

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО БИОЛОГИИ

Допущено УМО по классическому университетскому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Экология и природопользование» (заключение Учебно-методическим Советом по экологии и устойчивому развитию № 13 эко/уч от 20 ноября 2006 г.)

Махачкала 2021

Учебное пособие "Лабораторный практикум по биологии" предназначен для студентов высших учебных заведений биологических, экологических и географических специальностей.

Разработчик: кафедра биологии и
биоразнообразия, Г.М. Абдурахманов, А.Г.
Гасангаджиева, П.А. Бекшокова, З.И.
Солтанмурадова, Г.М. Нахибашева

Учебно-методическая разработка одобрена:
на заседании кафедры биологии и биоразнообразия от «06» июля 2021 г.,
протокол № 10.

Зав. кафедрой



Гасангаджиева А.Г.

на заседании Методической комиссии Института экологии и устойчивого
развития от «07» июля 2021 г., протокол №10.

Председатель



Теймуров А.А.

ББК 28.0я73

УДК 57

А-12

Авторы:

Г.М. Абдурахманов, А.Г. Гасангаджиева, П.А. Бекшокова,
З.И. Солтанмурадова, Г.М. Нахибашева

Рецензент:

Зам. директора Прикаспийского института биологических
ресурсов Дагестанского научного центра Российской академии
наук, доктор биологических наук, профессор,
член-корреспондент РАН – М.Д. Магомедов

Лабораторный практикум по биологии: Учеб. пособие для студентов
высш. учебн. заведений / Г.М. Абдурахманов, А.Г. Гасангаджиева,
П.А. Бекшокова, З.И. Солтанмурадова, Г.М. Нахибашева; Под ред.
Г.М. Абдурахманова. – Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2021 – 220 с.

В учебном пособии приведен материал для практических занятий по
курсу биологии.

Изложена методика работ по цитологии, биохимии, эмбриологии, гене-
тике, зоологии беспозвоночных и отдельных групп позвоночных животных,
морфологии растений. Учтены последние достижения науки. Объекты подоб-
ны таким образом, чтобы они были по возможности доступны. Каждая тема
иллюстрирована рисунками. Практикум снабжен рекомендациями для студен-
тов по выполнению лабораторных работ. Кратко охарактеризованы строение и
функции изучаемых объектов.

Для студентов биологических, экологических и географических специ-
альностей.

Учебное издание

**Абдурахманов Гайирбег Магомедович, Гасангаджиева Азиза Гусейновна,
Бекшокова Патимат Асадуламагомедовна, Солтанмурадова Зарема
Имамутдиновна, Нахибашева Гюльнара Маммаевна**

**Лабораторный практикум по биологии
Учебное пособие**

ISBN 5-903063-17-9

© Абдурахманов Г.М. и др., 2021

© ООО «Издательский дом Наука плюс», 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Практикум по курсу «Биологии» составлен в соответствии с программой по направлению «экология и природопользование – 511100», специальности «экология – 013100» и «география – 012500» для высшей школы. Практикум представляет собой единый учебно-образовательный комплект, направленный на закрепление теоретических знаний, приобретения практических навыков по изучению живых объектов, закономерностей их развития, освоение методов исследования в области ботаники, зоологии, биохимии, генетики и др.

Практикум содержит работы, которые условно можно разделить на группы.

Первая группа посвящена изучению строения клетки и тканей растительных и животных организмов. Эти работы направлены на освоение техники микроскопирования и приготовления временных препаратов. В работах предусмотрено изучение клетки как сложной системы взаимосвязанных органелл, выполняющих различные функции.

Вторая группа работ посвящена биохимическому анализу живой природы. Сюда входят работы по качественному и количественному анализу белков, жиров, углеводов и выявлению активности ферментов.

Третья группа работ направлена на изучение механизмов деления клеток, способов размножения живых организмов, а также основных генетических процессов.

Четвертая группа работ направлена на изучение наследственности, наследования и изменчивости, сюда же входит решение задач. Решение задач способствует лучшему освоению теоретического курса.

Пятая группа работ знакомит с особенностями строения и жизнедеятельности представителей основных систематических групп животных. Это обеспечит более глубокое усвоение теоретического курса зоологии.

Шестая группа работ посвящена изучению морфологии вегетативных и генеративных органов растений. Работы, приведенные в двух последних группах, послужат теоретической основой для прове-

дения учебных полевых практик по «Зоологии беспозвоночных» и «Морфологии растений».

Описания практических заданий исходят, прежде всего, многолетнего накопленного на кафедре биологии и биоразнообразия факультета экологии Дагестанского государственного университета, а также заимствованы из разных источников с учетом специфики подготовки специалистов в области экологии. При описании работы приводятся краткие теоретические сведения, перечень приборов, посуды, материалов и реактивов, необходимых для выполнения работы, даются рекомендации для анализа результатов опыта. В конце работы приводятся вопросы для самоконтроля и задания для самостоятельного выполнения. В конце каждой группы работ приводятся вопросы к коллоквиуму по теоретическому и практическому материалу.

Практикум иллюстрирован. Зарисовка изучаемых живых объектов и их отдельных структур – один из приемов обучения. Выполняя рисунок объекта, студент имеет возможность более глубоко и основательно его изучить. В процессе рисования фиксируется внимание на деталях, которые могут быть незамечены при работе с препаратом. Рисунки лучше выполнять цветными карандашами.

Приведенный в конце список рекомендуемой литературы может быть полезен при самостоятельной работе студента, а также при подготовке к семинарским занятиям, составлении курсовых и других работ.

Тема 1: Устройство светового микроскопа, временные препараты, рисунок

Материал: микроскоп «Биолам», предметные и покровные стекла, бритва, репчатый лук, принадлежности для рисования.

Общие замечания

Устройство биологического микроскопа

Биологический микроскоп – это оптический прибор, при помощи которого можно получить увеличенное обратное изображение, изучаемого объекта и рассмотреть мелкие детали его строения.

В микроскопе различают две системы (рис. 1): оптическую и механическую. К оптической системе относят объективы, окуляры и осветительные устройства.

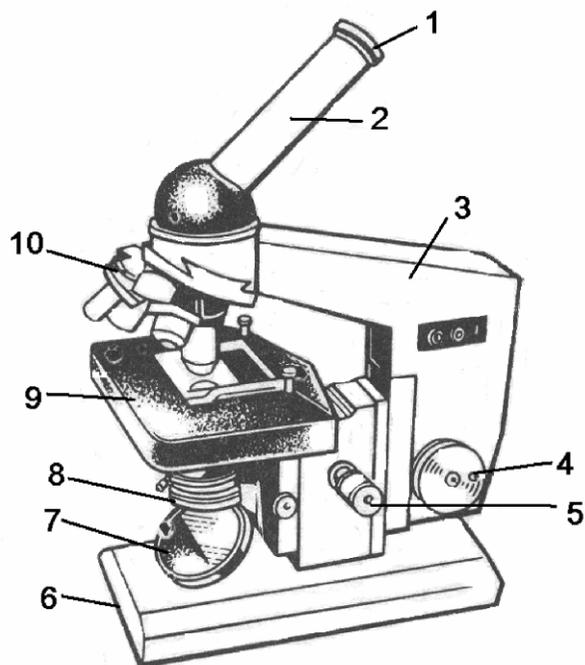


Рис. 1. Световой микроскоп «Биолам»:

1 - окуляр, 2 – тубус, 3 – тубусодержатель, 4 – винт грубой наводки, 5 – микрометрический винт, 6 – подставка, 7 – зеркало, 8 – конденсор и ирисовая диафрагма, 9 – предметный столик, 10 – револьвер с объективами

Объектив – это одна из важнейших частей микроскопа. При его помощи получают увеличенное действительное, но обратное изображение объекта и выявляют тонкие детали его структуры. Он определяет *полезное увеличение объекта*. Под полезным увеличением понимают такое увеличение наблюдаемого объекта, при котором можно выявить новые детали его строения. Неполезные – это увеличение, при котором размеры объекта возрастают в сотни и более раз, но при этом не обнаруживаются новые детали строения.

Объектив состоит из металлического цилиндра и вмонтированных в него линз, число которых может быть различным. Степень увеличения зависит от числа линз. Объектив с большим увеличением имеет 8-10 линз. Первую линзу, обращенную к препарату, называют *фронтальной*. Объективы располагаются на револьвере, который способен их вращать. Увеличение объектива обозначено на нем цифрами. Микроскоп «Биолам» снабжен тремя объективами: $\times 20$, $\times 40$, $\times 60$, $\times 90$.

Качество объектива определяет его *разрешающую способность*. Невооруженным глазом человек может различить две очень близко лежащие точки лишь в том случае, если расстояние между ними будет не менее 0,15 мм (150 мкм). Если же расстояние меньше, то две точки сливаются в одну. Таким образом, разрешающая способность глаза человека равна 150 мкм. Естественно, чем больше разрешающая способность объектива, тем больше выявляют подробности строения наблюдаемого объекта. Для объектива $\times 40$ разрешающая способность равна – 0,52 мкм, для объектива $\times 90$ – 0,27 мкм.

Окуляр подобно лупе дает прямое увеличенное изображение наблюдаемого объекта, построенного объективом. Он не выявляет новых деталей строения и в этом отношении его увеличение бесполезно. Окуляр устроен проще объектива. Он состоит из двух-трех линз, вмонтированных в металлический цилиндр. Между линзами расположена постоянная диафрагма, определяющая границы поля зрения. Нижняя линза фокусирует изображение объекта, построенное объективом, в плоскости диафрагмы, а верхняя – служит непосредственно для наблюдения.

Осветительное устройство состоит из зеркала и конденсора с ирисовой диафрагмой, расположенных под предметным столиком. Оно предназначено для освещения объекта пучком света.

Зеркало служит для направления света через конденсор и отверстие предметного столика на объект. Оно имеет две поверхности:

плоскую и вогнутую. В учебных лабораториях с рассеянным светом используют вогнутую поверхность зеркала. Зеркало закреплено на штативе так, что оно может вращаться в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

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

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

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

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

Подставка - подковообразное основание микроскопа.

Коробка с микрометрическим механизмом прикреплена к подставке неподвижно. Микрометрический винт, расположенный на подставке микроскопа, служит для незначительного перемещения тубусодержателя, измеряемого микрометрами. Полный оборот микрометрического винта передвигает тубусодержатель на 100 мкм, а поворот на одно деление опускает или поднимает тубусодержатель на 2 мкм. Во избежание порчи микрометрического механизма разрешается крутить микрометрический винт в одну сторону *не более, чем на половину оборота*.

Тубус – цилиндр, в который сверху вставляют окуляры.

Револьвер предназначен для быстрой смены объективов, ввинченных в его гнезда.

Тубусодержатель несет тубус и револьвер.

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

Предметный столик предназначен для расположения на нем препарата. В середине столика есть круглое отверстие, в которое входит фронтальная линза конденсора. Столик можно вращать вокруг оси и передвигать в двух взаимно перпендикулярных направлениях при помощи двух винтов, расположенных справа и слева от столика. На столике есть два зажима, закрепляющих препарат.

Кронштейн конденсора подвижно присоединен к коробке микрометрического механизма. Его можно поднять или опустить при помощи винта.

Задания

1. Ознакомиться с устройством биологического микроскопа («Биолам») и назначением его частей. Усвоить важнейшие правила работы с микроскопом.
2. Освоить методику изготовления временных препаратов.
3. Усвоить правила изготовления рисунка.

Порядок работы

Правила обращения с биологическим микроскопом

1. Работают с микроскопом всегда сидя.
2. Ставят микроскоп у края стола так, чтобы окуляр находился против левого глаза, и в течение работы его не передвигают. Тетрадь и все предметы, необходимые для работы, располагают справа от микроскопа.
3. Открывают полностью диафрагму, поднимают конденсор в крайнее верхнее положение, чтобы его фронтальная линза находилась на одном уровне с предметным столиком. Если столик не ориентирован, его передвигают при помощи винтов так, чтобы линза конденсора попала в центр отверстия столика.
4. Ставят в объектив $\times 20$ в рабочее положение – на расстоянии 1 см от предметного столика. Работу с микроскопом *всегда начинают с малого увеличения*.
5. Глядя левым глазом в окуляр и пользуясь вогнутым зеркалом, направляют свет от окна или электрической лампы в объектив и максимально равномерно освещают поле зрения. *Правый глаз оставляют открытым*.
6. Кладут препарат на предметный столик так, чтобы изучаемый объект находился под объективом, и, *глядя сбоку*, опускают объектив при помощи винта грубой наводки до тех пор, пока рас-

стояние между фронтальной линзой объектива и препаратом не станет 4-5 мм.

7. Глядя левым глазом в окуляр и вращая винт грубой наводки на себя, плавно поднимают объектив до положения, при котором хорошо видно изображение объекта. Передвигая препарат рукой, находят нужное место, располагают его в центре поля зрения и закрепляют препарат клеммами.

Нельзя смотреть в окуляр и опускать объектив, вращая винт грубой наводки от себя, так как при этом фронтальная линза может раздавить покровное стекло и на ней появится царапина.

8. Добиваются большей четкости изображения, приведя в соответствие диаметр пучка света, попадающего в объектив, и фронтальной линзы объектива. Для этого вынимают окуляр и, глядя в тубус, медленно закрывают отверстие диафрагмы до тех пор, пока ее края не появятся на границе выходного зрачка объектива.

При слишком сильном освещении увеличивают контрастность изображения, опускают конденсор.

9. Для изучения какого-либо участка объекта при большом увеличении ставят этот участок в центр поля зрения, *передвигая препарат рукой*. После этого переворачивают револьвер так, чтобы объектив $\times 40$ занял рабочее положение. Смотрят в окуляр – изображение объекта будет нечетким. При помощи *микрометренного винта*, расположенного на основании микроскопа, добиваются хорошего изображения объекта.

10. передвигают препарат при большом увеличении, *только перемещая столик*.

11. По окончании работы с большим увеличением поворачивают револьвер, устанавливают малое увеличение и снимают препарат. *Нельзя вынимать препарат из-под объектива $\times 40$* , так как рабочее расстояние его равно 0,6 мм и во время перемещения стекла легко можно испортить фронтальную линзу.

Изготовление временных препаратов

При изготовлении *временных* препаратов изучаемый объект помещают на предметное стекло в каплю воды или глицерина, раствора реактива или красителя и накрывают покровным стеклом. Такой препарат хранят не более месяца.

Препараты, которые можно хранить более длительный срок, называют *постоянными*.

Временные препараты готовят соблюдая следующую последовательность операций.

1. Моют и тщательно вытирают предметное и покровное стекла. Чтобы не сломать очень хрупкое покровное стекло, его ополаскивают в воде, помещают в складку полотенца между большим и указательным пальцами правой руки и вытирают круговыми движениями.

2. Наносят на предметное стекло каплю жидкости (вода, глицерин, раствор реактива или красителя).

3. Делают срез изучаемого органа при помощи бритвы.

4. Выбрав самый тонкий срез, кладут его на предметное стекло в каплю жидкости.

5. Закрывают срез покровным стеклом так, чтобы под него не попал воздух. Для этого покровное стекло берут двумя пальцами за грани, подводят нижнюю грань к краю капли жидкости и плавно опускают.

6. Если жидкости много и она вытекает из-под покровного стекла, избыток ее удаляют кусочком фильтровальной бумаги. Если под покровным стеклом остались места, заполненные воздухом, добавляют жидкость, поместив каплю ее рядом с краем покровного стекла.

Изготовление рисунка

После изучения микроскопического строения объектов их зарисовывают. Детальный рисунок должен быть предельно ясным, четким, без случайных подробностей.

Рисунок необходимо сделать такой величины, чтобы на нем можно было показать все необходимые детали. Пропорции общего размера рисунка и его деталей должны быть сохранены. Рисунок снабжают пояснительными надписями (рис. 2).

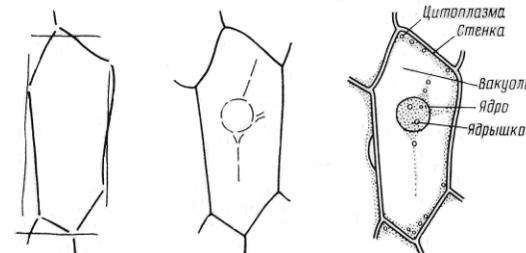


Рис. 2. Последовательные этапы построения рисунка

Рисунок – это не только отчетный материал о выполненной работе, но и метод исследования. В процессе зарисовки препарат анализируют более внимательно и подробно. Задача студента состоит в том, чтобы научиться различать детали строения и постоянно сравнивать их.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое разрешающая способность микроскопа?
2. От каких частей оптической системы выявление мелких деталей структуры объекта (полезное увеличение)?
3. Каков предел разрешающей способности микроскопа МБР-1?
4. Как правильно смотреть в окуляр?
5. Почему нельзя, глядя в окуляр, вращать винт грубой наводки от себя (опускать объектив)?
6. При каких условиях, для каких целей и как используют микрометрический винт?
7. Когда пользуются винтами передвижения столика?
8. В каком положении следует оставлять микроскоп по окончании работы?
9. Чем отличается временный препарат от постоянного?
10. в чем отличие детального рисунка от схематического?

Тема 2: Строение клетки эпидермы сочной чешуи луковичи лука

Материал: луковича лука (*Allium cepa*), раствор йода в йодиде калия.

Задания

1. Изготовить препарат эпидермы сочной чешуи луковичи лука.
2. Найти и рассмотреть при малом увеличении участок эпидермы, состоящий из одного слоя клеток с хорошо заметными ядрами.
3. Изучить строение клетки при большом увеличении сначала в капле воды, а затем в растворе йода в йодиде калия.
4. Зарисовать одну-две клетки и обозначить их основные части.

Порядок работы

Пинцетом или препаровальной иглой снимают эпидерму с выпуклой поверхности чешуи, помещают ее в каплю воды на предметное стекло наружной стороной кверху и накрывают покровным стеклом.

Эпидерма с вогнутой стороны состоит из очень крупных клеток, которые обычно помещают в поле зрения при большом увеличении.

Передвигая препарат, при малом увеличении находят участок из одного слоя клеток с ясно заметными ядрами и цитоплазмой (рис. 3, А). Избранный участок объекта помещают в поле зрения и изучают при большом увеличении. На препарате, приготовленном в капле воды, хорошо видны светлые стенки клеток, в которых иногда заметны небольшие утолщенные места - поры. Внутри каждой клетки в бесцветной зернистой цитоплазме можно наблюдать ядро с одним-двумя ядрышками. В более молодых клетках ядро находится в центральной части и окружено цитоплазмой, расходящейся тяжами к стенкам. Между тяжами цитоплазмы расположены вакуоли, заполненные клеточным соком. В более старых клетках ядро лежит в пристенном слое цитоплазмы, а всю центральную часть занимает большая вакуоль (рис. 3, В).

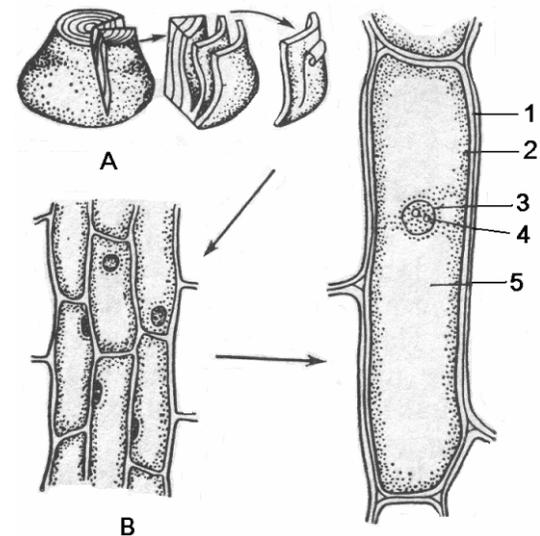


Рис. 3. Эпидерма сочной чешуи луковичи лука (*Allium cepa*): А – снятие эпидермы; В – клетки эпидермы сочной чешуи (справа – при большом увеличении, слева – при малом): 1 – стенка клетки, 2 – цитоплазма, 3 – ядро, 4 – ядрышко, 5 – вакуоль

Граница между цитоплазмой и вакуолями будет видна значительно лучше, если на клетки подействовать раствором йода в йодиде

калия, который является также реактивом на белок. Реакцию можно провести не снимая препарат со столика микроскопа. Для этого сухой стеклянной палочкой берут небольшую каплю реактива и наносят ее на предметное стекло около правого края покровного стекла, а с левой стороны кладут фильтровальную бумагу. Бумага впитывает воду из-под покровного стекла, а на ее место проникает реактив. В результате реакции белок цитоплазмы окрашивается в желтый цвет, а белки ядра в темно-желтый цвет. Вакуоли представляют собой более светлые пятна. Стенки клеток остаются бесцветными.

Изучив строение клеток, зарисовывают одну-две из них и делают обозначения: стенка клетки, цитоплазма, вакуоли, ядро, ядрышко.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие компоненты клетки можно рассмотреть в оптический микроскоп?
2. Какие органеллы составляют субмикроскопическую структуру цитоплазмы и ядра?
3. Какие органеллы покрыты одной мембраной, какие – двумя?
4. Как осуществляется связь между ядром и цитоплазмой?

Тема 3. Хромопласты в клетках мякоти зрелых плодов

Материал: свежие плоды шиповника (*Rosa canina*), перца (*Cap-sicum annuum*), томата (*Lycopersicum esculentum*) и других растений.

Задания

1. Изготовить препараты клеток мякоти плодов растений.
2. Исследовать содержимое клеток при большом увеличении и рассмотреть форму хромопластов.
3. Зарисовать одну-две клетки мякоти плодов каждого вида растения и сделать обозначения.

Порядок работы

Острием иглы надрывают кожуру зрелого плода и достают немного мякоти. Это легко удается, поскольку в зрелых плодах произошла *естественная мацерация* (разъединение) клеток. Мякоть переносят на предметное стекло в каплю воды, осторожно разрыхляют и накрывают покровным стеклом.

При малом увеличении находят участок со свободно лежащими клетками и при большом увеличении исследуют их. Клетки имеют округлую форму. Стенки очень тонкие. Внутри клеток хо-

рошо видны скопления *хромопластов*. В клетках плодов шиповника, перца красного, томата хромопласты более или менее шаровидные (рис. 4). В клетках мякоти зрелых плодов ядра не видны, их можно обнаружить только после специальной окраски.

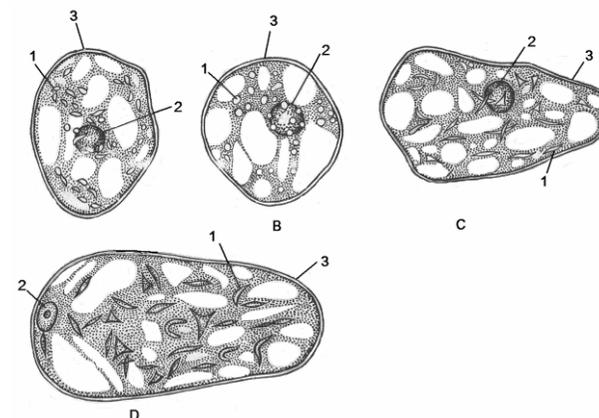


Рис. 4. Клетки мякоти зрелых плодов:

А - шиповника (*Rosa canina*), В - ландыша (*Convallaria majalis*), С - рябины (*Sorbus aucuparia*), D - боярышника (*Crataegus sanguinea*): 1 – хромопласты, 2 – ядро, 3 – стенка клетки

Зарисовать при большом увеличении клетки с хромопластами из плодов двух-трех видов растений и сделать обозначения: стенка клетки, хромопласты.

Вопросы для самоконтроля

1. В клетках каких органов растений чаще всего можно встретить хромопласты?
2. Какие пигменты имеются в хромопластах?
3. Каких типов бывают хромопласты?
4. Что такое естественная и искусственная мацерация?

Тема 4. Лейкопласты в клетках эпидермы листа традесканции

Материал: живые побеги одного из видов традесканции – традесканции виргинской (*Tradescantia virginica*), традесканции зеленой (*Tradescantia viridis*).

Задания

1. Изготовить препарат нижней эпидермы листа традесканции.
2. Рассмотреть при большом увеличении содержимое клеток, найти ядро и лейкопласты.
3. Зарисовать одну-две клетки и сделать обозначения.

Порядок работы

Для приготовления препарата срывают лист с побега традесканции и обертывают его вокруг указательного пальца левой руки так, чтобы нижняя сторона фиолетового цвета была обращена наружу. Правой рукой при помощи иглы надрывают эпидерму над средней жилкой ближе к основанию листа и пинцетом снимают ее кусочек. При этом невольно захватывают часть мякоти листа, но обычно всегда можно найти тонкий участок на периферии, состоящий из одного ряда клеток эпидермы.

Сорванный кусочек кладут на предметное стекло в каплю воды наружной стороной вверх и накрывают покровным стеклом.

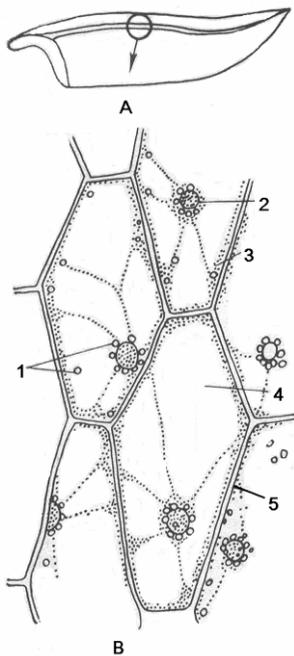


Рис. 5. Эпидерма листа традесканции (*Tradescantia sp.*):

А – снятие эпидермы, В – клетки эпидермы: 1 – лейкопласты, 2 – ядро, 3 – цитоплазма, 4 – вакуоль, 5 – стенка клетки

При малом увеличении рассматривают вытянутые клетки, имеющие форму шестигульников, бесцветные или окрашенные в бледно-фиолетовый или красный цвет благодаря присутствию в вакуолях пигмента *антоциана*. Передвигая препарат, находят клетку с хорошо заметным ядром. При большом увеличении видно, что ядро окружено мелкими бесцветными шаровидными тельцами. Это бесцветные пластиды – *лейкопласты* (рис. 5). Иногда их скопление столь велико, что ядро трудно рассмотреть. Лейкопласты имеются также в пристенном слое цитоплазмы и тяжах, идущих к ядру. Пластиды лучше видны с прикрытой диафрагмой. Обращают внимание на то, что клетки эпидермы плотно сомкнуты между собой, так как эта ткань выполняет защитную функцию.

Зарисовывают клетки эпидермы и делают обозначения: стенка клетки, ядро, лейкопласты, цитоплазма, вакуоль.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие пластиды имеются в клетках зеленых растений?
2. Различимы ли пластиды под световым микроскопом?
3. Каково происхождение пластид?
4. Какие взаимные превращения возможны между ними?
5. На какие три группы делят лейкопласты по функции?
6. Какая особенность свойственна лейкопластам в клетках эпидермы?
7. В чем отличие клеток растений от клеток животных.

Тема 5: Явление плазмолиза в клетках листа элодеи (*Elodea canadensis*)

Материал: листья элодеи (*Elodea canadensis*), сорванные с растений за 30 мин до начала занятия и выдержанные на ярком свету в чашке Петри с водой при температуре 20-25°C.

Оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие, пипетки, фильтровальная бумага.

Реактивы: 10% раствор поваренной соли, дистиллированная вода.

Общие замечания

Одним из наиболее удобных объектов для изучения живой клетки считается лист элодеи – водного растения, распространенного в пресных стоячих или медленно текущих водоемах. Элодея хорошо

разводится в аквариумах. Сидячие линейно-ланцетовидные листья длиной не более 1 см расположены мутовками на тонком стебле. Он достаточно прозрачен, поэтому его можно рассматривать целиком. Для наблюдений лучше брать листья с молодых веточек на расстоянии 1-2 см от верхушки.

На живой клетки элодеи можно наблюдать проявление свойства цитоплазмы, получившего название полупроницаемости или избирательной проницаемости. Это свойство присуще только живой цитоплазме и обнаружение его в клетке может использоваться для отличия живой клетки от погибшей.

Свойство полупроницаемости цитоплазмы заключается в том, что ее пограничные слои легко проницаемы для воды и непроницаемы для растворов, содержащих крупные молекулы. Концентрация сахаров, кислот, белков, солей и других веществ в клеточном соке, находящемся в вакуоле, обычно выше концентрации веществ во внешней среде (почвенном растворе или водоеме). Поэтому на основании осмотических законов внутрь вакуоли будет поступать вода, «стремясь» выровнять концентрацию наружного раствора и клеточного сока (выравнивание концентрации не может идти путем вывода сахаров, кислот и других веществ из вакуоли, так как цитоплазма для них непроницаема). Поступающая вода увеличивает объем вакуоли, которая прижимает цитоплазму к стенке клетки. В силу этого клеточные стенки испытывают так называемое «тургорное» давление, а клетка находится в состоянии натяжения – тургора. Сила, с которой вода проникает внутрь вакуоли, называется сосущей силой клетки. Она зависит от разницы концентрации осмотически активных веществ в наружном растворе и в вакуоле.

Искусственно можно создать условия, когда концентрация наружного раствора будет больше концентрации клеточного сока, подействовав на клетку тем или иным гипертоническим раствором (5% раствор калийной селитры, 30% раствор сахарозы, 10% раствор поваренной соли и др.). В этом случае вода из вакуолей будет проходить через протопласт в окружающий раствор. При этом вакуоль сократится, цитоплазма в силу эластичности отстает от стенки клетки, а пространство между протопластом и стенками клетки заполнит внешний раствор. Это явление называется *плазмолизом*.

Задания

1. Изготовить препарат листа элодеи в капле воды.
2. При большом увеличении обнаружить вращательные движения цитоплазмы в клетке средней жилки листа элодеи.
3. Зарисовать клетки листа элодеи и указать стрелками направление движения цитоплазмы. Обозначить части клетки.
4. Рассмотреть явление плазмолиза в клетках листа элодеи.
5. Зарисовать явление плазмолиза в клетках листа элодеи.

Порядок работы

Рассматривают препарат листа элодеи при малом увеличении, отмечают, что пластинка листа состоит из двух слоев клеток, многослойна лишь средняя жилка.

При большом увеличении в средней жилке у основания листа находят клетки с движущей вдоль их стенки цитоплазмой. В центре клетки находится вакуоль. Такое движение называют *вращательным (круговыми, ротационным)*. Оно хорошо заметно вследствие того, что цитоплазма увлекает за собой хлоропласты (рис. 6). Следовательно, движение самих хлоропластов пассивно. Под действием света, падающего на препарат, повышенной температуры, а также в результате механического повреждения цитоплазмы заметно усиливается. При этом ядра клеток почти не видны. Иногда их удается обнаружить в клетках зубчиков, где хлоропластов значительно меньше. Следует обратить внимание на линзовидную форму хлоропластов.

Зарисовывают одну клетку; обозначают хлоропласты, стенку клетки, вакуоль, цитоплазму; стрелками показывают направление ее движения.

Действуют на препарат раствором 10% поваренной соли. При наблюдении в микроскоп видно, что протопласт начинает отставать от оболочки и приобретать неправильную угловую форму (*вогнутый плазмолиз*). Затем протопласт отделяется полностью от всей поверхности оболочки и округляется (*выпуклый плазмолиз*).

Процесс плазмолиз обычно обратим, а клетка при этом не получает никаких стойких повреждений. Для демонстрации этого явления плазмолизированную клетку необходимо поместить в чистую воду. Вода начинает поступать в клетку путем осмоса. Объем протопласта увеличивается, он давит на клеточную стенку и растягивает ее. Наблюдаемое явление называется *деплазмолизом*.

Тема 6: Запасной крахмал

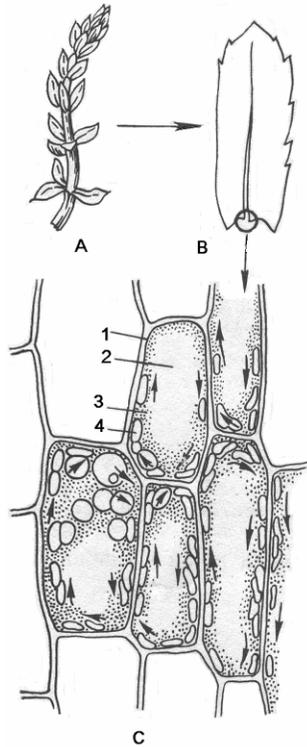


Рис. 6. Лист элодеи (*Elodea canadensis*):

А, В – лист при малом увеличении;
С – клетки листа (стрелками показана направление вращательного движения цитоплазмы): 1 – стенка клетки, 2 – вакуоль, 3 – цитоплазма, 4 – хлоропласты

Вопросы для самоконтроля

1. В чем особенность вращательного движения цитоплазмы?
2. В чем заключается способность к полупроницаемости или избирательной проницаемости цитоплазмы?
3. В чем причина тургорного состояния клетки?
4. Что такое плазмолиз? Какие вещества вызывают это явление?
5. В чем суть процесса деплазмолиза?
6. Каковы особенности избирательной проницаемости цитоплазмы у мертвых клеток?

Материал: клубень картофеля (*Solanum tuberosum*), предварительно намоченные зерновки пшеницы (*Triticum aestivum*), кукурузы (*Zea mays*), риса (*Oryza sativa*), плоды гречихи (*Fagopyrum sagittatum*), раствор йода в йодиде калия.

Общие замечания

Первичный (фотосинтетический) крахмал образуется из продуктов фотосинтеза в хлоропластах и имеет вид мелких крупинок. Однако здесь он не накапливается. При помощи ферментов первичный крахмал осаживается до глюкозы, которая транспортируется из листа на построение новых органов или откладывается в запас. Вторичное превращение сахара в крахмал происходит уже в лейкопластах (амилопластах), где образуются *простые, полусложные и сложные зерна вторичного крахмала*. Если в лейкопласте имеется одна точка (*образовательный центр*), вокруг которой откладываются слои крахмала, то возникает *простое зерно*, если две и более, то сложное состоящее как бы из нескольких простых. *Полусложное зерно* образуется в том случае, если крахмал сначала откладывается вокруг нескольких образовательных центров, а затем после соприкосновения простых зерен вокруг них возникают общие слои (рис. 7, А).

Расположение слоев может быть *концентрическим или эксцентрическим*. В последнем случае образовательный центр находится не в центре зерна, а сдвинут вбок (рис. 7, А). Вторичный крахмал – это запасной продукт. Он накапливается в специализированных органах: корневищах, клубнях, семенах, плодах и т.д. Каждому виду растений свойственна определенная форма крахмальных зерен.

Задания

1. Изготовить препараты крахмальных зерен картофеля, пшеницы, кукурузы, риса, гречихи.
2. Провести реакцию на крахмал раствором йода в йодиде калия.
3. Зарисовать при большом увеличении крахмальные зерна указанных выше растений, сохраняя пропорции между ними. Сделать обозначения.

Порядок работы

При изучении крахмальных зерен *картофеля* отрезают маленький кусочек клубня и делают им мазок по предметному стеклу в

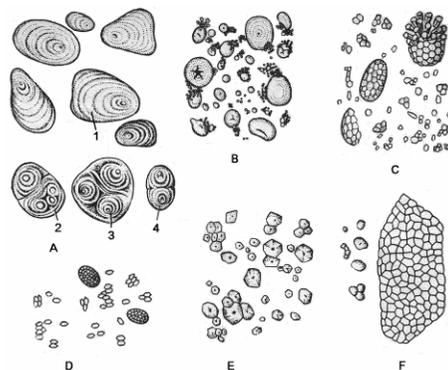
капле воды. При этом из разрушенных клеток в воду попадают крахмальные зерна, в результате чего она мутнеет. Каплю накрывают покровным стеклом и рассматривают при малом увеличении, а затем при большом. Во втором случае хорошо видны овальные и яйцевидные бесцветные крахмальные зерна с эксцентрической слоистостью. При рассмотрении слоистости следует прикрывать диафрагму конденсора и слегка вращать микрометрический винт. Среди множества простых крахмальных зерен можно найти сложные и полусложные. Зарисовывают несколько крахмальных зерен и делают обозначения.

Реактивом на крахмал служит слабый раствор йода в йодиде калия. Глядя в микроскоп, наблюдают, как крахмальные зерна постепенно приобретают цвета от слабо-синего до темно-синего и черного.

Крахмальные зерна *пшеницы* можно рассмотреть в эндосперме набухшей зерновки. Разрезав зерновку, извлекают кончиком иглы немного эндосперма и переносят его в каплю воды на предметное стекло. Затем накрывают покровным стеклом и рассматривают при большом увеличении. В поле зрения микроскопа видны округлые и овальные крахмальные зерна (рис. 7, В). Более крупные характеризуются едва видимой концентрической слоистостью, а мелкие заметной слоистости не имеют. Зарисовать несколько крахмальных зерен пшеницы, сопоставляя по размеру с более крупными крахмальными зернами картофеля.

Рис. 7. Крахмальные зерна различных видов растений:

А – картофель (*Solanum tuberosum*),
В – пшеница (*Triticum aestivum*),
С – овес (*Avena sativa*), D – рис (*Oryza sativa*), E – кукуруза (*Zea mays*), F – гречиха (*Fagopirum sagittatum*): 1 – простое крахмальное зерно, 2 – сложное, 3 – полусложное



Препарат крахмальных зерен *кукурузы* готовят так же, как и пшеницы. У кукурузы крахмальные зерна простые, многогранные, со

сглаженными углами. В центре видна трещина по форме напоминающая штрих, галочку или звездочку (рис. 7, E). Зарисовывают несколько зерен.

Крахмальные зерна *риса* извлекают из зерновки аналогичным способом и изготавливают препарат. У риса сложные крахмальные зерна состоят из очень мелких граненых простых (рис. 7, D).

Крахмальные зерна *гречихи* извлекают из набухшего плода. Препарат изготавливают таким же способом, как предыдущие. При большом увеличении видно, что крахмальные зерна гречихи очень мелкие неправильной формы. В поле зрения микроскопа они обнаруживаются либо поодиночке, либо в скоплениях, соответствующих очертанию клетки (рис. 7, F). Иногда такие скопления принимают за сложные крахмальные зерна. Слоистость крахмальных зерен незаметна. В некоторых из них в центре видна трещина. Зарисовывают несколько простых крахмальных зерен и одно из скоплений.

Вопросы для самоконтроля

1. Какой крахмал называют первичным, а какой – вторичным?
2. В чем разница между простым, полусложным и сложными крахмальными зернами?
3. Как образуются простые крахмальные зерна и как – сложные?
4. Чем обусловлена слоистость крахмальных зерен?
5. Можно ли по форме крахмальных зерен определить, какому виду растений они принадлежат?

Тема 7: Алейроновые зерна в клетках эндосперма зерновки пшеницы и семядолей фасоли

Материал: зерновки пшеницы (*Triticum durum*), предварительно намоченные и зафиксированные в спирте, намоченные семена фасоли (*Phaseolus vulgaris*); раствор йода в йодиде калия, глицерин.

Общие замечания

Запасные белки наиболее часто откладываются в виде зерен округлой или овальной формы, называют *алеЙроновыми*. Эти зерна образуются в вакуолях при их высыхании вследствие выпадения в

осадок белка. Они аморфны. Если алейроновые зерна не имеют заметной внутренней структуры, их называют *простыми*. Иногда же в них среди аморфного белка можно заметить один или несколько *белковых кристаллов*. В отличие от настоящих кристаллов кристаллы белка набухают в воде, слабых кислотах и щелочах, окрашиваются красителями. Кроме того, в алейроновых зернах встречаются бесцветные тельца округлой формы, содержащие запасной фосфор, - *глобиды*. Алейроновые зерна с кристаллами и глобоидами называют *сложными*. При обогащении клетки водой алейроновые зерна растворяются. Подобно крахмальным зернам каждому виду растений свойственны алейроновые зерна определенной структуры.

Запасные белки – *простые* в отличие от *сложных конституционных белков*, составляющих основу протопласта (живой части клетки).

Задания

1. Изготовить препарат поперечного среза зерновки пшеницы в капле реактива (йод + йодид калия).
2. Найти при малом, а затем при большом увеличении алейроновый слой и рассмотреть алейроновые зерна.
3. Зарисовать несколько клеток алейронового слоя, а также три-четыре клетки эндосперма с крахмалом, спермодерму (семенную кожуру) и сухой околоплодник (покров зерновки). Сделать обозначения.
4. Изготовить препарат поперечного среза семядоли фасоли, подействовав на него каплей раствора йода в йодиде калия.
5. Рассмотреть при большом увеличении содержимое клеток – алейроновые и крахмальные зерна.
6. Зарисовать одну-две клетки и сделать обозначения.

Порядок работы

Алейроновый слой эндосперма зерновки пшеницы

Для изготовления препарата на предметное стекло наносят каплю реактива. Затем делают поперечные срезы зерновки пшеницы при помощи кисточки или пинцета наносят два-три среза на предметное стекло и накрывают покровным стеклом

При малом увеличении находят тонкий участок среза, на котором видна золотистая полоска клеток алейронового слоя, расположенная сразу же под спермодермой и околоплодником. В результате

реакции с йодом белок приобретает желтую окраску. При большом увеличении видно, что клетки алейронового слоя плотно сомкнуты, имеют кубическую форму и заполнены мелкими алейроновыми зернами. При увеличении 90x15 можно увидеть, что внутри алейроновых зерен, несмотря на их малый размер, есть включения. Следовательно, алейроновые зерна пшеницы сложные. Иногда в центре клетки заметно ядро (рис. 8). В глубже лежащих клетках эндосперма зерновки видны крахмальные зерна.

Зарисовать несколько клеток алейронового слоя, спермодерму, слипшуюся с сухим околоплодником, и клетки эндосперма с крахмальными зернами и сделать обозначения.

Алейроновые и крахмальные зерна в семядолях фасоли

Препарат готовят из тонкого среза семядоли фасоли, поместив его на предметное стекло в каплю реактива с добавлением капли глицерина. Находят при малом увеличении тонкий участок среза. При большом увеличении видно, что семядоля фасоли состоит из крупных паренхимных клеток с небольшими межклетниками.

