семян? Какое значение для жизни растений имеют покоящиеся семена?
5. В чем отличия подземного и надземного способов прорастания семян?
6. Какие растения называют проростками, а какие — ювенильными? В чем их отличие?
7. Какие функции выполняют семядоли?
8. Как отличить боковые и придаточные корни?
9. Какой корень называют главным? Как возникает главный побег?
10. Можно ли гипокотиль назвать междоузлием? А эпикотиль?

### **Работа 20. Семена и проростки однодольных растений**

1. Размочите семена лука репчатого (*Allium cepa* L.) в течение двух суток. Рассмотрите их и определите, где находится микропиле. Для этого сожмите с боков размоченное семя — из микропиле выступит капелька воды. Зарисуйте общий вид семени, укажите: семенную кожуру, рубчик, микропиле.

2. Разрежьте семя вдоль, параллельно его плоской поверхности. Зарисуйте продольный разрез семени. На рисунке отметьте: семенную кожуру, воздухоносные полости в ней, микропиле, рубчик, эндосперм, зародыш.

3. Вычленили у разрезанного семени зародыш и разрежьте его вдоль (можно использовать готовый препарат продольного среза зародыша). Зарисуйте продольный разрез зародыша и укажите: зародышевый корешок, зародышевый стебелек (гипокотиль), семядолю, семядольный узел, влагалище семядоли, зародышевую почечку.

4. Рассмотрите зерновку пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) или кукурузы (*Zea mays*), предварительно замоченную в течение суток в воде. Зарисуйте об-

ший вид зерновки. На рисунке укажите покровы, бороздку на ее поверхности, хохолок волосков на верхушке, зародыш, эндосперм. Рассмотрите готовый микропрепарат продольного среза зерновки.

#### Пояснение к препаратам

В отличие от двудольных, зародыши однодольных растений имеют только одну семядолю, занимающую терминальное (верхушечное) положение, и почечку, сдвинутую вбок от полярной оси зародыша.

Семя лука репчатого (рис. 43) — округло-трехгранное, со сравнительно толстой черной кожурой (поэтому семена лука называют «чернушкой»). Зародыш согнут и занимает периферическое положение. В центре семени на его продольном разрезе виден эндосперм и остатки перисперма — запасающей ткани, которая возникает из клеток нуцеллуса (ядра) семязачатка.



Рис. 43. *А* - Семена и проростки лука репчатого;  
*Б* - зерновка и проростки кукурузы

Зерновка пшеницы — это односемянный плод, околоплодник которого прочно соединен с остатками семенной кожуры, поэтому невозможно отделить семя от стенки плода. Околоплодник с остатками семенной кожуры называют покровами зерновки. Форма зерновки овальная, в поперечном сечении округлая. Вверху имеется хохолок из волосков, легко поглощающих влагу (см. рис. 43). Вдоль зерновки с одной ее стороны проходит неглубокая бороздка, с противоположной стороны в основании сквозь ее покровы просвечивает зародыш. Он занимает базальное боковое положение. Крахмалистый эндосперм занимает 85 % объема зерновки, его самый наружный слой образуют клетки, содержащие

много алейроновых зерен. Этот слой так и называют — алейроновым. Его клетки богаты белками, ферментами и витаминами.

Зародыш прижат к эндосперму семядоли, имеющей форму щита. Ее поэтому называют щитком. На продольном разрезе зародыша щиток выглядит как широкая стенка, отделяющая от эндосперма остальные части зародыша. Наружная поверхность щитка, обращенная к эндосперму, покрыта эпителиальной тканью, которая, во-первых, выделяет ферменты, осаживающие крахмал, во-вторых, поглощает из эндосперма растворы питательных веществ, необходимых для развития и роста зародыша.

Корешок зародыша хорошо развит и расположен почти под прямым углом к щитку. Кончик корешка защищен корневым чехликом. В корешке можно рассмотреть слои меристем, предшествующие определенным системам тканей взрослого корня. Снаружи располагается один слой протодермы, или дерматогена. Из его клеток формируется наружный слой корня, несущий корневые волоски. Под протодермой внутри плотно расположены клетки основной меристемы, или периблемы. Они дают начало первичной коре корня. В центре корешка под периблемой находится плерома, или прокамбий, из которого формируется стела (центральный проводящий цилиндр корня). Корешок окружен корневым влагалищем — колеоризой (от лат. *coleo* — ножны, футляр; *rhiza* — корень). Основание корешка переходит в семядольный узел. Таким образом, гипокотиль не выражен.

Выше семядольного узла располагается очень короткий стебелек зародыша, на котором напротив щитка имеется небольшой вырост, называемый эпибластом. На стебельке под углом к корешку находится почечка с несколькими листьями. Первый, самый крупный, лист называют колеоптиле. Он имеет форму колпачка с небольшим отверстием на верхушке и защищает почечку в период ее подземного роста. Почечка содержит зачатки нескольких листьев, которые после выхода верхушки колеоптиле на поверхность почвы появляются через ее отверстие наружу и начинают быстро расти.

От щитка к стебельку, почечке и корешку тянутся тяжи прокамбия — предшественника проводящих тканей. Клетки прокамбия отличаются от остальных клеток зародыша удлинённой, вытянутой (прозенхимной) формой. Тяжи прокамбия образуют единую систему, которая связывает между собой все органы растения.