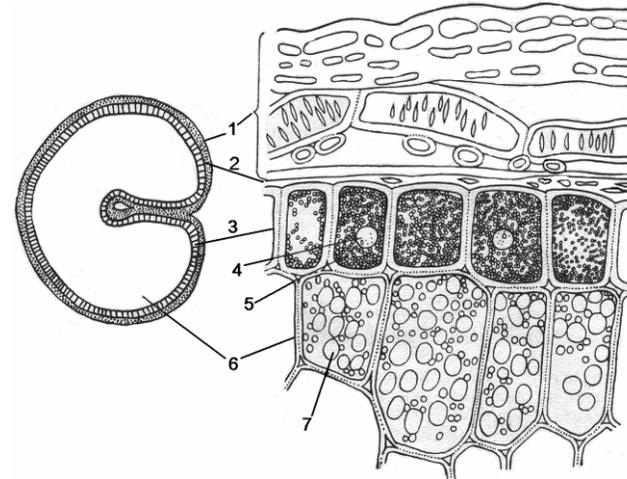


Рис. 8. Зерновка пшеницы (*Triticum durum*) на поперечном разрезе: 1 – околоплодник, 2 – спермодерма, 3 – алейроновый слой, 4 – ядро, 5 – алейроновые зерна, 6 – клетки эндосперма с крахмальными зернами, 7 – крахмальные зерна

Внутри клеток хорошо заметны большие овальные крахмальные зерна с разветвленной трещиной в середине и между ними – золотисто-желтые простые алейроновые зерна (рис. 9). Зарисовывают одну-две клетки и делают обозначения: алейроновые зерна, крахмальные зерна.

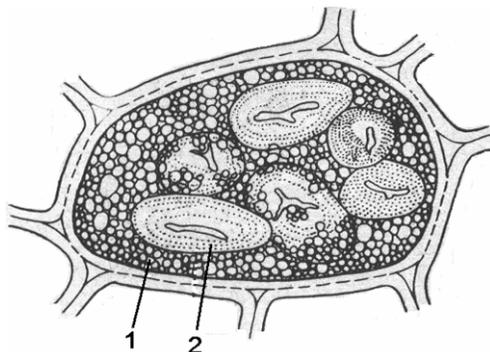


Рис. 9. Клетка семядоли фасоли (*Phaseolus vulgaris*):
1 – простые алейроновые зерна,
2 – крахмальное зерно

Вопросы для самоконтроля

1. При помощи каких реактивов и красителей можно обнаружить в клетках запасные продукты: крахмал, белки?
2. В чем заключается преимущество жиров как запасного продукта семян перед крахмалом и белком?

Тема 8: Химический состав клетки

Материал: 1% раствор яичного белка, 1% раствор крахмала, растительное масло.

Реактивы: 5% раствор гидроксида калия, 1% раствор сульфата меди, раствор йода в йодиде калия, абсолютный спирт, дистиллированная вода.

Оборудование: пробирки, штатив для пробирок, спиртовки, пипетки.

Задания

1. Проведите качественные реакции на органические соединения (белки, липиды и полисахариды).
Полученные результаты оформите в виде таблицы:

№	Название реакции	Употребляемые реактивы	Наблюдаемое окрашивание
1	Биуретовая реакция		
2	Нингидриновая реакция		
3	Проба с Суданом III		
4	Эмульсионная проба		
5	Йодная реакция		

Порядок выполнения работы

Биуретовая реакция на пептидную связь

Биуретовая реакция – это реакция на соединения, содержащие пептидные связи. В присутствии разбавленного раствора сульфата меди в щелочной среде атомы азота пептидной связи образуют окрашенный в фиолетовый цвет комплекс с ионами меди(II).

Налейте в пробирку 2 мл раствора белка. Добавьте равный объем 5% гидроксида калия и перемешайте. Содержимое пробирки приобретает сине-фиолетовый цвет.

Нингидриновая реакция на аминокислоты

Нингидриновая реакция характерна для аминокислот, находящихся в α положении. Растворы белка, α-аминокислот и пептидов при нагревании с нингидрином дают синее или фиолетовое окрашивание.

К 2 мл раствора белка прилейте 2 мл 0,1% водного раствора нингидрина и прокипятите в течение 1-2 минут до появления розово-фиолетового окрашивания. С течением времени раствор синее.

Проба с суданом III

Судан III – красный краситель. Прилейте 2 мл масла к 2 мл воды, налитой в пробирку. Добавьте несколько капель Судана III и встряхните. Окрасившийся в красный цвет слой масла располагается поверх воды. Вода остается неокрашенной.

Эмульсионная проба

Налейте 2 мл масла в пробирку, содержащую 2 мл абсолютного спирта. Сильно встряхните для растворения липида. Прилейте равное количество воды. Образуется белая мутная суспензия, т.к. мельчайшие липидные капли, взвешенные в воде, отражают свет, вследствие чего эмульсия кажется белой и опалесцирует.

Йодная реакция

Налейте в пробирку 2мл 1% раствора крахмала. Добавьте несколько капель раствора йода в йодиде калия. Крахмал окрашивается в темно-синий цвет вследствие образования полийодного комплекса.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие химические элементы и неорганические вещества входят в состав клетки?
2. Какие органические молекулы входят в состав клетки?
3. На чем основан принцип метода определения белка биуретовым методом?
4. Как определить присутствие α -аминокислот в исследуемом растворе?
5. Какова качественная реакция на крахмал и жиры?

Тема 9: Обмен веществ и энергии в клетке. Фотосинтез

Работа №1: Разделение пигментов по Краусу

Материал: спиртовой экстракт пигментов.

Реактивы: бензин, спирт.

Оборудование: пробирки, штатив, пипетки.

Порядок работы

Метод основан на различной растворимости пигментов в спирте и бензине.

В пробирку налейте 2-3мл спиртового экстракта пигментов и добавьте 3-4 мл бензина. Содержимое пробирки сильно встряхните. По мере расслоения эмульсии верхний бензиновый слой будет окрашиваться в зеленый цвет из-за лучшей растворимости в нем хлорофиллов. Кроме того, в бензин переходит каротин, но его окраска маскируется хлорофиллом. Ксантофилл остается в нижнем спиртовом слое, придавая ему золотисто-желтую окраску.

После окончания работы зарисуйте распределение отдельных пигментов.

Работа № 2: Омыление хлорофилла щелочью

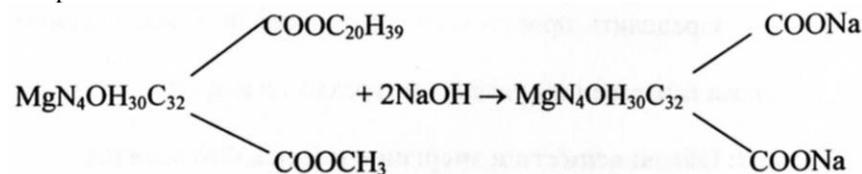
Материал: спиртовой экстракт пигментов.

Реактивы: 20% раствор гидроокиси, бензин, спирт.

Оборудование: штатив с пробирками, кипящая водяная баня.

Порядок работы

В пробирку с 2-3 каплями спиртового раствора пигментов прилейте 1 мл 20% NaOH и взболтайте. После смешивания экстракта с щелочью пробирку поместите в кипящую водяную баню. Происходит омыление эфирных групп, т.е. отщепление остатков метилового спирта и фитола



Образующаяся при этом соль хлорофиллиновой кислоты сохраняет зеленую окраску и оптические свойства хлорофилла, но отличается большей гидрофильностью по сравнению с нативным пигментом. Далее к охлажденному раствору прилейте равный объем бензина и несколько капель воды для лучшего разделения смеси. Затем содержимое пробирки резко встряхните и дайте отстояться.

В бензиновый слой перейдут каротин и ксантофилл, а в спиртовой раствор – натриевая соль хлорофилловой кислоты.

По окончании опыта зарисуйте окраску слоев, указав распределение пигментов.

Тема 10: Обмен веществ и энергии. Энергетический обмен

Работа №1: Специфичность действия ферментов

Материал: слюна в разведении 1:5

Реактивы: 10% раствор гидроокиси натрия, 1% раствор сернокислой меди, 1% раствор сахарозы, 1% раствор крахмала.

Оборудование: водяная баня с температурой 40⁰С, химический цилиндр на 10 мл, штатив с пробирками, пипетки, спиртовки.

Общие замечания

Одно из наиболее характерных свойств ферментов – их высокая специфичность. Ферменты специфичны в отношении, как типа катализируемых реакций, так и субстратов на которые они воздействуют. Амилаза слюны ускоряет гидролиз только полисахаридов, не оказывает действия на дисахариды. Сахароза не имеет свободной альдегидной или кетонной группы, поэтому не дает реакцию Троммера. Реакция Троммера может быть положительной только в том случае, если сахароза расщепляется на свои составные части – глюкозу и фруктозу.

Порядок работы

В две пробирки налейте по 5 капель слюны, в разведении 1:5. В пробирку добавьте 10 капель 1% раствора крахмала, во вторую – 10 капель 1% раствора сахарозы. Обе пробирки поместите на 10 мин в термостат или водяную баню при температуре 40°C, после чего с их содержимым проделайте реакцию Троммера на углевода. Для этого в каждую пробирку прибавьте 5 капель 10% раствора гидроксида натрия и 5 капель 1% раствора сернистой меди и нагрейте. В присутствии глюкозы и мальтозы выпадает желтый осадок гидрата закиси меди или красный осадок закиси меди.

Тема 11: Митотический (клеточный) цикл в клетках кончика корня лука

Материал: постоянный микропрепарат продольного среза кончика корня лука (*Allium cepa*).

Общие замечания

Рост растений происходит главным образом за счет увеличения числа клеток в растущих органах. *Митоз* – основной способ деления соматических клеток. Он представляет собой составную часть митотического цикла, через который проходит каждая клетка от деления до деления. *Митотический цикл* состоит из интерфазы и собственно митоза, тесно связанных между собой.

Интерфаза – наиболее продолжительная часть митотического цикла. В этой фазе происходят важные биохимические процессы, подготавливающие клетку к делению: репликация ДНК, накопление

веществ и энергии. В интерфазе различают три периода: *пресинтетический* – G₁ (рост клетки и подготовка к удвоению ДНК), *синтетический* – S (репликация молекул ДНК) и *постсинтетический* – G₂ (подготовка к построению веретена деления и накопление энергии).

Митоз, в свою очередь, делится на четыре фазы: *профазу*, *метафазу*, *анафазу* и *телофазу*. В конце телофазы в области экваториальной пластинки формируется клеточная стенка, которая разделяет цитоплазму на две равные части, т.е. происходит *цитокинез*. При митозе генетическая информация равномерно распределяется между двумя новыми клетками – каждая из них получает число хромосом, равное числу хромосом исходной клетки.

Задания

1. На постоянном препарате кончика корня лука найти при большом увеличении клетки в состоянии интерфазы, а также в фазах митоза: профазе, метафазе, анафазе, телофазе.

2. Зарисовать и обозначить клетки в интерфазе и на разных фазах митоза. можно сделать 2-3 рисунка клеток, находящихся в наиболее продолжительных фазах.

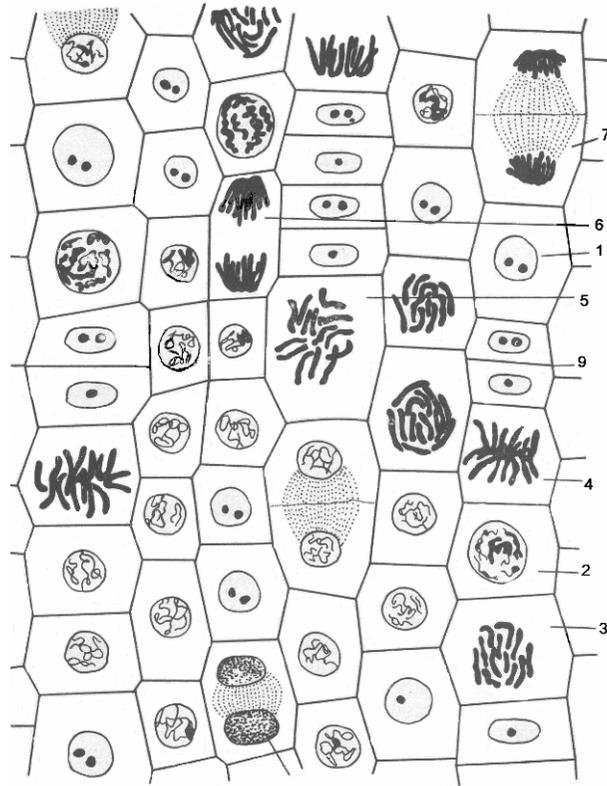


Рис. 10. Митотический цикл в клетках кончика лука (*Allium cepa*):
1 – интерфаза, 2,3 – профаза, 4,5 – метафаза, 6,7 – анафаза, 8,9 – телофаза
(9 – цитокенез)

Порядок работы

Изучить последовательные изменения структуры ядра при митозе в условиях учебной лаборатории можно только на постоянном препарате. Исследуемый материал (корни лука) должен быть выдержан в особом фиксаторе, не деформирующем тонкие структуры ядра и цитоплазмы. После специального окрашивания ядерные структуры видны лучше, чем в нативном состоянии. Для рассмотрения фаз митотического жизненного цикла изготавливают продольные срезы.

Обращают внимание на то, что клетки меристематической ткани на кончике корня находятся на разных фазах деления. Нужно, однако иметь в виду, что эти фазы выделяют условно для удобства изучения непрерывного процесса деления. Переход от одной фазы к другой

происходит иногда настолько медленно, что практически невозможно уловить момент, когда заканчивается одна фаза и начинается другая. Чаще можно наблюдать клетки в фазах, продолжающихся более длительное время.

В *интерфазе* ядро относительно крупное, с хорошо заметными одним-двумя ядрышками и слабозернистой структурой. Хромосомы сильно деконденсированы, и окраска не выявляет их (рис. 10). В начале *профазы* ядро увеличивается и в нем отчетливо видны спутанные в клубок хромосомы, начавшие конденсироваться. К концу профазы хромосомы укорачиваются, и иногда заметно, что они состоят из двух *хроматид*, соединенных в области *первичной перетяжки*, где находится *центромера* (пластинчатая структура, имеющая форму диска). Ядерная оболочка и ядрышки к этому времени обычно дезинтегрируются.

В начале *метафазы* хромосомы достигают максимальной конденсации и передвигаются к экваториальной пластинке клетки. В клетке формируется *веретено деления*, состоящее из опорных и *тянущих нитей*. Опорные нити идут от одного полюса клетки к другому, а тянущие связывают центромеры хромосом, прикрепленных к нитям веретена, в плоскости экваториальной пластинки клетки. *Плечи* хромосом могут находиться ниже или выше. На препаратах клетку в метафазе можно увидеть сбоку (с экватора), когда хорошо заметно веретено деления, но число хромосом подсчитать трудно, и сверху (с полюса), когда хорошо видна форма хромосом и легко подсчитать их число, но веретена деления не видно (рис. 10, 3, 4). Вторым случаем чаще встречается на поперечных срезах.

В *анафазе* центромеры разделяются и хроматиды расходятся к полюсам вследствие сокращения тянущих нитей и удлиненных опорных нитей веретена деления. Каждая хроматида приобретает строение и функцию полноценной хромосомы. Следовательно, на каждом полюсе оказывается столько хромосом, сколько их было у исходной клетки.

В *телофазе* происходит процесс, противоположный происходящему в профазе: хромосомы деконденсируются, веретено деления разрушается, восстанавливаются ядерная оболочка и ядрышки. В начале телофазы хромосомы видны в виде двух темных сгустков на полюсах клетки, к концу образуются два новых ядра. В это же время в районе экваториальной пластинки клетки появляются вертикальные

волокна (*фрагмопласт*). В центре фрагмопласта накапливаются пузырьки Гольджи, содержащие пектиновые вещества. Разрастаясь, они образуют поперечную перегородку, разделяющие обе клетки – *клеточную пластинку*. На ней с обеих сторон формируются первичные стенки. Происходит *цитокинез*. На этом завершается митоз.

Фазы митотического цикла зарисовывают в той последовательности, в которой они следуют в делящейся клетки.

Вопросы для самоконтроля

1. Чем обуславливается деление клетки?
2. Что такое митотический цикл, каким клеткам он свойственен, из каких двух фаз он состоит?
3. На какие периоды делят интерфазу и какие процессы происходят в каждом из них?
4. Что такое митоз и из каких фаз он состоит?
5. Каково строение хромосом в метафазе?
6. Какие структуры цитоплазмы ответственны за расхождение хроматид к полюсам клетки к анафазе?
7. Каков биологический смысл митоза?

Тема 12: Половое размножение

Общие замечания

1. Строение половых клеток.

Половое размножение появилось более 3 млрд. лет назад и встречается во всех группах ныне существующих организмов. Сущность полового размножения заключается в объединении генетической информации от двух особей одного вида – родителей – в наследственном материале потомка. Наследственный материал каждой дочерней особи представляет собой уникальную комбинацию генетической информации родителей. Образующиеся в процессе полового размножения организмы отличаются друг от друга по генотипу, признакам, свойствам, характеру приспособленности к условиям среды обитания.

Таким образом, биологическое значение полового размножения заключается не только в самовоспроизведении особей, но и в обеспечении биологического разнообразия видов, их адаптивных возможностей и эволюционных перспектив. Это позволяет считать половое размножение биологически более прогрессивным, чем бесполое.

Половое размножение осуществляется с помощью специализированных клеток – *гамет*. Женские гаметы называют *яйцеклетками*, мужские – *сперматозоидами*. Гаметы отличаются от соматических клеток вдвое меньшим числом хромосом, а также низким уровнем обменных процессов.

Яйцеклетки – относительно крупные неподвижные клетки, обычно округлой формы, в цитоплазме помимо типичных органоидов содержатся включения запасных питательных веществ в виде желтка. В ядрах яйцеклеток образуется много копий рибосомальных генов и м-РНК, обеспечивающих синтез жизненно важных белков будущего зародыша. Яйцеклетки разных организмов различаются количеством и характером распределения в них желтка. Различают несколько типов яйцеклеток (рис. 11).

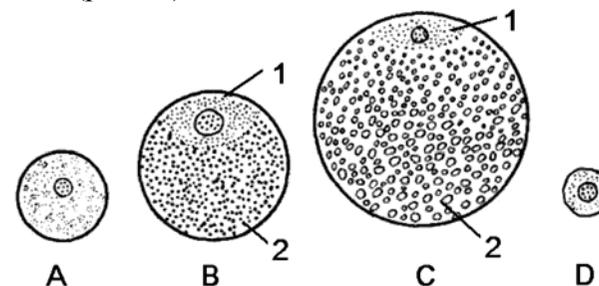


Рис. 11. Типы яйцеклеток хордовых животных:

А – изолецитальная, В – умеренно телолецитальная, С – резкотелолецитальная, D – алецитальная: 1 – анимальные полюс, 2 – вегетативный полюс

Изолецитальными называют относительно мелкие яйцеклетки с небольшим количеством равномерно распределенного желтка. Ядро в них располагается ближе к центру. Такие яйцеклетки встречаются у червей, двусторчатых моллюсков, иглокожих, ланцетника.

Умеренно телолецитальные яйцеклетки осетровых рыб и земноводных имеют диаметр около 1,5-2 мм и содержат среднее количество желтка, основная масса которого сосредоточена на одном из полюсов (вегетативном). На противоположном полюсе (анимальном), где желтка мало, находится ядро яйцеклетки.

Резко телолецитальные яйцеклетки некоторых рыб, пресмыкающихся, птиц и яйцекладущих млекопитающих содержат очень много желтка, занимающего почти весь объем цитоплазмы яйцеклетки. На анимальном полюсе находится зародышевый диск с активной, ли-

шенной желтка цитоплазмой. размеры этих яиц крупные – 10-15мм и более.

Алецитальные яйцеклетки практически лишены желтка, имеют микроскопически малые размеры (0,1-0,3 мм) и характерны для плацентарных млекопитающих, в том числе для человека.

В процессе развития выявляется закономерность, заключающаяся в том, что чем длиннее эмбриональный период, тем больше желтка должно быть накоплено в яйцеклетке. Продолжительность эмбрионального периода зависит от стадии, на которой зародыш переходит к самостоятельному существованию во внешней среде. Если постэмбриональное развитие идет прямым путем, т.е без личинки и метаморфоза, то желтка в яйцеклетке должно быть больше. По количеству желтка яйцеклетки хордовых делят на *алецитальные*, *олиго-*, *мезо-* и *полилецитальные*, т.е. с ничтожно малым, малым, средним и большим количеством желтка (от греч. *лецитос* – желток).

У *ланцетника*, представителя низших хордовых, яйцеклетка *олиголецитальная*. У большинства позвоночных я яйцеклетках содержится значительное количество желтка. Среди низших позвоночных (Апамниа) наиболее крупные яйца у миксин (Кл. Круглоротые), у акул и химер (Кл. Хрящевые рыбы) и у безногих амфибий. У осетровых рыб, а также у остальных *амфибий* яйцеклетки *мезолецитальные*, т.е. имеют среднее количество желтка. У высших позвоночных (Апниота), таких, как пресмыкающиеся, птицы и яйцекладущие млекопитающие, – *полилецитальные*, т.е. в яйцеклетке очень много желтка. Эмбриональное развитие у них протекает особенно долго.

Эта закономерность нарушена у сумчатых и *плацентарных* млекопитающих, которые имеют *олиго-* и *алецитальные* яйцеклетки соответственно. У сумчатых эмбрион выходит из яйцевых оболочек и матки при незавершенном органогенезе, переносится в сумку, где и продолжает развитие. У плацентарных и человека зародыш выходит из яйцевых оболочек еще раньше, в стадии бластоцисты, но затем переходит к внутриутробному существованию, где и завершает все основные периоды развития, подготавливающие его к появлению на свет. *Уменьшение* количества желтка в яйцеклетках млекопитающих можно назвать *вторичным*, поскольку их предки, освоившие наземную среду, имели, как и все амниоты, полилецитальные яйца.

Сперматозоиды – обычно очень мелкие клетки (например, спермий человека имеют длину 50-70 мкм, а крокодила – 20 мкм). У

разных организмов они неодинаковой формы, но большинство имеют головку, шейку и хвост (рис. 12). Головка содержит ядро и небольшое количество цитоплазмы. На переднем конце головки располагается акросома – видоизмененный комплекс Гольджи, который содержит ферменты для растворения оболочки яйцеклетки при оплодотворении. В шейке находятся многочисленные митохондрии и две центриоли. От шейки отрастает хвост, образованный микротрубочками и обеспечивающий подвижность сперматозоидов.

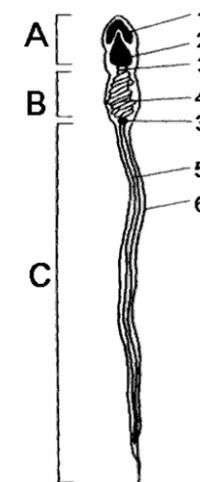


Рис. 12. Строение сперматозоида человека:
А – головка, В – шейка, С – хвост (жгутик): 1 – акросома, 2 – ядро, 3 – центриоль, 4 – митохондрии, 5 – осевая нить жгутика, 6 – плазматическая мембрана

2. Образование половых клеток.

Процесс образования половых клеток – *гаметогенез* – протекает в половых железах (*гонадах*). У высших животных женские гаметы образуются в яичниках, мужские – в семенниках (рис.13). Процесс образования сперматозоидов называют *сперматогенезом*, яйцеклеток – *овогенезом*. Условно обе формы гаметогенеза делят на несколько фаз: размножения, роста, созревания и выделяемую при сперматогенезе, фазу формирования.

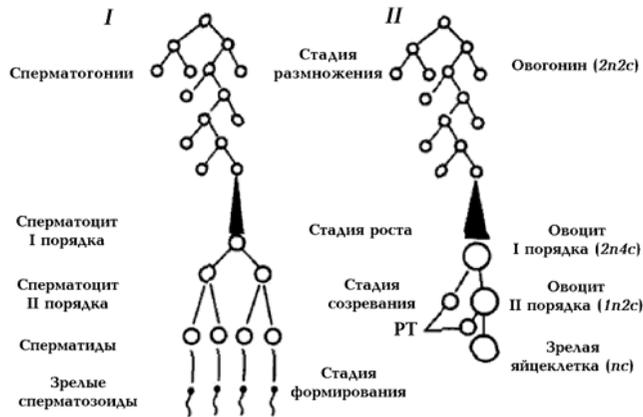


Рис. 13. Гаметогенез:

I – сперматогенез, II – овогенез, n – количество хромосомных наборов, c – количество молекул ДНК, РТ – редукционные (полярные) тельца

Фаза размножения характеризуется многократными митотическими делениями клеток стенки семенника или яичника, приводящими к образованию многочисленных *сперматогоний* и *овогоний*. Эти клетки, как и все клетки тела, диплоидны. Фаза размножения у мужчин начинается с наступлением половой зрелости и продолжается постоянно в течение почти всей жизни. В женском организме размножение овогоний начинается в эмбриогенезе и завершается к 3-му году жизни.

Фаза роста сопровождается увеличением объема цитоплазмы клеток, накоплением ряда веществ, необходимых для дальнейших делений, репликацией ДНК и удвоением хромосом. В фазе роста клетки получают название *сперматоцитов I порядка* и *овоцитов I порядка*. Фаза роста более выражена в овогенезе, поскольку овоциты I порядка накапливают значительные количества питательных веществ.

Фаза созревания характеризуется мейозом. При сперматогенезе в результате I мейотического деления образуются два одинаковых *сперматоцита II порядка*, каждый из которых после второго деления мейоза формирует по две *сперматиды*.

Деления созревания при овогенезе характеризуются рядом особенностей. Во-первых, профазы первого мейотического деления осуществляется еще в эмбриональном периоде, а остальные события мейоза продолжаются после полового созревания организма. Каждый

месяц в одном из яичников половозрелой женщины созревает одна яйцеклетка. При этом завершается I деление мейоза, образуются крупный *овоцит II порядка* и маленькое первое полярное, или направительное, тельце, которые вступают во второе деление мейоза.

На стадии метафазы второго мейотического деления овоцит II порядка *овулирует* – выходит из яичника в брюшную полость, откуда попадает в яйцевод. Дальнейшее созревание его возможно лишь после слияния со сперматозоидом. Если оплодотворения не происходит, овоцит II порядка погибает и выводится из организма. В случае оплодотворения он завершает второе мейотическое деление, образуя зрелую яйцеклетку – *овотиду* – и второе полярное тельце. Полярные тельца никакой роли в овогенезе не играют и в конце концов погибают. Таким образом, в результате фазы созревания из каждой диплоидной клетки, обладающей двуххроматидными хромосомами, формируются гаплоидные клетки с однохроматидными хромосомами: при сперматогенезе – 4 сперматиды, при овогенезе – 1 овотида и 3 полярных тельца.

Фаза формирования характерна только для сперматогенеза, и сущность ее состоит в том, что сперматиды приобретают свойственную спермиям морфологию и подвижность.

3. Оплодотворение, его типы.

Оплодотворением называют процесс слияния сперматозоида и яйцеклетки, сопровождающийся объединением геномов отцовского и материнского организмов и завершающийся образованием зиготы.

Различают *наружное* оплодотворение, когда половые клетки сливаются вне организма, и *внутреннее*, когда половые клетки сливаются внутри половых путей особи. Кроме того, существуют *перекрестное оплодотворение*, когда объединяются половые клетки разных особей; *самооплодотворение* – при слиянии гамет, продуцируемых одним и тем же организмом; *моноспермия* и *полиспермия* в зависимости от числа сперматозоидов, оплодотворяющих одну яйцеклетку.

Для большинства видов животных, обитающих или размножающихся в воде, свойственно наружное перекрестное оплодотворение, которое осуществляется по типу моноспермии. Подавляющее большинство наземных животных и некоторые водные виды имеют внутреннее перекрестное оплодотворение, причем для части

птиц и рептилий характерна полиспермия. Самооплодотворение встречается среди гермафродитов, да и то в исключительных случаях.

У человека процесс оплодотворения происходит в маточной трубе, куда после овуляции попадают овоцит II порядка и многочисленные сперматозоиды (рис.14). При контакте с яйцеклеткой сперматозоид выделяет ферменты, разрушающие ее оболочки и обеспечивающие проникновение спермия внутрь. После проникновения сперматозоида яйцеклетка формирует на поверхности толстую непроницаемую оболочку оплодотворения, препятствующую полиспермии.

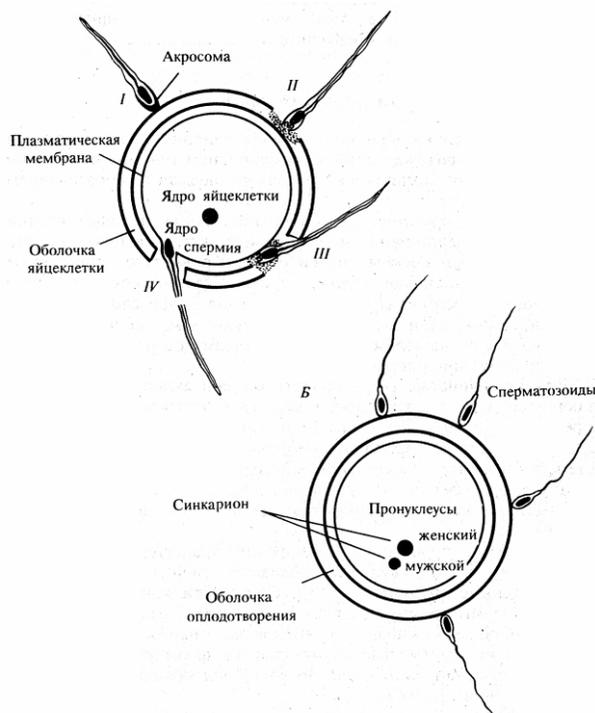


Рис. 14. Этапы оплодотворенной яйцеклетки млекопитающего:

А – акросомная реакция; В – образование оболочки оплодотворения:

- 1 – контакт сперматозоида с оболочкой яйца, 2 – высвобождение содержимого акросомы и проникновение сперматозоида через оболочку яйца,
- 3 – слияние плазматических мембран сперматозоида и яйцеклетки,
- 4 – проникновение спермия в яйцеклетку

Проникновение сперматозоида стимулирует овоцит II порядка к дальнейшему делению. Он осуществляет анафазу и телофазу II мейотического деления и становится зрелым яйцом. В результате в цитоплазме яйцеклетки оказывается два гаплоидных ядра, называемых *мужским* и *женским пронуклеусами*, которые сливаются с образованием диплоидного ядра – *зиготы*. Таким образом, сущность оплодотворения заключается в объединении гаплоидных геномов отцовского и материнского организмов и формировании уникальной комбинации генов в генотипе зиготы потомка.

Партеногенез (от греч. партенос – девственница) – развитие без оплодотворения. В случае *естественного партеногенеза* развитие идет на основе цитоплазмы и пронуклеуса яйцеклетки. Особи, формирующиеся из яйцеклетки, имеют либо гаплоидный, либо диплоидный набор хромосом, так как чаще всего в начале дробления срывает один из механизмов удвоения числа хромосом. В одних случаях в ходе мейоза женской половой клетки выпадает стадия редукции числа хромосом и яйцеклетка получается с диплоидным пронуклеусом. В других случаях диплоидизация происходит во время первого деления дробления, при котором не происходит цитотомии.

Естественный партеногенез – явление редкое и, как правило, не бывает единственным способом размножения вида. Он либо чередуется с нормальным половым размножением, либо встречается у отдельных рас. Естественный партеногенез обнаружен у летних поколений некоторых ракообразных и коловраток, у пчел, ос, ряда чешуекрылых. Среди позвоночных партеногенетическое размножение описано у трех рас скальной ящерицы Армении, состоящих из одних самок. 40% яиц индеек, отложенных в отсутствие самца, могут начать развиваться, однако это развитие редко доходит до конца, чаще останавливается из-за возникших аномалий. У других видов позвоночных естественное партеногенетическое размножение неизвестно.

Искусственный партеногенез возможен, по-видимому, у всех животных. Обнаружено, что активация яйцеклетки сперматозоидом не является специфической. В качестве активирующих могут выступать многие физические и химические факторы. На тутовом шелкопряде было показано, что с помощью искусственного партеногенеза можно регулировать соотношение мужского и женского пола в популяции, получая большой экономический эффект.

Естественный партеногенез чаще всего случается при незавершенном оплодотворении, т.е. в тех случаях, когда имела место активация яйцеклетки, но ядро сперматозоида не участвовало в оплодотворении. В активированных яйцах используется информация только женского пронуклеуса. Такой вид партеногенеза называется *гиногенезом*. При искусственном партеногенезе можно удалить женский пронуклеус, и тогда развитие осуществится за счет мужских пронуклеусов. Это *андрогенез*. В специальных опытах на морских ежах было установлено, что потомки наследуют либо только признаки матери при гиногенезе, либо только признаки отца – при андрогенезе. Это указывает на то, что наследственные свойства особи определяются в основном ядром, а не цитоплазмой.

Задания

1. Зарисовать типы яйцеклеток. Обозначить на рисунке анимальный и вегетативный полюс яйцеклеток, ядро, желток, зародышевый диск.
2. Заполните таблицу:

Таблица

Типы яйцеклеток, встречающиеся у хордовых

Представители типа Хордовые	В зависимости от количества желтка	В зависимости от распределения желтка
1. Ланцетник		
2. Лягушка		
3. Птица		
4. Плацентарные млекопитающие		

2. Зарисовать строение сперматозоида. Обозначить на рисунке головку, шейку, хвост, ядро, митохондрии, центриоли, цитоплазму, плазматическую мембрану, осевой жгутик, акросома.
3. Назовите основные особенности строения яйцеклеток и сперматозоидов.
4. Зарисуйте схему образования половых клеток. Обозначьте клетки, образующиеся на разных стадиях гаметогенеза.
5. Зарисуйте схему оплодотворения яйцеклетки млекопитающего.

Вопросы для самоконтроля

1. Укажите отличительные особенности строения половых и соматических клеток.
2. Как классифицируются яйцеклетки по количеству и по распределению желтка?
3. Перечислите особенности спермато- и овогенеза.
4. Перечислите способы оплодотворения.
5. Где происходит оплодотворение у плацентарных млекопитающих?
6. Сформулируйте сущность и опишите механизм оплодотворения ?

Тема 13: Индивидуальное развитие организмов.

Общие замечания

1. Онтогенез, его типы.

Процесс индивидуального развития особи, т.е. всю совокупность преобразований с момента образования зиготы до прекращения существования организма, называют **онтогенезом**.

У видов, размножающихся бесполом путем, онтогенез начинается с обособления одной или группы клеток материнского организма. У видов с половым размножением он начинается с оплодотворения яйцеклетки. У прокариот и одноклеточных эукариотических организмов онтогенез представляет собой, по сути, клеточный цикл, обычно завершающийся делением или гибелью клетки.

В ходе индивидуального развития многоклеточные организмы претерпевают ряд закономерных процессов: становление морфофункциональных черт, присущих определенному биологическому виду, рост организма, осуществление специфических функций, достижение половой зрелости, размножение, а также старение и смерть. Основу процесса индивидуального развития составляет наследственная информация, получаемая потомками от родителей и представляющая собой инструкции о времени, месте и характере частных механизмов развития. Онтогенез есть процесс реализации наследственной информации особи в определенных условиях среды.

Различают следующие основные типы онтогенеза: прямой и непрямой. Непрямое развитие встречается в личиночной форме, а прямое – в неличиночной и внутриутробной.

Непрямой (личиночный) тип развития характерен для многих видов беспозвоночных и некоторых позвоночных животных (рыб, земноводных). У таких организмов в процессе развития формируются одна или несколько личиночных стадий. Наличие личинки обусловлено относительно малыми запасами желтка в яйцах этих животных, а также необходимостью смены среды обитания в ходе развития либо необходимостью расселения видов, ведущих сидячий, малоподвижный или паразитический образ жизни. Личинки живут самостоятельно, активно питаются, растут, развиваются. У них имеется ряд специальных провизорных, т.е. временных, отсутствующих у взрослых форм, органов. Личиночный тип развития сопровождается превращением личинки во взрослую форму – *метаморфозом*.

Неличиночный (яйцекладный) тип развития имеет место у ряда беспозвоночных, а также у рыб, пресмыкающихся, птиц и некоторых млекопитающих, яйца которых богаты желтком. При этом зародыш длительное время развивается внутри яйца. Основные жизненные функции у таких зародышей осуществляются специальными провизорными органами - зародышевыми оболочками.

Внутриутробный тип развития характерен для высших млекопитающих и человека, яйцеклетки которых почти лишены желтка. Все жизненные функции зародыша осуществляются через материнский организм. В связи с этим из тканей матери и зародыша развивается сложный провизорный орган - *плацента*. Завершается этот тип развития процессом деторождения.

2. Периодизация онтогенеза.

Онтогенез представляет собой непрерывный процесс развития особи. Однако его этапы различаются по содержанию и механизмам происходящих процессов, в связи с чем онтогенез многоклеточных организмов подразделяют на периоды. Выделяют два периода онтогенеза: эмбриональный и постэмбриональный. Для плацентарных животных принято деление на пренатальный (до рождения) и постнатальный (после рождения) периоды. Нередко выделяют также проэмбриональный период, включающий процессы формирования половых клеток (сперматогенез и овогенез).

3. Эмбриональное развитие.

Эмбриональное развитие (эмбриогенез) начинается с момента оплодотворения и представляет собой процесс преобразования зиготы в многоклеточный сложно устроенный организм. Он включает про-

цессы дробления, гастрюляции, гисто- и органогенеза. Завершается эмбриогенез выходом из яйцевых или зародышевых оболочек (при личиночном и неличиночном типах развития) либо рождением (при внутриутробном).

3.1. Дробление

Дроблением называют процесс многократных быстро сменяющихся друг друга митотических делений зиготы, приводящий к образованию многоклеточного зародыша. Деления дробления отличаются от обычных клеточных делений отсутствием постмитотического периода и роста образующихся клеток — бластомеров. В процессе дробления суммарный объем зародыша не изменяется, а размеры составляющих его клеток уменьшаются (зародыш дробится). Характер дробления у разных групп организмов различен и определяется типом яйцеклетки. Различают полное дробление, когда зигота дробится целиком, и неполное, когда дробится только часть ее. Полное дробление, в свою очередь, бывает равномерным, если образующиеся бластомеры примерно одинаковы по величине, и неравномерным, если они отличаются по размерам. Дробление бывает синхронным или асинхронным в зависимости от того, одновременно или нет происходит деление бластомеров (рис.15).

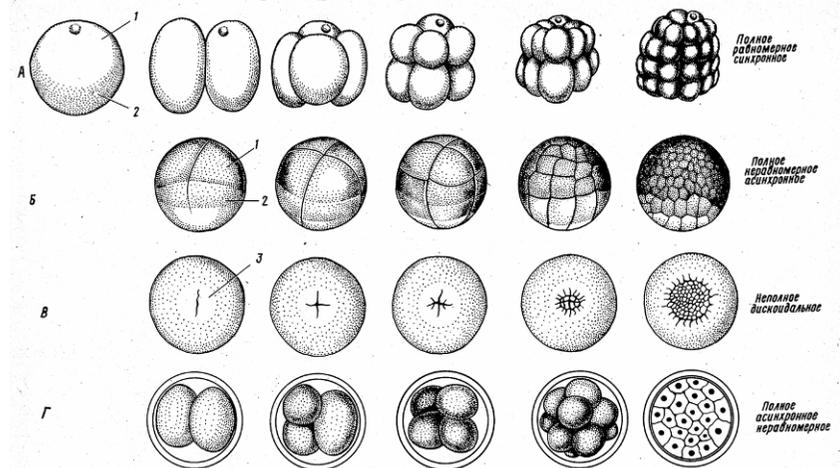


Рис. 15. Дробление у хордовых животных.

А – ланцетника, Б – амфибии, В – птицы, Г – млекопитающие:
1 – анимальный полюс зародыша, 2 – вегетативный полюс зародыша,
3 – зародышевый диск.

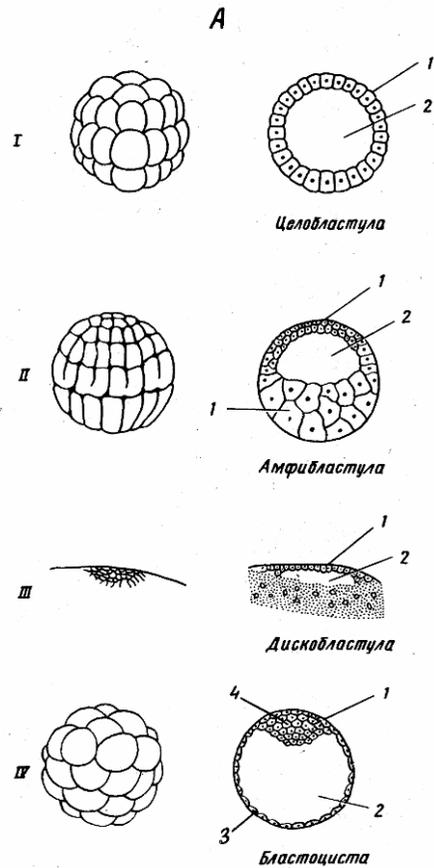


Рис. 16. Бластуляция у хордовых животных: I – ланцетник, II – амфибии, III – птицы, IV – млекопитающие.

В результате дробления образуется *многоклеточный зародыш*, состоящий из группы тесно прилегающих друг к другу клеток и напоминающий туютовую ягоду. Такой зародыш называют морулой; она претерпевает процесс бластуляции. В ходе бластуляции бластомеры смещаются к периферии, образуя бластодерму; формирующаяся при этом срединная полость заполняется жидкостью и становится первичной полостью тела – бластоцелью. Такой шаровидный зародыш с однослойной стенкой и полостью внутри называют бластулой. Зародыши всех видов животных проходят стадию бластулы. Бластулы разных животных отличаются друг от друга рядом особенностей (рис.16). После образования бластулы начинается процесс гастрюляции.

3.2. Гастрюляция

Гастрюляция – это процесс образования двух- или трехслойного зародыша – гастрюлы, основу которой составляют сложные и разнообразные перемещения клеток бластодермы. Образующиеся слои называют *зародышевыми листками*. Они представляют собой пластины клеток, имеющих сходное строение, занимающих определенное положение в зародыше и дающих начало определенным органам и системам органов.

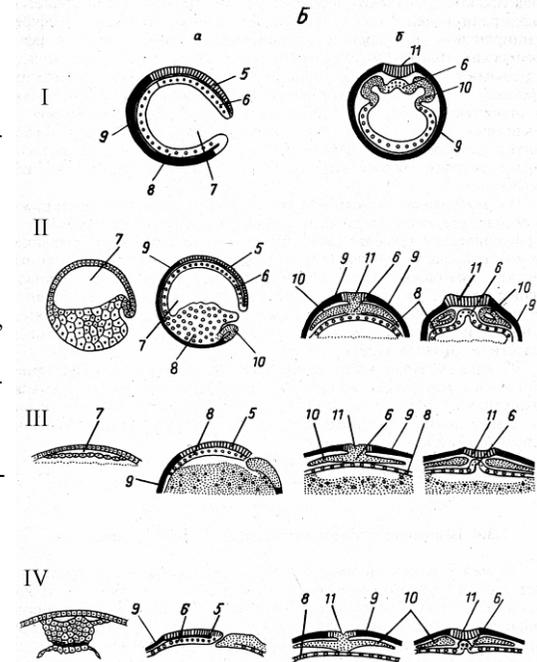
Различают наружный – эктодерма – и внутренний – энтодерма – листки, между которыми располагается средний зародышевый листок – мезодерма.

В зависимости от типа бластулы клетки в ходе гастрюляции перемещаются по-разному. Выделяют четыре основных способа гастрюляции: *инвагинация* (впячивание), *эпиболия* (обрастание), *иммиграция* (проникновение внутрь), *деламинация* (расслоение), которые в чистом виде почти не встречаются, что дает основание выделять пятый способ – *смешанный*, или *комбинированный* (рис. 16а).

Рис. 16а. Гастрюляция у хордовых животных:

I – ланцетник, II – амфибии, III – птицы, IV – млекопитающие.

a и *в* – продольные срезы зародышей; 1 – бластодерма, 2 – бластоцель, 3 – трофоэктодерма, 4 – внутренняя клеточная масса, 5 – нейроэктодерма, 6 – хорда, 7 – гастрюцель, 8 – энтодерма, 9 – эктодерма, 10 – мезодерма, 11 – нервная пластинка.



Инвагинация – впячивание одного из участков бластодермы внутрь целым пластом. У ланцетника впячиваются клетки вегетативного полюса, у земноводных инвагинация происходит на границе между анимальным и вегетативными полюсами в области серого серпа. Процесс инвагинации возможен только в яйцах с небольшим или средним количеством желтка.

Эпителиация – обрастание мелкими клетками анимального полюса более крупных, отстающих в скорости деления и менее подвижных клеток вегетативного полюса. Такой процесс ярко выражен у земноводных.

Деламинация – расслоение клеток бластодермы на два слоя, лежащих друг на другом. Деламинацию можно наблюдать в дискобластуле зародышей с частичным типом дробления, таких, как пресмыкающиеся, птицы, яйцекладущие млекопитающие.

Иммиграция – перемещения групп или отдельных клеток, не объединенных в единый пласт. Иммиграция встречается у всех зародышей, но в наибольшей степени характерна для второй фазы гастрюляции высших позвоночных.

В каждом конкретном случае эмбриогенеза, как правило, сочетается несколько способов гастрюляции.

Следующим за гастрюляцией процессом эмбрионального развития является формирование тканей и органов зародыша.

3.3. Гисто- и органогенез

В ходе гисто- и органогенеза деление клеток и их перемещения продолжают, однако ведущую роль приобретают процессы дифференцировки клеток и зародышевых листков. Дифференцировка — это процесс появления и нарастания морфологических, биохимических и функциональных различий между отдельными клетками и частями развивающегося зародыша. Процесс дифференцировки обеспечивается дифференциальной активностью генов, т.е. активностью разных групп генов в различных типах клеток. Функционирование генов обеспечивает синтез разнообразных белков, а следовательно, метаболические характеристики многих типов клеток и формирующихся из них структур.

Из материала наружного зародышевого листка – *эктодермы* – образуется нервная пластинка, дающая начало центральной и периферической нервной системе, а также ганглиозная пластинка, из которой

формируются ганглии вегетативной нервной системы, клетки мозгового слоя надпочечников, пигментные клетки. Производными эктодермы являются также компоненты органов зрения, слуха, обоняния, эпидермис кожи, волосы, ногти, потовые, сальные и млечные железы, эмаль зубов, эпителий ротовой полости и прямой кишки.

В ходе органогенеза происходят сложные преобразования клеточного материала *мезодермы*, приводящие к формированию хрящевого и костного скелета, соединительнотканного слоя кожи, скелетных мышц, а также органов кровеносной, выделительной и половой систем организма.

Производными *энтодермы* являются кишечник и связанные с ним печень, поджелудочная железа, а также легкие.

Задания

1. Зарисуйте основные типы дробления у хордовых животных. Обозначьте бластомеры, борозды дробления, микромеры, макромеры, анимальный и вегетативный полюс зародыша.

2. Зарисуйте типы бластул у хордовых животных. Обозначьте бластодерму, бластоцель, трофобласт, эмбриобласт.

3. Зарисуйте основные этапы гастрюляции у хордовых животных. Обозначьте нейроэктодерму, хорду, гастроцель, энтодерму, мезодерму, нервную пластинку.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные типы онтогенеза.
2. Перечислите основные этапы эмбриогенеза.
3. Укажите характеристики дробления и типы бластул у хордовых животных.
4. Перечислите основные способы гастрюляции и охарактеризуйте их.
5. Перечислите основные производные экто-, эндо- и мезодермы.

Тема 14: Биосинтез белка. Определение белка биуретовым Реактивом в сыворотке крови

Материал: сыворотка крови.

Оборудование: фотоэлектроколориметр, пробирки, пипетки градуированные на 1, 2, 10 мм.

Реактивы: стандартный раствор белка сывороточного альбумина, содержащий 10мг в 1 мл, биуретовый реактив (0,15 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и 0,6 г $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) растворяют в 50 мл H_2O , при энергичном помешивании приливают туда 30 мл 10% раствора NaOH , добавляют 0,1 г KI для предотвращения самопроизвольного восстановления и раствор доводят водой до 100мл. Хранят в полиэтиленовой склянке, 1% раствор NaCl .

Общие замечания

Белки – высокомолекулярные полимеры, структурными элементами которых являются аминокислоты. Молекулярный вес белков варьирует в очень широких пределах: от 10 тыс. до нескольких миллионов. Физико-химические свойства белков определяются качественным и количественным составом входящих в него аминокислот.

Для количественного определения белка широкое распространение получили колориметрические методы. Одним из наиболее широко применяемых методов определения белка является метод с использованием биуретовой реакции. Он основан на образовании окрашенного в фиолетовый цвет комплекса пептидных связей с ионами двухвалентной меди в щелочной среде.

Порядок работы

Предварительно строят калибровочный график по стандартному раствору альбумина. Для этого к 1 мл раствора, содержащего от 2 до 10мг белка, добавьте 4 мл биуретового реактива, перемешайте и оставьте при комнатной температуре на 30 мин, после чего отколориметрируйте на ФЭКе при 540нм. Полученные данные используйте для построения калибровочного графика.

Определите содержание белка в сыворотке крови, пользуясь калибровочным графиком, выразите его содержание в мг/мл в целом препарате с учетом разведения.

Вопросы для самоконтроля

1. На чем основан принцип определения белка биуретовым методом?
2. Из каких этапов складывается процесс биосинтеза белка?
3. В чем суть процесса транскрипции?
4. Каковы особенности протекания процессов транскрипции у прокариот и эукариот?
5. В чем суть процесса трансляции?

Тема 15. Генетика и ее место в системе биологических наук

План

1.1 Генетика – наука о наследственности и изменчивости. Предмет и содержание науки.

1.2 Краткая история генетики.

1.3. Методы исследования в генетике.

1.1. Генетика – наука о наследственности и изменчивости.

Предмет и содержание науки

Генетика (от греч. *genesis* – происхождение) – наука о наследственности и изменчивости живых организмов и методах управления ими.

Наследственностью называется присущее всем живым существам свойство воспроизведения в потомстве признаков родителей и более отдаленных предков, обеспечивающее преемственность поколений и сохранение характерных для данного вида особенностей строения.

Изменчивостью называют различия между особями одного вида, между предками и потомством, возникающее как под влиянием наследственности и изменения самого наследственного материала, так и под влиянием внешних условий.

Явление наследственности и изменчивости у растений привлекали внимание и интересовали человека с давних времен. В течение многих веков люди пытались понять и объяснить эти свойства живой природы. К тому же это было необходимо для решения ряда задач с/х производства, связанных с улучшением сортов культурных растений и пород домашних животных. Этого можно было достичь лишь путем экспериментов и правильного обобщения полученных в них данных.

Во второй половине XVIII – первой половине XIX столетия И. Кельрейтер, К. Гертнер, О. Сажрэ, Ш. Нодэн, Т. Найт провели ряд опытов по гибридизации растений, в результате которых были получены некоторые факты по наследственности организмов. Но решающий шаг в этом направлении сделал чешский ученый Грегор Мендель.

В 1865 г. в обществе естествоиспытателей в г. Брно (Чехословакия) Г. Мендель изложил результаты своих исследований в труде «*Опыты над растительными гибридами*». До него в биологии господствовала теория слитного наследования. Гибридизация сравнивалась со слиянием в пробирке двух разноокрашенных жидкостей, дающих в растворе промежуточную окраску. Считалось, что подобно этому гибриды по сравнению с родительскими формами всегда характеризуется промежуточным проявлением признака.

Мендель убедительно показал, что наследственность дискретна (делима), что отдельные признаки или свойства организма развиваются на основе материальных наследственных факторов, которые в процессе слияния гамет не растворяются, не исчезают и могут наследоваться независимо друг от друга.

Мендель разработал основные принципы генетического анализа наследственности организмов, впервые применил к изучению наследственности методы математической статистики и установил основные закономерности числовых соотношений расщепления гибридов при скрещивании. Эти закономерности наследственности имели фундаментальное значение для теории и практики гибридизации растений и селекции вообще.

Мендель стал основоположником генетики. Однако его работы не были по достоинству оценены современниками и долгое время оставались почти неизвестными. В 1900г. трое ученых – К. Корренс в Германии, Э. Чермак в Австрии и Гуго Де-Фриз в Голландии, независимо друг от друга получили те же результаты, что и Мендель.

1900 г., когда были переоткрыты закономерности наследственности, впервые установленные Менделем, считается официальной датой рождения генетики. Это название науке о наследственности и изменчивости было дано позже, в 1906г. английским ученым В. Бэтсоном.

Предметом изучения генетики являются наследственность и изменчивость, изучение которых ведется на различных уровнях организации живой материи: молекулярном, клеточном, организменном, популяционном. Многообразие объектов и методов исследования в генетике явилось причиной возникновения большого количества ее разделов, таких, как цитогенетика, молекулярная, биохимическая, радиационная, медицинская, физиологическая, популяционная, онтогенетика.

Главная задача генетики – разработка методов управления наследственностью и изменчивостью для получения нужных человеку форм растений, животных и микроорганизмов и управления индивидуальным развитием организмов.

1.2. Краткая история генетики

В истории генетики можно выделить три основных периода. Два из них, продолжавшиеся с 1900 по 1953 гг., составляют эпоху классической генетики. Третий период, начавшийся после 1953 г. – открыл эпоху молекулярной генетики.

Первый период (1900 – 1910 гг.) в развитии генетики связан с утверждением открытий Менделя: принципа дискретности в передаче наследственного материала и метода гибридологического анализа. Многочисленные опыты по гибридизации, проведенные в этот период с разными растениями и животными, показали, что правила имеют универсальный характер и применимы по отношению ко всем организмам, размножающимся половым путем.

Важнейшее значение для последующего развития генетики имела выдвинутая в это время (1901 – 1903 гг.) голландским ученым Гуго де Фризем теория мутаций, согласно которой все наследственные свойства и признаки организмов изменяются скачкообразно – мутационно.

В 1903 г. датский генетик и физиолог растений В. Иоганнсен на основе своих опытов по изучению наследования признаков в популяциях и чистых линиях фасоли разработал и ввел в генетику понятия – ген, генотип, фенотип.

Второй период (1911 – 1953 гг.) связан с установлением материальных основ наследственности.

Еще в первое десятилетие развития генетики (1902 – 1907 гг.) Т. Бовери, У. Сэттон и Э. Вильсон обосновали *хромосомную теорию наследственности* (ХТН). Решающее значение для обоснования и утверждения ХТН имели начавшиеся в 1910 г. исследования американского ученого Т. Моргана с плодовой мушкой дрозофилой. Благодаря работам Моргана было установлено, что гены находящиеся в хромосомах расположены в них в линейном порядке; они образуют столько групп сцепления, сколько пар гомологических хромосом имеется у данного вида; гены, находящиеся в одной группе сцепления

могут рекомбинировать благодаря кроссинговеру, величина рекомбинации – функция расстояния между генами. К началу 20-х годов у дрозофилы было обнаружено и локализовано во всех четырех группах сцепления несколько сотен генов.

В 1925 г. советским ученым Г.А. Надсоном и Г.С. Филиппову впервые в мире удалось получить мутации у дрожжевых грибов под воздействием лучей радия. В 1927 г. генетик Г. Меллер опубликовал результаты своих работ о большом повышении частоты мутаций у дрозофилы под воздействием лучей рентгена. Он же разработал методику точного количественного учета мутаций. Так была доказана изменчивость генов под влиянием внешних условий.

В 1928 г. в США Л. Стадлер получил первые рентгеномутации у ячменя и кукурузы, а в 1928 – 1932 гг. в СССР А.А. Сапегин и Л.Н. Делоне выявили серию хозяйственно-полезных мутантных форм пшеницы. Они же предложили использовать радиационный мутагенез в качестве одного из методов создания исходного материала для селекции. Все эти работы положили начало новому направлению в генетике названному впоследствии радиационной генетикой.

В начале 30-х годов В.В. Сахаров и М.Е. Лобашев получили первые данные о возникновении наследственных изменений под влиянием некоторых химических соединений.

В середине 40-х годов в результате работ советского генетика И.А. Раппопорта и английского генетика Ш. Ауэрбах было открыто несколько классов химических соединений, вызывающих наследственные изменения и создана теория химического мутагенеза.

Огромное методологическое значение для развития генетики имели экспериментальные и теоретические работы А.С. Серебровского и Н.П. Дубинина, впервые доказавших в начале 30-х гг. делимость гена. Ген стали понимать как участок хромосомы, контролирующей развитие определенного признака.

В 20-30 годах работами С. Райта, Дж. Холдена и Р. Фишера были заложены основы генетико-математических методов популяционных процессов. Огромный вклад в развитие генетики популяций и эволюционной генетики внесли советский генетик С.С. Четвериков (1926 г.) и его ученики.

Третий период в развитии генетики, начавшийся после 1953 г., связан с использованием методов и принципов исследований точных наук: химии, физики, математики, кибернетики и т.д. Стали широко

применять электронную микроскопию, рентгеноструктурный анализ, скоростное центрифугирование, метод радиоактивных изотопов, чистые препараты витаминов, ферментов и аминокислот и т.д.

В 40-х годах в результате работы американских биохимиков Г. Бидла и Э. Татума с сумчатым грибом нейроспорой были выяснены химические процессы, в которых гены влияют на обмен веществ и в конечном счете на формирование всех морфологических признаков и физиологических свойств живых организмов. Была выдвинута гипотеза «один ген – один фермент».

В 1944 г. американский микробиолог – генетик О. Эвери в опытах по бактериальной трансформации представил данные о том, что основным материалом носителем наследственности являются не белковые компоненты хромосом, а ее ДНК.

В 1953 г. Джеймс Уотсон и Френсис Крик создали модель строения ДНК.

В 1957 г. американский генетик А. Корнберг искусственно создал вирусную частицу, способную к размножению и обладающую всеми свойствами природных вирусов, а в 1958 г. в лабораторных условиях осуществил искусственный синтез ДНК.

В 1961 – 62 гг. М. Ниренберг, Г. Маттеи, С. Очоа и Ф. Крик расшифровали код наследственности и состав нуклеотидных триплетов для 20 аминокислот, входящих в состав белковых молекул.

В 1961 – 1962 г. французские микробиологи – генетики Ф. Жакоб и Ж. Моно разработали теорию регуляции белкового синтеза и на ее основе предложили схему механизма генетического контроля синтеза ферментов.

1.3. Методы исследования в генетике

Генетика, как любая наука, имеет свои методы исследования. Основными из них являются следующие:

1. Гибридологический метод – для выявления закономерностей наследования того или иного признака или группы признаков проводится скрещивание особей, различающихся по этим признакам и изучается полученное от них потомство 1, 2-го и других поколений. Гибридологический метод, впервые разработанный Г. Менделем, является основным, так как все другие методы исследований сопровождаются гибридологическим анализом.

2. Цитологический, с помощью которого проводится изучение особенностей строения хромосом. Наиболее эффективно он используется в сочетании с гибридологическим методом, а в ряде случаев самостоятельно, например, при изучении повреждающего действия радиационных излучений. На основе этого метода при использовании новейших способов изучения хромосомных структур возникла цитогенетика.

3. Онтогенетический метод, который используется для изучения действия генов и проявления их в индивидуальном развитии организмов в разных условиях среды.

4. Статистический метод с помощью которого изучают статистические закономерности наследственности и изменчивости организмов при обработке результатов экспериментов по скрещиванию.

5. Популяционный метод – это вариант гибридологического метода, используется при изучении наследования признаков у медленно плодящихся животных путем учета признаков родителей и потомства в стаде и математической разработке полученных данных.

6. Генеалогический метод также является вариантом гибридного метода. Наследование признаков при этом изучают путем анализа передачи его потомству в целых семьях или в родственных группах, для чего составляют родословную на несколько поколений предков отдельных особей или целых семей. Имеет большое значение при изучении наследственности человека и медленно плодящихся животных.

7. Биохимический метод в сочетании с гибридным и цитологическим используется для более детального изучения процессов, происходящих в клетках при размножении и онтогенезе.

8. Феногенетический метод в сочетании с цитологическим и гибридологическим применяется для установления степени влияния генов и факторов внешней среды на развитие признаков организмов, для чего изучается их развитие у особей с разной наследственностью или находящихся в разных условиях среды.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение генетики как науки. Что является предметом ее изучения?
2. Охарактеризуйте основные периоды развития генетики.
3. Дайте характеристику основных методов генетики.

Тема 16. Генетический анализ. Законы Менделя

План

2.1. Особенности генетического анализа.

2.2. Гибридологический метод изучения наследования. Законы Менделя.

2.3. Взаимное (реципрокное) и анализирующее скрещивания.

2.1. Особенности генетического анализа

Основные закономерности наследования впервые были разработаны Г. Менделем. В отличие от своих предшественников, изучавших наследственность как единое целое, в совокупности проявления всех отличимых признаков и свойств, Мендель предложил изучать наследование каждого из признаков независимо от того, как наследуются другие.

В основе наследственности лежат структурные и функциональные возможности генетической информации клеток. Единицей наследственной информации является *ген*, определяющий характер наследования и возможность развития признака. В классическом понимании *ген* – это участок молекулы ДНК, контролирующей проявление одного признака. У гаплоидов, т.е. клеток или особей с одинарным набором хромосом (половые клетки, прокариоты) имеется один ген, обуславливающий развитие признака. В соматических клетках диплоидных организмов каждая хромосома имеет себе парную (гомологичную) хромосому, поэтому два гена ответственны за развитие какого-либо признака.

Гены одной пары признаков, расположенные в одинаковых участках гомологичных хромосом и отвечающие за развитие вариантов какого-либо признака называются *аллельными*. Их принято обозначать буквами латинского алфавита. Аллельные гены могут быть доминантными (А, В) или рецессивными (а, в) т.о., аллель – это различное состояние одного и того же гена. *Доминантный ген* – это тот из пары аллельных генов, который в гетерозиготном состоянии подавляет проявление другого (рецессивного) гена (А > а). Соответ-

ственно, **рецессивный ген** – это ген, подавляемый в гибридном организме действием доминантного гена той же аллельной пары.

Особь в соответствующих локусах гомологичных хромосом которой находятся разные аллели (Аа, АаВв и т.д.), называют **гетерозиготной**. Гетерозиготы образуют несколько типов гамет и при скрещивании расщепляются. Если же в соответствующих локусах гомологичных хромосом располагаются одинаковые аллели (АА, аа, ААВВ, аавв и т.д.), то такую особь называют **гомозиготной** по одному или нескольким признакам. Гомозиготы образуют один тип гамет и при скрещивании не дают расщепления.

При проведении генетического анализа исследователи имеют дело не непосредственно с генами, а с результатами их проявлений – признаками. **Признак** – это некоторое качество или свойство, по которому можно отличить один организм от другого. Совокупность всех генов, определяющих развитие признаков организма называют **генотипом**. Совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся на основе генотипа во взаимодействии с условиями внешней среды называют **фенотипом**. Термины «фенотип» и «генотип» введены в 1903 г. В. Иоганнсенем.

2.2. Гибридологический метод изучения наследования.

Законы Менделя

Генетический анализ является основным методом изучения характера действия и числа генов, определяющих наследование данного признака. Основным методом генетического анализа, наряду с популяционным, цитологическим, генеалогическим и т.д. является гибридологический метод.

Гибридологический метод – это анализ характера наследования признаков с помощью системы скрещиваний, суть которых состоит в получении гибридов и анализе их потомков в ряду поколений. Гибридологический анализ впервые разработал Мендель, установивший с его помощью основные закономерности наследования признаков, получившие в дальнейшем название «правил Менделя».

Сущность гибридологического анализа заключается в следующем:

1. Анализируемые родительские особи должны отличаться одной или несколькими парами признаков.
2. Анализируемые особи должны быть гомозиготными.

3. Должен осуществляться анализ потомков от каждой родительской пары в каждом поколении.

4. Закономерности результатов скрещиваний должны анализироваться статистически.

Для гибридологического анализа наследования тех или иных признаков организма при половом размножении необходимо производить скрещивание двух особей разных полов. Скрещивание обозначают в генетике знаком умножения – **Х**. При написании схемы скрещивания принято на первом месте ставить женский пол. Женский пол обозначают знаком **♀** (зеркало Венеры), мужской – **♂** (щит и копье Марса). Родительские организмы, взятые в скрещивание, обозначают буквой **P** (*parenta* – родители). Потомство от скрещивания двух особей, различающихся по тем или иным признакам называют гибридным, а отдельную особь – гибридом. Гибридное поколение обозначают буквой **F** (*filii* -дети) с цифровым индексом, соответствующим порядковому номеру гибридного поколения.

Моногибридным называют такое скрещивание при котором родительские особи различаются лишь по одной паре альтернативных признаков.

Первый закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения): при скрещивании гомозиготных особей различающихся одной или несколькими парами альтернативных признаков, все гибриды первого поколения (F_1) оказываются единообразными по фенотипу и генотипу.

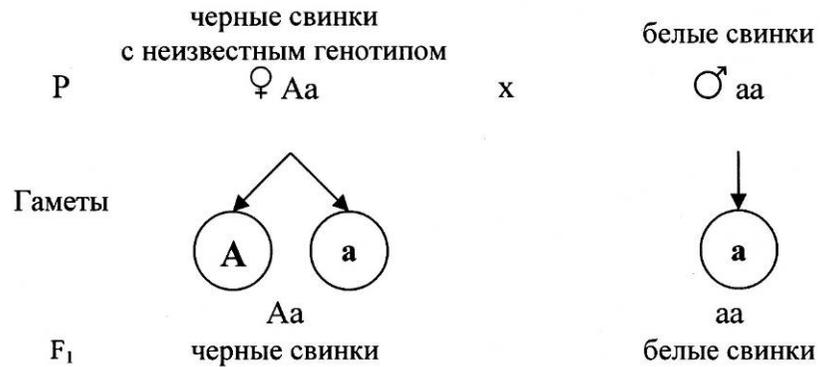
У гибридов первого поколения из пары альтернативных признаков развивается лишь один, второй как бы исчезает, не проявляется. Это явление преобладания у гибридов признака одного из родителей Мендель назвал доминированием. Признак, проявляющийся у гибридов F_1 и подавляющий развитие другого признака был назван доминантным, противоположный – рецессивным.

Второй закон Менделя (правило расщепления гибридов второго поколения): при моногибридном скрещивании гетерозиготных особей (гибридов F_1) во втором поколении наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 3:1, а по генотипу в соотношении 1:2:1.

Третий закон Менделя (закон независимого наследования признаков): при скрещивании гомозиготных родительских форм различающихся по двум и более парам альтернативных признаков, гены

по фенотипу – 3 : 1, т.е. 3 части черных и 1 часть белых свинок;
по генотипу – 1 : 2 : 1, т.е. 1 часть AA, 2 части Aa и 1 часть aa.

При помощи анализирующего скрещивания не представляет трудности определить гомо- и гетерозиготность животного:



При анализирующем скрещивании получилось 50 % животных с черной мастью и 50 % – с белой мастью. Таким образом, расщепление по фенотипу и генотипу составляет 1 : 1, значит черная свинка была гетерозиготной.

В случае, если особь с неизвестным генотипом окажется гомозиготной (AA), то при анализирующем скрещивании у гибридов будет наблюдаться единообразие:



Задачи

1. У кроликов черная окраска меха доминирует над белой окраской. Гомозиготную черную крольчиху скрестили с гомозиготным белым кроликом. Определите генотипы и фенотипы крольчат первого поколения.

2. На звероферме получен приплод в 225 норок. Из них 167 животных имеют коричневый мех и 58 норок голубоватой окраски. Определите генотипы исходных форм, если известно, что ген коричневой доминирует над геном, определяющим голубоватую окраску.

3. У человека ген карих глаз доминирует над геном, обуславливающим голубые глаза. Голубоглазый мужчина, один из родителей которого имел карие глаза, женился на кареглазой женщине, у которой отец имел карие глаза, а мать голубые. Какое потомство можно ожидать от этого брака?

4. Альбинизм наследуется у человека как рецессивный признак. В семье, где один из супругов альбинос, а другой имеет пигментированные волосы, есть двое детей. Один ребенок альбинос, другой – с окрашенными волосами. Какова вероятность рождения следующего ребенка – альбиноса?

5. Фенилкетонурия (нарушение обмена фенилаланина, в результате которого развивается слабоумие) наследуется как рецессивный признак. Какими могут быть дети в семье, где родители гетерозиготны по этому признаку?

6. У крупного рогатого скота ген комолости (безрогости) доминирует над геном рогатости, а ген черного цвета шерсти над геном красной окраски. Какие будут телята, если скрестить гетерозиготных по обоим парам признаков быка и корову?

7. Какое потомство следует ожидать от скрещивания черного комолого быка, гетерозиготного по обоим парам признаков, с красной рогатой коровой?

8. У собак черный цвет шерсти доминирует над кофейным, а короткая шерсть – над длинной. Какой процент черных короткошерстных щенков можно ожидать от скрещивания двух особей, гетерозиготных по обоим признакам?

9. Охотник купил черную собаку с короткой шерстью и хочет быть уверен, что она не несет генов длинной шерсти и кофейного цвета. Какого партнера по фенотипу и генотипу надо побрать для скрещивания, чтобы проверить генотип купленной собаки?

10. Голубоглазый правша женился на голубоглазой тоже правше. У них родилось двое детей – кареглазый левша и голубоглазый правша. Какие еще дети могут быть у этих родителей? Кареглазость и праворукость – доминантные признаки.

11. У собак черная шерсть доминирует над коричневой, а кротоконоготость – над нормальной длиной ног. При скрещивании дигетерозигот получено 480 щенят. Сколько среди них черных с нормальной длиной ног и коричневых с нормальной длиной ног?

12. У томатов пурпурная окраска стебля доминирует над зеленой, а рассеченные листья над цельнокрайними. При скрещивании растений томата с пурпурными стеблями и рассеченными листьями с растениями с зелеными стеблями и рассеченными листьями было получено 321 растение с пурпурными стеблями и рассеченными листьями, 101 с пурпурными стеблями и цельнокрайними листьями, 310 с зелеными стеблями с рассеченными листьями и 107 растений с зелеными стеблями и цельнокрайними листьями. Определите генотипы родительских форм и потомства.

13. Плоды томата бывают красного и желтого цвета, округлой и грушевидной формы. Гены красного цвета и круглой формы доминантны. Какое потомство получится при скрещивании гетерозиготных красных круглых плодов с гомозиготными желтыми грушевидными плодами?

14. В брак вступают кареглазые, имеющие веснушки люди (признаки доминантные), у них родилась голубоглазая и без веснушек дочь. Определите вероятность рождения следующего ребенка, похожего на родителей.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определение понятий: ген, аллель, гетерозигота, гомозигота.
2. Сформулируйте законы Менделя.
3. Дайте определение анализирующего и реципрокного скрещиваний. Для чего они применяются?

Тема 17. Взаимодействие аллельных генов

Общие замечания

Правильность установленных Г. Менделем закономерностей наследственности была подтверждена после 1900 г. в многочисленных опытах по изучению наследования различных признаков как у растений, так и у животных. В то же время выяснилось, что полученные Менделем определенные числовые соотношения при расщеплении в потомстве гибридов были верными во всех тех случаях, когда каждый ген определял развитие **одного** наследственного признака. Например, у гороха ген (А) определяет образование желтых семян, другой ген (а) – зеленых.

Однако вскоре было накоплено много фактов, указывающих на то, что взаимоотношения между генами и признаками, определяемыми ими, носят более сложный и многообразный характер.

Было выяснено, что:

1. Один и тот же ген может оказывать влияние на несколько различных признаков.

2. Происходит взаимодействие генов, при котором один и тот же наследственный признак развивается под влиянием многих генов.

Таким образом, фенотипическое выражение большинства признаков и свойств организма определяется в онтогенезе взаимодействием многих генов. Открытие явления взаимодействия генов имело важнейшее значение для всего последующего развития генетики. На смену взглядам Менделя об абсолютной независимости генов друг от друга было выдвинуто положение о сложной связи и взаимодействии генов при развитии любого признака организма. Эти взаимодействия могут быть связаны как с аллельными, так и с неаллельными генами.

Взаимодействие аллельных генов проявляется в виде 3-х основных форм – полное доминирование, неполное доминирование, кодминирование.

1. **Полное доминирование** – явление полного подавления у гибридных организмов одних признаков другими. Все опыты Менделя – примеры полного доминирования. У гетерозиготы проявляется доминантный признак.

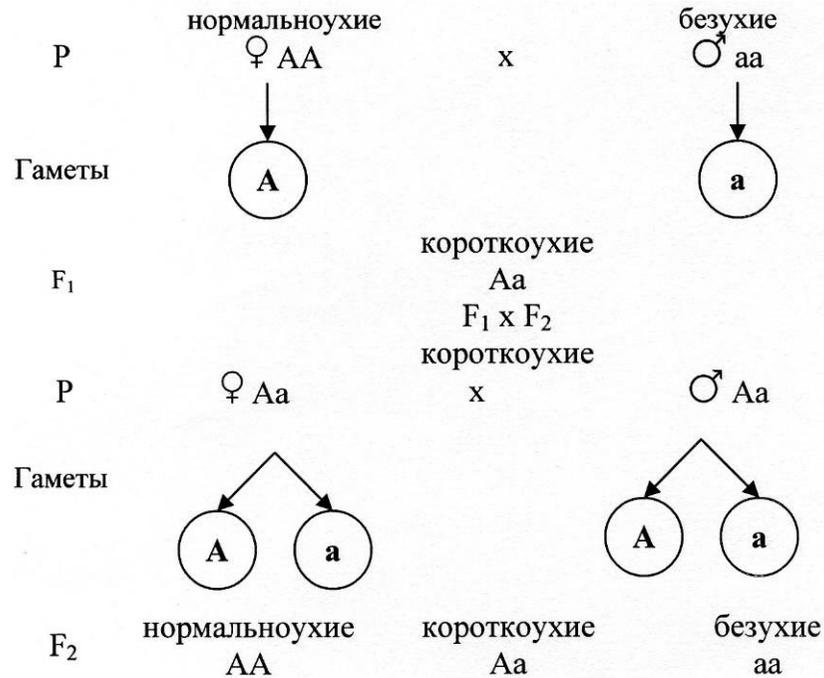
2. **Неполное доминирование** – явление неполного подавления доминантным геном своего рецессивного аллеля. При этой форме взаимодействия генов все гетерозиготы и гомозиготы значительно отличаются по фенотипу друг от друга. В большинстве случаев гете-

розиготы обладают фенотипом промежуточным между фенотипами доминантной и рецессивной гомозигот, т.е. у гетерозиготы проявляется промежуточный признак. Впервые это явление было описано Менделем при изучении наследования окраски цветков Ночной красавицы. При скрещивании растений с красными цветками (AA) и растений с белыми (aa) гибриды F₁ имеют розовые цветки (Aa). Неполное доминирование наблюдается как у растений, так и у животных. При этом все гибриды F₁ проявляют свойство единообразия, а в F₂ наблюдается расщепление в соотношении 1 : 2 : 1 как по фенотипу, так и по генотипу.

Решение типовой задачи

Среди овец наряду с нормальноухими имеются и безухие. Скрещивание безухих овец (aa) с нормальноухими (AA), имеющим длину уха около 10 см, дает в первом поколении потомство (Aa) исключительно с короткими ушами – около 5 см.

Нормальноухие (10 см) – А, безухие – а.



В F₂ расщепление по фенотипу и генотипу одинаковое: 1 часть нормальноухих (AA), 2 части короткоухих (Aa) и 1 часть безухих (aa); 1 : 2 : 1.

3. **Кодоминирование** – тип взаимодействия аллельных генов при котором у гетерозиготных организмов оба аллеля участвуют в формировании признака. У гетерозиготы проявляется новый признак.

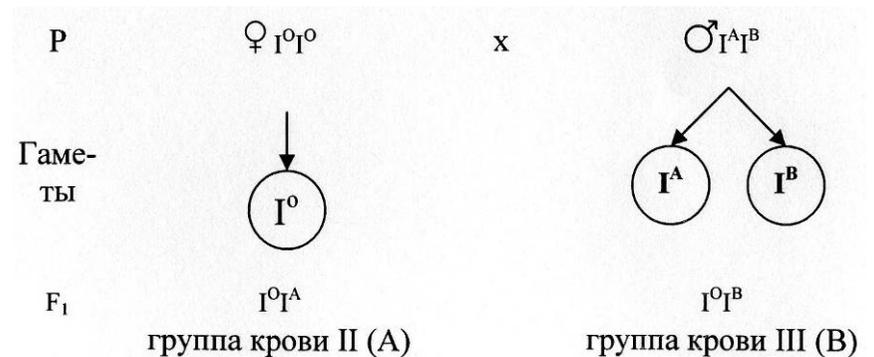
Примером этой формы взаимодействия аллелей служит наследование групп крови человека по системе ABO, детерминируемых геном I.

Решение типовой задачи

Женщина с первой группой крови выходит замуж за мужчину с четвертой группой крови. Дети с какой группой крови могут родиться у этих родителей?

У человека группы крови по системе ABO определяются тремя аллелями одного гена: I^A, I^B, I^O. Первые два аллеля являются кодоминантными, а третий – рецессивным по отношению к двум первым. Различные сочетания этих аллелей могут приводить к развитию следующих четырех групп крови: I^OI^O – группа крови O или I, I^AI^A и I^AI^O – группа крови A или II, I^BI^B и I^BI^O – группа B или III, I^AI^B – группа AB или IV.

По условию задачи родители имеют I и IV группу крови. В соответствии с общей схемой решения задач записываем сведения о генотипах родителей и сортов гамет:



Таким образом в этой семье могут родиться дети со II и III группой крови.

Задачи

1. Желтая морская свинка при скрещивании с белой всегда дает кремовых потомков. Скрещивание кремовых свинок между собой дает расщепление – 1 желтая, 1 белая, 2 кремовые. Какой тип взаимодействия аллельных генов имеет место в данном случае? Какого потомства следует ожидать при скрещивании кремовой морской свинки с белой?

2. Акаталазия (отсутствие каталазы в крови) обусловлена редким аутосомным рецессивным геном. Исследования активности каталазы показали, что у гетерозиготных людей она несколько понижена по сравнению с нормой. У обоих родителей и единственного сына в семье активность каталазы оказалось пониженной. Определите вероятность рождения в этой семье следующего ребенка полностью здорового.

3. Женщина с вьющимися волосами (неполное доминирование), имеющая карие глаза, выходит замуж за голубоглазого мужчину с вьющимися волосами. Первая дочь родилась голубоглазой и курчавой. Возможно ли в этой семье рождение кареглазых детей с прямыми волосами? Определите вероятность этого события.

4. От скрещивания гнедых лошадей с альбиносами рождаются жеребята с золотистой окраской туловища при почти белой гриве и хвосте (т.н. окраска «паломино»). Попытки развести в чистоте лошадей такой масти не увенчались успехом. При их скрещивании всегда возникало расщепление в соотношении 1 гнедая: 2 паломино: 1 альбинос. Как наследуется окраска шерсти у лошадей?

5. Женщина имеющая повышенное содержание цистина в моче, выходит замуж за здорового мужчину. Каков прогноз в отношении здоровья детей в этом браке, а также внуков при условии, что их дети вступят в брак с лицами, имеющими повышенное содержание цистина в моче. Известно, что цистинурия (мочекаменная болезнь) развивается в гомозиготном доминантном состоянии.

6. У львиного зева красная окраска цветка R не полностью доминирует над белой г. Сочетание генов Rr дает розовую окраску цветка. Нормальная форма цветка N доминирует над пилорической. Рас-

тения, дигетерозиготные по окраске и форме цветка скрещены между собой. Определите генотип и фенотип полученного потомства.

7. У мальчика I группа крови (O), а у его сестры IV (AB). Что можно сказать о группах крови и генотипах их родителей?

8. В семье мужчины с группой крови AB и женщины с группой крови A было трое детей с группами крови B, AB и O. Определите генотипы родителей и детей. Нет ли, по-вашему мнению, каких-либо сомнительных факторов в условии задачи?

9. В родильном доме перепутали двух мальчиков. Родители одного из них имеют O и A группы крови, родители другого – A и AB. Исследование показало, что дети имеют O и A группы крови. Определите, кто чей сын.

10. Серповидноклеточная анемия – замена нормального гемоглобина A на S – гемоглобин, в результате чего эритроциты принимают форму серпа в условиях пониженного содержания кислорода в атмосфере. У гомозиготных индивидов заболевание приводит к смерти в обычно раннем возрасте. Гетерозиготные люди жизнеспособны, их выявляют, помещая каплю крови в газовую среду без кислорода. Интересно, что малярийный плазмодий не может использовать для своего питания S-гемоглобин, поэтому люди, имеющие эту форму гемоглобина, не болеют малярией. Наибольшее распространение это ген имеет в странах Средиземноморья. Какова вероятность рождения детей, устойчивых к малярии, в семье, где один из родителей гетерозиготен по гену серповидноклеточной анемии, а другой нормален в отношении этого признака? Какова вероятность рождения детей, чувствительных к малярии, в семье, где оба родителя устойчивы к этому заболеванию?

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите и охарактеризуйте основные формы взаимодействия аллельных генов.

2. Приведите примеры проявления полного доминирования, неполного доминирования, кодоминирования?

Тема 18. Взаимодействие неаллельных генов

Общие замечания

В ряде случаев на один признак организма могут влиять две (или более) пары неаллельных генов. Это приводит к значительным численным отклонениям фенотипических классов от установленных Менделем при дигибридном скрещивании. Основными формами взаимодействия неаллельных генов являются комплементарность, эпистаз, полимерия.

1. **Комплементарность** – это такой тип взаимодействия неаллельных генов, когда неаллельные гены при одновременном присутствии в генотипе (как в доминантном, так и в рецессивном состоянии) обуславливают развитие нового признака. Возможные варианты расщепления по фенотипу при комплементарности – 9:7, 9:6:1 и 9:3:3:1.

2. **Эпистаз** – это такой тип взаимодействия неаллельных генов, когда действия одной аллельной пары подавляются действием другой, неаллельной им пары.

Если обычное аллельное доминирование можно выразить формулой $A > a$ или $B > b$, то явление эпистаза выражается формулой $A > B$ (доминантный эпистаз) или $a > B$ (рецессивный эпистаз). Ген подавляющий действие неаллельного гена называется **эпистатическим геном (ингибитором или супрессором)**. Подавляемый ген носит название **гипостатического**. Эпистаз может быть доминантным и рецессивным.

При **доминантном** эпистазе доминантная аллель одного гена подавляет действие аллельной пары другого гена ($A > BB$; $A > Bb$; $A > bb$). Наблюдаемое расщепление по фенотипу – 13:3 и 12:3:1. Примерами являются наследование окраски у кур, наследование окраски зерна у овса, окраски чешуи лука и т.д.

При **рецессивном** эпистазе рецессивная аллель одного гена, будучи в гомозиготном состоянии, не дает возможности проявиться доминантной или рецессивной аллелям других генов ($aa > B$, $aa > b$). В качестве примера можно рассматривать наследование окраски шерсти у домашних мышей. Наблюдаемое расщепление по фенотипу 9 : 3 : 4.

3. **Полимерия** – это такой тип взаимодействия неаллельных генов при котором на проявление признака оказывают одновременное действие несколько неаллельных однополовых генов. Неаллельные гены, действующие однозначно на формирование одного и того же признака, называют **полимерными**.

Хотя полимерные гены не являются аллельными, но так как они определяют развитие одного признака, их обычно обозначают одной буквой, указывая цифрами число аллельных пар. Например, генотип, в который входят две пары доминантных полимерных генов, можно обозначить $A_1 A_1 A_2 A_2$, двойную гетерозиготу – $A_1 a_1 A_2 a_2$, а рецессивную форму по тем же генам – $a_1 a_1 a_2 a_2$. Полимерия была открыта и подробно изучена шведским генетиком и селекционером Нильсоном-Эле в 1908 году. Расщепление по фенотипу – 15 : 1.

По типу полимерии наследуются так называемые **количественные** признаки, такие как темпы роста, масса, яйценосность кур, молочность крупного рогатого скота, шерстность овец, содержание витаминов в растениях, скорость протекания химических реакций, количество белка в зерне, длина колоса у злаков, содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы и др.

Решение типовой задачи

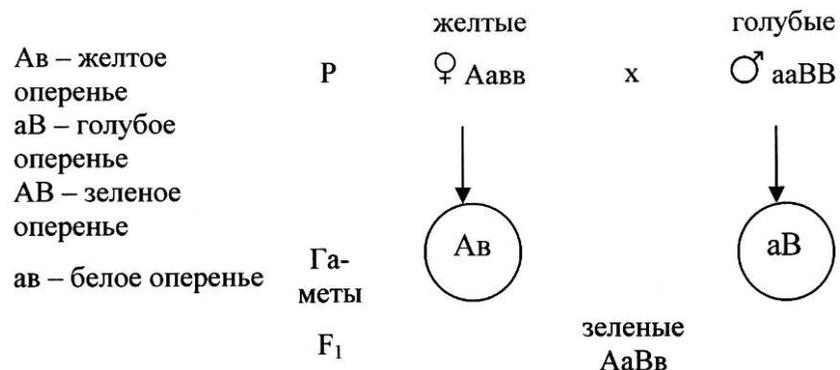
Как наследуется окраска оперения у длиннохвостых попугайчиков, если от скрещивания желтого с голубым в первом поколении все оказались зелеными, а во втором – 17 зеленых, 6 голубых, 5 желтых и 2 белых?

При решении задач на взаимодействие неаллельных генов сначала надо определить по какому типу (комплементарность, эпистаз, полимерия) наследуется признак. Для этого необходимо подсчитать расщепление по фенотипу во втором поколении. Подсчитываем общее количество особей в F_2 и полученную сумму делим на 16 (так как в F_2 всего 16 генотипов). Затем число особей каждого из фенотипов делим на полученное частное.