При прорастании зерновки сначала набухают и увеличивается в размерах колеориза. Она разрывает покровы зерновки, а растущий внутри нее корешок в свою очередь пробивает ее верхушку и выходит наружу. Одновременно с ростом зародышевого корешка на стебельке закладываются и начинают быстро расти два придаточных корня. Очень скоро они уже не отличаются размерами от главного. Эти три корня проростка называют первичными. На узлах стебелька, располагающихся выше, позже отрастают вторичные придаточные корни. Так формируется мочковатая корневая система. У большинства сортов пшеницы проростки имеют по три первичных корня, но встречаются сорта, у которых этих корней пять и даже семь.

### Вопросы для самоконтроля

1. В чем проявляются сходство и различия зародышей двудольных, однодольных и хвойных растений?
2. В каких частях семени могут накапливаться запасные питательные вещества? В каких органах зародыша?
3. В чем своеобразие морфологии зародыша злаков по сравнению с зародышами других однодольных?
4. По какому типу — надземному или подземному — прорастает зерновка злаков?
5. Какие функции выполняют щиток, колеоптиле и колеориза?
6. Чем различаются семена двудольных и однодольных растений?
7. Какие способы питания характерны для зародышей, проростков и ювенильных растений?
8. Какие корни проростка злаков называют первичными, а какие — вторичными?

## ПЛОДЫ И СОПЛОДИЯ

**Плод** — это зрелый цветок. В его образовании наряду с завязью пестика нередко принимают участие другие части цветка. Основная функция плода заключается в защите семян и их распространении.

Семена в плодах окружены *околоплодником (перикарпием)*. Он может быть довольно мощным (апельсин, яблоня), тонким (подсолнечник) или даже срастаться с семенной кожурой (пшеница). В плодах с хорошо развитым околоплодником (рис. 6.1) нередко четко выражены три слоя: наружный (экзокарпий), средний (мезокарпий) и внутренний (эндокарпий).

Плоды разнообразны по размерам, внешнему виду и строению. Существует несколько классификаций плодов: 1 — по типу гинецея (апокарпные, ценокарпные), 2 — по числу плодолистиков для апокарпных плодов (мономерные и полимерные), 3 — по числу семян (односемянные, многосемянные), 4 — по типу завязи (верхние, нижние, полунижние), 5 — по строению околоплодника (сухие, сочные), 6 — по способу вскрывания, 7 — по способу распространения.

### Ход работы

1. Проведите морфологический анализ коллекции апокарпных плодов и ценокарпных плодов. Определите, к какой группе они относятся.
2. Зарисуйте внешний вид и продольный срез плодов (по указанию преподавателя), сделайте необходимые обозначения. В легенде укажите названия плодов, а также растений, для которых они характерны.
3. Проведите морфологический анализ соплодий. Зарисуйте их внешний вид и введите необходимые обозначения. В легенде укажите названия растений, для которых они характерны.

## Пояснение к работе

Выделяют разные группы апокарпных плодов: листовки, многолистовки, бобы, орешки, многоорешки, костянки, многокостянки.

Плод листовка, характерный для живокости полевой, — многосемянный, вскрывающийся по брюшному шву, образован одним плодолистиком. Многолистовки (купальница, калужница, магнолия) — полимерные плоды, состоящие из нескольких листовок, сходных по строению. Обычно листовки лимонник китайский) бывают сухими, однако встречаются и сочные (воронец колосистый, лимонник китайский).

Боб (горох, вика, чина) — мономерный плод, обычно сухой и многосемянный, вскрывающийся по спинному и брюшному швам. Бобы могут быть членистыми (разламывающимися — у копеечника), а также односемянными (клевер). У некоторых растений бобы сочные (гледичия, софора, рожковое дерево).

Орешек (рогоз, репешок, ежеголовник) — мономерный односемянный плод. Многоорешек (лютик, ломонос, гравилат, ветреница) образуется из нескольких плодолистиков. В образовании плода могут принимать участие и другие части цветка. Так, у земляники происходит суккулентизация цветоложа (такой плод называют земляничина, или фрага). У шиповника многочисленные орешки формируются на внутренней поверхности мясистого кувшинчато- или чашевидного гипантия (такой плод называют ци-народий).

Костянка (вишня, слива, персик) — сочный односемянный мономерный плод с резко выраженной дифференциацией околоплодника: экзокарпий — кожистый и обычно тонкий, мезокарпий — сочный или мясистый, эндокарпий — твердый, образующий «косточку». Многокостянка (малина, ежевика, морошка) состоит из нескольких костянок, сидящих на общем плодоложе.

Основные направления эволюции апокарпных плодов следующие: 1 — уменьшение и стабилизация числа плодолистиков, 2 — уменьшение количества семян, 3 — суккулентизация и склерофикация отдельных частей околоплодника, 4 — появление специальных приспособлений к распространению семян (на рис. 44 показаны возможные направления эволюции апокарпных плодов).

В зависимости от типа гинецея выделяют синкарпные, паракарпные и лизикарпные плоды. Наиболее разнообразны синкарпные плоды. Среди них выделяют: синкарпную многолистовку, коробочку, ягоду, костянку, яблоко, ценобий, орех, желудь, крылатку и др. (рис. 45, 46). Синкарпная многолистовка (чернушка, некоторые виды спиреи) образуется при почти полном срастании листовок боковыми стенками. Вскрывается она в области верхних свободных участков плодолистиков.

Коробочка (лен, герань, белена, касатик, сирень) — многосемянный, вскрывающийся, обычно сухой плод. По количеству гнезд можно определить число сросшихся плодолистиков (2—3—5).

Коробочки делят на верхние (тюльпан, кислица, недотрога) и нижние (кипрей, кирказон). Коробочки разнообразны по способу их вскрывания. Кроме того, они различаются по размерам, форме, наличию различных выростов и придатков.

Среди синкарпиев велика группа дробных плодов, распадающихся на доли (мерикарпии), которые соответствуют, как правило, плодолистикам. Например, плоды мальвы и хатьмы распадаются на незамкнутые односемянные доли. У подмаренников и ясенников — плоды двусемянки, имеющие две шаровидные доли.

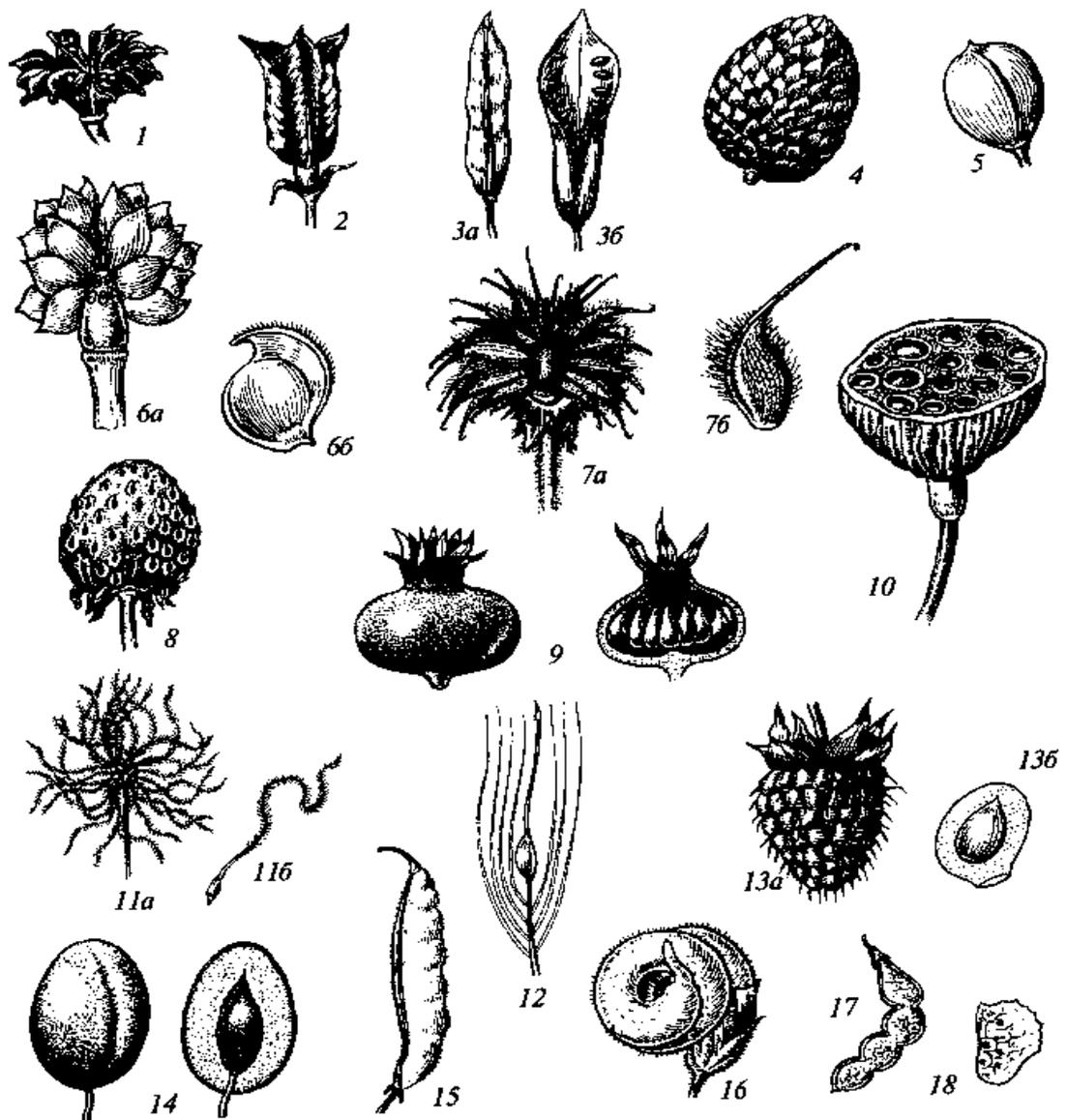


Рис. 44. Апокарпные плоды:

1 — сухая спиральная многолистовка калужницы (*Caltha palustris*); 2 — сухая циклическая многолистовка живокости (*Delphinium elatum*); 3а — сухая однолистовка живокости полевой (*Delphinium arvense*) со спинной стороны; 3б — раскрывающаяся по брюшному шву; 4 — сочная спиральная многолистовка анноны (*Annona aquamosa*); 5 — сочная однолистовка воронца (*Actea spicata*); 6 — многоорешек лютика (*Ranunculus repens*); 7а — многоорешек гравилата (*Geum urbanum*); 7б — отдельный плодик; 8 — многоорешек (фрага) земляники

(*Fragaria vesca*); 9 — многоорешек (цинародий) шиповника (*Rosa*); 10 — многоорешек, погруженный в цветоложе лотоса (*Nelumbo nucifera*); 11а — многоорешек ломоноса (*Clematis recta*); 11б — отдельный плодик; 12 — одноорешек рогоза (*Typha angustifolia*); 13а — многокостянка малины (*Rubus idaeus*); 13б — отдельный плодик; 14 — однокостянка сливы (*Prunus domestica*); 15 — многосемянной вскрывающийся боб гороха (*Pisum arvense*); 16 — скрученный боб люцерны (*Medicago*); 17 — членистый боб копеечника (*Hedisarum*); 18 — односемянный боб эспарцета (*Onobrychis*).