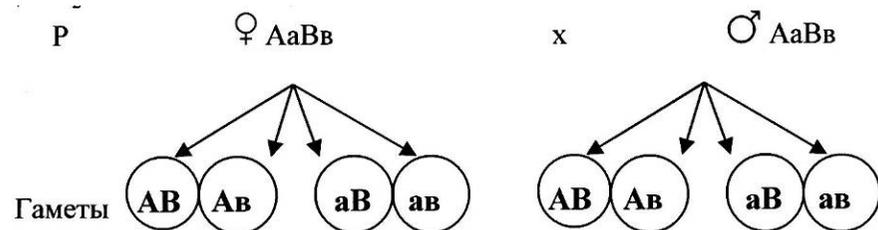
По условию задачи в F_2 всего 30 попугайчиков ($17+6+5+2$). Разделим 30 на 16 и получим число близкое к 2. Разделив число попугайчиков каждого фенотипа на 2 ($17:2$, $6:2$, $5:2$, $2:2$), получим соотношение 9 : 3 : 3 : 1. Так рассчитывается расщепление по фенотипу во всех задачах на взаимодействие генов.

Из условий задачи видно, что взаимодействие двух неаллельных генов (A и B), один из которых (A) обуславливает голубую окраску оперения, а другой (B) желтую окраску, приводит к появлению

нию нового признака – зеленой окраски. В данном случае совместное действие генов иное, чем действие каждого гена в отдельности, что наблюдается при комплементарном взаимодействии генов. Расщепление во втором поколении также соответствует комплементарному (9 : 3 : 3 : 1). Введем обозначение генов и решим задачу:



Все потомство F₁ единообразное по фенотипу – зеленое оперенье, а по генотипу – дигетерозиготное (AaBb). Для получения гибридов F₂ проведем скрещивание гибридов F₁ между собой:



Для нахождения генотипов и фенотипов гибридов F₂ удобно пользоваться решеткой Пеннета:

F₂:

♀ \ ♂	К	AB	Av	aB	av
AB		AABB зелен.	AABb зелен.	AaBB зелен.	AaBb зелен.
Av		AABb	AAbb	AaBb	Aabb

	зелен.	желт.	зелен.	желт.
аВ	AaBB зелен.	AaBb зелен.	aaBB голуб.	aaBb голуб.
ав	AaBb зелен.	Aabb желт.	aaBb голуб.	aabb белые

Таким образом, окраска оперенья у длиннохвостых попугайчиков наследуется по комплементарному типу.

Задачи

1. У люцерны получены следующие данные о наследовании окраски цветка: Р: пурпурные цветки, желтые цветки; F₁ – все растения с зелеными цветками; F₂: 119 – с зелеными цветками, 38 – с пурпурными, 40 – с желтыми, 13 – с белыми. Объясните результаты скрещиваний, указав генотипы разных групп растений.

2. При скрещивании кур и петухов, имеющих ореховидные гребни, получили 279 цыплят с ореховидным гребнем, 99 – с розовидным, 32 – с простым. Каковы генотипы родителей и потомков?

3. При скрещивании платиновой норки с алеутской (темно-голубой пух и почти черная ость) в F₁ все щенки оказались коричневыми, а во втором поколении наблюдалось расщепление: 28 щенков с коричневой окраской, 10 с платиновой, 8 с алеутской и 3 щенка имели новую окраску папирусного дыма, названную сапфировой. Чем обусловлена появление коричневых и сапфировых норок?

4. У человека врожденная глухота может определяться генами d и e. Для нормального слуха необходимо наличие в генотипе обеих доминантных аллелей (DE). Определите генотипы родителей в следующих двух семьях: а) оба родители глухие, а их 7 детей имеют нормальный слух; б) у глухих родителей 4 глухих ребенка.

5. Две линии кукурузы, имеющие семена с неокрашенным алейроном, при скрещивании друг с другом дают в F₁ семена с окрашенным алейроном, а в F₂ получено расщепление: 268 окрашенных, 206 неокрашенных. Как наследуется окраска алейрона у кукурузы?

6. При скрещивании сортов перца, имеющих желтые и коричневые плоды, в F₁ - плоды красные. Когда были получены гибриды F₂, то оказалось, что среди 322 растений 182 имели красные, 59 – коричневые, 20 – зеленые и 61 – желтые плоды. Как наследуется окраска плода у перца? Что получится в F₁ и F₂ от скрещивания растений с красными и зелеными плодами?

7. При скрещивании двух белозерных растений кукурузы F_1 тоже белозерное, а в F_2 получено 138 белых семян и 38 пурпурных. К какому типу наследования относится это случай? Определите генотипы всех форм.

8. При скрещивании тыквы с белыми плодами было получено следующее потомство: 70 – с белыми, 19 – с желтыми и 6 – с зелеными плодами. Как это можно объяснить?

9. При скрещивании собак коричневой масти с белыми все многочисленное потомство оказалось белой масти. Среди потомства в F_2 оказалось 37 белых, 10 коричневых и 3 черных. Как наследуется признак? Определите генотипы P , F_1 , F_2 .

10. От скрещивания белых и голубых кроликов получили в F_1 28 черных крольчат, а в F_2 - 67 черных, 27 голубых и 34 белых. Как наследуется черная, голубая и белая окраска шерсти у кроликов? Определите генотипы родителей и потомков.

11. При скрещивании белых морских свинок с черными потомство получено серое, а в F_2 на 26 серых, 9 черных и 13 белых. Как наследуется окраска шерсти у морских свинок?

12. Уши кроликов породы баран 30 см длины, у других пород 10 см. Предположим, что различия в длине ушей зависят от двух пар генов с однозначным действием. Генотип баранов $L_1 L_1 L_2 L_2$, обычных кроликов $I_1 I_1 I_2 I_2$. Определите длину ушей кроликов F_1 и всех возможных генотипов в F_2 .

13. Цвет кожи человека определяется взаимодействием нескольких пар генов: цвет кожи тем темнее, чем больше доминантных генов в генотипе. У негра 4 или 3 доминантных гена, у мулата – два, у белого – один доминантный или все рецессивные. Если негритянка ($A_1 A_1 A_2 A_2$) и белый мужчина ($a_1 a_1 a_2 a_2$) имеют детей, то в какой пропорции можно ожидать появление детей полных негров, мулатов и белых?

14. У человека с каким из указанных генотипов кожа темнее: $A_1 A_1 a_2 a_2$; $A_1 a_1 A_2 a_2$; $a_1 a_1 A_2 A_2$?

15. Рост человека контролируется несколькими парами сцепленных генов, которые взаимодействуют по типу полимерии. Если пренебречь факторами среды и условно ограничиться лишь тремя парами генов, то можно допустить, что в какой-то популяции самые низкорослые люди имеют все рецессивные гены и рост 159 см, самые высокие – все доминантные гены и рост 180 см. Низкорослая женщи-

на вышла замуж за мужчину среднего роста. У них было четверо детей, которые имели рост 165 см, 160 см, 155 см и 150 см. Определите генотипы родителей и их рост.

Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите и дайте определения основных форм взаимодействия неаллельных генов.
2. Каковы возможные варианты расщепления по фенотипу при комплементарности?
3. Дайте характеристику эпистаза и его видов.
4. Охарактеризуйте полимерию и приведите примеры ее проявления.

Тема 19. Наследование признаков сцепленных с полом Общие замечания

Для расщепления по каким-либо признакам не имеет значения направление скрещивания, т.е. то, от какого пола привносятся доминантные или рецессивные признаки. Это действительно в тех случаях, когда гены находятся в аутосомах, одинаково представленных у обоих полов. В тех же случаях, когда гены находятся в половых хромосомах, характер наследования и расщепления обусловлен поведением половых хромосом в мейозе и их сочетанием при оплодотворении.

Итак, весь хромосомный набор живых организмов можно разделить на две группы:

1. **аутосомы** – содержат гены, определяющие все признаки, кроме половых; набор их одинаков у женских и мужских особей одного вида.
2. **половые** – содержат гены, определяющие половые признаки; набор их различен у женских и мужских особей одного вида.

У людей две половые хромосомы – **X** и **Y**, которые различаются по структуре и значению. **X**–хромосома – крупная, генетически активная, состоит из эухроматина, потеря ее летальна для организма; на схемах обозначается прямой чертой. **Y**–хромосома – мелкая, генетически инертная, состоит в основном из гетерохроматина, потеря ее не летальна для организма; на схемах обозначается неполной стрелкой.

Пол, который содержит две одинаковые половые хромосомы (XX) и образует один тип гамет называют *гомогаметным*. Пол, который содержит разные половые хромосомы (XY) и образует гаметы разного типа называют *гетерогаметным*. У млекопитающих, некоторых беспозвоночных, большинства земноводных, некоторых рыб гомогаметным является женский пол, гетерогаметным мужской. У птиц, большинства рыб, части насекомых (бабочка, ручейник, тутовый шелкопряд), некоторых земноводных гетерогаметным является женский пол, а мужской гомогаметным.

Наследование признаков, гены которых локализованы в X и Y хромосомах, называется *наследованием, сцепленным с полом*. Явление впервые было описано Томасом Морганом. Так как Y – хромосома гетерогаметного пола почти не содержит генов, то гены находящиеся в X-хромосоме находятся в т.н. *гемизиготном (hemi – половина)* состоянии, т.е. не имеют аллельной пары, а контролируемые ими признаки проявляются фенотипически даже в том случае, если ген представлен одной аллелью.

Наследование признаков, сцепленных с полом имеет место у многих организмов – у ряда млекопитающих, птиц, рыб, насекомых. У человека рецессивными признаками, сцепленными с X-хромосомой являются гемофилия, дальтонизм, ангидрозная эктодермальная дисплазия (отсутствие потоотделения, нарушение терморегуляции) и т.д. Доминантными признаками, сцепленными с X-хромосомой является, например, гипоплазия эмали (тонкая зернистая эмаль, зубы светло-бурого цвета). Так как у человека гетерогаметным полом является мужской, то подобные признаки чаще проявляются у этого пола, а их передатчиком является женский пол, несущий гены в гетерозиготном состоянии. Если же гены оказываются у эмбриона женского пола в гомозиготном состоянии, то они, как правило, вызывают смерть (гемофилия). Гены, локализованные в Y – хромосоме и не имеющие аллелей в X – хромосоме, наследуются отлично от других. В этом случае они наследуются только от отца к сыну (например, волосатые уши).

Решение типовой задачи

У человека дальтонизм (цветовая слепота) обусловлена рецессивным геном (d), локализованным в X – хромосоме, нормальное зрение – доминантным (D). Девушка, имеющая нормальное зрение, отец которой страдал дальтонизмом выходит замуж за нормального

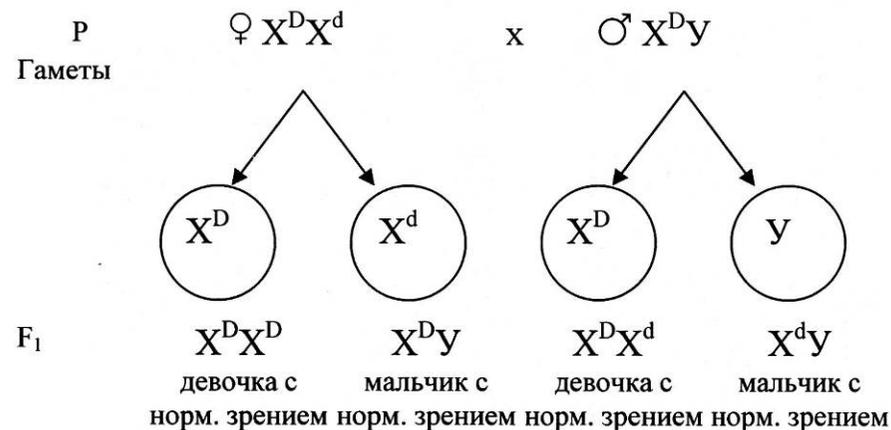
мужчину, отец которого также страдал цветовой слепотой. Какое зрение можно ожидать у детей от этого брака?

Введем обозначения и решим задачу:

X^d – дальтонизм

X^D – нормальное зрение

Так как отец девушки дальтоник, то ее генотип гетерозиготен по данному гену – $X^D X^d$. Генотип мужчины $X^D Y$.



Задачи

1. У человека гемофилия передается как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой признак. Мужчина, больной гемофилией, женится на женщине, не имеющей этого заболевания. У них рождаются здоровые дочери и сыновья, которые вступают в брак с нестрадающими гемофилией лицами. Обнаружится ли у внуков гемофилия?

2. Могут ли родиться больные гемофилией дети от брака здоровых мужчины и женщины?

3. У кошек желтая окраска шерсти определяется доминантным геном (A), черная – рецессивным (a), гетерозигота (Aa) имеет черепаховую окраску. Ген A сцеплен с полом. Какими могут быть котята, если кот черный, а кошка – желтая?

4. Решите предыдущую задачу с условием, что кот черный, а кошка черепаховая. Может ли кот иметь черепаховую окраску?

5. У человека дальтонизм обусловлен рецессивным геном, локализованным в X-хромосоме, нормальное зрение – доминантным. Девушка, имеющая нормальное зрение, отец которой страдал цветовой слепотой, выходит замуж за здорового мужчину, отец которого тоже дальтоник. Какое зрение можно ожидать у детей от этого брака?

6. Кареглазая женщина с нормальным зрением, отец которой имел голубые глаза и страдал цветовой слепотой, выходит замуж за голубоглазого мужчину с нормальным зрением. Какое потомство можно ожидать от этой пары, если известно, что ген карих глаз наследуется как аутосомный доминантный признак, а ген дальтонизма – как рецессивный, сцепленный с X-хромосомой?

7. Какие дети могут родиться от брака гемофилика с женщиной, страдающей дальтонизмом?

8. Женщина- правша с карими глазами и нормальным зрением вышла замуж за мужчину- правшу, голубоглазого и дальтоника. У них родилась голубоглазая дочь- левша, страдающая дальтонизмом. Какова вероятность того, что следующий ребенок в этой семье будет голубоглазым, левшой и дальтоником, если известно, что карий цвет глаз и праворукость – доминантные аутосомные, не сцепленные между собой, а дальтонизм – рецессивный, сцепленный с X-хромосомой признак?

9. Мужчина, страдающий дальтонизмом и глухотой, женился на женщине, с нормальным зрением и хорошо слышащей. У них родился глухой сын – дальтоник и дочь – дальтоник с хорошим слухом. Определите вероятность рождения в этой семье дочери с обеими аномалиями, если известно, что дальтонизм и глухота передаются как рецессивные признаки, но дальтонизм сцеплен с X-хромосомой, а глухота – аутосомный признак.

10. У кур полосатость оперенья обусловлена сцепленным с полом доминантным геном, а отсутствие полосатости – его рецессивной аллелью. Две полосатые птицы при скрещивании дали двух цыплят: полосатого петуха и неполосатую курочку. Укажите генотипы родительских форм. У кур гетерогаметным является женский пол.

11. Гипертрихоз передается через Y-хромосому, а полидактилия – как доминантный аутосомный признак. В семье, где отец имел гипертрихоз, а мать полидактилию, родилась нормальная в отношении обоих признаков дочь. Какова вероятность того, что следующий ребенок в этой семье будет также без обеих аномалий?

12. У человека альбинизм обусловлен аутосомным рецессивным геном, гемофилия наследуется как сцепленный с X-хромосомой признак. У супружеской пары, нормальной по этим признакам, родился сын с обеими аномалиями. Какова вероятность того, что у второго сына в этой семье проявятся обе аномалии?

13. Кареглазая женщина с I группой крови, обладающая нормальным зрением, отец которой имел голубые глаза, II группу крови и страдал цветовой слепотой, выходит замуж за голубоглазого мужчину с IV группой крови, имеющего нормальное зрение. Какое потомство можно ожидать от этой пары?

14. Мужчина – глухой и дальтоник, женился на женщине с нормальным зрением и хорошо слышащей. У них родился сын глухой и дальтоник и дочь – дальтоник, но с хорошим слухом. Определите вероятность рождения в этой семье дочери с обеими аномалиями, если известно, что дальтонизм и глухота передаются как рецессивные признаки, но дальтонизм сцеплен с X-хромосомой, а глухота – аутосомный признак.

15. У человека псевдогипертрофическая мускульная дистрофия (смерть в 10–20 лет) в некоторых семьях зависит от рецессивного, сцепленного с полом гена. Болезнь зарегистрирована в основном у мальчиков. Почему? Если больные мальчики умирают до деторождения, то почему эта болезнь не элиминируется из популяции?

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие признаки называют сцепленными с полом?
2. Приведите примеры доминантного и рецессивного наследования признаков, сцепленных с полом.
3. Что означает гемизиготное состояние генов?

Тема 20. Сцепленное наследование и кроссинговер **Общие замечания**

Независимое комбинирование признаков при скрещивании объясняется тем, что расщепление одной пары аллельных генов, определяющих соответствующие признаки, происходит независимо от другой пары. Однако это наблюдается только в том случае, когда гены разных пар признаков находятся в разных парах хромосом и при образовании половых клеток отцовские и материнские хромосомы комбинируются независимо. Вместе с тем количество хромосом очень ограничено по сравнению с количеством признаков, каждый из кото-

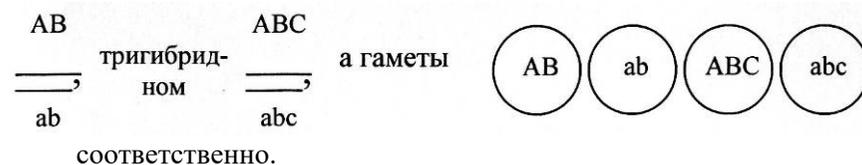
рых развивается под контролем определенного гена. Так, у дрозофилы известно около 7000 генов при четырех парах хромосом. У человека, например, при наличии 23 пар хромосом насчитывается по разным данным от 100 тысяч до 1 миллиона структурных генов. Отсюда очевидно, что в каждой паре хромосом должны быть локализованы сотни аллелей. Естественно, что между генами, которые находятся в одной хромосоме, наблюдается сцепление и при образовании половых клеток они будут передаваться вместе.

В 1906 г. английские генетики У. Бэтсон и Р. Пеннет при изучении наследования признаков у душистого горошка впервые наблюдали отклонение от правила независимого комбинирования генов. Было обнаружено, что такие признаки как окраска и форма пыльца наследуются вместе. Они назвали это совместное наследование признаков **явлением притяжения**.

В 1910 г. Т. Морган и его сотрудники К. Бриджес и А. Стертевант на основании многочисленных фактов сцепленного наследования пришли к выводу, что сцепление генов является следствием их нахождения в одной хромосоме, вследствие чего они не подчиняются установленному Менделем правилу независимого комбинирования. Сцепление генов приводит к образованию у гибрида гамет преимущественно с «родительскими» сочетаниями аллелей. Закон Моргана гласит: **«Гены, локализованные в одной хромосоме, сцеплены, т.е. наследуются преимущественно вместе»**.

Совместное наследование признаков, гены которых локализованы в одной хромосоме, называется **сцепленным наследованием**. Гены, локализованные в одной хромосоме, образуют одну группу сцепления. Число групп сцепления соответствует гаплоидному числу хромосом. Например, у дрозофилы 4 группы сцепления, у человека 23, крупного рогатого скота 30, свиней 19 и т.д.

Гены расположены в линейной последовательности в хромосомах и находятся на определенном расстоянии друг от друга. В зависимости от расстояния между генами сцепление может быть полным и неполным. При **полном сцеплении** гены, расположенные в одной хромосоме, передаются всегда вместе. На схемах генотипы особей со сцепленными признаками условно записывают так:



Т. Морган и его ученики установили, что сцепление почти никогда не бывает полным. Полное сцепление обнаружено лишь у самцов дрозофилы и самок тутового шелкопряда. Чаще всего в природе обнаруживается **неполное сцепление**, причиной которого является кроссинговер. Этот процесс был открыт в 1911 г. Т. Морганом. **Кроссинговер** (от англ. crossingover – перекрест) – обмен идентичными участками гомологичных хромосом, приводящий к образованию рекомбинантных типов. Причиной рекомбинации хромосом является процесс конъюгации гомологичных хромосом в профазе мейоза. Чем дальше расположены в хромосоме гены друг от друга, тем меньше сила сцепления и тем чаще между ними происходит кроссинговер. Например, при дигибридном скрещивании в результате кроссинговера образуются новые типы гамет – Ав и аВ.

Гаметы, образованию которых предшествовал кроссинговер, называют **кроссоверными**. Особи, в образовании которых участвовали кроссоверные гаметы называются кроссоверными или рекомбинантными. Величина кроссинговера измеряется отношением числа кроссоверных особей к общему числу особей в потомстве анализирующего скрещивания и выражается в процентах или **морганидах**. Число кроссоверных особей всегда меньше чем число некроссоверных и величина кроссинговера не бывает выше 50%.

На основании многочисленных генетических исследований Морган выдвинул гипотезу линейного расположения генов в хромосоме. По частоте кроссинговера определяют расстояние между генами и строят **карты хромосом**, т.е. последовательно располагают гены в линейном порядке на определенном расстоянии друг от друга по длине хромосомы. Величина кроссинговера между двумя крайними генами равна сумме величин кроссинговера между генами, расположенными внутри данного отрезка.

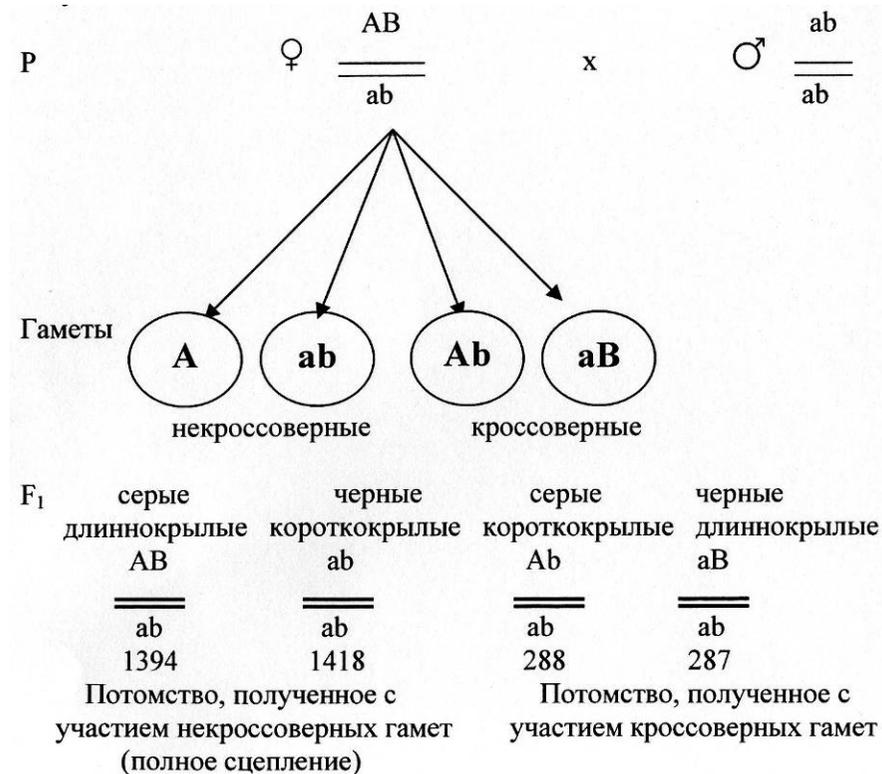
Допустим, что при гибридологическом анализе получено следующее количество кроссоверных особей по одной группе сцепления из четырех признаков: А и В – 2 %, А и С – 7 %, А и Д – 10 %. Отсю-

да, приняв за начало хромосомы локус с геном А, карту расположения генов на данной хромосоме можно изобразить так:



Решение типовой задачи

У дрозофил признаки окраски тела и формы крыльев сцеплены. Темная (черная) окраска тела рецессивна по отношению к серой, а короткие крылья – к длинным. В лаборатории скрещивались серые длиннокрылые самки, гетерозиготные по обоим признакам, с самцами, имеющими черное тело и короткие крылья. В потомстве оказалось серых длиннокрылых особей 1394; черных короткокрылых – 1418, черных длиннокрылых – 287, серых короткокрылых – 288. Определите расстояние между генами. Введем обозначения и решим задачу:



- A – серая окраска
- a – темная окраска
- B – длинные крылья
- b – короткие крылья

Частота кроссинговера = $n_1 / n \times 100\% = 288 + 287 / 3387 \times 100\% = 16,97\%$

Таким образом, относительное расстояние (перекрест) между генами А и В составляет 16,97% (морганид).

Задачи

1. При скрещивании самки с генотипом и самца , в F₁ получено 9 % кроссоверных особей. Выпишите генотипы потомства и процент особей каждого генотипа.

2. У дрозофилы рецессивный ген (b) обуславливает черное тело, а ген p – пурпурный цвет глаз. Их доминантные аллели – ген серого тела (B) ген и ген красного цвета глаз (P).

При скрещивании дигетерозиготной самки с таким же по фенотипу гомозиготным самцом получено 43% потомков серого цвета с пурпурными глазами, 43% - с черным телом и красными глазами и по 7% потомков с проявлением доминантных и рецессивных признаков. Как наследуются эти гены и какой генотип потомков?

3. У дрозофил признаки окраски тела и длины крыльев сцеплены. Темная окраска тела рецессивна по отношению к серой, короткие крылья к длинным. В лаборатории скрещивались серые длиннокрылые самки, гетерозиготные по обоим признакам, с самцами имеющими черное тело и короткие крылья. В потомстве оказалось: серых длиннокрылых особей – 1387, черных короткокрылых – 1402, черных длиннокрылых – 285, серых короткокрылых – 286. Определите расстояние между генами окраски тела и длины крыльев.

4. У крыс темная окраска шерсти доминирует над светлой, розовый цвет глаз над красным. Оба признака сцеплены. В лаборатории от скрещивания розовоглазых темношерстных крыс с красноглазыми светлошерстными получено потомство: светлых красноглазых – 27, темных розовоглазых 30, светлых розовоглазых 27, темных красноглазых 29. Определите расстояние между генами.

5. Гены А и В наследуются сцеплено, расстояние между ними в единицах кроссинговера равно 25 %. При скрещивании дигетерозиготной особи с рецессивной особью было получено 56 потомков. Сколько из них имеет оба признака в доминантном и оба признака в рецессивном состоянии?

6. У томатов высокий рост доминирует над карликовым, а шаровидная форма плода над грушевидной. Высокое растение с шаровидными плодами скрещено с карликовым растением, плоды которого имеют грушевидную форму. От скрещивания получено 41 высокое растение с шаровидными плодами, 39 карликовых с грушевидными, 12 высоких с грушевидными и 10 карликовых с шаровидными плодами. Как наследуются признаки? Каково расстояние между генами?

7. У человека катаракта (болезнь глаз) и многопалость (полидактилия) вызываются доминантными аллелями двух генов, располагающихся в одной и той же хромосоме. Одна молодая женщина унаследовала катаракту от отца и многопалость от матери. Ее муж нор-

мален по этим признакам. Сравните (качественно) вероятности того, что их ребенок:

- а) будет одновременно страдать обеими аномалиями;
- б) будет страдать только какой-нибудь одной из них;
- в) будет вполне нормальным.

Как изменится ответ, если принять во внимание явление кроссинговера?

8. У кроликов один из типов пятнистости доминирует над сплошной окраской, а нормальная шерсть – над ангорской. Скрещивают пятнистого нормальношерстного кролика со сплошь окрашенной ангорской крольчихой. В потомстве от скрещивания гибридов F₁ со сплошь окрашенными ангорскими кроликами получено 26 пятнистых ангорских крольчат, 144 сплошь окрашенных ангорских, 157 пятнистых с нормальной шерстью и 23 сплошь окрашенных с нормальной шерстью. Как наследуются пятнистость и длина шерсти по отношению друг к другу? Каково расстояние между генами, их определяющими?

9. Скрещены две линии мышей: в одной из них животные имеют извитую шерсть нормальной длины, а в другой – длинную прямую. Гибриды F₁ имеют шерсть нормальную прямую. В анализирующем скрещивании получилось следующее расщепление: мышат с нормальной прямой шерстью – 27, с нормальной извитой – 99, длинной прямой – 98 и длинной извитой – 24. Как наследуются эти две пары признаков? Каково расстояние между генами, их определяющими?

10. У человека рецессивный ген с обуславливает цветовую слепоту, а рецессивный ген d – мышечную дистрофию Дюшена. Оба признака наследуются сцеплено с полом. По родословной одной многодетной семьи были получены следующие данные: здоровая женщина с нормальным зрением, отец которой страдал мышечной дистрофией, а мать – нарушением цветового зрения, вышла замуж за здорового мужчину с нормальным цветовым зрением. От этого брака родилось 8 мальчиков и 3 девочки. Из них 3 девочки и один мальчик были здоровы и имели нормальное зрение. Из остальных семи мальчиков 3 страдали мышечной дистрофией, 3 – цветовой слепотой и 1 – обоими заболеваниями. По этим данным была дана приблизительная (ввиду малочисленности материала) оценка расстояния между генами с и d. Укажите это расстояние.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что является причиной рекомбинации хромосом при кроссинговере?
2. Как определить величину кроссинговера? Что она показывает?
3. Почему величина кроссинговера не может быть более 50%?
4. Какова практическая значимость хромосомных карт?

Тема 21. Хромосомная теория наследственности

Общие замечания

Томас Хант Морган – американский биолог, президент Национальной АН США, один из основоположников генетики. Долгое время работал руководителем биологической лаборатории Калифорнийского технологического института в Пасадене. Работы Моргана были посвящены сначала экспериментальной эмбриологии, затем явлениям регенерации и определению пола у животных. С 1910 г. изучал наследование мутаций, обнаруженных у нового генетического объекта – плодовой мушки дрозофилы, в результате чего экспериментально обосновал (совместно с А. Стертевантом, Г. Меллером и К. Бриджесом) представления о материальных основах наследственности, приведшие к окончательному доказательству и завершению хромосомной теории наследственности. Установленные Морганом и его сотрудниками закономерности сцепления генов и **кроссинговер** полностью разъяснили цитологический механизм законов Менделя и послужили стимулом разработки генетических основ теории естественного отбора.

Полностью хромосомная теория была сформулирована в 1911-1926 гг. В ее создании принимали участие знаменитые отечественные ученые Н.К. Кольцов и А.С. Серебровский.

Основные положения хромосомной теории наследственности:

1. Материальной основой наследственности являются хромосомы.

2. Каждый вид характеризуется определенным набором хромосом, который отражает число и форму хромосом. Постоянство набора хромосом поддерживается тремя процессами: митозом, мейозом и оплодотворением.

3. Хромосомы состоят из генов. Ген – это элементарная единица наследственности, участок хромосомы, контролирующей проявление одного признака. Каждый ген приурочен к определенному месту – локусу.

4. Гены в хромосомах расположены линейно друг за другом.

5. Гены, расположенные в одной хромосоме составляют одну группу сцепления. Число групп сцепления равно гаплоидному числу хромосом.

6. Хромосомы через половые клетки передаются следующему поколению.

7. Мужской и женский организм вносят одинаковый вклад в наследственную информацию потомства.

8. Гомологичные хромосомы могут обмениваться идентичными участками. Этот процесс называется кроссинговером и он является важным источником материала для естественного и искусственного отбора.

9. Частота кроссинговера является функцией цитологического расстояния между генами.

10. Гены и хромосомы способны изменяться. Эти изменения называются мутациями и они наследуются.

Задачи

1. В одной из цепочек молекулы ДНК нуклеотиды расположены в такой последовательности: АЦГ ТТА ГЦТ АГТ... Какова последовательность нуклеотидов в другой цепочке этой же молекулы?

2. Определите молекулярный вес гена, детерминирующего образование инсулина, состоящего из 51 аминокислоты, если известно, что средний молекулярный вес нуклеотида равен 340 дальтон.

3. Какую длину имеет молекула ДНК, кодирующая фермент рибонуклеазу поджелудочной железы, если известно, что молекула данного фермента имеет в своем составе 124 аминокислоты, а расстояние между двумя соседними нуклеотидами, измеренное вдоль оси спирали, составляет 3,4 Å?

4. В одной из цепочек молекулы ДНК нуклеотиды расположены в следующей последовательности: ГТА ЦЦА ГАТ ГГЦ... Какова последовательность нуклеотидов в другой цепочке этой же молекулы?

5. Определите количество аминокислот, составляющих белковую молекулу, при условии, что молекулярный вес гена, контролирующего синтез этого белка, равен 323100. Средний молекулярный вес одного нуклеотида равен 340 дальтон.

6. Участок гена состоит из следующих нуклеотидов: ... АГГ ТЦГ ЦГТ ЦАЦ АТГ... Расшифруйте последовательность аминокислот в белковой молекуле, кодируемой данным геном.

В состав молекулы белка входит 157 аминокислот. Определите длину контролирующего ее гена, если известно, что расстояние между двумя нуклеотидами в молекуле ДНК составляет 3,4 Å?

7. В состав белковой молекулы входит 491 аминокислота. Определите длину контролирующего ее гена, если известно, что расстояние между двумя нуклеотидами в молекуле ДНК составляет 3,4 Å?

8. Участок гена состоит из следующих нуклеотидов: ... АЦА АТТ ГАГ ЦГЦ ТЦТ ТГТ... Расшифруйте последовательность аминокислот в белковой молекуле, кодируемой данным геном.

9. Определите последовательность аминокислот, входящих в состав белковой молекулы, если известно, что она закодирована следующими нуклеотидами ДНК: ... ТАТ АТА ТГЦ АЦГ ГЦТ... Как отразится на начале цепочки синтезируемого белка выпадение из молекулы ДНК пятого нуклеотида под действием облучения?

Тема 22. Нехромосомное наследование

Общие замечания

Помимо геномных нуклеиновых кислот, входящих в состав хромосом и обуславливающих хромосомное наследование, в клетках про- и эукариот находятся молекулы ДНК (реже РНК), реплицирующиеся либо в виде автономных структур, либо в составе органоидов. Количество нехромосомной ДНК сравнительно невелико и составляет для разных организмов от десятых долей до нескольких процентов. Нехромосомные кольцевые или реже линейные молекулы нуклеиновых кислот, реплицирующиеся автономно от хромосом в клетках эукариот и бактерий, называют общим термином – *плазмиды*. В составе плазмид могут находиться гены, кодирующие ряд признаков клеток-хозяев. Наследование этих клеток не подчинено менде-

левским закономерностям наследования признаков, что вполне понятно, так как материальная основа законов Менделя заключается в перераспределении хромосом во время мейоза и оплодотворения.

Явление неменделевского наследования у растений было обнаружено еще в начале XX в. Наиболее характерный пример – наследование пестролистности у ночной красавицы. Признак пестролистности связан с мутациями в ДНК хлоропластов, нарушающими синтез хлорофилла. Вследствие этого отдельные части листа и других зеленых органов растений лишены хлорофилла и оказываются светлыми. Во время мейоза хлоропласты попадают в цитоплазму яйцеклеток, а в клетках пыльцы большинства видов растений они практически отсутствуют. Таким образом, наследование пестролистности передается по материнской линии.

Митохондрии также содержат кольцевидные молекулы ДНК и имеют собственный аппарат белкового синтеза. Митохондриальные гены кодируют в основном две группы признаков, связанных с работой дыхательных систем и устойчивостью к антибиотикам и другим клеточным ядам.

Кроме митохондриальных и пластидных ДНК существуют цитоплазматические ДНК, совсем не связанные с этими органоидами. В цитоплазме клеток позвоночных найдены различной формы молекулы ДНК, напоминающие плазмиды бактерий. Роль и происхождение этих плазмидоподобных структур не совсем ясны. Предполагают, что частично они имеют ядерное происхождение, частично связаны с присутствием в цитоплазме эукариот эндосимбионтов – бактерий и вирусов.

Нехромосомный генетический материал бактерий представлен небольшими кольцевидными молекулами ДНК – плазмидами. В них находятся гены, кодирующие устойчивость бактерий к антибиотикам и другим лекарственным средствам, токсичность бактерий и ряд других их свойств.

В заключение следует подчеркнуть, что, хотя количество нехромосомных генов относительно невелико, клетка может содержать в некоторых случаях сложную систему полуавтономных взаимодействующих генетических единиц, находящихся не только в хромосомах ядра. Представление о генах вне хромосом получило в современной науке достаточное фактическое обоснование и развилось в самостоятельный раздел генетики.

Вопросы для самоконтроля:

1. Передача каких генетических структур из поколения в поколение не связана с хромосомным наследованием?
2. Каково значение митохондриальной ДНК?
3. По каким признакам можно определить, что наследование признака связано с нехромосомным наследованием?

Тема 23. Мутации

Общие замечания

Термин «**мутация**» впервые был предложен Гуго де Фризом в его классическом труде «Мутационная теория» (1901-1903 гг.). Мутацией он назвал явление скачкообразного, прерывного изменения наследственного признака.

Основные положения мутационной теории де Фриза:

1. Мутации возникают внезапно, без всяких переходов.
2. Новые формы вполне константы, т.е. устойчивы.
3. Один и тот же ген может мутировать повторно. Мутации от дикого типа к мутантному называют прямыми, от мутантного к дикому обратными.
4. Мутации наследуются.
5. Мутации происходят в различных направлениях, т.е. они могут быть как вредными, так и полезными.

Однако де Фриз допустил принципиальную ошибку, противопоставив теорию мутации теории естественного отбора. Он считал, что мутации могут сразу давать новые виды, приспособленные к внешней среде, без участия отбора. На самом деле мутации являются лишь источником наследственных изменений, служащих материалом для отбора.

На сегодняшний день существуют несколько типов классификации мутаций. Первую попытку классификации мутаций предпринял Г. Меллер в 1932 г. В основу этой классификации были положены направление и сила действия мутантной аллели в сравнении с действием нормальной аллели. Согласно ей выделяют следующие типы мутаций:

1. **Гипоморфные** – действуют в том же направлении, что и ген дикого типа, но дают ослабленный эффект («эозиновые глаза» глаза у дрозофилы).

2. **Аморфные** – такие мутации, которые неактивны в отношении типичного эффекта нормальной аллели (гены альбинизма, тормозящие развитие пигментов у животных или хлорофилла у растений).

3. **Антиморфные** – действие которых являются противоположными дикому типу (например, пурпурная окраска, растения и семян у кукурузы).

4. **Неоморфные** – действие которых совершенно иное, чем действия генов дикого типа.

5. **Гиперморфные** – действуют в том же направлении, что и ген дикого типа и дают сильный эффект.

Данная классификация имеет историческое значение и в настоящее время не применяется. Современные классификации мутаций основаны на их различии по следующим признакам:

1. По фенотипическому проявлению:

1. **Морфологические** – затрагивают внешние признаки; изменяют характер роста и формирования органов у животных и растений (коротконогость у ряда с/х животных, бескрылость у насекомых, бесшерстность у млекопитающих, гигантизм и карликовость).

2. **Физиологические** - изменения в физиологических процессах, особенно связанных с размножением (бесплодие, мутации фотосинтеза).

3. **Биохимические** - мутации, тормозящие или изменяющие синтез определенных химических веществ в организме. Они изменяют химический состав организма или его потребность в тех или иных химических веществах.

Например, человек с пищей получает незаменимую аминокислоту – фенилаланин. Ген А преобразует его в тирозин, ген В в меланин по схеме:



Если произойдет мутация гена В, то это приведет к альбинизму. Если мутация затрагивает ген А, то фенилаланин накапливается в крови, в клетках мозга и развивается фенилкетонурия (юношеское слабоумие).

2. По причинам возникновения:

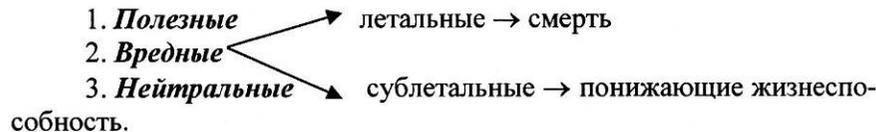
1. **Спонтанные** – возникают под влиянием обычных природных факторов внешней среды или в результате физиологических и биохимических изменений в самом организме.

2. **Индукцированные** – возникают под влиянием специальных воздействий (ионизирующей радиации, химических веществ и т.д.).

3. По месту возникновения:

1. **Генеративные** – возникают в половых клетках;
2. **Соматические** – возникают в клетках тканей тела.

4. По адаптивному значению:



5. По характеру изменений генотипа:

1. **Генные или точковые** – изменения отдельного гена;
2. **Хромосомные** – изменение структуры хромосом;
3. **Геномные** – изменение числа хромосом;
4. **Плазмемные** – изменения в цитоплазматических генах.

Генные мутации представляют собой изменения отдельного гена, фенотипически проявляются в изменении отдельного признака. Так как ген представляет собой участок молекулы ДНК, то генная мутация – это изменение нуклеотидного изменения следующих типов:

1. **выпадение нуклеотида**
2. **вставка нуклеотида**

3. замена одного нуклеотида другим

Последствия таких изменений заключаются в изменении смысла кодонов ДНК. По характеру этих изменений различают два типа генных мутаций:

1. **миссенс-мутации** – изменение нуклеотидного состава приводит к синтезу другого белка и к изменению признака;

2. **нонсенс-мутация** – появляются бессмысленные кодоны и прекращается синтез белка, т.е. признак не проявляется.

Замена нуклеотидов в ДНК может быть двух видов:

1. **транзиция** (от лат. *transitio* – переход, перемещение) – мутация, обусловленная заменой азотистого основания в молекуле нуклеиновой кислоты. При транзиции одно пуриновое основание заменяется на другое (аденин на гуанин, или наоборот) или одно пиримидиновое основание на другое (тимин на цитозин, или наоборот).

2. **трансверсия** (от лат. *transversus* – повёрнутый в сторону, отведённый) – мутация, обусловленная заменой пуринового основания (аденин, гуанин) на пиримидиновое (тимин, цитозин) и наоборот. В отличие от транзиций, трансверсии иногда называют сложными или перекрёстными заменами, т. к. происходит изменение ориентации пурина – пиримидина в мутантном сайте двуцепочечной молекулы нуклеиновой кислоты.

Способность к мутациям является свойством самого гена. Частота мутаций также является признаком, характерным для гена или генотипа в целом. Гены с высокой частотой мутирования называются **мутабильными**, с низкой частотой мутирования – **стабильными**. Существуют гены, повышающие частоту мутирования других генов – т.н. **гены-мутаторы**.

Генные мутации имеют огромное значение в эволюции и селекции. Это основной источник изменчивости для естественного отбора в эволюции и для искусственного в селекции.

Хромосомные мутации характеризуются изменениями положения участков хромосом. Они могут быть внутривхромосомными и межхромосомными.

К внутривхромосомным мутациям относят:

1. **Дефишенсы и делеции** – нехватки или потеря части хромосом;

Хромосомы могут утрачивать большие и маленькие участки, несущие наследственную информацию.

Соответственно числу разрывов и их месту в хромосоме образуются разные типы нехваток:

1) AB . CDEF Если разрыв происходит в одном из плеч хромосом, то данное плечо укорачивается. Оторвавшийся участок

↓
AB . CD EF лишен центромеры, поэтому при ближайшем делении ядра он элиминирует. Такие нехватки называют терминальными (или концевыми), а также *дефишенси*;

2) AB . CDEF Нехватки могут возникать также в результате двух одновременных разрывов в середине хромосомы.

↓
AB . C DE F Места разрывов соединяются и хромосома становится короче, внутренний участок элиминирует. Такие нехватки называют *делециями*.

Нехватки могут быть большими и малыми. Большие нехватки, как правило, летальны, т.к. они нарушают генный баланс.

Генетически нехватку можно обнаружить по проявлению рецессивного гена у гетерозигот. Такое явление называют *ложным доминированием* или *псевдодоминированием*.

<u>ABC</u>	<u>AC</u>	A – серое тело, B – норм., C – красн.
авс	авс	а – чер.тело, в – ук. кр., с – абрис.

У человека нехватки вызывают летальные или тяжелые наследственные заболевания. Например, делеция в 21 хромосоме вызывает злокачественное белокровие. Этот факт впервые был установлен в Филадельфии, поэтому 21 хромосома была названа филадельфийской хромосомой.

Делеция в 12 и 15 хромосомах вызывает т.н. «синдром кошачьего крика» (плач ребенка напоминает мяуканье кошки, это аномалии не только голосового аппарата, но и ЦНС).

2. *Дупликация* – умножение тех или иных участков хромосом; Возникают в результате присоединения участка другой гомологичной хромосомы или в результате неравного *кроссинговера*.

AB . CDEFH
AB . CCDEFH

Если дублирующие участки следуют друг за другом, то такая дупликация называется дупликацией «гуськом». Обнаружена у мыши, нейроспоры, кукурузы и др.

AB. CDCDCDEFH
AB. CDEFH

3. *Инверсии* – изменения линейного расположения генов в хромосоме вследствие перевертывания на 180° отдельных участков хромосомы;

AB. CDEF
AB. CEDF

Существует 2 типа инверсий:

- *парацентрические инверсии* – изменения затрагивают одно плечо хромосомы.

AB. CDEF → AB. CEDF

- *periцентрическая инверсия* – изменения происходят в обоих плечах.

ABCD . EF → ABE . DCF

4. *Инсерции* – перестановка участков внутри одной хромосомы

AB.CDEFM Возникают в результате нескольких одновременных разрывов.

↓

AB.CD EF M В результате перемещения генов из одного района в другой район той же хромосомы первоначальные свойства генов могут либо изменяться, либо сохраняться. Эффект зависит от того, в каком соседстве он оказывается. Это явление называется *эффектом положения генов*. Впервые было описано в 1925 г. учеником Моргана А. Стертевантом. В отечественной литературе был описан Сидоровым и Дубининым.

↓

ABEFCDM

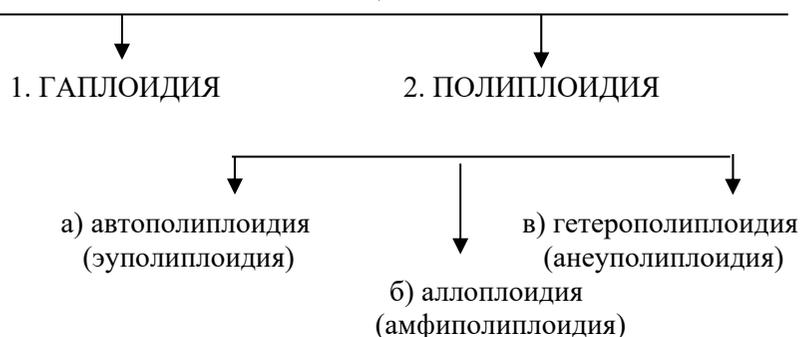
Межхромосомные мутации – или **транслокации** – обмен участками между негомологичными хромосомами.

AB. CDE → AB. NOP
FM. NOP FM. CDE

При транслокациях изменяются группы сцепления генов. Впервые транслокация была обнаружена в 1915 г. Беллингом. Транслокации встречаются среди растений и животных. Среди растений они особенно часто встречаются у дурмана, томата, пшеницы; среди животных у кузнечиков и скорпионов. Транслокация приводит к изменению групп сцепления. У растений транслокацию можно выявить по снижению фертильности пыльцы (появляются стерильные гаметы), а у животных по уменьшению разнообразия расщепления.

Геномные мутации – это изменение числа хромосом.

ТИПЫ ГЕНОМНЫХ МУТАЦИЙ



1. **Гаплоидия** – это возникновение организмов, имеющих в соматических клетках гаплоидный набор хромосом. Гаплоидным набором хромосом называют такой набор, в котором из каждой пары гомологичных хромосом представлена только одна. Такой набор несет часть наследственной информации родителей. Совокупность генов, заключенную в таком гаплоидном наборе, Г. Винклер предложил называть *геномом*.

Гаплоидия может быть двух типов: а) *естественной* – встречается в жизненном цикле спорообразующих грибов, бактерий и одноклеточных водорослей; б) *искусственной* – возникает под влиянием внешних агентов (температуры, рентгеновских лучей и т.д.). Искусственно гаплоиды получены у дурмана, кукурузы. Впервые гаплоид у высших растений был обнаружен у дурмана в 1921 г. Затем гаплоиды были найдены у пшеницы, кукурузы и др. растений. У животных гаплоидия встречается редко. Гаплоидия является результатом партеногенетического развития зародыша.

Характерные особенности гаплоидов:

- проявляются рецессивные гены, т.к. их не перекрывают доминантные аллели. Как правило, рецессивные аллели – это вредные аллели, поэтому гаплоиды имеют низкую жизнеспособность;
- имеют меньшие размеры ядра, клетки и растения в целом;
- почти бесплодны, т.к. в мейозе не образуется полноценных гамет.

Гаплоидия широко используется в селекции, так как в гаплоидных тканях растений можно улавливать полезные и устранять летальные и понижающие жизнеспособность рецессивные соматические мутации, а затем гаплоиды с полезными мутациями переводить в диплоиды. Таким путем получены гаплоиды у томата, табака и хлопчатника.

2. **Полиплоидия** – геномная мутация, связанная с увеличением числа хромосом, являющимся следствием нарушения митоза или мейоза; является важным источником изменчивости в эволюции и селекции.

Различают следующие виды полиплоидии: автополиплоидия, аллополиплоидия и гетерополиплоидия.

Автополиплоидия – кратное гаплоидному набору умножение числа хромосом одного и того же вида. В результате возникают клет-

ки с разным набором хромосом: $3n$ – триплоидные, $4n$ – тетраплоидные, $5n$ – пентаплоидные и т.д., характерно для растений.

Характерные особенности автополиплоидов:

- Имеют увеличенные размеры ядра, клеток, органов и растений в целом.
- Происходит изменение физиологических свойств клеток (увеличение количества воды, уменьшение осмотического давления, изменение содержания белков, ряда витаминов, хлорофилла и т.д.).
- Имеют более высокие адаптационные способности.

У человека может наблюдаться триплоидия – 69 хромосом, тетраполиплоидия – 92 хромосомы. Как правило, они подвергаются спонтанному абортированию на раннем этапе внутриутробного развития (начало второго месяца). Триполиплоидия – впервые у человека обнаружена в 60-х годах XX века. 1% доживает до 6-7 мес. эмбриогенеза. Максимальная продолжительность жизни – 7 дней. Имеют многочисленные пороки развития – пороки головного мозга, сердца, ЖКТ и т.д.

Аллополиплоидия – кратное гаплоидному набору умножение числа хромосом отдаленных гибридов. Поскольку в генотипе отдаленных гибридов объединяются негомологичные хромосомы, аллополиплоиды часто бесплодны. Позже были разработаны методы преодоления бесплодия у отдельных гибридов. Большой вклад в эту область внесли советские генетики Г.Д. Карпеченко, М.С. Навашин, Б.Л. Астауров. Классический пример – создание в начале 20-х годов Карпеченко рафанобрасики – гибрида редьки (*Raphanus sativus*) с капустой (*Brassica oleracea*).

Гетероплоидия или анеуплоидия – некрatное гаплоидному набору изменение числа хромосом. Впервые обнаружено К. Бриджесом. Причиной изменения числа отдельных хромосом является нерасхождение хромосом при гаметогенезе. В результате появляются гаметы, в которых хромосомы либо отсутствуют, либо представлены в двойном количестве.

Различают: а) моносомию ($2n-1$) – в хромосомном наборе нет одной хромосомы; б) трисомию ($2n+1$) – хромосомном наборе имеется одна лишняя хромосома; в) тетрасомию ($2n+2$) – 2 лишние хромосомы; г) нуллисомию ($2n-2$) – недостает одной пары гомологичных хромосом.

Полные трисомии ($2n+1$) описаны у человека по большому числу хромосом: 8, 9, 13, 14, 18, 21, 22, X и Y. Однако среди аутосомных трисомий только трисомии по 21 и 22 хромосомам обладают жизнеспособностью, другие аутосомные трисомии приводят к гибели в первые дни после рождения.

Трисомия по 21 хромосоме (лишняя хромосома по 21 паре) – **синдром Дауна** (частота 1/700, частота увеличивается с возрастом матери). Дауны имеют тяжелые физические и психические дефекты, обладают пониженной жизнеспособностью. В выраженных случаях уже у новорожденных выявляется совокупность типичных признаков: косо расположенные глазные щели, широкая уплощенная переносица, дополнительная кожная складка у внутреннего угла глаза, полуоткрытый рот, увеличенный язык, уплощенный затылок и т.д. Мужчины, как правило, стерильны, женщины частично плодовиты.

Примеры гетероплоидии по половым хромосомам:

– отсутствует одна X – хромосома – 45 вместо 46 – ($44+X$) – **синдром Шерешевского-Тернера** – болезнь, проявляющаяся у женщин и проявляющаяся в отсутствии яичников, недоразвитии вторичных половых признаков и в полном бесплодии, также характерен маленький рост, отставание в умственном развитии и преждевременное старение.

– лишняя X-хромосома – 47 вместо 46 – ($44+XXY$) – **синдром Клайнфельтера** – болезнь, проявляющаяся у мужчин и выражающаяся в недоразвитии половых желез (яичек), а затем бесплодии, непропорциональном развитии конечностей и часто умственной отсталости. Синдром был впервые описан в 1942 г., а его этиология, связанная с хромосомной аномалией – только в 1959 г.

– женщины с 3 X-хромосомами 47 хромосом – 44_XXX – «**сверхженщина**» – характерно недоразвитие яичников, частично плодовита.

Плазменные мутации – это изменения в цитоплазматических генах. В структурных элементах цитоплазмы – пластидах, митохондриях, центросомах находятся **внехромосомные гены** – т.н. плазмогены. Плазменные мутации возникают в результате мутаций в этих плазмогенах. Подобные мутации могут приводить к мужской стерильности.

Решение типовой задачи

Растение, гетерозиготное по двум генам А и В, дает при самоопылении расщепление 9 : 3 : 3 : 1. Когда его хромосомы удваиваются, то образуется автотетраплоид ААааВВвв. Предполагается, что кроссинговер между этими генами и центромерой не идет. Какое расщепление будет в потомстве от самоопыления такого растения?

Расщепление в отношении 9 : 3 : 3 : 1 показывает, что оба гена располагаются в разных группах сцепления и наследуются независимо. Расщепление в потомстве тетраплоида в этом случае будет произведением расщепления по каждому из генов.

Тетраплоид ААаа образует три сорта гамет в соотношении: 1АА : 4Аа : 1аа, что легко определить, воспользовавшись правилом аллельного квадрата.

С помощью решетки Пеннета определяем расщепление по гену А:

♂ \ ♀	1 АА	4 Аа	1 аа
1 АА	1 АААА	4 АААа	1 ААаа
4 Аа	4 АААа	16 ААаа	4 Аааа
1 аа	1 ААаа	4 Аааа	1 аааа

В случае полного доминирования расщепление по фенотипу будет 35 А:1 а. По гену В расщепление должно быть аналогичным: 35 В : 1 в. Суммарное расщепление по фенотипу по обоим признакам в потомстве от самоопыления заданного растения будет определяться как произведение обоих расщеплений – (35 А : 1 а) X (35 В : 1 в) = 1225 АВ : 35 Аb : 35 аВ : 1 ab.

Задачи:

1. Какие варианты по количеству 21-й хромосомы могли бы образоваться у потомков от брака двух больных синдромом Дауна при условии, если бы они могли пожениться и оставить потомство?

2. Скрещены тетраплоиды дурмана – гомозиготный пурпурно-цветковый (А) и белопеталковый (а). В каком поколении и с какой вероятностью появится фенотип а при условии полного доминирования?

3. При скрещивании тетраплоидных растений дурмана с пурпурными цветками в F₁ получили 396 растений с пурпурными и 40 с белыми цветками. Объясните расщепление и определите генотипы исходных растений.

4. Какие фенотипы и в каком соотношении могут возникнуть при реципрокных скрещиваниях двух триплоидов Ааа и Ааа при условии полного доминирования?

5. У тетраплоида генотипа Аааа кроссинговер между геном и центромерой составляет 50%. Рассчитайте соотношение разных гамет и фенотипов в потомстве, полученном в результате самоопыления. Наблюдается полное доминирование.

6. При скрещивании диплоидной желтозерной ржи с белозерной F₁ было зеленозерное, а в F₂ на 9 зеленых семян получено 3 желтых и 4 белых. Каково будет F₂, если из коллекции для скрещивания взяты аналогичные тетраплоидные формы? Расщепление полное хромосомное.

Вопросы для самоконтроля:

1. Укажите, какие из перечисленных ниже утверждений, касающихся комбинативной изменчивости, неправильны:

а) новые фенотипы потомков возникают в результате образования у родителей гамет с нередуцированным числом хромосом; б) новые комбинации генов возникают у потомков вследствие независимого расхождения пар гомологичных хромосом в процессе мейоза при образовании половых клеток у родителей; в) генетические рекомбинации между гомологичными хромосомами являются результатом кроссинговера; г) причиной возникновения рекомбинантных хромосом является замена или выпадение пар азотистых оснований в молекулах ДНК; д) новые комбинации генов у потомков возникают при слиянии разных сортов гамет при оплодотворении.

2. Назовите для каждого из типов мутаций – гетероплоидия (1), хромосомные (2), генные (3), полиплоидия (4) – характерные особенности изменения генетической информации: а) вставка пары азотистых оснований в ДНК; б) изменение числа гаплоидных наборов; в) изменение числа хромосом, не кратное гаплоидному набору; г) изменения положения участков хромосом; д) изменения последовательности аминокислот; е) замена пары азотистых оснований в ДНК; ж) выпадение пары азотистых оснований в ДНК.

3. Можно считать, что не все изменения структуры молекул ДНК реализуются фенотипически в следующем поколении в виде мутаций, потому что:

а) изменения ДНК находятся в половых клетках и мутация имеет доминантный характер; б) повреждения ДНК могут устраняться с помощью ферментов; в) доминантная мутация находится в соматических клетках организма, размножающегося половым путем; г) рецессивная мутация находится в половых клетках организма в популяции с большой численностью особей; д) мутация привела к нарушению жизненно важных свойств организма.

4. Из приведенных ниже особенностей изменчивости укажите черты, не характерные для модификаций:

а) изменения не передаются следующему поколению и могут исчезать после прекращения действия вызвавшего их фактора; б) изменения возникают внезапно, скачкообразно, ненаправленно; в) возникшие изменения передаются из поколения в поколение; г) сходные изменения характерны для большинства особей популяции; д) возникшие изменения в фенотипе, как правило, соответствуют изменениям среды.

Тема 24: Основные представители подцарства Простейшие (Protozoa)

Работа 1. Особенности строения амёбы протей (*Amoeba proteus*)

Тип Саркомастигофора Sarcomastigophora

Подтип Саркодовые Sarcodina

Класс Корненожки Rhizopoda

Представитель: амёба протей *Amoeba proteus*

Материал и оборудование: культура с амёбами, микроскоп, предметные и покровные стекла, пипетка.

Общие замечания

Среди амёб наиболее крупная форма, достигающая 0,5 мм. Живет на дне небольших пресных водоемов. Хорошо культивируется в лабораторных условиях в чашках Петри на настоях зерен риса или березовых веток.

Задания

1. Изготовить препарат живой амёбы.
2. Найти при малом, а затем при большом увеличении псевдоподии, рассмотреть эктоплазму и эндоплазму, сократительную вакуоль.
3. Зарисовать амёбу. Обозначить ложноножку, эктоплазму, эндоплазму, пищеварительную вакуоль, сократительную вакуоль, ядро.

Порядок работы

1. Пипеткой наносят на предметное стекло каплю культуры и покрывают ее покровным стеклом. Под малым увеличением микроскопа отыскивают амёб, которые имеют вид сероватых зернистых комочков с отходящими в разные стороны выступами, *псевдоподиями* (рис. 17).

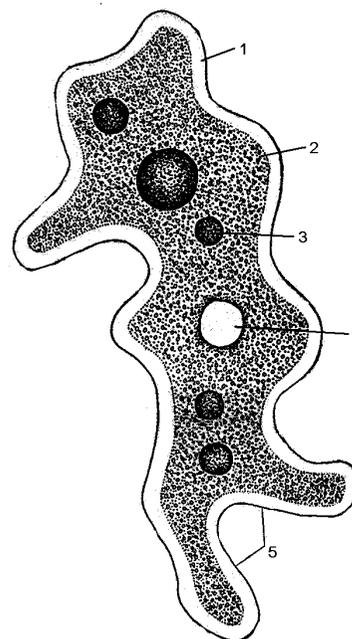


Рис. 17. Амёба протей (*Amoeba proteus*):

1 – эктоплазма, 2 – эндоплазма, 3 – пищеварительные вакуоли, 4 – сократительная вакуоль, 5 – псевдоподии.

В течение нескольких минут наблюдают за изменением формы тела амёбы, что связано с образованием одних и втягиванием других

псевдоподий. Обращают внимание на то, что псевдоподии могут возникать в любой точке поверхности тела и количество их непостоянно.

2. Одну из амёб ставят в центр поля зрения под большое увеличение. Для усиления резкости изображения немного затемняют поле зрения при помощи диафрагмы (сузить!), конденсора (опустить!) или зеркала. Рассматривают наружный прозрачный слой плазмы – *эктоплазму* и внутреннюю зернистую, более темную и текучую – *эндоплазму*. Наблюдают за образующейся псевдоподией. При этом хорошо видно, как в нее перетекает эндоплазма. Таким путем осуществляется передвижение амёб. Находят в эндоплазме пищеварительные вакуоли – темные, довольно крупные включения обычно округлой формы.

Наблюдают за появлением и исчезновением сократительной вакуоли (органонд осморегуляции и выделения), которая имеет вид прозрачного округлого пузырька и может находиться в любом участке тела амёбы. Наблюдать приходится минут 5-8, так как пульсация происходит медленно. Иногда на живой амёбы удастся увидеть ядро. Оно имеет форму диска, поэтому, в зависимости от того, с какой стороны вы его видите, оно выглядит округлым или овальным.

Зарисуйте амёбу. На рисунке обозначить ложноножку, эктоплазму, эндоплазму, пищеварительную вакуоль, сократительную вакуоль, ядро.

Работа 2. Строение эвглени зеленой (*Euglena viridis*)

Тип Саркомастигофора *Sarcomastigophora*

Подтип Жгутиконосцы *Mastigophora*

Класс Растительные жгутиконосцы *Phytomastigophorea*

Представитель: эвглена зеленая *Euglena viridis*

Материал и оборудование: культура эвглени, микроскоп, предметные и покровные стекла, пипетка, раствор йода, полоски фильтровальной бумаги.

Задания

1. Изготовит препарат живой эвглени.
2. Рассмотреть при малом, а затем при большом увеличении форму тела, сократительную вакуоль, хроматофоры, стигму.
3. Подействовать на препарат эвглени раствором йода. Рассмотреть жгутик и окрашенные парамилловые зерна.

3. Зарисовать эвглenu. Обозначить пелликулу, цитоплазму, жгутик, резервуар сократительной вакуоли, сократительную вакуоль, ядро, хроматофоры, парамилловые зерна, стигму.

Порядок работы

Пипеткой наносят каплю культуры на предметное стекло и покрывают покровным. При малом увеличении можно видеть быстро движущихся в разных направлениях эвглен. Эвглена имеет веретеновидное тело, заостренное на заднем конце, зеленую окраску и небольшие размеры (длина ее тела около 0,05 мм).

Участок препарата, где сосредоточено большое количество эвглен, рассматривают под большим увеличением. обращают внимание на то, что эвглени могут изгибаться и временно сжиматься в шарик, снова расправляться, т.е. *метаболизировать*.

Можно проследить характер движения эвглени – поступательное движение сочетается с вращательным вокруг продольной оси, животное как бы ввинчивается в окружающую среду. Это связано с работой жгутика – органиода движения.

Находят *хроматофоры* – тельца, окрашенные хлорофиллом в зеленый цвет, заполняющие почти все тело эвглени и обуславливающие ее окраску. У переднего конца тела лежит маленькое красное светочувствительное тельце – *глазок*, или *стигма*. Около стигмы находится светлый прозрачный пузырек – резервуар, в который открывается *сократительная вакуоль* (рис. 18).

Ядро шаровидной формы расположено ближе к заднему концу тела, однако на живом объекте оно обычно не видно, рассмотрению его мешает большое количество хроматофоров.

Затемняя поле зрения (диафрагмой, конденсором или зеркалом), у живой эвглени иногда удастся рассмотреть *жгутик*. Он имеет вид довольно длинного, тонкого, светлого волоска, изгибающегося у переднего конца тела. Если увидеть жгутик не удастся необходимо приготовить новый препарат эвглени, добавив к капле культуры немного йодной настойки (избыток жидкости, выступающий за пределы покровного стекла, оттягивают фильтровальной бумагой). По прошествии нескольких минут рассматривают препарат при большом увеличении микроскопа – под действием йода эвглена погибает, жгутик набухает и становится отчетливо виден. Крахмал в парамилловых зернах бурет. в норме парамилловые зерна представляют собой овальные бесцветные зерна парамилла – продукта ассимиляции.

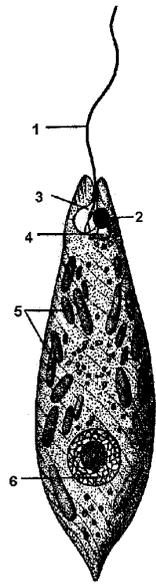


Рис. 18. Эвглена зеленая (*Euglena viridis*):
1- жгутик, 2 – стигма, 3 – резервуар сократительной вакуоли, 4 – сократительная вакуоль, 5 – хроматофоры, 6 – ядро.

Зарисуйте эвглену. На рисунке обозначьте пелликулу, цитоплазму, жгутик, резервуар сократительной вакуоли, сократительную вакуоль, хроматофоры, ядро, парамилловые зерна, стигму.

Работа 3. Особенности строения колониальных простейших на примере вольвокса (*Volvox aureus*).

Тип Саркомастигофора Sarcomastigophora
Подтип Жгутиконосцы Mastigophora
Класс Растительные жгутиконосцы Phytomastigophorea
Отряд Фитомонады Phytomonada
Представитель: вольвокс *Volvox aureus*

Материал и оборудование: пробирка с вольвоксами, микроскоп, предметное и покровное стекло, кусочек воска или пластилина; пипетка.

Общие замечания

Вольвокс – колониальные жгутиконосцы, обитающие в планктоне различных пресных водоемов. Колония представляет собой студенистый шар, на наружной поверхности которого располагаются

сотни или тысячи мелких двужгутиковых особей, соединенных друг с другом протоплазматическими мостиками. Питание голофитное.

Задания

1. Приготовить препарат вольвокса.
2. Рассмотреть при малом, а затем при большом увеличении материнскую и дочерние колонии, макро – и микрогаметы.
3. Зарисовать общий вид колонии вольвокса, участок колонии вольвокса, изобразить половые клетки.

Порядок работы

1. Каплю жидкости с вольвоксами помещают на предметное стекло и покрывают покровным стеклом с восковыми или пластиковыми ножками, чтобы не раздавить объект. Ножки делают следующим образом: разогревают воск или пластилин между пальцами и царапают по нему каждым из четырех углов покровного стекла, кладут стекло на препарат ножками вниз. При малом увеличении находят колонию вольвокса и рассматривают ее. Внутри большой колонии может быть несколько мелких колоний. Большая колония – *материнская*, мелкие – *дочерние* (рис. 19).

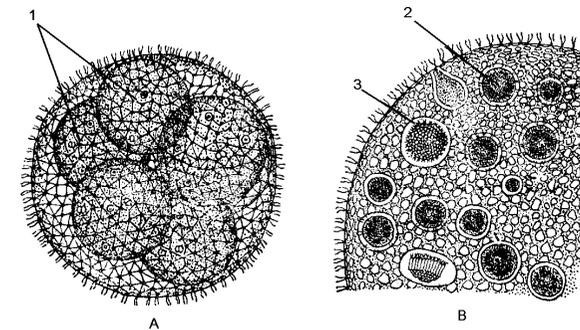


Рис. 19. Вольвокс (*Volvox aureus*):

А – общий вид колонии; В – участок колонии с половыми клетками: 1 – дочерние колонии, 2- макрогаметы, 3 – микрогаметы.

2. Рассматривают объект при большом увеличении. В стенке колонии видны отдельные особи. Число их колеблется (в зависимости от вида) от нескольких сот до десяти тысяч и более. Жгутики на фиксированном материале обычно не видны, так же как и протоплазматиче-

ческие мостики, соединяющие особей. Иногда в колонии можно обнаружить относительно крупные шаровидные образования с прозрачной оболочкой. Это половые клетки микро- и макрогаметы.

Зарисовать общий вид колонии. Зарисовать участок колонии, обозначить зоиды, цитоплазматические мостики, макро- и микрогаметы.

Работа 4. Особенности строения опалины лягушачьей (*Opalina ranarum*).

Тип Саркомастигофора Sarcomastigophora

Подтип Опалины Opalinata

Класс Опалины Opalinatea

Отряд Опалины Opalinina

Представитель: опалина лягушачья *Opalina ranarum*

Материал и оборудование: живая усыпленная лягушка. Микроскоп, препаровальная ванночка; набор инструментов для вскрытия; 0,75% физиологический раствор; часовое, предметное и покрывное стекла; полоски фильтровальной бумаги.

Общие замечания

Опалина – обычный паразит задней кишки лягушки. Это крупные многоядерные паразитические жгутиконосцы, живущие в задней кишке амфибий. Питание сапрофитное, главным образом путем пиноцитоза. Тело покрыто тысячами коротких жгутиков, напоминающих реснички инфузорий.

Задание

1. Вскрыть лягушку и отделить у нее заднюю кишку.
2. Приготовить препарат опалины.
3. Рассмотреть при малом, а затем и большом увеличении форму тела, экто- и эндоплазму, ядра, реснички.
4. Зарисовать опалину. Обозначить экто- и эндоплазму, ядра, реснички.

Порядок работы

1. Вскрывают лягушки. Для этого усыпленную лягушку кладут в ванночку спиной вниз и прикалывают ее за лапки ко дну ванночки булавками. Вскрывают вдоль брюшной стороны ножницами покровы и мускулатуру и отворачивают края разреза. В открывшейся полости

тела находят кишечник; отделяют заднюю кишку – задний несколько вздутый, темноокрашенный участок кишечника, прилежащий к анальному отверстию.

2. Содержимое кишки помещают в часовое стекло с физиологическим раствором. Если лягушка заражена, то в часовом стекле даже невооруженным глазом будут видны опалины в виде маленьких подвижных беловатых точек (размер опалины около 1 мм).

3. Каплю жидкости с опалинами переносят пипеткой на предметное стекло, покрывают покрывным и рассматривают препарат под микроскопом при малом увеличении. Обращают внимание на сравнительно медленное и плавное движение опалин и на форму их тела: оно широкое, овальное, несколько асимметричное; при вращении опалины, можно видеть, что тело ее плоское (рис. 20).

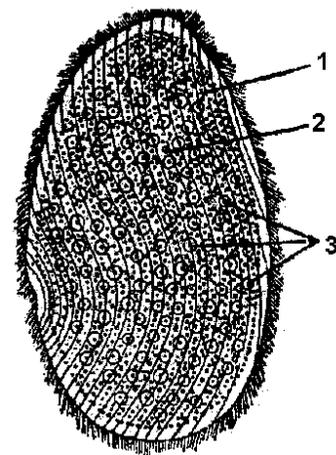


Рис. 20. Опалина лягушачья (*Opalina ranarum*):
1 – эктоплазма, 2 – эндоплазма,
3 – ядра

Кусочком фильтровальной бумаги оттягивают избыток воды, замедляют движение опалин и рассматривают одну из них при большом увеличении. Находят тонкий наружный слой *эктоплазмы* и более темную *эндоплазму*. В цитоплазме отмечается наличие большого числа одинаковых мелких *ядер*. Регулируя освещение рассматривают *реснички*. Они покрывают все тело равномерными косо расположен-

ными рядами и хорошо заметны по непрерывному мерцательному движению.

4. Зарисовать опалину. Обозначить экто- и эндоплазму, ядра, реснички.

Работа 5. Особенности строения инфузории туфельки (*Paramecium caudatum*).

Тип Инфузории Ciliophora

Класс Ресничные Ciliata

Подкласс Равноресничные Holotricha

Представитель: инфузория туфелька *Paramecium caudatum*

Общие замечания

Туфелька – обычный обитатель стоячих водоемов. Органоиды движения – реснички, равномерно покрывающие тело. Питается бактериями. в лабораторных условиях хорошо разводится на сенном настое.

Материал и оборудование: культура инфузорий, микроскоп, препаровальная лупа, часовое стекло, предметное и покровное стекла, две пипетки, краситель конго-красный (конгорот) в порошке, водный раствор метеленовой зелени с уксусной кислотой, препаровальная игла, фильтровальная бумага.

Задания

1. Приготовить препарат инфузории.
2. Рассмотреть инфузорию при малом, а затем и большом увеличении.
3. Приготовить окрашенный конгоротом препарат инфузории.
4. Рассмотреть при большом увеличении внутреннее строение инфузории.
5. Приготовить препарат инфузории, окрашенный метеленовой зеленью с уксусной кислотой.
6. Рассмотреть при большом увеличении строение ядерного аппарата инфузорий.
7. Зарисовать инфузорию туфельку. обозначить микро- и макронуклеус, экто- и эндоплазму, реснички, околоротовую впадину, трихоцисты.

Порядок работы

1. На часовое стекло наливают немного культуры и рассматривают под лупой. Можно заметить быстро плавающих инфузорий удлиненной формы. Размеры туфельки довольно крупны (около 0,2 мм), поэтому они видны даже невооруженным глазом в виде мелких точек. Убедившись в том, что культура густая (инфузорий много), прибавляют несколько зерен конгорота, препаровальной иглой смешивают жидкость с красителем и дают постоять 20 мин.

2. Пока в часовом стекле идет окрашивание, каплю культуры помещают на предметное стекло, покрывают ее покровным стеклом и рассматривают препарат под микроскопом при малом увеличении.

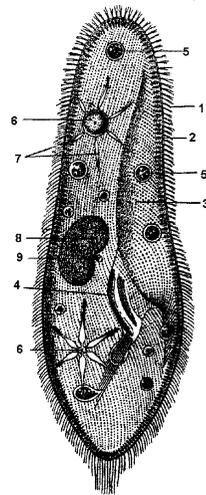
Изучают форму тела и характер движения проплывающих в поле зрения туфелек. Обращают внимание на закругленный передний и несколько заостренный задний конец тела. Поступательное движение сопровождается вращением инфузории вокруг продольной оси. При этом становится заметной вальковатая форма тела. При вращении инфузории на одной из сторон тела – брюшной – заметно глубокое вдавливание, проходящего от переднего конца тела по направлению к заднему. Это околоротовое углубление или *перистом*, в заднем конце которого расположено ротовое отверстие, ведущее в глотку.

3. Для более детального ознакомления со строением туфельки ее рассматривают при большом увеличении (рис. 21).

Изучить строение быстроплавающих животных нельзя, поэтому нужно их остановить или замедлить их движение. Для этого осторожно оттягивают воду из-под покровного стекла, приложив к нему с двух противоположных сторон по кусочку фильтровальной бумаги, уменьшая этим объем воды между стеклами. Прекращают оттягивание воды, когда инфузории, придавленные покровным стеклом, останутся, хотя бы в части препарата (следить под микроскопом). При дальнейшем уменьшении объема воды инфузории гибнут под тяжестью покровного стекла, причем плазма на их поверхности выступает в виде пузырей.

4. Каплю жидкости с инфузориями из часового стекла, где было произведено окрашивание конгоротом, помещают на предметное стекло и делают препарат, затем рассматривают их при большом увеличении.

Рис. 21. Инфузория туфелька (*Paramecium caudatum*):
 1 – реснички, 2 – трихоцисты,
 3 – перистом, 4 – глотка,
 5 – пищеварительные вакуоли,
 6 – сократительные вакуоли,
 7 – приводящие каналы,
 8 – макронуклеус, 9 – микронуклеус.



В теле инфузорий, как и других простейших, различается тонкий наружный слой *эктоплазмы* и зернистая, более темная *эндоплазма*. Поверхность тела туфельки равномерно покрыта *ресничками*, поэтому они видны по краям тела при любом положении инфузории. Мерцание ресничек хорошо заметно при затемнении поля зрения. По краю тела в *эктоплазме* видны мелкие палочкообразные тельца, направленные перпендикулярно к поверхности тела и преломляющие свет. Это трихоцисты – органониды защиты.

На поверхности тела туфельки, примерно на середине ее длины с правой или левой стороны (в зависимости от положения инфузории), видна мерцающая полоска. Это *глотка*. Мерцание вызвано колебанием расположенных в ней ресничек. В *эндоплазме* туфельки хорошо заметны ярко окрашенные шаровидные включения – *пищеварительные вакуоли*. Вместе с бесцветной пищей (бактериями) туфелька заглотила растворенный в воде краситель (конгорот), окрасивший вакуоли. Обращают внимание на их цвет – красный и синий. Он зависит от того, что конгорот различно окрашивается в зависимости от реакции среды. В кислой среде он становится синим, в щелочной – кирпично-красным. Если проследить движение пищеварительной вакуоли с момента ее отделения от глотки до момента дефекации, то можно заметить, что первые стадии пищеварения происходят в кислой среде (синее окрашивание вакуоли), затем реакция меняется на ще-

лочную и происходит постепенное окрашивание вакуоли через фиолетовую в красную.

Иногда удается наблюдать момент выделения непереваренных остатков пищи (дефекация) через заднепроходное отверстие, или *порошицу*, расположенную близ заднего конца тела. В остальное время порошица не заметна.

В передней и задней трети тела туфельки расположены две *сократительные вакуоли*. Необходимо обратить внимание на их попеременное сокращение и на окружающие их, звездообразно расположенные, *приводящие каналы*. Работа сократительных вакуолей лучше видна на непритянутых инфузориях.

4. Зарисовать инфузорию туфельку. обозначить микро- и макронуклеус, экто- и эндоплазму, реснички, околоротовую впадину, трихоцисты.

5. Для рассматривания ядерного аппарата и трихоцист помещают на предметное стекло свежую каплю неокрашенной культуры и прибавляют к ней каплю метиленовой зелени с уксусной кислотой, затем смешивают обе жидкости препаровальной иглой и покрывают покровным стеклом. Под влиянием раздражения уксусной кислотой инфузории выбрасывают трихоцисты, но затем погибают. Выброшенные трихоцисты имеют вид длинных тонких нитей, торчащих в разных направлениях на поверхности тела инфузории. Они могут покрывать все тело или выступать только на каком-либо отдельном участке (в зависимости от того, насколько быстро наступила гибель организма).

Под действием метиленовой зелени ядра инфузорий окрашиваются в зеленый цвет. Ядерный аппарат туфельки состоит из крупного *макронуклеуса* и маленького *микронуклеуса*, который лежит сбоку от макронуклеуса в его углублении. В зависимости от положения инфузории микронуклеус может быть виден или оказывается прикрытым макронуклеусом. При малом увеличении находят инфузорию с хорошо окрасившимся ядром и выброшенными трихоцистами и рассматривают ее при большом увеличении. Затем зарисовывают отдельным рисунком.

Задания для самостоятельной работы

1. Заполните таблицу по следующей форме.

Сравнительная характеристика представителей простейших

Характерные признаки	Амеба протей (<i>Amoeba proteus</i>)	Евглена зеленая (<i>Euglena viridis</i>)	Инфузория туфелька (<i>Paramecium caudatum</i>)
1. Форма тела			
2. Органеллы движения			
3. Органеллы питания			
4. Сократительная вакуоль			
5. Ядерный аппарат			
6. Размножение			

Вопросы для самоконтроля

1. Какие признаки характерны для простейших?
2. Какие органеллы характерны для простейших и какие функции они выполняют?
3. В каких условиях среды обитают различные представители простейших?
4. Как размножаются одноклеточные животные?
5. Какие способы питания характерны для простейших?
6. Какое значение имеют простейшие в природе и жизни человека?

Тема 25. Основные представители типа Кишечнополостные (Coelenterata)

Работа 1. Внешнее и внутреннее строение стебельчатой гидры (*Hydra oligactis*)

Тип Кишечнополостные Coelenterata
 Класс Гидроидные Hydrozoa
 Отряд Гидры Hydrida
 Представитель: гидра стебельчатая *Hydra oligactis*

Материал и оборудование: живые гидры в стеклянной чашке с водой, микроскопический препарат поперечного разреза гидры, микроскоп, препаровальная игла, предметные и покровные стекла, часовое стекло, пипетки, уксусная кислота (1-2%), пластилин, препаровальные иглы.

Общие замечания

Гидры – мелкие одиночные полипы, которые живут в стоячих или слабопроточных водоемах, прикрепляясь к растениям или подводным предметам. Питаются мелкими рачками. Летом быстро размножаются почкованием, под осень – половым путем.

Задания

1. Рассмотреть пол лупой и при малом увеличении внешнее строение гидры.
2. Рассмотреть стрекательные клетки гидры.
3. Рассмотреть при малом и большом увеличении постоянный препарат гидры.
4. Зарисовать внешнее строение, продольный и поперечный разрез гидры, обозначьте эктодерму, энтодерму, опорную пластинку, кишечную полость.
5. Зарисовать участок щупальца с выброшенными стрекательными нитями и строение самой стрекательной клетки.

Порядок работы

1. Живую гидру помещают в чашку с водой и наблюдают, как она расправляет щупальца, распознает окружающее пространство. При сотрясении чашки или прикосновении к гидре препаровальной иглой гидра сжимается в комочек.

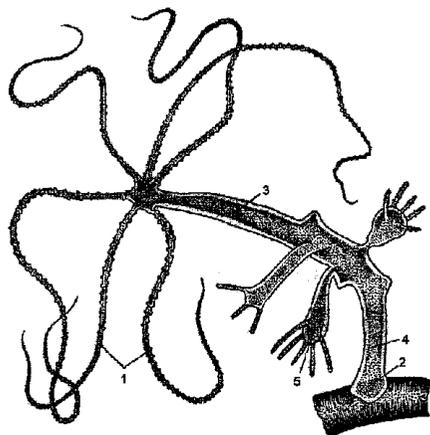
Пипеткой отсаживают одну гидру в часовое стекло и, когда она расправит тело и щупальца, рассматривают ее под лупой. На переднем конце тела между основанием *щупалец* на бугорке расположено *ротовое отверстие*. Число щупалец варьирует от 6 до 12. Обращают внимание на их бугорчатую поверхность. Если под лупой бугорки плохо видны, рассматривают их при малом увеличении микроскопа. Бугорки – это скопления или батареи *стрекательных клеток*.

На конце, противоположном ротовому, находят подошву, которой гидра прикрепляется к субстрату. В теле гидры просвечивает *гастральная полость*, которая заходит в щупальца. У стебельчатой гидры гастральная полость в заднем отделе сильно суживается, этот уча-

сток тела образует *стебелек*. На границе гастрального отдела и стебелька могут быть видны *почки* на разных стадиях развития (рис. 22).

Рис. 22. Гидра стебельчатая (*Hydra oligactis*):

- 1 – щупальца, 2 – подошва,
- 3 – желудочный отдел,
- 4 – стебелек, 5 – почка



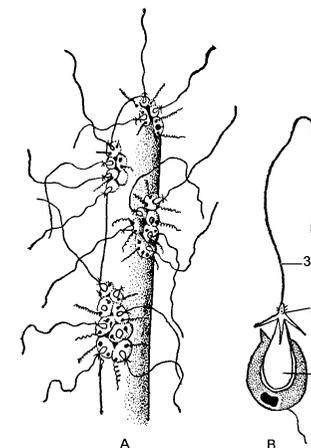
2. Зарисовывают внешний вид гидры, обозначают щупальца, подошву, кишечную полость, стебелек и почку.

3. Рассматривают стрекательные клетки. Для этого помещают гидру на предметное стекло и когда она расправит щупальца, осторожно оттягивают избыток воды. Пипеткой прибавляют несколько капель слабой уксусной кислоты. Под действием кислоты гидра выбрасывает стрекательные нити и погибает. Гидру накрывают покровным стеклом с ножками и рассматривают сначала при малом увеличении микроскопа. Если препарат получился удачно, видны многочисленные стрекательные нити, торчащие из щупалец. Переводят микроскоп на большое увеличение и находят овальной формы капсулы с выброшенными нитями (рис. 23). Часто капсулы совсем выбрасываются из щупалец и лежат изолированно. Рассматривают *стрекательную капсулу*: сужаясь, она образует шейку, на которой располагаются шипики. Шейка переходит в длинную нить. Шипики, вонзаясь в добычу, удерживают ее. В стенках щупалец иногда бывают видны и стрекательные клетки с чувствительным отростком – *книдоцилем*, внутри которого находится капсулы.

4. Участок щупальца с выброшенными стрекательными нитями и капсулу с шейкой и нитью необходимо зарисовать.

Рис. 23. Гидра стебельчатая (*Hydra oligactis*).

- А – концевая часть щупальца с выброшенными стрекательными нитями; В – стрекательная клетка:
- 1 – капсула, 2 – шейка, 3 – нить.