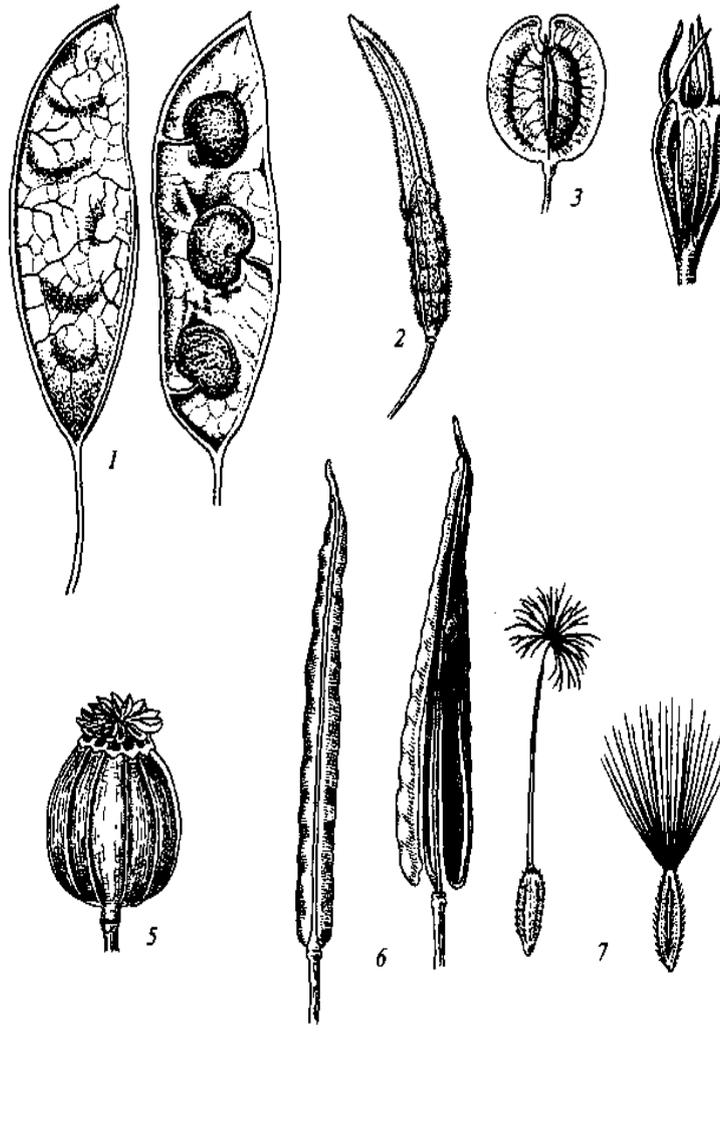


Рис. 45. Паракарпные плоды:

1 — стручок лунника (*Lunaria rediviva*); 2 — стручок горчицы белой (*Sinapis alba*);

3 — стручочек ярутки полевой (*Thlaspi arvense*);

4 — коробочка колокольчика (*Campanula rapunculoides*);

5 — коробочка мака (*Papaver rhoeas*); 6 — коробочка чистотела

(*Chelidonium majus*); 7 — семянка одуванчика (*Taraxacum erythrospermum*);

8 — семянка василька (*Centaurea nigra*); 9 — тыква дыни (*Cucumis melo*) в разрезе

У кленов формируется особый плод — двукрылатка, приспособленный к распространению с помощью ветра. Плод зонтичных — вислоплодник — также распадается на две доли. Созревшие два мерикарпия остаются у него некоторое время висеть на двураздельном плодоносце (карпофоре).

Высокоспециализированный дробный плод — ценобий, характерен для бурачниковых и губоцветных. Главная его особенность состоит в образовании ложной

перегородки. В результате ценобий распадается на число долей (эремов), вдвое превышающих количество плодолистиков.

Ягода (картофель, плющ, купена) — сочный многосемянный плод с тонким кожистым экзокарпием и сочным мезо- и эндокарпием. Ягоды, как и коробочки, делят на две группы: верхние (виноград, томат, вороний глаз) и нижние (брусника, жимолость). Плод у банана также называют ягодой, однако он по внешнему виду мало похож на обычную ягоду, к тому же экзокарпий у него кожистый и относительно толстый.

Яблоко (яблоня, груша) — сочный многосемянный плод с кожистым экзокарпием, сочным мезокарпием и хрящеватым эндокарпием. Это нижний плод, в образовании которого принимает участие цветочная трубка. У боярышника, кизильника плодолистики образуют твердую одревесневшую «косточку», внутри которой находится семя. Такой тип плода называют костянковидным яблоком.

Гесперидий (померанец) имеет плотный кожистый экзокарпий (обычно желтого цвета) с множеством эфиромасличных железок, белый губчатый мезокарпий и пленчатый эндокарпий, окружающий сочные «дольки». Мякоть плодов — это разросшиеся волоски эпидермиса внутреннего слоя околоплодника.

Гранатина (гранат) — нижний плод с сухим и кожистым околоплодником, а внутри «гнезда» находятся семена с сочной кожурой.