5. Рассматривают под микроскопом готовые препараты продольного и поперечного среза гидры. Поперечный срез гидры имеет форму кольца с двуслойной стенкой и гастральной полостью внутри (рис. 24). Под большим увеличением видно, что наружный слой – *эктодерма* – состоит из невысоких клеток. Внутри клеток заметна зернистая плазма. В эктодерме местами видны более темноокрашенные капсулы стрекательных клеток. Внутренний слой – *энтодерма* – состоит из более высоких неровных клеток. Находят опорную пластинку – тонкую прослойку мезоглеи между экто- и энтодермой.

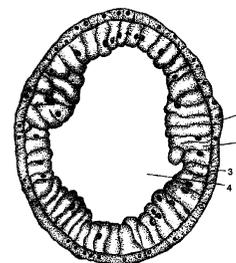


Рис. 24. Поперечный разрез через тело гидры:

- 1 – эктодерма, 2 – энтодерма,
- 3 – опорная пластинка,
- 4 – гастральная полость.

Поперечный и продольный срезы зарисовывают, обозначают эктодерму, энтодерму, мезоглею, кишечную полость, почку.

Работа 2. Внешнее и внутреннее строение ушастой медузы (*Aurelia aurita*).

Тип Кишечнополостные Coelenterata

Класс Сцифоидные Scyphozoa

Представитель: аурелия или ушастая медуза *Aurelia aurita*

Материал и оборудование: аурелия в кристаллизаторе с водой, ручная лупа, квадрат черной бумаги, препаровальная игла.

Общие замечания

Этот вид широко распространен от северных морей до тропических частей океана. Размер от 5-10 до 40 см в диаметре.

Задания

1. Рассмотреть внешнее строение аурелии.
2. Зарисовать аурелию (вид снизу), обозначить ротовые лопасти, рот, гастральные нити в карманах желудка, радиальные каналы, кольцевой канал, щупальца, ропалии.

Порядок работы

Кристаллизатор с медузой помещают на лист черной бумаги (на темном фоне лучше видно матово-прозрачное тело медузы) и рассматривают.

Выемчатый край зонтика окружен многочисленными мелкими щупальцами. В центре тела находят крестообразный щелевидный рот, окруженный четырьмя ротовыми лопастями (рис. 25).

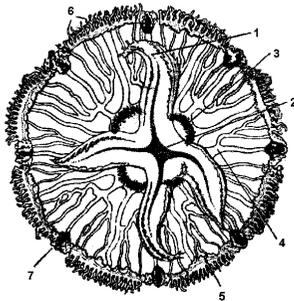


Рис. 25. Аурелия или ушастая медуза (*Aurelia aurita*). Вид снизу:

- 1 – ротовые лопасти, 2 – рот, 3 – гастральные нити в карманах желудка, 4 – радиальные каналы, 5 – кольцевой канал, 6 – щупальца, 7 – ропалии.

Вдоль нижней стороны каждой лопасти тянется желобок, покрытый ресничным эпителием. Мерцание ресничек создает ток воды и подгоняет пищу (мелкие планктонные организмы) ко рту. Рот ведет в короткую, выстланную внутри эктодермой глотку, которая в свою очередь переходит в энтодермальный мешковидный желудок с четырьмя карманоподобными выступами. В последних на валиках видны многочисленные гастральные нити, имеющие значение при пере-

варивании пищи. От желудка в теле медузы расходится сеть радиальных каналов. Находят восемь простых, неразветвленных каналов, достигающих до наружного края зонтика и чередующиеся с ними восемь ветвящихся. Кольцевой канал, в который впадают все радиальные каналы, на препарате обычно не виден.

Половые железы – гонады, имеющие подковообразную форму развиваются в числе четырех в стенках карманов желудка. В выемках края зонтика, соответствующих концам восьми разветвленных радиальных каналов, располагаются краевые тельца (ропалии) с глазами и статоцистами.

Зарисовать медузу, обозначить ротовые лопасти, рот, гастральные нити в карманах желудка, радиальные каналы, кольцевой канал, щупальца, ропалии.

Работа 3. Скелеты коралловых полипов

Тип Кишечнополостные Coelenterata

Класс Коралловые полипы Anthozoa

Подкласс Восьмилучевые коралы Octacorallia

Представитель: красный благородный коралл *Corallium rubrum*, органчик (*Tubipora*), морское перо (*Pennatula*).

Тип Кишечнополостные Coelenterata

Класс Коралловые полипы Anthozoa

Подкласс Шестилучевые коралы Hexacorallia

Представитель: звездчатый коралл *Astrea*, мозговник *Leptoria*

Материал и оборудование: препараты скелетов восьми- и шестилучевых коралловых полипов, ручная лупа.

Задания

1. Рассмотреть препараты скелетов шести- и восьмилучевых кораллов.
2. Зарисовать строение восьми- и шестилучевых коралловых полипов.

Порядок работы

1. У восьмилучевых коралловых полипов скелет внутренний, расположен в мезоглее, стержневой, реже состоит из тонких склеритов (альциониум), известковый или роговой (рис. 26).

а) Красный благородный коралл встречается в Средиземном море. Осевой известковый скелет, окрашенный в различные оттенки красного цвета, ветвится соответственно разветвлениям колонии. Мягкие ткани имеют также красный цвет благодаря многочисленным окрашенным склеритам.

б) Органчик встречается среди коралловых рифов тропического пояса. Скелет известковый, окрашенный в красный цвет, состоит из множества трубок, начинающихся на общей известковой пластинке, поднимающихся вверх, слегка расходясь. Трубки представляют собой скелеты полипов, составляющих колонию. Параллельно основанию колонии на некотором расстоянии друг от друга проходят площадки, соединяющие трубки между собой. Эти площадки возникают периодически в связи с ростом колонии. Живые особи расположены только над верхней площадкой.

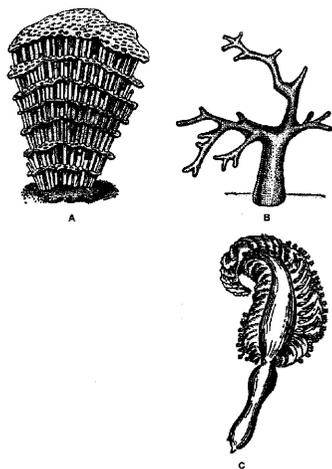


Рис. 26. Восьмилучевые коралловые полипы.
А – органчик (скелет); В – красный коралл (скелет); С – морское перо (внешний вид)

в) Морское перо – различные виды этого коралла широко распространены в тропическом и умеренном поясе, встречаются в антарктической области, обитают на илистом и песчаном грунте, часто на больших глубинах. Основу колонии составляет стержень, по бокам которого расположены пластинки, подобные бородам пера, несущие полипы. Скелет роговой, часто инкрустирован известью, проходит по оси колонии и ее разветвлениям.

2. Шестилучевые коралловые полипы имеют известковый наружный скелет, выделяемый клетками эктодермы. Скелет пред-

ставляет собой чашечку, окружающую полип, от стенки которой по радиусам к центру отходят известковые пластинки (перегородки), вдающиеся в гастральную полость полипа. Чашечки соседних полипов, утолщаясь, сливаются, вследствие чего образуются массивные скелеты.

Формы колоний чрезвычайно разнообразны и зависят от характера роста и почкования полипов. Различают два типа. Формы одного типа имеют древовидный характер, другого – головчатую форму. У последних разрастание происходит в горизонтальной плоскости, полипы занимают только наружную поверхность, ниже лежат отмершие части. Среди головчатых колоний можно различить формы с хорошо разграниченными чашками, в которых помещается тело полипа (звездчатый коралл – *Astrea*) и такие, у которых чашечки слиты и образуют многочисленные извилины, напоминающие извилины мозга, отчего они получили название мозговников.

Шестилучевые кораллы с известковым скелетом – обитатели преимущественно тропического пояса. Они играют большую роль в образовании коралловых построек (рифов и островов).

Рассматривают скелеты, зарисовывают колонии разного типа (древовидные и головчатые). Рассматривают под лупой чашечки, находят в них скелетные перегородки, обращают внимание на неодинаковые размеры перегородок.

3. Зарисовать представителей шести- и восьмилучевых кораллов, обозначить древовидные и головчатые колонии.

Задание для самостоятельной работы

1. Заполнить таблицу по следующей форме.

Слои тела	Типы клеток	Особенности строения	Выполняемые функции
Эктодерма	Эпителиально-мускульные Стрекательные Нервные Половые Интерстициальные		
Энтодерма	Пищеварительные Железистые		

Вопросы для самоконтроля

1. Какие признаки характерны для кишечнополостных?
2. Из каких слоев клеток состоит тело гидры?
3. Какие клетки дифференцируются в эктодерме, каково их строение и какие функции они выполняют?
4. Как называется полость тела гидра?
5. Чем характеризуются клетки энтодермы и какие функции они выполняют?
6. Какая симметрия характерна для кишечнополостных и с чем это связано?
7. Какие основные признаки характеризуют классы Гидроидные, Сцифоидные, Коралловые полипы?

Тема 26. Основные представители типа Плоские черви (Plathelminthes)

Работа 1. Внешнее и внутренне строение молочнобелой планарии (*Dendrocoelum lacteum*)

Тип Плоские черви Plathelminthes
Класс Ресничные черви Turbellaria
Подкласс Неоофоры Neophora
Отряд Трехветвистые Tricladida
Представитель: молочнобелая планария *Dendrocoelum lacteum*

Материал и оборудование: Живые планарии в аквариуме, тотальный препарат, препарат поперечного среза, микроскоп, ручная лупа, препаровальная игла, часовое стекло, мягкая кисточка, пипетка, квадрат черной бумаги.

Общие замечания

Планарии обитают в пресных водоемах, где они ползают по водным растениям и различным лежащим в воде предметам. Движение животного обусловлено, с одной стороны, работой ресничек (медленное плавное скольжение по субстрату), с другой стороны сокращением мускулатуры кожно-мускульного мешка (движение с изменением формы тела). Планарии хищники, питаются мелкими животными.

Задания

1. Рассмотреть внешнее и внутреннее строение молочнобелой планарии.
2. На готовом препарате рассмотреть при малом и большом увеличении строение кожно-мускульного мешка.
3. Зарисовать внешнее строение молочно-белой планарии, поперечный разрез и строение кожно-мускульного мешка.

Порядок работы

1. Кисточкой вылавливают планарию из аквариума и помещают в воду на часовое стекло. Рассматривают планарию под лупой (под часовое стекло подкладывают черную бумагу). Тело червя плоское, листовидное, вытянуто в длину. Передний конец срезан поперек, задний заострен (рис. 27). Обращают внимание на характер движения и на то, как изменяется при движении форма тела (тело способно изгибаться, расширяться и укорачивается).

Рассматривают строение кишечника. Приблизительно в средней части тела расположена мешковидная *глотка*. Рот открывается на брюшной стороне несколько кзади от середины тела. От глотки отходят три *ветви кишки* – передняя и две задних. Все они дают большое число боковых веточек. Заканчиваются ветви кишечника слепо. На переднем конце тела червя видны два темных *глаза*.

Для того, чтобы рассмотреть ресничный эпителий на поверхности тела, помещают часовое стекло с планарией на столик микроскопа и рассматривают под малым увеличением передний край тела ползущей планарии. Здесь хорошо видно мерцание ресниц ресничного эпителия, покрывающего тело животного.

2. Попечный срез планарии изучают на готовом препарате, окрашенном гистологическим красителем при малом и большом увеличении.

Стенка тела образована *эпителием* и лежащей под ним *кожной мускулатурой* (рис. 28). Эти два образования и входят в понятие кожно-мускульного мешка, который одевает тело животного со всех сторон. Полость тела заполнена рыхлой тканью – паренхимой, в которой лежат все внутренние органы – кишечник, половые органы и другие. В паренхиме проходят также спиннобрюшные мускульные волокна.

3. Край поперечного среза рассматривают под большим увеличением микроскопа и изучают более подробно гистологическое строение кожно-мускульного мешка (рис. 29). Снаружи располагается од-

нослойный ресничный эпителий, под ним идет тонкая базальная мембрана (продукт выделения эпителия). Кожная мускулатура образована кольцевыми мышцами, прилегающие к мембране, и продольными, лежащими глубже. Так как поперечный срез тела проходит вдоль кольцевых мышц, на препарате волокна этого слоя видны в длину. Продольные мышцы при поперечном срезе перерезаются поперек, и на препарате они имеют вид точек. У планарии имеется еще слой диагональных, или косых мышц, лежащих между поперечными и продольными, но эти мышцы слабо развиты и на препарате плохо видны.

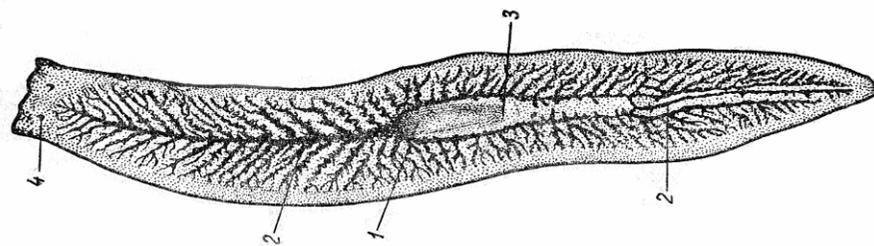


Рис. 27

Внешний вид молочнобелой планарии (*Dendrocoelum lacteum*):

1 – глотка, 2 – ветви кишки, 3 – место ротового отверстия, 4 – глаза

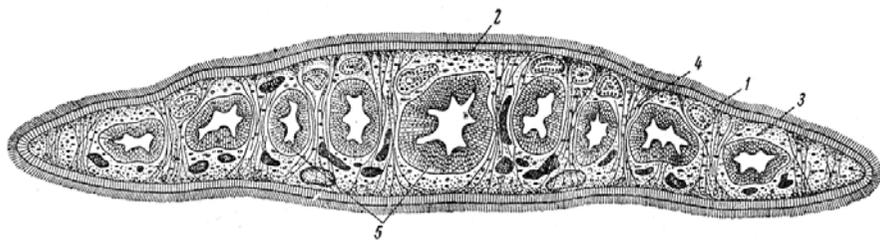


Рис. 28

Поперечный срез планарии:

1 – ресничный эпителий, 2 – кожная мускулатура, 3 – паренхима, 4 – спиннобрюшные мускульные волокна, 5 – кишечник.

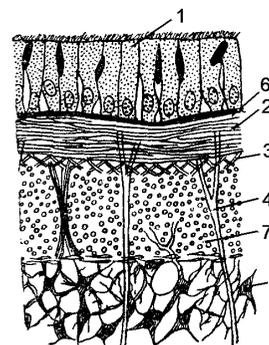


Рис. 29. Поперечный срез планарии:

1 – ресничный эпителий, 2 – кожная мускулатура, 3 – паренхима, 4 – спиннобрюшные мускульные волокна, 5 – кишечник.

4. Зарисовать внешний вид планарии, обозначить глотку, кишечник, ротовое отверстие, глаза; зарисовать поперечный срез планарии и небольшой участок кожно-мускульного мешка.

Работа 2. Внешнее и внутреннее строение печеночного сосальщика (*Fasciola hepatica*)

Тип Плоские черви Plathelminthes

Класс Сосальщико Trematoda

Представитель: печеночный сосальщик или фасциола *Fasciola hepatica*

Материал и оборудование: тотальные препараты сосальщика, лупа, микроскоп.

Общие замечания

Широко распространенные паразиты желчных ходов печени крупного и мелкого рогатого скота. Вызывает заболевание, называемое фасциолезом. Приносит большой экономический ущерб животноводству. Изредка встречается у человека.

Промежуточный хозяин – малый прудовик, инцистирование церкарий происходит во внешней среде. Скот заражается на пастбищах и водопоях, проглатывая инцистированных метацеркарий.

Задания

1. Рассмотреть внешнее и внутреннее строение печеночного сосальщика при малом и большом увеличении.

2. Зарисовать печеночного сосальщика, обозначить пищеварительную, выделительную и половую системы.

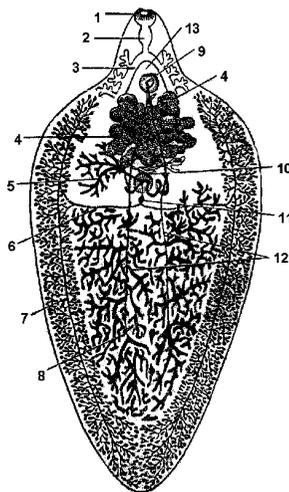
Порядок работы

1. Разобраться в строении фасциолы довольно трудно, так как все органы у нее сильно разветвлены и налегают друг на друга.

Знакомятся с расположением присосок и строением пищеварительной системы (рис. 30). *Ротовая присоска* находится на вершине конусообразного выступа, – в основании этого выступа. За ротовой присоской следует вздутая *глотка*, переходящая в очень короткий *пищевод*. Последний делится на две *ветви кишки*, которые тянутся назад близко к средней линии тела и дают большое количество боковых ответвлений, доходящих до самых краев тела червя. Разветвления кишечника отчетливее видны при затемнении поля зрения лупы, кроме того они хорошо видны под малым увеличением микроскопа.

Рис. 30. Печеночный сосальщик (*Fasciola hepatica*):

- 1 – ротовая присоска, 2 – глотка,
- 3 – ветви кишки (показаны, только начальные их отделы), 4 – матка,
- 5 – яичник, 6 – желточные протоки,
- 7 – желточники, 8 – семенники,
- 9 брюшная присоска, 10 – тельца Мелиса,
- 11 – желточный резервуар,
- 12 – семяпроводы, 13 – место половых отверстий



В задней половине тела по средней линии видна светлая полоска – это *выделительный канал*, остальные части выделительной системы на тотальном препарате не видны.

Изучают строение половой системы. Половые органы сильно развиты и заполняют все тело кзади от брюшной присоски.

Боковые поля паразита заняты гроздьями *желточников*, образующих по краю тела сплошную кайму, особенно широкую к задней

части, где сходятся желточники правой и левой половин. На границе первой и второй трети длины тела в виде тоненьких коричневых ниточек видны *желточные протоки*, идущие от желточников поперек тела и образующие на средней линии *желточный резервуар* (небольшое коричневое пятнышко).

Протоками желточников среднее поле паразита делится на переднюю и заднюю части. В задней – расположены два разветвленных *семенника*, окрашенных так же, как и ветви кишки, на которые они налегают, в красный цвет (при окраске препарата квасцовым кармином). Ввиду окраски разветвления кишечника и семенников довольно трудно отличить друг от друга. Это удастся сделать, затемняя поле зрения лупы и используя микроскоп. Протоки семенников на тотальном препарате обычно не видны, но впереди брюшной присоски виден *совокупительный орган*.

Впереди от протоков желточников в среднем поле расположены женские органы. Хорошо видна извитая *матка*, заполненная яйцами. Позади матки справа и слева (в зависимости от того, спинной или брюшной стороной к наблюдателю лежит объект) расположен ветвистый *яичник*. От него отходит *яйцевод*, направляющийся к *оотипу*, окруженному комплексом железок, направляемых *тельцем Мелиса*. Оотип лежит посередине тела, непосредственно впереди желточного резервуара; на препарате он имеет вид округлого розового пятнышка.

Под малым увеличением микроскопа рассматривают край тела на переднем конусовидном выступе. Здесь на поверхности кутикулы хорошо видны обращенные назад шипы, способствующие удержанию паразита в желчных ходах печени.

2. Зарисовать строение фасциолы, обозначить органы пищеварительной и половой системы.

Работа 3. Особенности строения бычьего солитера, или невооруженного цепня (*Taeniarhynchus saginatus*)

Тип Плоские черви Plathelminthes

Класс Ленточные черви Cestoda

Представитель: бычий солитер или невооруженный цепень *Taeniarhynchus saginatus*

Материал и оборудование: фиксированная стробила, микропрепараты сколекса, гермафродитарного членика, зрелого членика; лупа, микроскоп, чашка Петри, пинцет, препаровальная игла.

Общие замечания

В половозрелом состоянии это паразит тонких кишок человека, в личиночном – паразит межмышечной соединительной ткани крупного рогатого скота. Заражение человека происходит через недостаточно проваренное или прожаренное финозное мясо. В человеке паразит живет многие годы. Стробила достигает длины 7м и более.

Задания

1. Рассмотреть внешнее строение бычьего цепня, отметить органы прикрепления.

2. Рассмотреть под микроскопом при малом и большом увеличении строение гермафродитарного членика, обратить внимание на строение половой системы.

3. Рассмотреть под микроскопом зрелый членик бычьего цепня, отметить его отличия от гермафродитарного членика.

4. Рассмотреть поперечный срез бычьего цепня, обратить внимание на особенности строения кожно-мышечного мешка.

5. Зарисовать строение сколекса бычьего цепня, обозначить органы прикрепления. Изобразить строение гермафродитарного членика, обозначить органы половой системы. Зарисовать поперечный срез червя.

Порядок работы

1. Рассматривают стробилу. Она образована цепочкой члеников, границы между члениками хорошо видны. Если стробила целая, находят на переднем конце ее *сколекс*, или головку, имеющую вид небольшой вздутой булавоочной головки. За сколексом идет *шейка*, на конце которой начинаются *членики*.

2. Рассматривают препарат сколекса под малым увеличением микроскопа. На сколексе расположены четыре мощных *присоски* (рис. 31). Сколекс переходит в нечленистую шейку. При большом увеличении в шейке хорошо видны известковые тельца, очень характерные для ленточных червей.

3. Знакомятся со строением гермафродитарного членика, рассматривая препарат под лупой и при малом увеличении микроскопа.

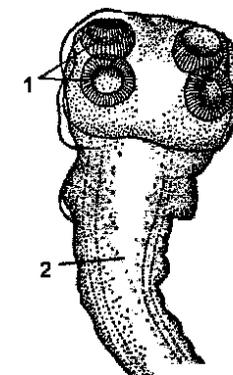


Рис. 31. Сколекс бычьего солитера (*Taeniarrhynchus saginatus*):
1 – присоска, 2 – шейка

Из органов, общих для всей стробилы, в членике видны *каналы выделительной системы*, проходящие по краям членика и соединенные у заднего края членика *поперечным анастомозом* (рис. 32). Кнаружи от каналов видны нервные стволы по одному с каждой стороны. Все остальные видимые на препарате органы представляют собой различные части гермафродитарного полового аппарата, повторяющегося в каждом членике.

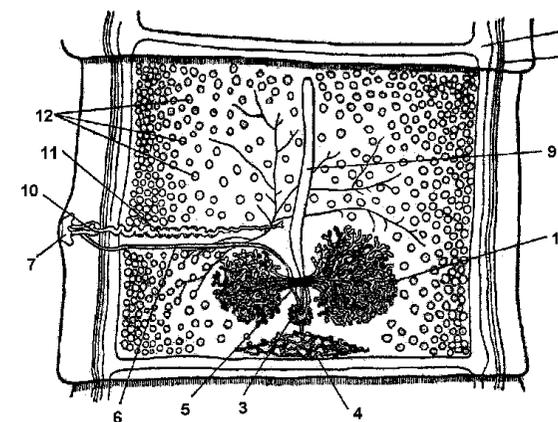


Рис. 32. Гермафродитный членик бычьего солитера:
1 – яичник, 2 – каналы выделительной системы, 3 – тельца Мелисса, 4 – желточник, 5 – семяприемник, 6 – влагалище, 7 – половая клоака, 8 – нервный ствол, 9 – матка, 10 – циррус, 11 – семявыносящий канал, 12 – семенники.

По всему членику членику разбросаны многочисленные темные точки, это *семенники*. Отходящие от них тонкие семенные каналцы на тотальном препарате обычно не видны, но хорошо виден извитой *семявыносящий канал*, идущий поперек членика в одной из его половин к боковому краю членика, где он переходит в семяизвергательный канал, окруженный мускулистым *мешком цирруса*. Мужское половое отверстие открывается в половую клоаку, расположенную на *половом сосочке*.

У заднего края членика лежит сетчатый *желточник*, имеющий вид треугольника. Впереди желточника, справа и слева от средней линии тела, расположен яичник, поделенный на две половины. Под семявыносящим каналом проходит тонкий прямой канал – *влагалище*, открывающееся в половую клоаку рядом с мужским половым отверстием. На противоположном конце влагалище образует небольшое вздутие – *семяприемник*. Посредине членика к переднему его краю идет *матка*; выводного отверстия она не имеет. По мере заполнения матки яйцами в ней возникают боковые ветви, поэтому на разных препаратах матка может иметь разную конфигурацию – или простого неразветвленного канала, или канала с начавшимися образовываться ответвлениями. Между яичником и желточником на препарате видно темное округлое пятнышко, это комплекс желез – *тельце Мелиса*. Разобраться в связях всех отделов женского полового аппарата на тотальном препарате трудно, это показано на схеме (рис. 33А).

4. Рассматривают зрелый членик. Это членик конца стробилы, в котором все половые органы, за исключением сильно разросшейся набитой яйцами *матки*, подверглись редукции.

Матка снабжена большим числом боковых ветвей и сплошь заполнена яйцами, в чем можно убедиться рассмотрев ее под микроскопом. Следует обратить внимание на форму зрелого членика – его длина значительно превышает ширину (рис. 33В). Самые последние членики в стробиле сильно вытягиваются и становятся узкими.

5. Изучают поперечный срез членика при малом и большом увеличении. Снаружи на поверхности тела видна толстая *кутикула*, под которой лежат элементы кожно-мускульного мешка (рис. 34). При большом увеличении хорошо видны вытянутые клетки *погруженного эпителия*. Мускульные элементы кожно-мускульного мешка довольно слабо развиты, и их рассмотрение требует больших увели-

чений. В толще паренхимы хорошо видны два *поперечных мускульных тяжа*, делящих паренхиму на *наружную и внутреннюю зоны*.

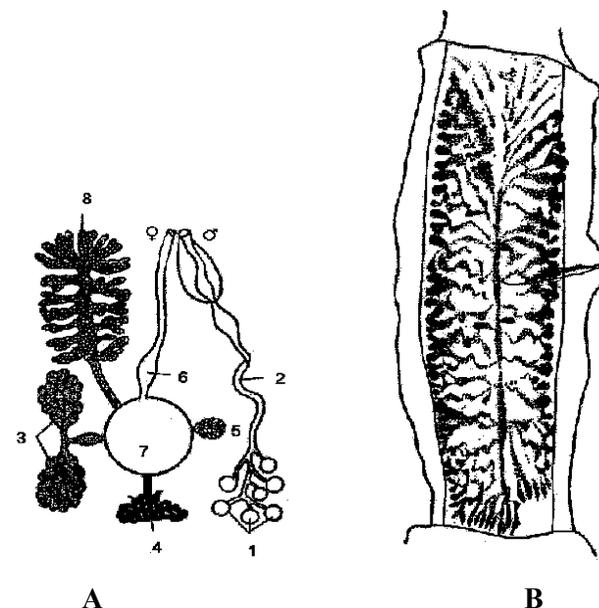


Рис. 33. А - Схема строения полового аппарата солитеров: 1 - семенники, 2 - семяпровод, 3 - яичник, 4 - желточник, 5 - тельце Мелиса, 6 - влагалище, 7 - оотип, 8 - матка.

В - Зрелый членик бычьего солитера. Видна сильно разветвленная матка.

У боковых краев членика эти тяжи сближаются и сходят на нет. Кнаружи от тяжей, в наружной зоне паренхимы, видны разрезы *продольных мускульных волокон*, эти волокна так же, как и поперечные тяжи мускулатуры, относятся не к кожной, а к паренхимальной мускулатуре. Наличие паренхимальной продольной и поперечной мускулатуры является особенностью ленточных червей. В паренхиме залегают также *спиннобрюшные мускульные волокна*. Среди паренхимных клеток в большом количестве разбросаны *известковые тельца* овальной формы, они интенсивно окрашены и хорошо видны. Наличие известковых телец в паренхиме – отличительная черта ленточных червей.

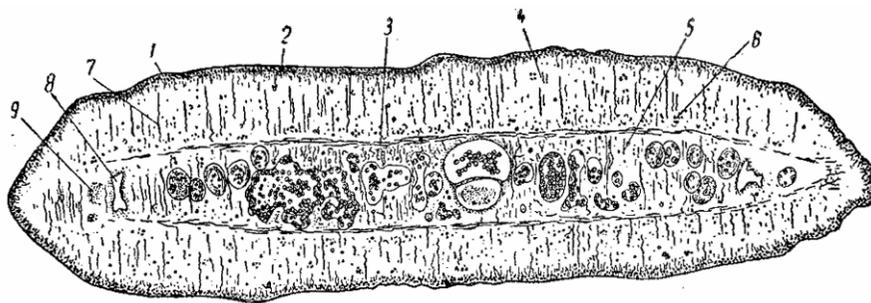


Рис. 34. Поперечный срез членика бычьего солитера:

1 – кутикула, 2 – погруженный эпителий, 3 – поперечный мускульный тяж, 4 – наружная зона паренхимы, 5 – внутренняя зона паренхимы, 6 – продольные мускульные волокна, 7 – спиннобрюшные мускульные волокна, 8 – канал выделительной системы, 9 – нервный ствол.

Все органы расположены во внутренней зоне паренхимы. По бокам членика видны разрезы каналов выделительной системы, кнаружи от них расположены нервные стволы. Остальные же органы являются срезами разных участков половой системы.

6. Зарисовать строение сколекса бычьего солитера; гермофродитарный членик, обозначить органы половой системы; изобразить строение зрелого членика с разветвленной маткой и поперечный срез членика.

Вопросы для самоконтроля

1. Каких животных называют паразитическими?
2. Кто является промежуточным и окончательным хозяином в цикле развития плоских червей?
3. Каковы признаки дегенерации у плоских червей?
4. Перечислите признаки приспособления к паразитическому образу жизни у плоских червей?
5. Чем объясняется большая плодовитость плоских червей?
6. Какие отрицательные воздействия оказывают гельминты на организм человека?

Тема 27: Тип Круглые черви (Nemathelminthes). Внешнее и внутреннее строение свиной аскариды (*Ascaris suum*)

Тип Круглые черви Nemathelminthes

Класс Круглые черви Nematoda

Представитель: Свиная аскарида *Ascaris suum*

Материал и оборудование: фиксированные аскариды: самка и самец. Микроскоп; препаровальная ванночка, пинцет, две препаровальные иглы, булавки, пипетка; предметное и покровное стекло, измерительная линейка; ручная лупа; колба с водой.

Общие замечания

Аскариды – паразиты кишечника различных животных и человека. Разные виды аскарид имеют очень сходное строение.

На занятии обычно используют лошадиную (*Parascaris equorum*) или свиную (*Ascaris suum*) аскариду.

Свиная аскарида – это повсеместно распространенный паразит тонких кишок свиньи. От аскаридоза особенно сильно страдают поросята. Токсины аскарид ослабляют и истощают организм.

Задания

1. Изучить внешнее строение свиной аскариды.
2. Вскрыть червя, рассмотреть его внутреннее строение.
3. Зарисовать вскрытого червя.
4. Рассмотреть и зарисовать поперечный срез свиной аскариды.

Порядок работы

1. Поместив червей в ванночку, знакомятся с внешним строением самца и самки аскариды. Самцы отличаются от самок меньшими размерами и загнутым на брюшную сторону задним концом тела. Измеряют длину того и другого экземпляра, данные измерения записывают в тетрадь. Кутикула толстая, лишена пигмента, под лупой видно, что она имеет поперечную исчерченность.

Отыскивают передний конец тела (рассмотреть лучше под лупой, смотря с полюса). У того и другого пола строение переднего конца одинаково. На нем терминально расположен рот, окруженный тремя соприкасающимися друг с другом бугорками – губами. Одна из губ соответствует спинной стороне, две занимают боковобрюшное положение.

Рассматривают задний конец тела. Анальное отверстие немного сдвинуто на брюшную сторону и имеет вид поперечной щели. Участок тела от ануса до заднего конца называется хвостом. У самца хвост немного расширен, и из ануса могут торчать наружу две хитиновые спикулы, имеющие значение при копуляции. Кроме того, у

самца задний конец тела загнут в виде крючка на брюшную сторону. У самки половое отверстие расположено в передней трети тела на брюшной стороне, оно очень мало и обычно плохо видно. Вдоль тела по спинной, брюшной и боковым сторонам проходят четыре линии, соответствующие четырем продольным утолщениям кожных покровов (эти утолщения хорошо видны на вскрытой аскариде). Боковые линии видны отчетливее, чем спинная и брюшная.

Зарисовывают внешний вид самки и самца.

2. Проводят вскрытие самки аскариды. Для этого ее кладут в препаровальную ванночку на брюшную сторону и прикрепляют ко дну ванночки булавками за передний и задний концы тела. В передний конец булавку втыкают несколько вбок, чтобы не повредить глотку. Вдоль спинной стороны тела, от переднего конца до заднего конца, прорывают стенку тела препаровальной иглой, причем иглу вводят неглубоко, чтобы не повредить органы, лежащие в полости тела. Края среза раздвигают и булавками подкалывают их ко дну ванночки; булавки следует вкалывать наклонно в стороны, чтобы они не мешали рассмотрению объекта. Заливают вскрытую аскариду водой, во избежание повреждения органов струю воды следует направлять в сторону от вскрытого животного.

Знакомятся с общей топографией органов, лежащих в полости тела. Вдоль всего тела проходит *кишечник*, который хорошо виден только в начале и в конце, в средней части он прикрыт половой системой, представленной у самки двумя сильно извитыми трубками. По бокам не стенке тела проходят продольные утолщения – *валики гиподермы*, внутри них помещаются каналы выделительной системы (это видно при рассматривании среза аскариды). В передней части тела на каждом валике лежат по две крупных клетки – *фагоцитарные клетки*, выполняющие функцию почек накопления.

Препаровальными иглами распутывают половую систему и отводят ее в сторону от кишечника, как показано на рис. 35. Это надо делать осторожно, так как фиксированные ткани очень хрупки и легко рвутся. Рассматривают кишечник. Начальный его отдел представлен мускулистой глоткой, окруженной окологлоточным нервным кольцом (рассмотрите его с помощью лупы). Кишечник проходит вдоль всего тела, в стенке его видны продольные складки.

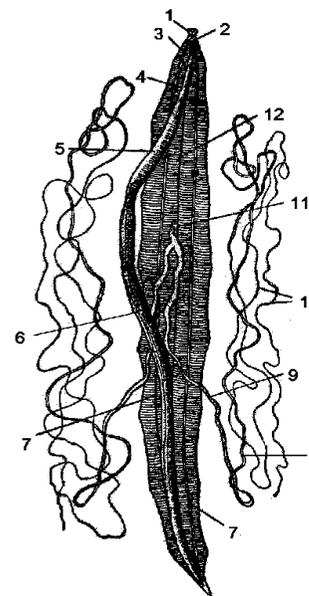


Рис. 35. Вскрытая самка свиной аскариды (*Ascaris suum*):

1 – ротовые сосочки, 2 – нервной кольцо, 3 – глотка, 4 – фагоцитарная клетка, 5 – пищевод, 6 – средняя кишка, 7 – боковой валик гиподермы, 8 – яйцевод, 9 – матка, 10 – яичник, 11 – влагалище, 12 – брюшной нервный ствол

Необходимо разобраться в строении половой системы. У самки она парная и представлена двумя длинными трубками. Самые тонкие части трубок – *яичники*. Затем идут *яйцеводы*, а конечные, наиболее толстые, отделы – *матки*. Матки соединяются вместе в непарное влагалище, которое открывается половым отверстием на брюшной стороне тела.

В стенке тела вдоль спинной и брюшной стороны видны тонкие белые линии – это валики гиподермы с нервными стволами. Если разрез при вскрытии прошел точно по спинной стороне, то спинной нервный ствол не может быть рассмотрен.

Вскрытую аскариду зарисовывают.

3. Под лупой рассматривают общий вид среза (рис.36). Приступая к рассмотрению, правильно ориентируют срез – спинной стороны вверх, брюшной – вниз. При этом необходимо руководствоваться положением маток и кишечника – матки расположены ближе к брюшной стороне, кишечник – к спинной. Под лупой намечают контуры среза и основных органов. Затем ставят препарат под малое увеличение микроскопа и рассматривают его более подробно.

Следует разобраться в строении стенки тела. Она образована следующими элементами: снаружи располагается толстая многослойная *кутикула*. Непосредственно под кутикулой лежит гиподерма – видоизмененные кожные покровы, превращенные в синцитий с многочисленными разбросанными ядрами. По бокам тела гиподерма образует утолщения – *валики*, внутри которых видны *каналы выделительной системы*. Вдоль спинной и брюшной сторон тела гиподерма тоже образует тяжи, вдающиеся в полость тела, с этими тяжами связаны спинной и брюшной нервные стволы. Изнутри к гиподерме прилегает слой продольной мускулатуры. Валиками гиподермы мускулатура разбивается на четыре поля – два спинных и два брюшных.

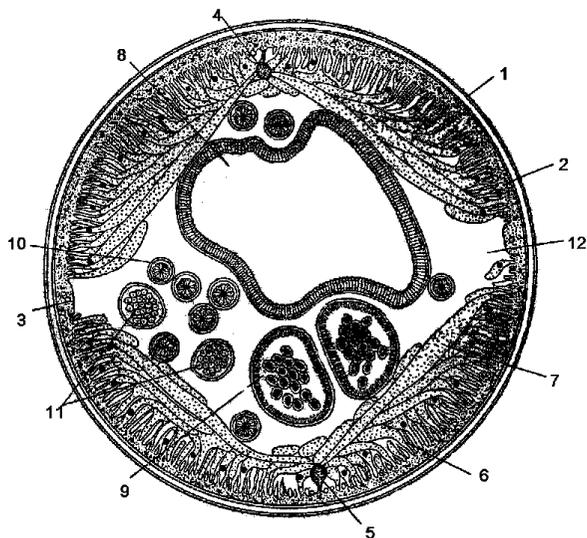


Рис. 36. Поперечный срез аскариды:

- 1 – кутикула, 2 – гиподерма, 3 – боковой валик гиподермы с каналом выделительной системы, 4 – спинной нервный ствол, 5 – брюшной нервный ствол, 6 – мускулатура, 7 – плазматические отростки мышечных волокон, 8 – кишечник, 9 – матка, 10 – яичник, 11 – яйцеводы, 12 – первичная полость тела

От мускульных клеток отходят длинные *плазматические отростки*, направленные в спинных мускульных полях к спинному, в брюшных – к брюшному нервным стволам. Мускульные клетки и их отростки выдаются непосредственно в полость тела, т.е. полость тела

у аскариды не выстлана эпителием. Это является характерной чертой *первичной полости тела*.

Рассматривают органы, лежащие в полости тела.

Среднюю часть среза занимает *кишечник*, его стенка образована одним слоем клеток. Все остальные образования относятся к различным отделам половой системы. Ближе к брюшной стороне лежат два среза *маток*, из них видны яйца. Срезом *яичников* много. Их узнают по радиальной исчерченности, которая обусловлена радиальным расположением развивающихся яйцеклеток. Срезы *яйцеводов* отличаются от срезов яичников тем, что половые трубки, как уже отмечено при вскрытии аскариды, сильно извиты.

Поперечный срез подробно зарисовывают.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризуйте цикл развития аскариды.
2. Что образуется из мезодермы у круглых червей?
3. Чем заполнена полость тела у круглых червей?
4. Какие признаки более высокой организации характерны для круглых червей по сравнению с плоскими червями?

Тема 28: Тип Кольчатые черви (Annelida). Внешнее и внутреннее строение дождевого червя (*Lumbricus terrestris*)

Тип Кольчатые черви Annelida

Класс Малощетинковые Oligochaeta

Представитель: Дождевой червь *Lumbricus terrestris*

Материал и оборудование: чашка с землей, живые черви, ручная лупа, препаровальная ванночка, ножницы, скальпель, пинцет, две препаровальные иглы, булавки, предметное стекло, стаканчик со слабым спиртом (15-20%), лист белой и лист фильтровальной бумаги.

Общие замечания

Различные виды дождевых червей многочисленны в почвах, богатых растительными остатками. Часто встречающийся червь *Lumbricus terrestris* широко распространен в Европейской части России и обитает главным образом в обрабатываемых, богатых перегноем почвах. Земляные черви оказывают большое влияние на почву: разрыхляют ее, способствуют аэрации, обогащают почву перегноем.

Задания

1. Изучить внешнее строение дождевого червя.
2. Вскрыть червя, рассмотреть его внутреннее строение.
3. Зарисовать передний конец тела червя и вскрытого червя.

Порядок работы

1. Дождевого червя вынимают из почвы, стряхивают частицы почвы и кладут его на лист бумаги. Перед изучением внешней морфологии и вскрытием червя убивают погружением в 15-20% спирт. Вынимают червя из спирта, обсушивают его фильтровальной бумагой и положив его на лист чистой бумаги, рассматривают под ручной лупой. Отличают *передний конец тела* от *заднего*. Передний конец заострен и сегменты на нем несколько шире, чем на заднем. Задний конец немного сплюснен в спинно-брюшном направлении. На переднем конце расположено ротовое отверстие, оно прикрыто сверху *предротовой лопастью*. *Анальное отверстие* открывается на конце последнего сегмента. При надавливании на задний конец тела из анального отверстия выступает земля, заполняющая полость кишечника (рис.37).

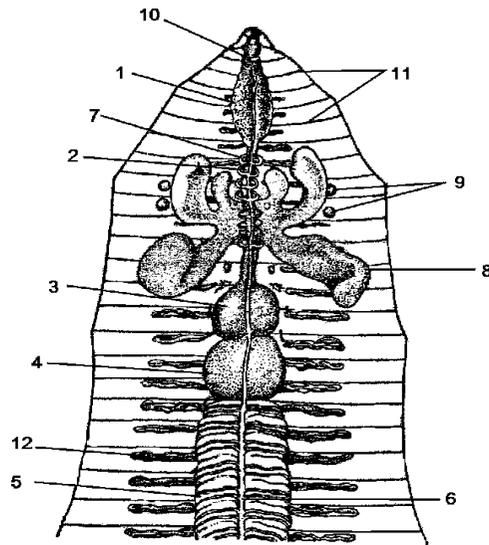


Рис. 37. Вскрытый дождевой червь (*Lumbricus terrestris*):

- 1 – глотка, 2 – пищевод, 3 – зоб, 4 – мускульный желудок, 5 – кишка,
6 – спинной кровеносный сосуд, 7 – кольцевые сосуды в области пищевода,
8 – семенные мешки, 9 – семяприемники, 10 – надглоточный ганглий,
11 – диссепименты, 12 – нефридии

Отличают спинную сторону от брюшной. Вдоль спинной стороны тела виден просвечивающийся красный спинной *кровеносный сосуд*. по цвету брюшная сторона тела светлее спинной и более плоская. Находят *поясок*, это утолщенные 31-37 сегменты. Поясок имеет значение в период размножения червя, эпителий пояска выделяет слизь, за счет которой формируется кокон.