Синкарпная костянка, в отличие от апокарпной, может быть как односемянной (маслина, кизил, калина), так и многосемянной (крушина, амурский бархат). Сухая односемянная костянка характерна для грецкого ореха (нижняя) и кокосовой пальмы (верхняя). Экзокарпий — тонкий, но очень плотный. Мезокарпий — сухой, мощно развитый, волокнистый. Эндокардий — очень твердый за счёт множества каменистых клеток.

Орех (лещина, граб) — сухой, односемянный плод с сильно склерофицированным околоплодником и в разной степени развитой плоской, образованной прицветниками.

Желудь (дуб, бук, каштан) отличается от ореха кожистым околоплодником. В образовании плоски наряду с прицветниками принимают участие укороченные оси соцветия.

Крылатки — сухие односемянные плоды с хорошо развитым крыловидным выростом различной формы. Они могут быть верхние (вяз, ясень) и нижние (береза, ольха).

Паракарпные плоды (см. рис. 45) образуются из паракарпного гинецея и могут быть как многосемянными (коробочка, стручок, стручочек, ягода, тыква), так и односемянными (семянка, зерновка, ореховидный стручочек).

Паракарпные коробочки — одногнездные с разнообразным способом вскрывания. Они могут быть верхними (горечавка, фиалка, хохлатка, чистотел, мак) и нижними (селезеночник, орхидные, колокольчиковые).

Стручок (гулявник, сурепица) — сухой, многосемянный, удлинённый плод с тонкой пленчатой перегородкой. После опадения «створок» на ней остаются семена. У некоторых крестоцветных (дикая редька) стручки членистые, распадающиеся на части по ложным перегородкам. Длина стручочков (пастушья

сумка, ярутка), в отличие от стручков, почти равна их ширине. У свербиги, вайды образуются односемянные стручки, получившие название ореховидных.

Сочными паракарпными плодами являются ягода и тыква. Паракарпная ягода может быть верхней (белокрыльник) и нижней (смородина, крыжовник). Тыква (арбуз, тыква, огурец) — нижний плод, имеющий твердый, довольно прочный экзокарпий. Мякоть плода состоит главным образом из разросшихся плацент. Тыквины очень разнообразны по форме.

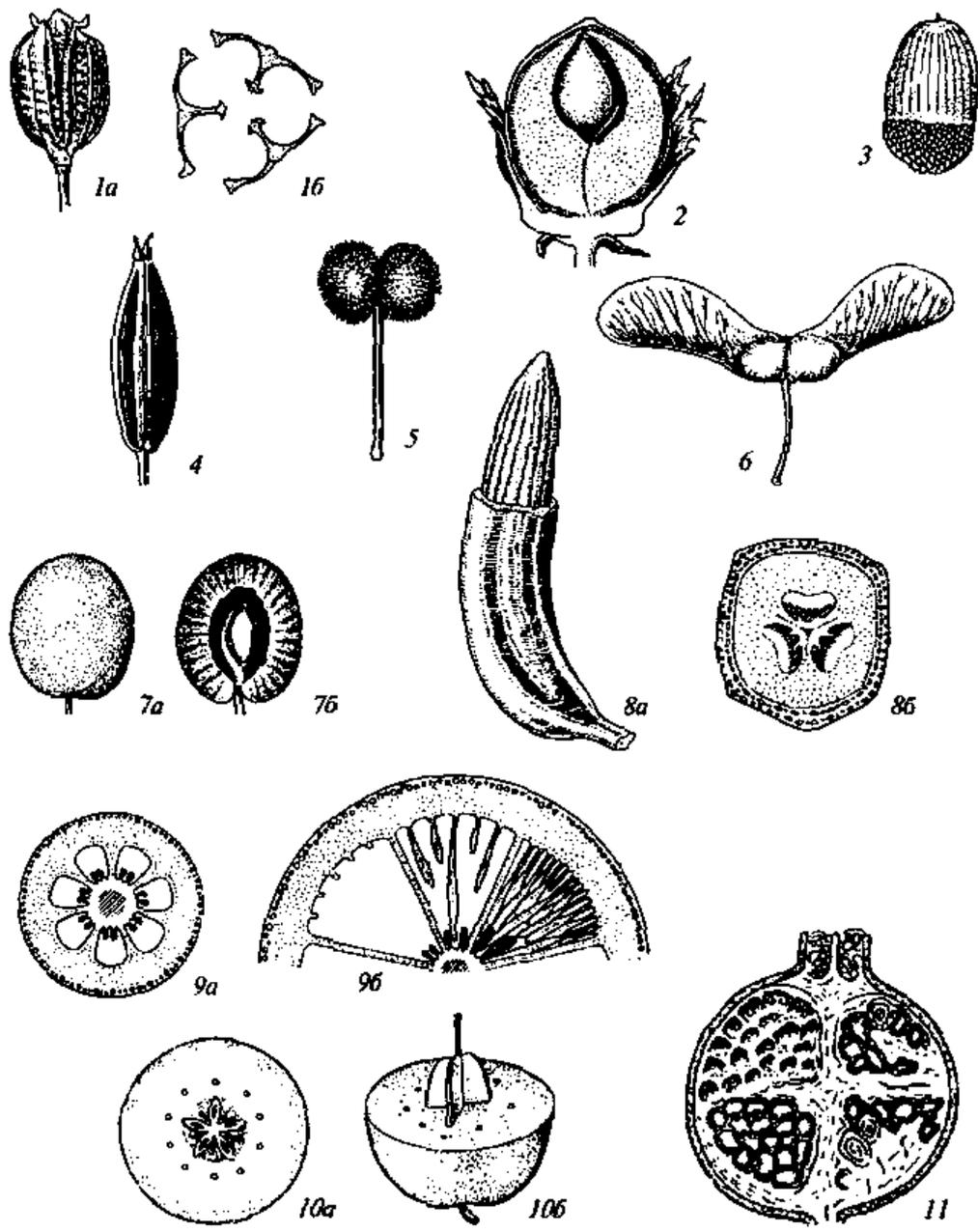


Рис. 46. Синкарпные плоды:

1a — коробочка тюльпана (*Tulipa gesneriana*); 1б — схема вскрывания на поперечном срезе; 2 — продольный разрез ореха лещины (*Corylus avellana*); 3 — желудь дуба (*Quercus robur*); 4 — вислоплодник (*Myrrhis odorata*); 5 — дробный плод подмаренника (*Galium aparine*); 6 — двукрылатка клена (*Acer*

*platanoides*); 7a — костянка маслины (*Olea europae*); 7б — продольный разрез; 8a — ягода банана (*Musa sp.*) с частично удаленным околоплодником; 8б — поперечный разрез плода бессемянной формы; 9a — схема поперечного разреза плода апельсина (*Citrus sp.*); 9б — сектор плода на поперечном разрезе; 10a — поперечный разрез яблока яблони (*Malus domestica*); 10б — яблоко с отпрепарированными плодолистиками; 11 — продольный разрез плода граната (*Punica sp.*)

Семянка — односемянный плод с тонким, но плотным кожистым околоплодником, легко отделяющимся от семени. Верхние Паракарпные семянки характерны для конопли, крапивы, осок, а нижние — для сложноцветных и ворсянковых. Плод осок заключен в замкнутый мешочек, образованный кроющим листом. Весьма разнообразны семянки сложноцветных, приспособившиеся к различным агентам распространения.

Зерновка (злаки) — сухой, односемянный, верхний плод с пленчатым околоплодником, полностью или частично сросшимся с семенной кожурой.

Лизикарпные плоды (рис. 47) отличаются наличием колончатой плаценты. Наиболее широко распространены лизикарпные верхние коробочки, открывающиеся зубчиками (гвоздика, ясколка, примула). Количество плодолистиков колеблется от 2 до 5 (редко до 7). Нижние лизикарпные ягоды свойственны омеле. Очень разнообразны односемянные лизикарпные плоды: семянка (гречишные), семянкovidный лизикарпий (грыжник, дивала), орехovidный лизикарпий (лебец) и др.

О происхождении паракарпных и лизикарпных плодов от синкарпных свидетельствуют многочисленные примеры. Так, в основании плода коробочки смолевки и смолки — многогнездные, а на остальном протяжении — одногнездные с центральной плацентой. У золототысячника и поддельника в основании коробочек имеется перегородка, а в верхней части они одногнездные с постенной плацентацией.

Под соплодием обычно понимают группу тесно сближенных и сросшихся плодов, образующих единую диаспору. Однако иногда к соплодию относят совокупность зрелых плодов одного соцветия, четко обособленного от вегетативной части побега. Такие соплодия характерны для платана, ежеголовника, хмеля, а также для многих сложноцветных. Соплодие ежеголовника легко спутать с многоорешком, а соплодие банксии — с многолисточкой магнолии (рис. 48).

Многокамерные плоды томата часто рассматривают тоже как соплодия. Они формируются при срастании зачатков отдельных цветков.

Весьма своеобразное соплодие характерно для инжира. Его соцветие образуется в результате срастания мясистых веточек, образующих полость с отверстием в верхней части. При созревании соцветия образуется сочное соплодие диаметром до 5 см, окружающее мелкие сухие односемянные плоды.

Нередко к образованию соплодий приводит разрастание околоцветников (свекла, шпинат). Сочная ткань соплодий шелковицы также образована разросшимися околоцветниками.

У ананаса соплодие образуется при срастании и суккулентизации разросшейся оси соцветия, цветков и кроющих листьев. Снаружи оно покрыто жестким образованием из верхушек кроющих листьев.

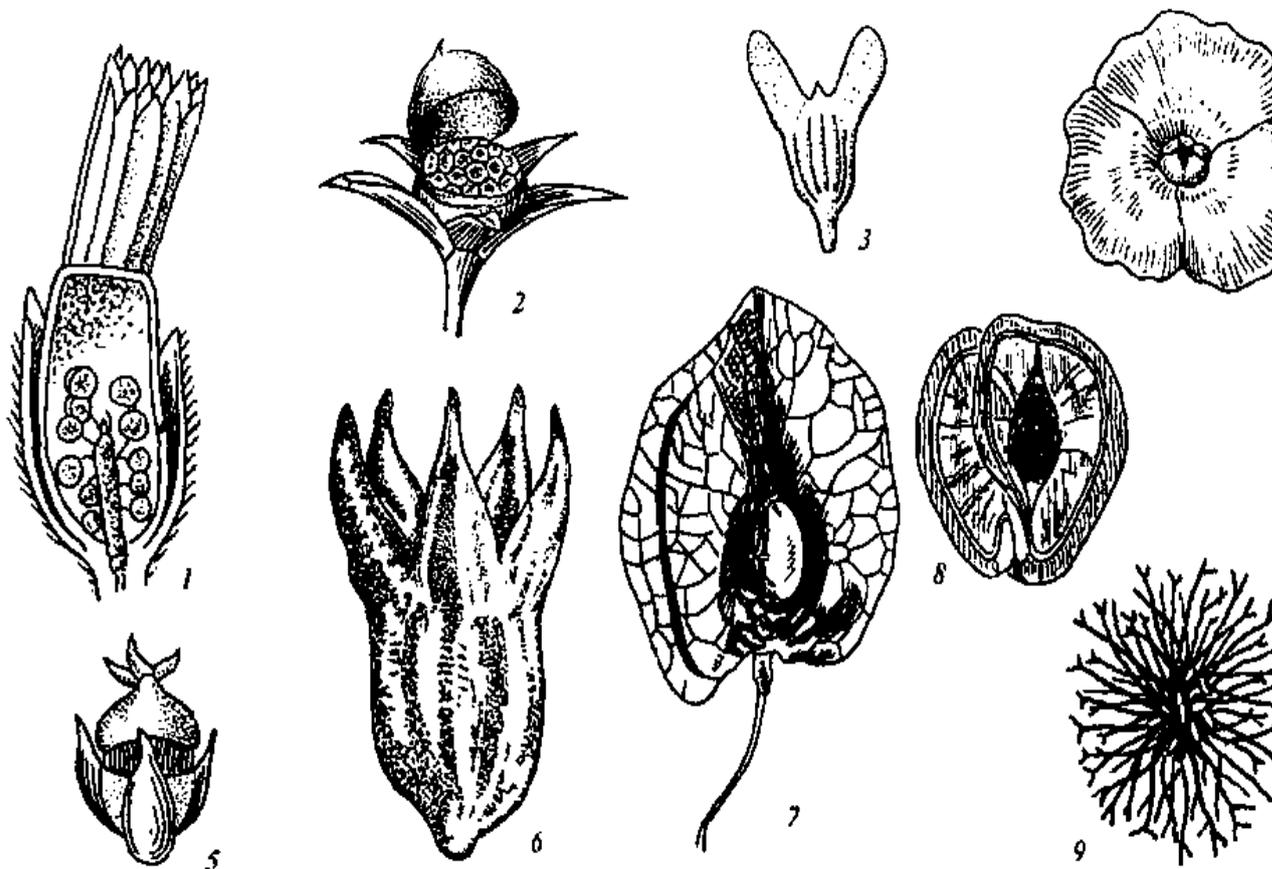


Рис. 47. Лизикарпные плоды:

- 1 — коробочка ясколки (*Cerastium caespitosum*) с удаленной передней стенкой;  
 2 — коробочка очного цвета (*Anagallis arvensis*); 3 — семяновидный лизикарпий лебеды стебельчатой (*Atiplex pedunculata*); 4 — семяновидный лизикарпий солянки шерстистой (*Salsola lanata*); 5 — односемянный лизикарпий щирицы опрокинутой (*Amaranthus retrofractus*); 6 — односемянный лизикарпий дивалы однолетней (*Scleranthus annuus*); 7 — семянка щавеля курчавого (*Rumex crispus*); 8 — семянка ревеня (*Rheum turkestanicum*);  
 9 — семянка джужгуна (*Calligonum caput medusae*)