Необходимо найти четыре ряда щетинок, расположенных вдоль брюшной стороны (два ряда) и по бокам тела (два ряда). На каждый сегмент приходится четыре пары щетинок. Рассматривать их надо с помощью лупы, а также можно обнаружить на ощупь, проводя пальцем от заднего конца тела к переднему вдоль ряда щетинок.

На брюшной стороне на 14-м сегменте под лупой находят пару маленьких округлых *женских половых отверстий*, а на 15-м сегменте – пару *мужских половых отверстий* в виде поперечных щелей.

Отверстия метанефридиев очень малы и трудны для рассмотрения.

2. Вскрытие дождевого червя проводится следующим образом. Умерщвленного червя кладут в ванночку на брюшную сторону и прикладывают ко дну булавками за передний и задний конец, немного растянув при этом тело. На переднем конце булавку вкалывают немного в сторону от середины, чтобы не повредить надглоточный нервный ганглий.

Ножницами делают небольшой надрез поперек тела в средней его части, а затем, введя конец ножниц в это отверстие, продолжают разрез в продольном направлении в оба конца тела (острие ножниц следует вводить не слишком глубоко в полость тела, чтобы не повредить кишечник).

Поддерживают пинцетом стенку тела по краю разреза, подрезают скальпелем диссепименты, делящие полость тела на камеры и, подколотив стенку тела ко дну ванночки булавками, заливают червя водой.

Рассматривают пищеварительную систему. Она у дождевого червя сложно дифференцирована и состоит из нескольких отделов. В состав передней кишки входят глотка, пищевод, зоб и мускульный желудок, все эти отделы на вскрытом черве хорошо видны. *Глотка* – широкий начальный отдел кишечника. Под лупой видно, что к ее стенке прикрепляются многочисленные *мускульные пучки*, другими своими концами связанные со стенкой тела. Это протракторы и ре-

тракторы глотки. За глоткой следует узкий *пищевод*, а за ним расширенный *зоб* и *мускульный желудок* (потрогайте их иголкой – стенка зоба мягкая, мускулистого желудка – упругая). В мускулистом желудке пища перетирается. За желудком начинается *средняя кишка*, тянущаяся до заднего конца тела, где она без резкой границы переходит в *заднюю кишку*. Стенки средней кишки покрыты желтой рыхлой *хлорагогенной тканью* (видоизмененный перитонеальный эпителий, принимающий участие в выделении).

Над глоткой в ее начальном отделе расположен парный *надглоточный нервный ганглий* – два сближенных беловатых узелка.

Находят *спинной кровеносный сосуд*, проходящий над кишечником вдоль всего тела, и *кольцевые сосуды*, соединяющие спинной сосуд с брюшным, проходящим под кишечником (кровеносные сосуды могут быть замаскированы хлорагогенной тканью, и тогда они плохо видны). В области пищевода кольцевые сосуды утолщены и образуют так называемые *сердца*. У *Lumbricus terrestris* их пять. Стенки их обладают сократимостью, пульсируя, сердца перегоняют кровь из спинного сосуда в брюшной.

По сторонам от кишечника в каждом сегменте расположена пара *метанефридиев*, имеющих вид беловатых петлеобразно изогнутых канальцев (рассматривают их под лупой).

Из половых органов хорошо видны только три пары *семенных мешков*, располагающихся по бокам от пищевода. Приподняв семенные мешки, иногда удастся увидеть небольшие белые *известковые железки*, тесно прилегающие к пищеводу. Секрет этих желез, поступающий в пищевод, нейтрализует гуминовые кислоты почвы, попадающие в кишечник вместе с пищей. Из остальных отделов половой системы обычно видны еще две пары *семяприемников*, имеющих вид маленьких белых бугорков на стенках девятого и десятого сегментов. Остальные половые органы рассмотреть трудно.

Перерезают кишечник посередине и удаляют его заднюю часть. Открывается лежащая на брюшной стороне тела *нервная цепочка*. На сделанном при этом разрезе кишечника хорошо видна обращенная внутрь кишечника складка его спинной стенки – *тифлозоль*. Значение тифлозоля в увеличении переваривающей поверхности кишечника. Под кишечником вдоль брюшной стороны проходит *брюшной кровеносный сосуд*.

3. Зарисовывают передний конец тела червя, обозначают рот, сегменты с женскими и мужскими половыми отверстиями, поясok. Зарисовывают вскрытого червя, обозначают органы пищеварительной, выделительной, нервной и кровеносной систем.

Задание для самостоятельной работы:

Заполните таблицу по следующей форме

Сравнительная характеристика многощетинковых и малощетинковых червей

Представители, местообитание	Характерные признаки	Класс Многощетинковые	Класс Малощетинковые
	1. Отделы тела 2. Строение головной лопасти 3. Придатки тела 4. Кожно-мускульный мешок 5. Полость тела 6. Органы дыхания 7. Нервная система 8. Органы чувств 9. Половая система; размножение и развитие 10. Образ жизни		

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите прогрессивные черты организации кольчатых червей?
2. Каковы строение, функции и происхождение вторичной полости тела кольчатых червей?
3. Каковы черты специализации дождевого червя к роющему образу жизни и к обитанию в почве?
4. Каково биологическое значение кольчатых червей в почвенных сообществах ?

Тема 29: Тип Членистоногие (Arthropoda). Класс Ракообразные (Crustacea). Класс Паукообразные (Arachnida). Класс Насекомые (Insecta)

Работа 1: Внешнее строение речного рака (*Astacus astacus*).

Тип Членистоногие Arthropoda
Класс Ракообразные Crustacea
Подкласс Высшие раки Malacostraca
Отряд Десятиногие раки Decapoda
Представитель: Речной рак *Astacus astacus*

Материал и оборудование: фиксированные раки (самец и самка), лупа, препаровальная ванночка, листы белой и черной бумаги, ножницы, пинцет, две препаровальные иглы, 5-10 канцелярских булавок, чашка Петри, стаканчик с водой.

Общие замечания

Этот отряд объединяет наиболее крупных и наиболее высокоорганизованных ракообразных. Акрон, слившись с первым головным сегментом, образует первичную голову – протоцефалон. Оставшиеся три головных сегмента, несущие челюсти, слились с сегментами груди и покрыты общим челюстнотрудным щитом, нередко называемым головогрудным. Ходильных ног пять пар, откуда и название отряда. Обитают в морях и пресных водоемах – ведут главным образом донный образ жизни. Многие являются объектом промысла.

Речной рак живет в реках и проточных озерах в береговых норах, среди камней и коряг. Распространен почти по всей территории России. Является промысловой формой.

Задания

1. Рассмотреть внешнее строение речного рака.
2. Отметить различия в строение самки и самца речного рака.
3. Изучить строение и расположение конечностей рака.
4. Зарисовать внешний вид рака со спинной стороны. Зарисовать конечности рака.

Порядок работы

1. Рака кладут в ванночку спинной стороной вверх. Находят *челюстегрудь* (3 головных+8 грудных сегментов), покрытую сверху одним общим щитом, и *брюшко*, состоящее из шести свободных сегментов и *тельсона*, имеющего вид пластинки (рис. 38). Сегменты брюшка одеты прочным обызвествленными хитиновыми пластинами, тогда

как между сегментами имеется лишь тонкая и мягкая хитиновая кутикула, что обеспечивает подвижность сегментов (убедитесь в этом).

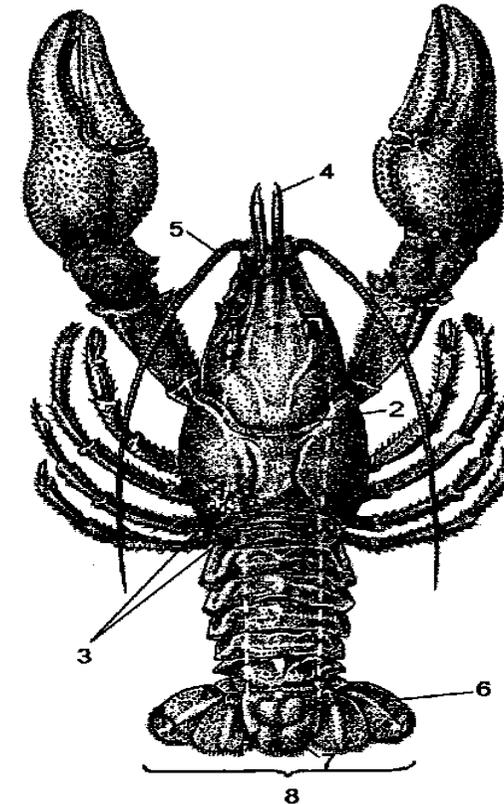


Рис. 38. Внешний вид речного рака (*Astacus astacus*) со спинной стороны:
1 – роstrум, 2 – затылочная борозда, 3 – жаберносердечные борозды,
4 – антеннула, 5 – антенна, 6 – последняя пара брюшных ножек –
плавательные пластинки, 7 – тельсон, 8 – плавник

Щит челюстегруды дает вперед между глазами клинообразный отросток – *роstrум*. По бокам роstrума находятся стебельчатые фасеточные *глаза*, поверхность которых следует рассмотреть под лупой. На челюстегрудном щите виде борозды: одна поперечная дугообразно

изогнутая, намечающая границу между головными и грудными сегментами – *затылочная борозда* и две, идущие от назад от первой – *жаберносердечные борозды*, ограничивающие область сердца. Между жаберно-сердечными бороздами щит срастается со стенкой тела; части же щита лежащие в стороны от жаберносердечных борозд, свободно свисают вниз, прикрывая полости, в которых помещаются жабры (их можно увидеть отогнув пинцетом боковой край щита).

При рассмотрении рака со спинной стороны видны направленные вперед короткие двуветвистые *антеннулы* (они часто бывают подогнуты на брюшную сторону) и длинные *антенны*. По бокам тела находятся пять пар *ходильных ног*, из которых первая пара развита значительно сильнее остальных и снабжена большими *клешнями*. По краям тельсона расположены *плавательные пластинки*. Плавательные пластинки вместе с тельсоном образуют *плавник*.

2. Переворачивают рака брюшной стороной вверх. Находят у основания каждой антенны бугорок, на нем открывается проток антеннальной железы (орган выделения); вводят в выделительное отверстие кончик препаровальной иглы (рис. 39).

Следует отличать самку от самца. У самки брюшко шире, чем у самца. Кроме того, у самки брюшко несет четыре пары небольших двуветвистых конечностей; на первом брюшном сегменте (считая от челюстегруды) конечности редуцированы и имеют иногда вид еле заметных придатков. У самца имеется три пары типичных двуветвистых брюшных ножек; ножки первого и второго брюшных сегментов видоизменены в своеобразный трубчатый копулятивный аппарат.

Находят наружные *половые отверстия*: у самца половые отверстия располагаются на основном членике последней пары ходильных ног; у самки – на основном членике третьей пары пары ходильных ног; вводят кончик препаровальной иглы в половое отверстие. На тельсоне находят *анальное отверстие* в виде продольной щели.

3. Знакомство с конечностями речного рака (самки и самца).

Конечности членистоногих, в частности ракообразных, – гомологи параподий и в исходном состоянии подобно двулопастным параподиям, – двуветвисты. Основание конечности, называемое *протоподит*, состоит из прилежащего к телу рака маленького членика – *коксоподита* и следующего за ним более крупного членика – *базиподита*. Базиподит несет на свободном конце две членистые ветви – эндоподит (внутренняя) и экзоподит (наружная).

Протоподит < экзоподит
(коксоподит + базиподит) эндоподит

В конечностях разных частей тела эндоподит и экзоподит могут быть развиты в различной мере, иногда одна из ветвей (чаще экзоподит) вообще может быть редуцирована, и тогда конечность выглядит одноветвистой.

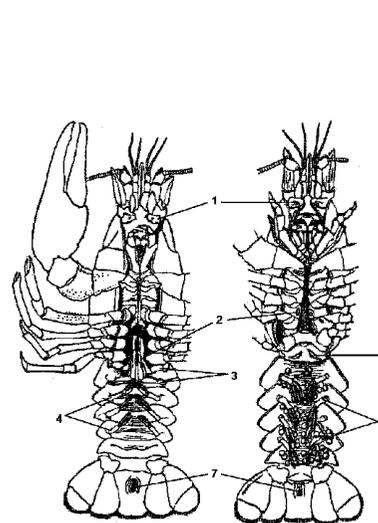


Рис. 39. Речной рак с брюшной стороны.

А – самец; В – самка:

1 – бугорок с выделительным отверстием, 2 – половое отверстие, 3 – конечности первого и второго брюшных сегментов самца – копулятивный аппарат, 4 – конечности третьего-пятого брюшных сегментов самца, 5 – рудментарная конечность первого брюшного сегмента самки, 6 – конечности второго-пятого брюшных сегментов самки с яйцами, 7 – анальное отверстие

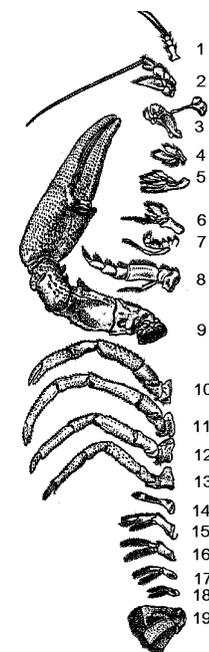


Рис. 40. Конечности самца речного рака:

1 – антеннула, 2 – антенна, 3 – мандибула, 4 – максилла I, 5 – максилла II, 6-8 – ногочелюсти, 9-13 – ходильные ноги, 14-15 – копулятивный аппарат, 16-18 – двуветвистые брюшные ножки, 19 – плавательные пластинки.

Для отделения конечностей следует повернуть рака брюшной стороной вверх и захватывать конечности пинцетом за самое их основание. Отделение следует вести, начиная от задних конечностей, и постепенно передвигаться вперед. Отпрепарированные конечности располагаются в порядке на листе бумаги или картона (снизу вверх). Достаточно отделить конечности только с одной стороны.

Брюшко рака состоит из шести сегментов (XIII – XVIII) и тельсона. Тельсон конечностей не несет.

Первыми отделяются *плавательные пластинки* (XVIII). Это конечность последнего сегмента брюшка; она двуветвиста, каждая ветвь расширена в пластинку (рис. 40). Плавательные пластинки вместе с тельсоном образуют хвостовой плавник. Когда рак быстро подгибает брюшко с раскрытым на конце веером плавника, он с силой гонит воду вперед, давая телу толчок в обратном направлении.

Далее следует отделить одну за другой остальные *брюшные ножки*. У самцов на XV – XVII сегментах имеются небольшие двуветвистые, опушенные волосками брюшные ножки, а на XIII – XIV сегментах – конечности, превратившиеся в *копулятивный аппарат*. У самок на XIV- XVII сегментах тоже имеются небольшие двуветвистые опушенные волосками брюшные ножки, к которым в период размножения прикрепляются развивающиеся яйца, а потом и вылупившиеся рачки. На XIII сегменте (первый сегмент брюшка) конечности у самки редуцированы и имеют вид маленьких придатков.

Грудь рака состоит из восьми сегментов (V – XII). Чтобы удобнее было вести отделение грудных конечностей, нужно ножницами отрезать край челюстноторакального щита.

Вначале следует отделить 5 последних конечностей. Это – *ходильные конечности* (VIII – XII). Они одноветвисты (редуцирована наружная ветвь), от их основания отходят *жабры*, которые остаются на отдельной конечности. Поместив жабры в чашку Петри с водой, следует рассмотреть ее строение. От центрального стержня отходят многочисленные нитевидные боковые веточки. Перистое строение жабры выступает значительно отчетливее, если ее рассматривать на темном фоне (черный лист бумаги).

Три первые пары ходильных ног оканчиваются *клешнями*. Наиболее сильно развиты клешни у первой пары, являющейся органом защиты и захвата пищи. Вместе с тем первая пара ходильных ног служит и для ползания (как и остальные ходильные ноги).

Далее отделяют *ногочелюсти* – 3 пары двуветвистых конечностей (V – VII). Вторая (VI) и третья (V – XII) пары ногочелюстей тоже несут жабры и участвуют в процессе дыхания. Основная же функция ногочелюстей тоже несут жабры и участвуют в процессе дыхания. Основная же функция ногочелюстей – удерживать и продвигать пищу ко рту. Кроме того, движение первой и второй пары ногочелюстей вызывает ток воды через жаберную полость. Наконец, эндоподит третьей пары (самая крупная членистая часть ногочелюсти) служит приспособлением, при помощи которого антеннулы и глаза очищаются от прилипших к ним посторонних частиц.

Голова рака состоит из акрона и четырех сегментов (I – IV). Отделение конечностей этого отдела требует много внимания и аккуратности.

Конечности III-IV сегментов являются нижними челюстями рака – *максиллы первые* и *максиллы вторые*; это нежные листовидные, лопатообразные образования. Чтобы более точно отделить максиллы, рекомендуется препаровальной иглой отодвинуть их друг от друга еще на теле рака и лишь после того, как станет ясно, что надо отделить, провести пинцетом препаровку. Основные членики (протоподиты) максилл выполняют жевательную функцию. Кроме того, слившиеся вместе эндоподит и экзоподит максилл вторых образуют так называемую «лодочку», которой рак вычерпывает воду из жаберной полости, чем вызывает приток к жабрам свежей воды (ток воды в жаберной полости идет в направлении к переднему концу).

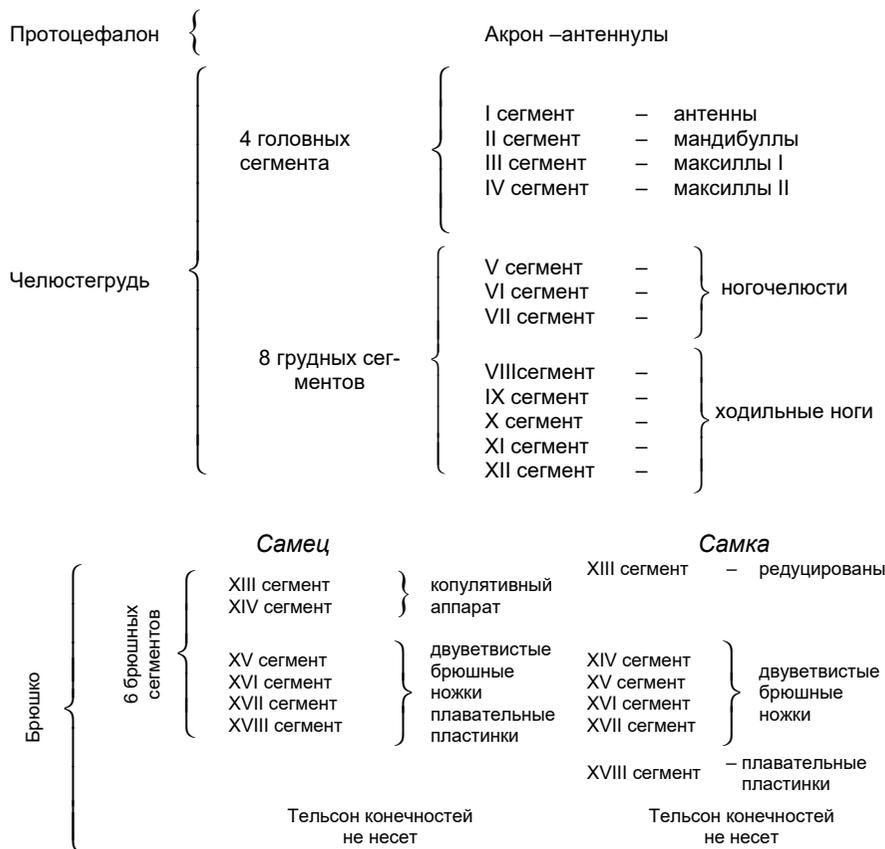
Далее отделяют верхние челюсти – *мандибулы* или жвалы – конечности II головного сегмента. Это очень твердые зазубренные пластинки с маленьким трехчлениковым щупиком; двуветвистый характер ими совершенно утрачен. Жвалы играют главную роль в размельчении пищи. Обычно вместе со жвалами отрываются и жевательные мускулы, прикрепляющиеся жвалам тонкой хитинизированной ножной. Противоположной широкой стороной жевательные мускулы прикрепляются к внутренней поверхности челюстегруды (на спинной стороне), откуда они открываются при отделении жвал.

Отделяют *антенны* (I) и *антеннулы* (акрон). Экзоподит антенн имеет вид треугольной чешуйки; эндоподит представляет длинную членистую нить. Функция антенн осязательная. Антеннулы состоят из трех основных члеников и двух членистых коротких нитей. Прежде чем отделить антеннулы, отрезают ножницами рострум. при этом

становится видно все три основных членика антеннул. В первом, самом большом членике, помещаетсястатоцист – орган равновесия. Пользуясь лупой, можно увидеть вход в отверстиестатоциста. Антеннулы выполняют функцию осязания, обоняния и вкуса.

4. Зарисовать внешний вид рака со спинной стороны. Зарисовать конечности рака и переписать в альбом таблицу конечностей.

Конечности речного рака



Работа 2: Внешнее строение Фаланги (*Galeodes araneoides*)

Тип Членистоногие Arthropoda
Класс Паукообразные Arachnida
Отряд Пауки Solpugidea

Представитель: фаланга *Galeodes araneoides*

Материал и оборудование: фиксированная фаланга, лупа, чашка Петри, пинцет, препаровальная игла.

Общие замечания

Крупные (до 10см в длину) паукообразные, встречающиеся в жарких и сухих местностях. Хищники, питаются членистоногими. Могут очень быстро бегать. Большинство видов - ночные животные.

Наиболее расчлененные из паукообразных; тело подразделяется на слитную головогрудь, три свободных грудных сегмента и сегментированное брюшко. Этот вид встречается в Крыму, на Кавказе. Достигает в длину 5 см.

Задания

1. Рассмотреть внешнее строение фаланги.
2. Изучить строение и расположение конечностей фаланги.
3. Зарисовать фалангу со спинной стороны.

Порядок работы

Тело фаланги состоит из небольшой *головогруды* (три слившихся сегмента), трех свободных *грудных сегментов* и длинного, более или менее цилиндрического *брюшка*, состоящего из десяти члеников. Все тело фаланги покрыто длинными волосками и щетинками.

На переднем крае головогруды на бугорке помещается пара крупных *глаз* (рассматривают с помощью лупы). Вперед от головогруды выдаются сильно развитые *хелицеры*, на толстых основных члениках которых сидят клешни с зазубренными краями. Ветви клешней расположены в вертикальной плоскости. Хелицеры приспособлены к схватыванию и умерщвлению добычи; кроме того с помощью хелицер фаланга роет норки, в которых обычно сидит днем. Фаланга неядовита, но ее укусы несут неприятные последствия и для человека: они вызывают воспаления, являющиеся результатом загрязнения ранки приставшими к хелицерам остатками пищи.

Педипальпы по строению очень похожи на ходильные конечности, однако оканчиваются они не коготками, а колбообразными липкими придатками, с помощью которых фаланга может схватить мелкую добычу. Кроме того, педипальпы служат локомоторными органами и органами осязания.

Длинные семичлениковые *ходильные конечности* покрыты волосками и заканчиваются двумя коготками. Первая пара ног, помимо

функции передвижения, выполняет функцию органов осязания. На основании четвертой пары ног (рассматривают с брюшной стороны) находятся особые органы чувств в форме молоточков.

Фалангу зарисовывают с брюшной стороны.

Работа 3: Внешнее строение насекомых на примере черного таракана (*Blatta orientalis*).

Тип Членистоногие Arthropoda

Класс Насекомые открыточелюстные Insecta-Ectognatha

Подкласс Крылатые насекомые Pterygota

Отряд Таракановые Blattodea

Представитель: черный таракан *Blatta orientalis*

Материал и оборудование: фиксированные или усыпленные хлороформом самец и самка таракана, лупа, пинцет, две препаровальные иглы, скальпель, предметное стекло, лист белой бумаги, кусок картона 10X10 см.

Общие замечания

Тараканы в основном обитатели жилищ человека, предпочитающие теплые и влажные места. на юге таракан живет и в природе. Черных тараканов можно разводить также и в лабораторных условиях.

Задания

1. Рассмотреть внешнее строение черного таракана.
2. Расчленить тело таракана на отделы и изучить из строение.
3. Рассмотреть строение конечностей черного таракана. Зарисовать строение двигательной конечности таракана.
4. Зарисовать строение самца и самки таракана со спинной стороны.

Порядок работы

1. Таракана кладут на лист белой бумаги и разбирают его строение. Тела таракана, как и других насекомых, покрыто хитинизированной кутикулой и делится на голову, грудь и брюшко (рис. 41). *Голова* (5 слившихся сегментов) имеет треугольную форму, направлена вниз и подогнута под первый грудной сегмент (рассматривают голову, положив таракана брюшной стороной вверх и пользуясь глазком штативной лупы). На голове находят длинные мелкокольчатые нитевид-

ные *антенны* (усики или сяжки) – органы осязания и обоняния. По бокам антенны лежит пара окрашенных в темный цвет сложных фасеточных *глаз*. Помимо антенн на голове видны еще две пары более коротких членистых придатков, это *щупики* ротовых органов.

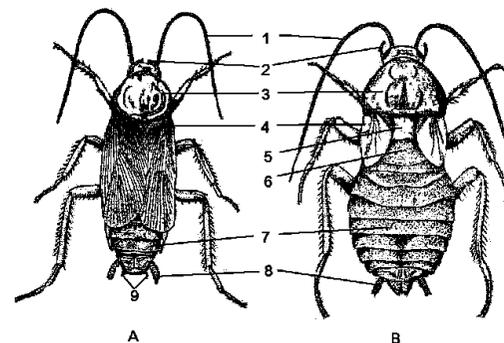


Рис. 41. Внешний вид черного таракана (*Blatta orientalis*):

А – самец со спинной стороны; В- самка со спинной стороны:

- 1 – антенна, 2 – щупик нижней челюсти, 3 – переднегрудь, 4 – надкрылья, 5 – среднегрудь, заднегрудь, 7 – брюшко, 8 – церки, 9 – грифельки.

Грудь состоит из трех сегментов – передне-, средне- и заднегрудь, каждый из которых несет по паре двигательных конечностей. У самца со спинной стороны хорошо виден только широкий спинной щиток (тергит) *переднегрудь*. Средне- и заднегрудь прикрыты длинными *надкрыльями*. У самки крылья развиты очень слабо и между ними видны тергиты *средне- и заднегрудь*.

К заднегрудь прицелен *брюшко*. У самок брюшко шире, чем у самцов. На конце брюшка у обоих полов имеются членистые небольшие придатки – *церки*. У самцов внутрь от церок находится еще пара меньших придатков – *грифельков*. Церки и грифельки, видимо, являются рудиментарными брюшными конечностями. Церки покрыты чувствительными волосками и служат органами осязания и обоняния.

Самку и самца таракана зарисовывают со спинной стороны.

2. Проводят расчленение тела таракана(лучше самца). Расчлененный таракан изображен на рисунке.

Поддерживая таракана, скальпелем отрезают *голову*, которая подвижно соединена с грудью при помощи тонкой шеи. Далее отчленивают большую *переднегрудь* с первой парой конечностей (рис. 42).

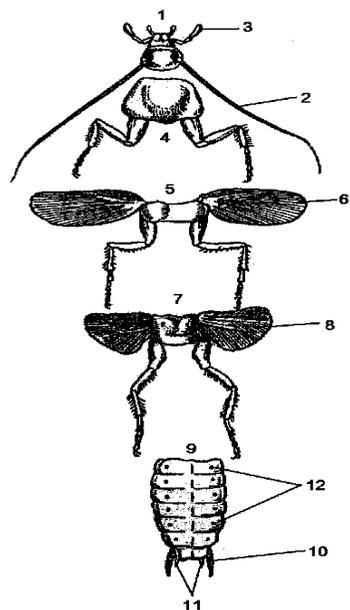


Рис. 42. Расчлененный самец черного таракана:

- 1 – голова, 2 – антенна, 3 щупик
- нижней челюсти, 4 – переднегрудь,
- 5 – среднегрудь, 6 – надкрылья,
- 7 – заднегрудь, 8 – собственно
- крылья, 9 – брюшко, 10 – церки,
- 11 – грифельки, 12 – стигмы

Отчленение среднегруды от заднегруды проводят с брюшной стороны очень осторожно. *Среднегрудь* несет вторую пару конечностей и первую пару крыльев – плотные кожистые *надкрылья*.

Заднегрудь (ее отделяют также с брюшной стороны) несет третью пару конечностей и вторую пару крыльев – нежные перепончатые *собственно крылья*, в сложенном виде лежащие под надкрыльями. Расправляют и подкалывают крылья булавками к картону и, пользуясь лупой, рассматривают сеть жилок на крыловой пластинке. Крылья самцов функционируют в очень слабой степени.

Спинные щитки (тергиты) средне- и заднегруды слабо развиты. Они тонкие, полупрозрачные, так как сверху их прикрывают кожистые передние крылья.

Брюшные щитки (стерниты) вследствие мощного развития оснований конечностей развиты слабо на всех грудных сегментах. Также слабо развиты и боковые щитки (плевры).

Следует разобраться в строении *брюшка*. Со спинной стороны у самца и самки можно различить тергиты десяти сегментов. Первый тергит и особенно восьмой и девятый короче остальных. Кроме того, восьмой и девятый тергиты могут быть частично скрыты под седьмым тергитом. Число стернитов брюшных сегментов различно у самца и самки. У самца можно различить 9 стернитов, у самки – только 7. Первый стернит у обоих полов рудиментарен и представляет собой маленькую овальную пластинку. Последний стернит самки продольно расщеплен и служит для удержания яйцевого кокона. Стерниты и тергиты каждого сегмента брюшка соединены друг с другом и со стернитом и тергитом соседних сегментов мягкими перепонками. По бокам первых восьми брюшных сегментов на плевральных перепонках, пользуясь лупой, следует найти *стигмы*. Расчлененного таракана зарисовывают.

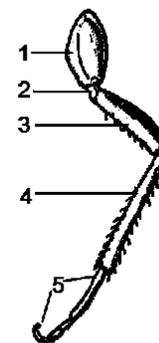


Рис. 43. Нога черного таракана:
1 – тазик, 2 – вертлуг, 3 – бедро,
4 – голень, 5 – лапка

3. Отчленивают заднюю (более длинную) *двигательную конечность* таракана и, положив ее на предметное стекло, рассматривают под лупой. Ноги таракана резко выраженного бегательного типа. Основной членик – *тазик*, которым конечность прикрепляется к грудному сегменту, сильно развит; он длинный, широкий и уплощенный (рис. 43). За тазиком следует маленький короткий *вертлуг*, неподвижно соединенный с довольно длинным *бедром*, покрытым многочис-

ленными шипами. За бедром следует еще более длинная, тонкая *голень*, также покрытая шипами. *Ланка* – пятичлениковая; первый членик значительно длиннее остальных, последний имеет два коготка. Таракан может быстро бегать и даже прыгать, отталкиваясь при этом задними ногами.

Зарисовывают двигательную конечность таракана.

Вопросы для самоконтроля:

1. Из каких отделов состоит тело рака?
2. Какие вещества составляют основу панциря у раков?
3. Сколько пар конечностей у рака?
4. Как устроены антеннулы и антенны речного рака и какие функции они выполняют?
5. Сколько пар ходильных ног у рака?
6. Как происходит линька у раков?
7. Чем отличаются паукообразные от насекомых по строению тела?
8. Какие органы находятся на головогрудии паукообразных? На члениках груди насекомых?
9. Каковы особенности размножения и развития паукообразных, насекомых?
10. Какой тип развития насекомых более совершенный – с полным или неполным метаморфозом?

Тема 30: Особенности строения и основные представители типа Моллюски.

Работа 1: Внешнее и внутреннее строение виноградной улитки (*Helix pomatia*)

Тип Моллюски Mollusca

Класс Брюхоногие Gastropoda

Подкласс Легочные Pulmonata

Представитель: Виноградная улитка *Helix pomatia*

Материал и оборудование: живая виноградная улитка в стеклянной банке, зафиксированная улитка, пустая раковина, стеклянная пластинка; препаровальная ванночка; набор инструментов для вскрытия, две препаровальные иглы, булавки, ручная лупа; молоток.

Общие замечания

Распространена в южных и западных областях Европейской части бывшего СССР. Обитает в виноградниках, садах и кустарниках. Питается листьями растений. Зимует в почве в ямках. Дышит при помощи видоизмененной мантийной полости, играющего роль легкого.

Задания

1. Изучить внешнее строение и особенности поведения виноградной улитки.
2. Рассмотреть строение раковины.
3. Рассмотреть строение органов мантийной полости.
4. Зарисовать внешнее строение виноградной улитки и строение с вскрытой мантийной полостью.

Порядок работы

1. Проводят наблюдение над живой улиткой. Улитку помещают на стеклянную пластинку и ждут, пока она выставит из раковины *ногу* и *голову* и начнет ползать. На голове видны две пары щупалец: передние более короткие – *губные*, задние длинные – *глазные*, на вершине их расположены *глаза*. Дотронувшись до щупалец иглой, наблюдают, как улитка втягивает, а затем снова выставляет щупальца.

С обратной стороны стекла, по которому ползет улитка, наблюдают за сокращением мускулатуры на подошве ноги. В ноге, от заднего конца к переднему, пробегают темные поперечные полосы, – это волнообразно распространяющиеся сокращения мускульных волокон. Обращают внимание на то, что за ползущей улиткой на стекле остается влажный след, образованный выделениями слизистых желез эпителия подошвы. Между головой и ногой с брюшной стороны видна борозда, разграничивающая эти два отдела. На переднем крае головы немного впереди губных щупалец расположен *рот*. Наблюдая за ползущим животным, можно иногда увидеть, как из ротового отверстия высовывается край оранжевой челюсти. Работу челюсти хорошо можно наблюдать, если дать животному ломтик моркови или листок капусты, которые улитка начинает скоблить при помощи челюсти.

По краю отверстия, ведущего в раковину, виден утолщенный *край мантии*. Справа мантия ограничивает небольшое округлое отверстие, ведущее в мантийную полость – *легочное отверстие*. Наблюдая некоторое время за животным, можно видеть, что легочное отверстие периодически открывается и закрывается, при этом происходит обновление воздуха в легочной полости. Справа под глазным

щупальцем расположено *половое отверстие*, края которого несколько утолщены.

Зарисовывают ползущую улитку.

Открывают улитку от субстрата и наблюдают как нога и голова втягиваются в раковину. Устье раковины при этом закрывается краем мантии.

2. Рассматривают пустую раковину. Раковина спирально закручена. *Завиток* начинается от *вершины* и у взрослого животного образован четырьмя полными *оборотами*. Подсчитывают число оборотов на рассматриваемом экземпляре. Линия на границе соприкосновения оборотов называется *шовом*, отверстие, ведущее в полость раковины, - *устьем*. Около внутреннего края устья на раковине имеется вдавление, называемое *пупком*. Через отверстие в стенке раковины видно, что внутри раковины от пупка к вершине проходит *столбик*, образованный внутренними стенками оборотов раковины.

Зарисовывают внешний вид раковины.

3. На свежееубитом или фиксированном животном знакомятся с органами мантийной полости.

Положив моллюска на стол, легкими ударами молотка надкалывают раковину и затем осторожно по частям удаляют ее пинцетом. Помещают животное в ванночку на подошву ноги, прикалывают булавками ко дну ванночки и заливают водой. *Внутренностный мешок* по форме и числу оборотов вполне соответствует раковине (рис. 44).

Через покровы стенки тела просвечивают некоторые внутренние органы. В вершине завитка просвечивает коричневая печень. Дальше по ходу завитка видна светлая продолговатая *белковая железа* (придаточная железа половой системы). На последнем самом большом обороте мантия не сращена с телом и между нею и телом имеется полость, это мантийная или *легочная полость* - орган дыхания легочных моллюсков. Вводят в легочное отверстие, которое было обнаружено при рассмотрении внешнего вида улитки, кончик пинцета и попадают в легочную полость. В стенке мантии видны богато ветвящиеся *кровеносные сосуды*. В задней части мантийной полости слева просвечивает *околосердечная полость с сердцем*, а справа - прилегающая к ней *почка*.

Вскрывают легочную полость. Для этого вводят ножницы в легочное отверстие и проводят разрез по краю мантии против часовой стрелки до конца мантийной полости (до области сердца), оставляя

утолщенный край мантии на теле моллюска. Закончив разрез, открывают мантию вправо и подкалывают ко дну ванночки булавками; это следует делать осторожно, чтобы не порвать мантию.

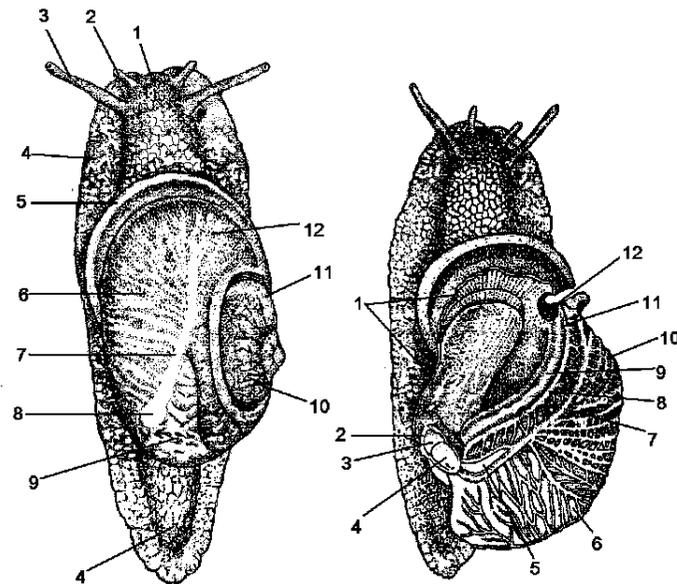


Рис. 44.

Виноградная улитка (*Helix pomatia*), вынутая из раковины: 1 - голова, 2 - губное щупальце, 3 - глазное щупальце, 4 - нога, 5 - край мантии, 6 - легочные сосуды, 7 - легочная вена, 8 - перикардий с сердцем, 9 - почка, 10 - печень, 11 - белковая железа, 12 - мантия, 13 - половое отверстие

Рис. 45.

Виноградная улитка с вскрытой мантийной полостью (стенка мантийной полости отвернута вправо): 1 - край разреза мантии, 2 - околосердечная полость, 3 - желудочек, 4 - предсердие, 5 - почка, 6 - мантия, 7 - легочная вена, 8 - проток почки, 9 - задняя кишка, 10 - легочные кровеносные сосуды, 11 - выводящее отверстие почки, 12 - анальное отверстие

Рассматривают органы, лежащие в мантийной полости (рис.45). На стенке мантии хорошо видна сеть выпуклых *легочных кровеносных*

сосудов. Они собираются в центральный сосуд – легочную вену, идущую к сердцу. В задней части мантийной полости видны *околосердечная полость* и *почка*. Вдоль правого края мантии, который остался соединенным с телом, проходит *задняя кишка* и справа от нее *проток почки*. *Выводные отверстия задней кишки* и *почки* расположены вблизи легочного отверстия. Осторожно вскрывают тонкую стенку околосердечной полости. В ней лежит сердце, поделенное на два отдела – *предсердие* и *желудочек*. В предсердие впадает *легочная вена*.

Зарисовывают моллюска в рассмотренном положении.

Работа 2: Внешнее и внутреннее строение перловицы (*Unio pictorum*)

Тип Моллюски Mollusca

Класс Двустворчатые Bivalvia

Надотряд Жаберные Autobranchia

Отряд Униониды Unionida

Представитель: перловица *Unio pictorum*

Материал и оборудование: сосуды с живыми перловицами; усыпленные в теплой воде моллюски, пустые раковины перловицы; микроскоп, препаровальная ванночка; набор инструментов для вскрытия, булавки.

Общие замечания

Обитает в реках и озерах с песчаным грунтом, в который зарывается передним концом тела, выставляя задний над поверхностью. Ползает медленно, оставляя позади себя в грунте след в виде бороздки. Питается взвешенными в воде органическими частицами.

Задания

1. Изучить внешнее строение и особенности поведения перловицы.
2. Рассмотреть строение раковины.
3. Рассмотреть строение органов мантийной полости.
4. Зарисовать внешнее строение перловицы и строение с вскрытой мантийной полостью.

Порядок работы

1. Наблюдают за живым моллюском, помещенным в сосуде с водой, на дне которого лежит песок. Обращают внимание на расположение животного: одним концом, передним, оно зарывается в грунт, другой – задний, приподнят. Если створки раковины приоткрыты, между ними на заднем конце можно видеть два щелевидных отверстия – *сифоны*: нижний – *вводной, или жаберный*, стенки которого покрыты бахромой щупалец (органы осязания); верхний – *выводной или клоакальный*. Стенки сифонов темно пигментированы (рис. 46).

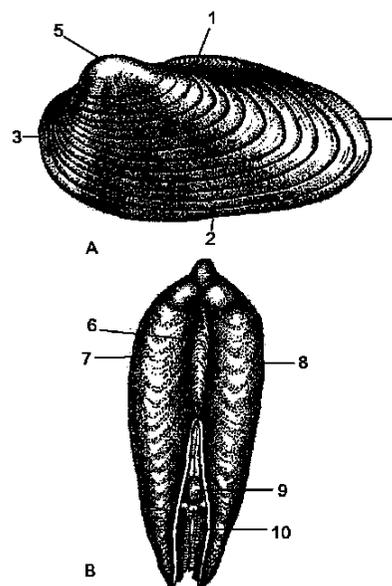


Рис. 46. Перловица *Unio pictorum*.

Наружный вид раковины.

А – вид сбоку, В – вид сзади:

1 – спинная сторона, 2 – брюшная сторона, 3 – передний конец,

4 – задний конец, 5 – вершина,

6 – лигамент, 7 – левая створка раковины, 8 – правая створка раковины,

9 – выводной сифон, 10 – вводной сифон.

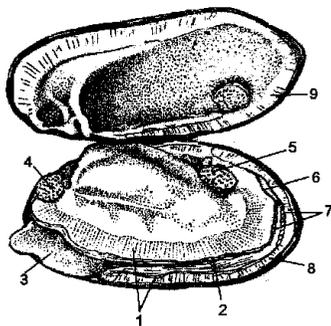
2. Для ознакомления с внешним строением моллюска берут усыпленные в теплой воде животное и рассматривают раковину. Находят *спинную сторону*, где створки соединены друг с другом при помощи эластической связки – *лигамента* и противоположную – *брюшную*, где они могут свободно расходиться; *передний*, более широкий конец тела, и *задний*, суженый. Выпуклая часть створки раковины, приближенная к переднему концу, называется *вершиной*.

Между створками раковины выступает клиновидной формы *нога*. На заднем конце тела между створками раковины видны сифоны.