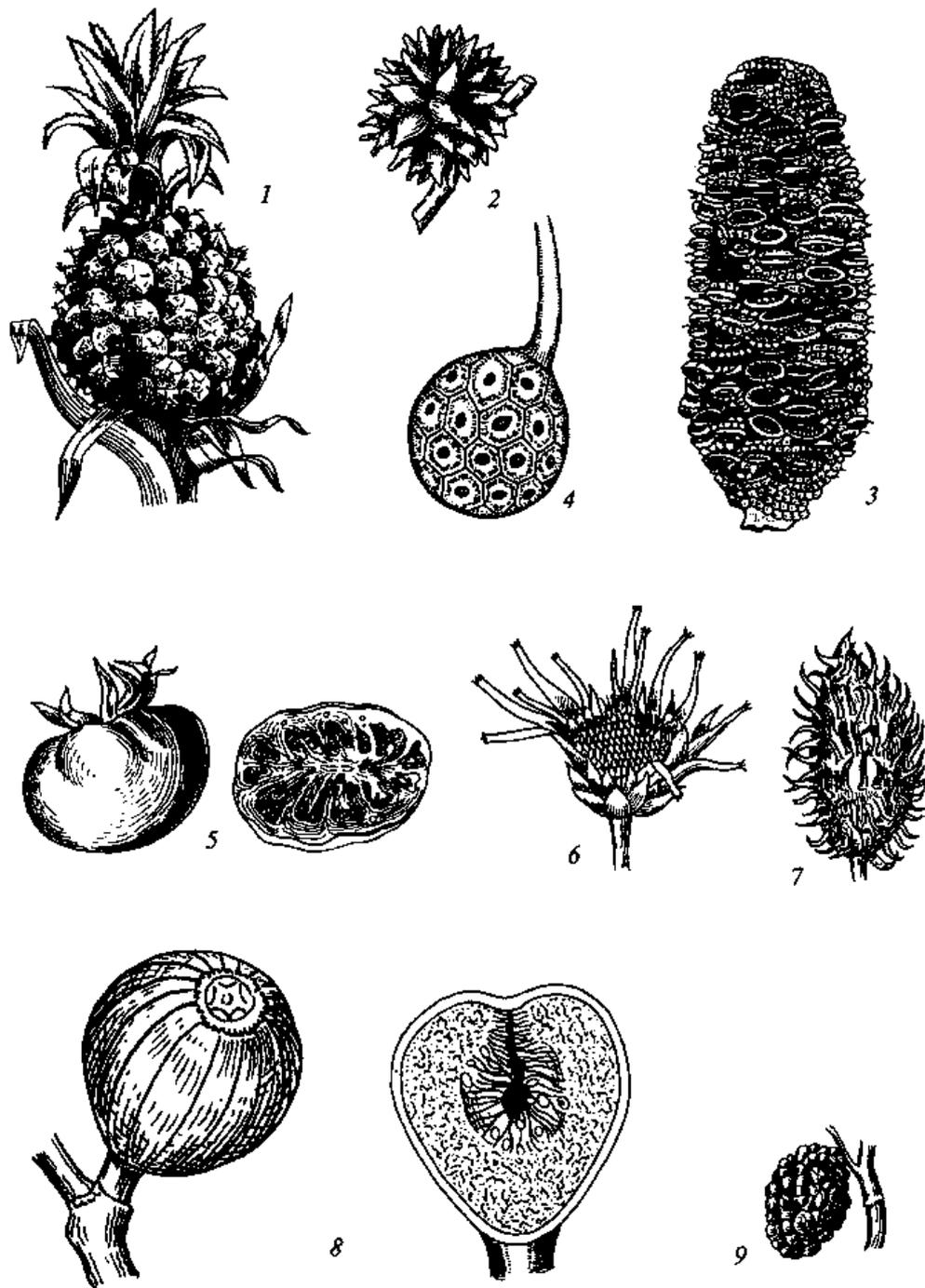


Рис. 48. Соплодия: 1 — ананас (*Ananassa saliva*); 2 — ежеголовник (*Sparganium neglectum*); 3 — банксия (*Banksia verticillata*); 4 — кизил Коуса (*Cornus Kousa*); 5 — томат (*Lycopersicon esculentum*); 6 — василек синий (*Centaurea cyanus*); 7 — дурнишник (*Xanthium strumarium*); 8 — инжир (*Ficus carica*); 9 — шелковица (*Morus nigra*)

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое плод? Из чего он образуется?
2. Что такое околоплодник? Какова его структура? Приведите примеры.
3. Перечислите признаки, по которым классифицируют плоды.
4. Что такое полимерный плод? Приведите примеры.
5. Чем различаются плоды листовки, бобы и стручки. Приведите примеры растений.
6. Чем различаются орех, семянка, желудь и зерновка? Приведите примеры растений.
7. Чем различаются ягода, яблоко, тыква, гесперидий и гранатина?
8. Что такое соплодие? Приведите примеры.

## Содержание

Побег и побеговые системы .....	3
Почки.....	4
Ветвление и нарастание. Моноподиальная и симподиальная системы побегов древесных растений .....	7
Лист .....	10
Анатомическое строение листа.....	15
Стебель .....	19
Метаморфозы побега и листа .....	27
Корень и корневые системы .....	34
Цветок .....	45
Соцветия .....	49
Семена и проростки.....	56
Плоды и соплодия.....	65
Содержание .....	75
Библиографический список	

## Библиографический список

1. Баландин, С.А. Общая ботаника с основами геоботаники : учеб. пособие / С.А. Баландин, Л.И. Абрамова, Н.А. Березина .— 2-е изд., испр. и доп. — М. : Академкнига, 2006 .— 293 с.
2. Еленевский, А.Г. Ботаника. Систематика высших, или наземных, растений : учебник / А.Г. Еленевский, М.П. Соловьева, В.Н. Тихомиров .— 4-е изд., испр. — М. : Академия, 2006 .— 457 с.
3. Козлова, Т.А. Растения леса / Т.А. Козлова, В.И. Сивоглазов .— 4-е изд., стер. — М. : Дрофа, 2011 .— 63 с.
4. Ботаника: в 4 т. : учебник .— 2-е изд., стер. — М. : Академия, 2010 .
5. Барабанов, Е.И. Ботаника : учебник / Е.И. Барабанов, С.Г. Зайчикова .— 3-е изд., стер. — М. : Академия, 2010 .— 448 с. — (Высшее профессиональное образование) .
6. Головкин, Б.Н. Декоративные растения СССР / Б.Н. Головкин, Л.А. Китаева, Э.П. Немченко .— М. : Мысль, 1986 .— 320с.
7. Еленевский, А.Г. Ботаника высших, или наземных, растений : учебник для пед. вузов / А.Г. Еленевский, М.П. Соловьева, В.Н.Тихомиров .— М. : Академия, 2000 .— 429с.
8. Ижевский, С.С. Словарь-справочник по биологической защите растений от вредителей : биология, экология, применение полезных насекомых и клещей: учеб. пособие / С.С. Ижевский .— М. : Академия, 2003 .— 206с.
9. Мацуцкий, С.П. Туристу о растениях / С.П. Мацуцкий .— М. : Профиздат, 1988 .— 168с.
10. Садчиков, А.П. Гидрботаника: прибрежно-водная растительность : учеб. пособие / А.П. Садчиков, М.А. Кудряшов .— М. : Академия, 2005 .— 240 с.
11. Практикум по анатомии и морфологии растений : учеб. пособие / под ред. Л.Н. Дорохина .— М. : Академия, 2001 .— 174с.

И.В. Машкова

**Ботаника с основами фитоценологии**

Учебное пособие для лабораторных работ