3. Для изучения строение тела моллюска необходимо открыть раковину. Смыкаются створки раковины с помощью двух *мускулов замыкателей*, расположенных у переднего и заднего концов тела ближе к спинной стороне и прикрепляющихся к обоим створкам (рис. 47). Для того чтобы открыть раковину, их необходимо перерезать. Это делается следующим образом: острым концом скальпеля осторожно отделяют наружный край мантии от левой створки раковины на всем ее протяжении и в образовавшийся промежуток вводят скальпель. Нашупывают и отскабливают поочередно передний и задний замыкатели. При этом нужно все время скальпель прижимать к раковине, чтобы не портить мантию. После отделения одного мускула сопротивление створок становится значительно слабее. После отделения второго мускула раковина отделяется сама. Раскрывание раковины происходит вследствие сокращения лигамента (лигамент и мускулы-замыкатели по функции являются антагонистами).

Рис. 47. Перловица. Вид тела с поднятой створкой раковины.

- 1 – складка мантии, 2 – утолщенный наружный край мантии, 3 – нога,
- 4 – передний замыкательный мускул,
- 5 – задний замыкательный мускул,
- 6 – выводной сифон, 7 – вводной сифон,
- 8 – правая створка раковины,
- 9 – левая створка раковины



Далее работу проводят следующим образом.

а) Кладут моллюска в ванночку на правую створку, отгибают левую створку, заливают его водой и рассматривают.

Сверху тело моллюска покрыто тонкой *мантийной складкой*. Обращают внимание на утолщенный наружный край мантии (в нем расположены мускулы, прикрепляющие мантию к створке раковины).

Находят передний и задний *замыкательные мускулы*. Около внутреннего края обоих замыкателей видны небольшие мускулы,

контролирующие движение ноги. На спинной стороне сквозь прозрачные покровы просвечивает сердце, на переднем конце около замыкательного мускула – печень, на заднем конце – почка.

б) Отворачивают складку мантии к спинной стороне и рассматривают органы, расположенные в мантийной полости. Видна *нога* с твердой мускулистой нижней частью, служащей для движения, и верхней мягкой паренхиматозной, где лежат внутренние органы (половая железа и петли кишки).

У переднего верхнего края ноги, под замыкательным мускулом, расположены треугольной формы пластинки – *ротовые лопасти* (по паре с каждой стороны). У их переднего края в углублении между ногой и замыкательным мускулом находится *ротовое отверстие*.

Частично прикрывая задний конец ноги и налегая друг на друга, вдоль тела лежат *две жаберные пластинки*, составляющие одну жабру. Обращают внимание на их решетчатую структуру.

Если вскрытие моллюска происходит в мае-июне, наружная жаберная пластинка может оказаться сильно вздутой из-за того, что в ее полости находятся личинки-*глохидии*.

Моллюска зарисовывают и обозначают на рисунке органы мантийной полости.

в) Для дальнейшей препаровки отделяют край мантии и мускулы-замыкатели от правой створки раковины и осторожно вынимают моллюска. Затем кладут его в ванночку в прежнем положении (ногой влево), отгибают левую мантийную складку к спинной стороне; прикалывают его за ногу и замыкательные мускулы.

Отгибают жаберные пластинки левой стороны вверх, как отвернута складка мантии. Можно видеть, что внутренние жаберные лепестки правой и левой стороны в задней части срослись между собой, а на переднем конце они прирастают к основанию ноги. В средней части между жаберными лепестками остается щель, через которую выдается нога. Пропускают осторожно, один из кончиков пинцета в эту щель продвигают его под сросшимися жаберными лепестками к заднему концу тела.

При этом пинцет проходит через верхний отдел мантийной полости – наджаберную полость и выходит наружу через клоакальный сифон.

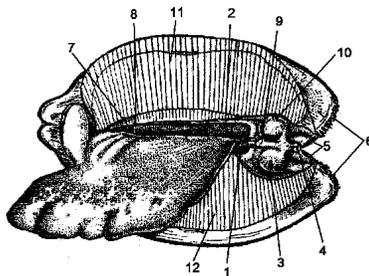
Под действием мерцательного эпителия, покрывающего жабры, ротовые лопасти и мантию, в мантийной полости создается ток воды.

Через жаберный сифон вода поступает в нижний (жаберный) отдел мантийной полости, омывает жабры, отдавая им кислород. Содержащиеся в воде взвешенные органические частицы подгоняются к переднему концу тела мерцанием эпителия ротовых лопастей и периодически заглатываются ртом. Отработанная вода выходит через щель в верхний отдел мантийной полости, захватывает продукты, выделяемые кишечником, почками и половыми железами (все они открываются в наджаберную полость) и выводится через клоакальный сифон.

г) Разделяют осторожно ножницами жаберные лепестки правой и левой стороны по линии их срастания, при этом они расходятся в стороны. Ножницами отделяют также передний конец левой жаберной пластинки от ноги. Расправляют складки мантии так, чтобы хорошо были видны оба *сифона*. По бокам ноги просвечивают две темные или желтоватого цвета полоски – *почки*. Одна из них – левая – хорошо видна на всем протяжении, другая частично скрыта под ногой (рис. 48).

Рис. 48. Органы наджаберной полости моллюска:

1 – правая почка, 2 – левая почка, 3 – задний замыкательный мускул, 4 – анальное отверстие на сосочке, 5 – края выводного (клоакального) сифона, 6 – край вводного (жаберного) сифона, 7 – отверстие половой железы; 8 – наружное отверстие почки, 9 – внутренностный ганглий, 10 – вход в полость наружной жаберной пластинки, 11 – внутренняя пластинка левой жабры, 12 – внутренняя пластинка правой жабры



На переднем конце почки находятся два очень маленьких сближенных отверстия (если они плохо заметны, надавливают немного на паренхиматозную часть ноги скальпелем, при этом обычно отверстия выступают резче). Нижнее, которое лежит ближе к ноге, является *отверстием половой железы*, второе – *наружным отверстием почки*.

На заднем конце тела виден *задний замыкательный мускул*. Под его тонким эпителием просвечивает желтоватый или оранжевый

внутренностный нервный узел. Позади замыкательного мускула на сосочке открывается *анальное отверстие*.

Моллюска зарисовывают. Обозначают все органы, которые видны в наджаберной полости.

Задание для самостоятельной работы:

1. Заполните таблицу по следующей форме

Сравнительная характеристика моллюсков

Биологические особенности	класс Брюхоногие	класс Двустворчатые
1. Среда обитания и образ жизни		
2. Симметрия тела		
3. Строение раковины		
4. Отделы тела		
5. Органы, измельчающие пищу		
6. Дыхательная система		
7. Нервная система		
8. Органы выделения		
9. Размножение и развитие		

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие признаки характерны для типа Моллюски?
2. Какие классы выделяют в типе Моллюски?
3. Какие признаки характерны для класса Брюхоногие моллюски?
4. Чем отличаются Двустворчатые моллюски от Брюхоногих?
5. Какое строение имеет раковина моллюсков?
6. Какое значение для Двустворчатых моллюсков имеют сифоны?
7. Как дышат легочные моллюски?
8. Каково практическое значение моллюсков?

Тема 31: Внешнее и внутреннее строение ланцетника (*Branchiostoma lanceolatum*).

Тип Хордовые Chordata

Подтип Бесчерепные Acrania

Класс Головохордовые Cephalochordata
Представитель Ланцетник *Branchiostoma lanceolatum*

Общие замечания

Ланцетник *Branchiostoma lanceolatum* – это европейский вид, достигающий в длину 5 см. Подобно всем ланцетникам, он плавает, изгибая тело из стороны в сторону. Обычно во время питания большая часть его тела закопана в грунт и только головной конец торчит из морского дна.

Материал и оборудование: препарат целого ланцетника, лежащего на боку на предметном стекле, просветленного и окрашенного кармином, препарат поперечного разреза ланцетника в области глотки, препарат поперечного разреза ланцетника в области кишки, бинокулярная лупа, микроскоп.

Задание

1. Рассмотреть внешний вид фиксированного ланцетника, а затем под лупой и микроскопом – строение систем его органов.
2. Зарисовать внешний вид целого ланцетника с системами органов.
3. Рассмотреть под микроскопом поперечный разрез ланцетника в области глотки и в области кишки.
4. Зарисовать поперечный разрез ланцетника в области глотки и в области кишки.

Порядок работы

Внешний вид ланцетника и общий план его строения изучить под лупой на тотальном препарате. Более подробно детали строения рассмотреть на поперечных срезах под малым увеличением микроскопа.

Внешний вид. На переднем конце удлиненного тела ланцетника располагается предротовая воронка (рис. 49), окруженная *осязательными щупальцами*. Почти все тело окружено непарной плавниковой складкой: по дорзальной стороне тела тянется невысокий спинной плавник; задний конец тела окаймлен более широким хвостовым плавником, напоминающим по форме медицинский ланцет. Хвостовой плавник на брюшной стороне переходит в подхвостовой плавник, заканчивающийся примерно на уровне задней трети ланцетника. В этом месте располагается особое отверстие – *атрипор*, сообщающее *атриальную полость* с внешней средой. От атрипора к предротовой

воронке по границе между брюшной и боковыми поверхностями тела идут парные *метаплевральные складки*. Позади атрипора, недалеко от заднего конца тела ланцетника, находится заднепроходное (анальное) отверстие.

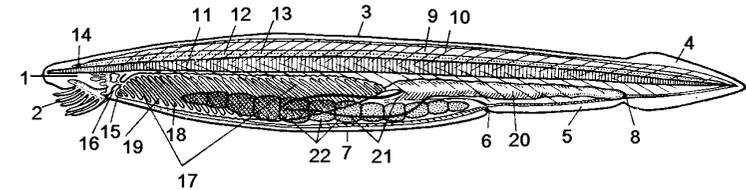


Рис. 49. Поперечный разрез ланцетника (*Branchiostoma lanceolatum*): 1 – предротовая воронка, 2 – щупальца, 3 – спинной плавник, 4 – хвостовой плавник, 5 – подхвостовой плавник, 6 – атрипор, 7 – метаплевральная складка, 8 – анальное отверстие, 9 – миомер, 10 – миосепта, 11 – хорда, 12 – нервная трубка, 13 – глазки Гессе, 14 – непарный глазок, 15 – ротовое отверстие, 16 – парус, 17 – глотка, 18 – жаберные щели, 19 – межжаберная перегородка, 20 – кишка; 21 – печеночный вырост кишечника; 22 – половые железы.

Кожный покров. Тело ланцетника покрыто однослойным эпидермисом, который подстиляется студенистым соединительнотканым слоем кожи – *кориумом*, или *кутисом*.

Мышечная система. Мускулатура ланцетника имеет метаплевральное (посегментное) строение. Каждый мышечный сегмент (*миомер*, или *миотом*) согнут под углом и вершиной направлен вперед. Соседние миомеры отдалены друг от друга студенистыми соединительноткаными перегородками – *миосептами*. Из-за изогнутости миомеров на поперечных срезах видно несколько миомеров. Миомеры одной стороны смещены на половину сегмента по отношению к миомерам другой стороны (ассиметричность мускулатуры). По брюшной стороне тела впереди атрипора проходит особый слой поперечных мышц (рис. 50).

Скелет. Осевой скелет ланцетника представлен спинной струной, или *хордой*, проходящей вдоль всего тела и суживающейся спереди и сзади. Хорда выступает вперед за передний конец нервной трубки (отсюда название класса – головохордовые). Крупные вакуолизированные клетки, составляющие хорду, придают ей характерную поперечную исчерченность (видно при рассмотрении сбоку). Хорда

окружена оболочкой из студенистой соединительной ткани; отростки этой оболочки в виде миосепт разделяют мышечные сегменты, обеспечивая тем самым связь мускулатуры с хордой. Упругость хорды обеспечивается повышенным тургором ее клеток и упругость оболочки.

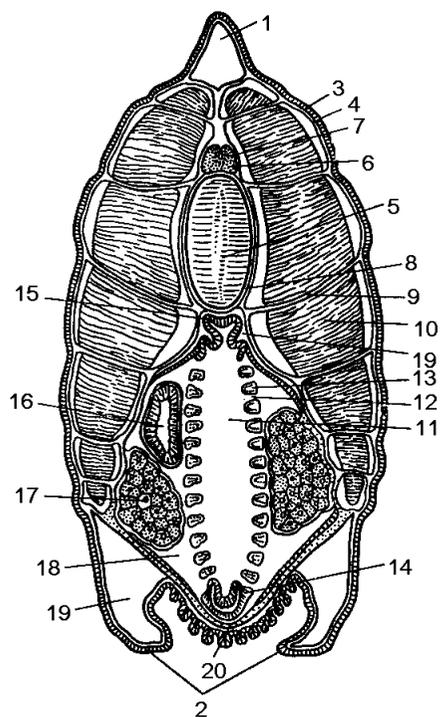


Рис. 50. Поперечный разрез ланцетника в области глотки:
1 – спинной плавник, 2 – метаплевральные складки, 3 – эпидермис, 4 – кутикс, 5 – хорда, 6 – нервная трубка, 7 – глазки Гессе, 8 – студенистая оболочка хорды, 9 – миосепта, 10 – миомер, 11 – полость глотки, 12 – жаберная щель, 13 – межжаберная перегородка, 14 – эндостиль, 15 – наджаберная борозда, 16 – печеночный вырост, 17 – половая железа, 18 – атриальная полость, 19 – целомическая полость, 20 – поперечные мышцы.

Непарная плавниковая складка поддерживается столбикообразными студенистыми соединительнотканными выростами; на обычных изготовленных препаратах их не видно.

Нервная система. Центральная нервная система представлена тонкой нервной трубкой, лежащей над хордой. На тотальном препарате она отчетливо видна благодаря цепочке черных точек, которые представляют собой светочувствительные органы – *глазки Гессе*, состоящие из пигментной и чувствующей клеток. Глазки Гессе располагаются непосредственно в стенке нервной трубки и хорошо видны

почти на всем ее протяжении. В переднем конце нервной трубки, образующей здесь небольшое расширение («*мозговой пузырь*»), находится крупное пигментное пятно – «*непарный глазок*»; его функция не выяснена. Непарный глазок отчетливо заметен в виде темного пятнышка (лучше его рассмотреть на тотальном препарате под малым увеличением микроскопа).

В поперечном сечении нервная трубка имеет почти треугольную форму. В центре ее видна очень маленькая внутренняя полость нервной трубки – *невроцель*. Глазки Гессе концентрируются вокруг невроцеля. Как и у всех хордовых животных, нервная трубка ланцетника образуется путем свертывания первичной нервной пластинки с последующим срастанием ее краев. На препаратах поперечных срезов след этого срастания хорошо заметен в виде вертикальной линии, проходящей от невроцеля к спинной поверхности нервной трубки.

На хороших препаратах можно увидеть, что от нервной трубки отходят *корешки спинномозговых нервов*: спинные в передней части каждого сегмента и брюшные в его задней части. В отличие от высших хордовых спинные и брюшные корешки у бесчерепных не объединяются в единый нерв.

Органы пищеварения и дыхания. На дне предротовой воронки расположено небольшое ротовое отверстие, окруженное мускулистой перегородкой – *парусом*. На его передней поверхности расположены тонкие ланцетовидные выросты мерцательного органа. Ротовое отверстие ведет в обширную глотку, стенки которой пронизаны многочисленными (более сотни пар) жаберными щелями, отделенными друг от друга тонкими косо расположенными межжаберными перегородками. Поэтому не только при рассматривании сбоку, но и на поперечных срезах боковые стенки глотки оказываются прободенными многочисленными жаберными щелями.

Жаберные щели ведут в окружающую глотку *атриальную*, или окологлоточную, полость. Атриальная полость окружает глотку с боков и снизу и открывается наружу отверстием – *атрипором*. В виде слепого замкнутого выроста атриальная полость проходит назад несколько дальше атрипора. Вода поступающая в глотку через ротовое отверстие, проходит через жаберные щели в атриальную полость и через атрипор выводится наружу.

По дну глотки проходит поджаберная борозда, или *эндостиль*. На поперечном разрезе эндостиль имеет форму желоба. По спинной

стороне глотки проходит наджаберная борозда. Обе борозды выстланы реснитчатым эпителием, среди клеток которого размещены клетки, выделяющие слизь. Выделяемая железистыми клетками эндостилия слизь мерцанием ресничек гонится к переднему концу глотки, навстречу току воды, обволакивая и захватывая попавшие в глотку с током воды пищевые частицы. Далее по двум кольцевым бороздкам склеенные слизью комочки пищи передвигаются в наджаберную борозду, по которой реснитчатые клетки гонят их назад к началу кишки.

Резко сужаясь, глотка переходит в относительно короткую, не имеющую изгибов кишку, которая заканчивается анальным отверстием (рис. 51). От переднего конца кишки, сразу же за глоткой, отходит направленный вперед слепой пальцевидный вырост, располагающийся справа от глотки.

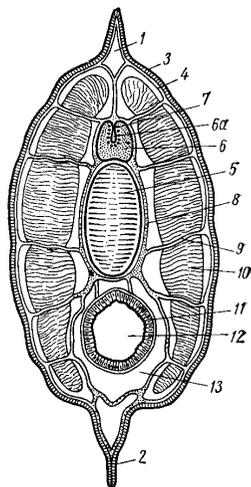


Рис. 51. Поперечный разрез ланцетника в области кишечника: 1 – спинной плавник, 2 – подхвостовой плавник, 3 – эпидермис, 4 – кутикс, 5 – хорда, 6 – нервная трубка, 6а – невроцель, 7 – глазки Гессе, 8 – студенистая оболочка хорды, 9 – миосепта, 10 – миомер, 11 – стенка кишки, 12 – полость кишки, 13 – целомическая полость.

Половая система. Ланцетники – раздельнополые животные, но полового диморфизма у них нет. Округлые половые железы в количестве около 25 пар лежат в стенках тела в области задней половины глотки и начальной части кишки. При рассматривании под микроскопом поперечного разреза яичники легко отличимы от семенников по наличию в них крупных яйцеклеток. Половых протоков у ланцетника нет. Зрелые половые продукты через разрыв стенки половой железы выпадают в атриальную полость и с током воды выносятся через атрипор наружу. Оплодотворение происходит во внешней среде.

Полость тела. Как и все хордовые, ланцетник имеет вторичную полость тела – *целом*. Однако вследствие сильного развития атриальной полости целом в области глотки сильно сокращается и сохраняется лишь по бокам верхнего отдела этой области и под эндостилем. В задней части тела целом развит хорошо; он занимает все пространство между стенкой тела и кишкой.

Кровеносная система. На обычных препаратах не видна, поэтому приходится ограничиться рассмотрением прилагаемой схемы (рис. 52). Кровеносная система замкнутая, сердца нет; круг кровообращения один. По брюшной стороне глотки проходит брюшная аорта, от которой к каждой межмембранной перегородке отходят приносящие жаберные артерии несущие венозную кровь. Ток крови создается пульсацией брюшной аорты и расширенных участков приносящих жаберных артерий. Окислившаяся в межжаберных перегородках, уже артериальная кровь по выносящим жаберным артериям впадает в проходящие над глоткой парные корни аорты, которые позади глотки сливаются в непарную спинную аорту; по ее ответвлениям кровь доставляется во все участки тела.

Венозная кровь из передней части тела собирается в парные передние кардинальные вены, а из задней – в задние кардинальные вены. Передние и задние кардинальные вены каждой стороны вливаются в кювьеровы протоки, впадающие в брюшную аорту. Несущая венозную кровь от кишечника подкишечная вена в печеночном выросте распадается на капилляры (образует *воротную систему*), которые затем сливаются, образуя печеночную вену; она впадает в брюшную аорту.

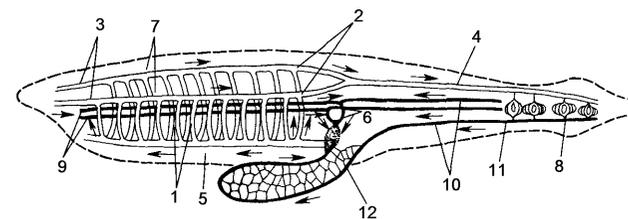


Рис. 52. Кровеносная система ланцетника
1 – приносящие жаберные артерии, 2 – выносящие жаберные артерии, 3 – сонные артерии, 4 – спинная аорта, 5 – брюшная аорта, 6 – кювьеровы протоки, 7 – корни спинной аорты, 8 – хвостовая вена, 9 – передние кардинальные вены, 10 – задние кардинальные вены, 11 – подкишечная вена, 12 – воротная вена печени.

Выделительная система ланцетника нефридиального типа. На обычных препаратах нефридии не видны.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные признаки типа Хордовые.
2. Укажите основные признаки строения подтипа Бесчерепные.
3. Какие признаки характерны для кожных покровов ланцетника?
4. В чем проявляется примитивность строения ланцетника, в отличие от других хордовых?
5. Перечислите основные признаки, позволившие приспособиться ланцетнику к жизни у морского дна?

Тема 32. Корень. Типы и формы корневых систем.

Материал: живые или гербарные образцы корневых систем проростков тыквы (*Cucurbita pepo*), фасоли (*Phaseolus vulgaris*) пшеницы (*Triticum aestivum*), или ячменя (*Hordeum vulgare*), или ржи (*Secale cereale*).

Общие замечания

Корень служит для закрепления растения в почве, поглощения из почвы воды с растворенными в ней солями, в корне часто откладываются запасные продукты, корень участвует в синтезе органических веществ, служит для вегетативного размножения. Корень никогда не несет на себе листьев.

По происхождению различают следующие *типы корневых систем*: *главного корня* (образуется из корешка зародыша), *придаточных корней* (состоит из корней, образованных стеблем или листом), *смешанная* (имеет и главный корень и придаточные).

Система главного корня обычно имеет *стержневую* или *разветвленную форму*, а система придаточных корней – *мочковатую*.

Задания

1. Ознакомиться с различными типами корневых систем проростков тыквы, пшеницы и фасоли.
2. Определить форму корневых систем этих проростков.
3. Зарисовать 3 типа корневых систем и обозначить их.

Порядок работы

Сравнивают между собой корневые системы проростков тыквы, пшеницы и фасоли. У тыквы ясно различим главный корень, который образовался из корешка зародыша. От него отходят разветвления — боковые корни различных порядков (рис.53, А). По происхождению это система главного корня.

У пшеницы главный корень не выделяется среди других и основная масса не является боковыми разветвлениями главного корня, а отходит от нижней части стебля, т. е. состоит из придаточных корней (рис. 53, Б). Такую корневую систему называют системой придаточных корней.

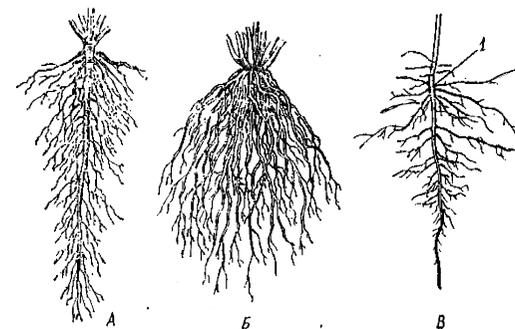


Рис. 53 Типы корневых систем по происхождению. А – система главного корня; Б – система придаточных корней; В – смешанная корневая система: 1 – корневая шейка

Корневая система фасоли по началу кажется системой главного корня. Однако при внимательном рассмотрении ее видно, что часть корней отходит не от главного корня, а от нижней части стебля (гипокотилия), следовательно, это будут придаточные корни (рис.53, В). Таким образом, корневая система фасоли – система смешанного типа.

Следует определить также, какую форму имеют изученные корневые системы. У тыквы и фасоли резко выделяется толщиной и размером главный корень, боковые корни первого порядка тоньше и меньше главного, а боковые корни второго порядка – тоньше и меньше, чем первого порядка, и т. д. Такую форму корневой системы называют *стержневой*. У пшеницы корневая система состоит из многих корней примерно одинаковой толщины, собранных как бы в пучок. Такую форму называют *мочковатой*.

Зарисовывают корневые системы тыквы, пшеницы и фасоли, обозначают их тип и форму.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково происхождение главного корня, придаточного и бокового?
2. Какие бывают типы корневых систем по происхождению и по форме?
3. Какие бывают формы отдельных корней?

Тема 33. Побег. Разнообразие стеблей и побегов.

Материал: Живые или гербарные образцы побегов плауна (р. *Lycopodium*), сосны (р. *Pinus*) или ели (р. *Picea*), вишни (р. *Cerasus*), сливы (р. *Prunus*), липы (р. *Tilia*), сирени (р. *Syringa*), каштана конского (*Aesculus hippocastanum*), яблони (р. *Malus*), дуба (р. *Quercus*), смородины (р. *Ribes*), березы (р. *Betula*), ольхи (р. *Alnus*), льна (р. *Linum*), тополя (р. *Populus*), а также пшеницы (р. *Triticum*), ржи (р. *Secale*) или другого растения из сем. Мятликовые.

Общие замечания

Побег – это орган, который формируется из верхушечной меристемы и расчленяется на раннем этапе морфогенеза на специализированные части: стебель, листья, почки. Основная функция побега – фотосинтез. Части его могут служить также для вегетативного размножения, накопления запасных продуктов и воды.

По очертанию поперечного разреза различают стебли округлые, ребристые, трехгранные, четырехгранные и др. (рис. 54).

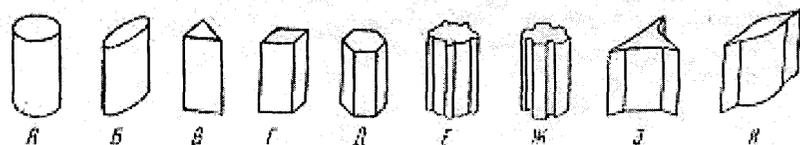


Рис. 54. Формы стебля на поперечном разрезе:

- А – округлый; Б – сплюснутый; В – трехгранный; Г – четырехгранный; Д – многогранный; Е – ребристый; Ж – бороздчатый; З, И – крылатые.

Довольно разнообразны побеги по положению в пространстве: прямостоячие, восходящие, стелющиеся, цепляющиеся, вьющиеся и др. (рис.55).

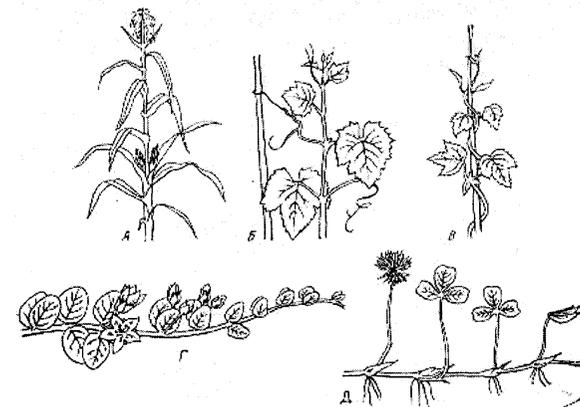


Рис. 55. Положение стебля в пространстве:

- А - прямостоячий (кукуруза – *Zea mays*); Б - цепляющийся (виноград – *Vitis vinifera*); В- вьющийся (хмель – *Humulus lupulus*); Г - стелющийся (вербейник – *Lusimachia nummularia*); Д – ползучий (клевер – *Trifolium repens*).

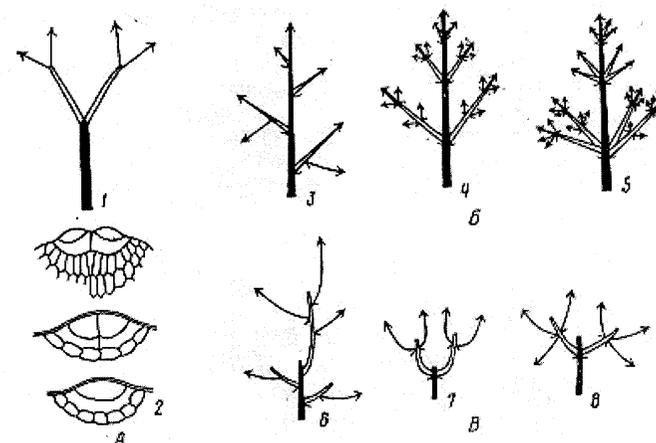


Рис. 56. Схема типов ветвления стебля и систем осей:

- А – верхушечное ветвление; Б – боковое ветвление, моноподиальная система; В – боковое ветвление, симподиальная система: 1 – дихотомия, 2 – раздвоение верхушечной клетки (водоросль), 3 – очередное расположение осей, 4 – супротивное, 5 – мутовчатое, 6 – монохазий, 7 – дихазий, 8 – плейохазий.

Выделяют два способа ветвления побега: верхушечное (дихотомическое) и боковое. При верхушечном конус нарастания раздваивается, в результате чего от самой верхней части оси первого порядка отходят две оси второго порядка, которые в свою очередь раздваиваются (рис. 56, А). Такое ветвление свойственно примитивным растениям.

Основной способ ветвления современных растений - боковой. При этом система осей может быть моноподиальной (при моноподиальном нарастании) с очередным, супротивным или мутовчатым расположением осей (рис. 56, Б) или симподиальной (при симподиальном нарастании) с расположением осей в виде монохазия, дихазия, плейохазия (рис. 56, В).



Рис. 57. Ветвление сем. мятликовых:

А - плотнокустовое (белоус - *Nardus stricta*); Б - рыхлокустовое (мятлик - *Poa annua*); В - корневищное (пырей - *Elytrigia repens*); 1 - придаточные корни, 2 - зона кушения, 3 - побег первого порядка, 3₂ - 3₃ - боковые побеги второго и последующих порядков, корневище.

Особого внимания заслуживает способ ветвления побега, называемый кушением. Ветвление при этом происходит только у основания стебля вследствие развития приземных и подземных почек. Этот участок называют зоной кушения. Кушение свойственно кустарникам, многолетним, а иногда и однолетним травам. У мятликовых в зависимости от длины горизонтально расположенной части побега, различают виды плотнокустовые, рыхлокустовые и корневищные. У плотнокустовых видов разветвления растут вертикально (рис. 57, А). У рыхлокустовых они сначала растут горизонтально или под углом, а

затем загибаются вверх (рис. 57, Б). У корневищных разветвления растут горизонтально (рис. 57, В).

Известны растения с неветвящимся стеблем. У таких форм боковые почки на оси первого порядка не развиваются (рис. 58).

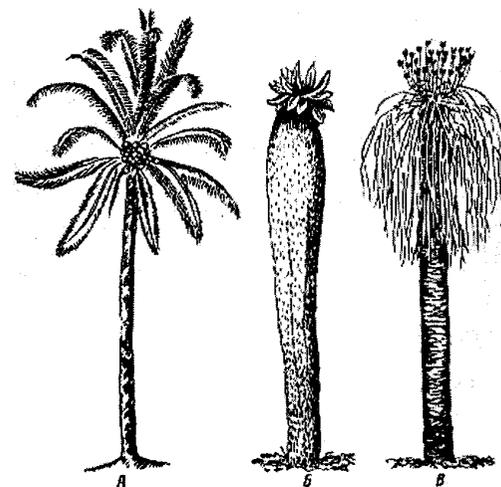


Рис. 58. Неветвящиеся стебли:

А - пальма (*Cocos nucifera*); Б - крестовник (*Senecio fruticosus*); В - кингия (*Kingia australis*).

Побеги различают также по длине междоузлий. При ясно выраженных междоузлиях побег называют удлиненным. Если узлы сближены и междоузлия практически незаметны - это укороченный побег (подушка, розетка) (рис. 59).

Существуют три основных типа листорасположения: супротивное, мутовчатое и спиральное (очередное) (рис. 60).

Иногда стебель бывает лишен листьев. В таких случаях он часто имеет зеленую окраску, то есть ассимилирует. Зеленый, способный к фотосинтезу стебель, увенчанный цветком или соцветием, называют стрелкой (рис. 61). Побег образуется из почечки зародыша семени или почки на стебле.

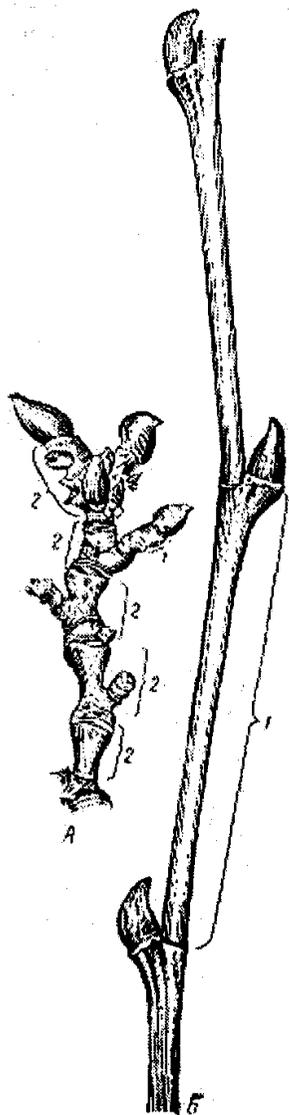


Рис. 59. Побег платана (*Platanus orientalis*):
 А – укороченный; Б – удлиненный;
 1 – междоузлие;
 2 – годичный прирост.

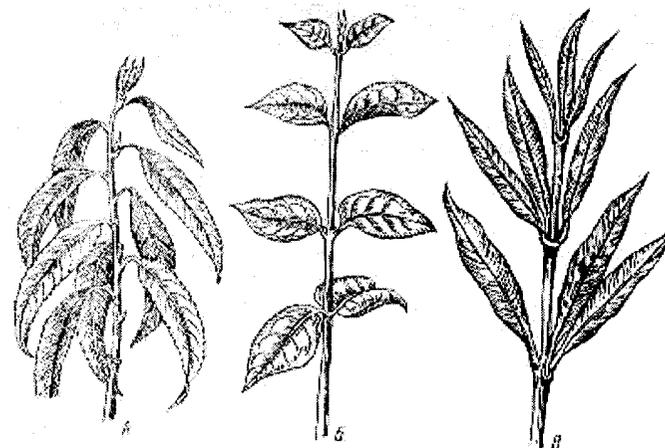


Рис. 60. Типы листорасположения:
 А - спиральное, или очередное (персик – *Persica vulgaris*); Б – супротивное (бирючина – *Ligustrum ovalifolium*); В – мутовчатое (олеандр – *Nerium oleander*).



Рис. 61. Валлота:
 1 – стрелка, 2 – листья, 3 – луковица.

Задания

1. Определить тип ветвления побегов различных растений: плауна, сосны или ели, вишни или липы, сирени или конского каштана. Зарисовать схемы ветвления этих растений, как было показано на рисунке 4.

2. Познакомиться с особенностями зоны кущения мятликовых на примере пшеницы или ржи. Зарисовать зону кущения и сделать обозначения.

4. Рассмотреть внешний вид и внутреннее строение почки конского каштана. Зарисовать продольный разрез почки и обозначить ее части.

5. Рассмотреть почки на побегах различных растений: тополя, дуба, сливы и др. Описать их особенности и классифицировать.

6. Изучить и зарисовать побег одного из растений: тополя, сирени или др. Дать ему определение.

7. Весной составить морфологический гербарий стеблей, различающихся способом нарастания, формой поперечного сечения, положением в пространстве, типом ветвления, расположением.

Порядок работы

Зона кущения мятликовых.

Рассматривают растение ржи или пшеницы. Обращают внимание на то, что в нижней части стебля междоузлия укорочены и боковые побеги вырастают только из пазух листьев, находящихся на сближенных узлах нижней части стебля. Это и есть зона кущения (рис. 62). Боковые побеги имеют нормальные удлиненные междоузлия и придаточные корни.

Зарисовывают нижнюю часть растения и обозначают зону кущения, побеги первого и последующих порядков, придаточные корни.

Строение почки.

Рассматривают почки побега сирени обыкновенной или другого растения и устанавливают, что они покрыты плотными чешуями бурого цвета, расположенными черепитчато. Скальпелем или бритвой делают продольный разрез более крупной боковой почки, выросшей под отмершей верхушкой побега. Изучают ее при помощи лупы или стереоскопического микроскопа. Находят довольно короткий зачаточный стебель с конусом нарастания, превратившимся в зачаточное соцветие, и листья (рис. 63, В). Следовательно, это вегетативно-репродуктивная почка.

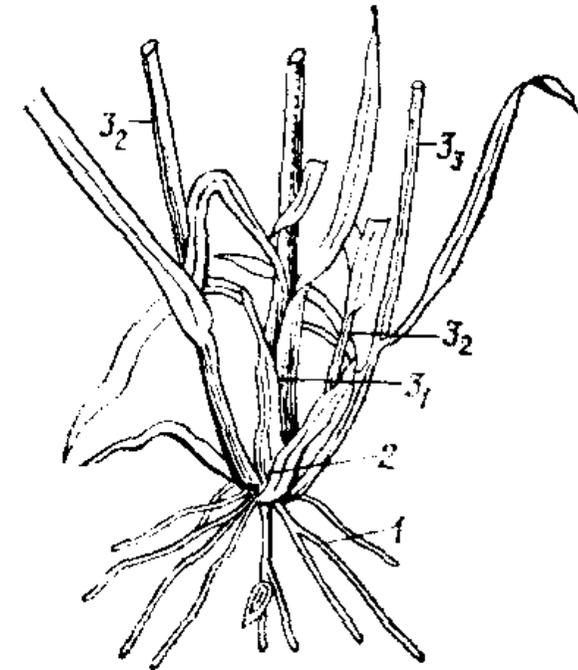


Рис. 62. Зона кущения ржи (*Secale cereale*):

1 – придаточные корни, 2 – зона кущения, 3₁ – побег первого порядка, 3₂ - 3₃ – боковые побеги второго и последующих порядков.

Затем изучают боковую почку со средней части побега. Она не имеет зачаточного соцветия. Это вегетативная почка (см. рис. 63, В).

Зарисовывают общий вид и продольные разрезы обеих почек и делают обозначения: кроющая чешуя, конус нарастания стебля. Зачаточное соцветие, зачаточные листья.

Макроморфология стебля.

В качестве примера рассматривают ветвь широко распространенного кустарника – сирени обыкновенной (рис. 63, А, Б). Уже при беглом взгляде на стебли видно, что они деревянистые, прямостоячие. Разрезав стебель при помощи ножа или скальпеля, отмечают внимательно, изучают характер нарастания и ветвления, то есть расположения осей разных порядков по отношению друг к другу. Определив ось первого порядка, устанавливают, что она, как правило, довольно ско-

ро заканчивает свой рост. Одновременно начинают расти две оси второго порядка, отходящие ниже верхушки оси первого порядка и расположенные супротивно. В свою очередь, на осях второго порядка после прекращения их роста образуются оси третьего порядка, также расположенные супротивно. Таким образом, нарастание побега будет верхушечным симподиальным, а ветвление – боковым с симподиальной системой осей (дихазий).

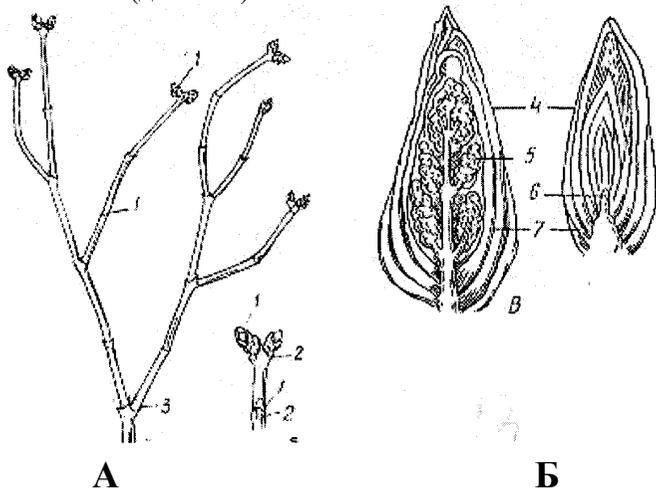


Рис. 63. Ветка сирени:

А – общий вид; Б – верхушка побега; В – почки (продольный разрез):
1 – боковая почка, 2 – листовый рубец, 3 – граница годичного прироста,
4 – почечные чешуйки, 5 – зачаточное соцветие, 6 – конус нарастания,
7 – листья.

Побеги сирени летом хорошо облиственны, зимой же о листорасположении можно судить по отчетливо заметным листовым рубцам.

Листорасположение у сирени супротивное, от каждого узла отходит по два листа. Междоузлия хорошо заметны, следовательно, это типичные удлиненные побеги. На верхушке побега и в пазухе каждого листа расположено по одной почке. Почка покрыта сверху почечными чешуйками.

Итак, стебель сирени обыкновенной деревянистый, прямостоячий, с верхушечным симподиальным нарастанием и боковым ветвлением. Система осей симподиальная – дихазий. В поперечном сечении

стебель округлый. Побеги облиственные, удлиненные, с супротивным листорасположением и пазушными одиночными почками. Все почки защищенные.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем отличие деревянистого стебля от травянистого?
2. Стебли каких растений имеют в основном вставочный (интеркалярный) рост?
3. Чем отличается ползучий побег от стелющегося, вьющийся от цепляющегося, прямостоячий - от всех указанных выше?
4. В чем принципиальное отличие верхушечного ветвления от бокового? Чем отличается моноподиальная система боковых осей от симподиальной?
5. В чем отличие главной оси растения с моноподиальным верхушечным нарастанием от главной оси растения с симподиальным верхушечным нарастанием?
6. Почему симподиальное нарастание более прогрессивно, чем моноподиальное?
7. В чем отличие укороченного побега от удлиненного?
8. Как определить лиственный цикл при спиральном листорасположении?
9. Всегда ли почки защищены почечными чешуйками?
10. Какая разница между пазушными и придаточными почками?
11. Какова характерная особенность вегетативно-репродуктивных почек?
12. Какие почки называют спящими?
13. В чем отличие сериального расположения групповых почек от коллатерального и мутовчатого?

Тема 34. Макроскопическое строение листа

Материал: гербарные образцы листьев яблони (р.*Malus*), фиалки трехцветной (*Viola tricolor*), мака (р.*Papaver*), ячменя (р.*Hordeum*), кукурузы (*Zea mays*), элодеи (р.*Elodea*), плауна (*Lycopodium clavatum*), пихты (р.*Abies*), ландыша (*Convallaria majalis*), винограда (р.*Vitis*), клена (р.*Acer*), сосны (р.*Pinus*), пшеницы (р.*Triticum*), олеандра (*Nerium oleander*), ивы (р.*Salix*), граба (р.*Carpinus*), подорожника (*Plantago major*), осины (*Populus tremula*), копытня (*Asarum europaeum*), сирени

(р. *Syringa*), вьюнка (*Convolvulus arvensis*), стрелолиста (р. *Sagittaria*), дуба (р. *Quercus*), одуванчика (р. *Taraxacum*), инжира (*Ficus carica*), клещевины (*Ricinus communis*), редьки (р. *Raphanus*), лютика (р. *Ranunculus*), тысячелистника (*Achillea millefolium*), моркови (р. *Daucus*), шиповника (р. *Rosa*), каштана конского (*Aesculus hippocastanum*), лебеды (р. *Chaenopodium*), бука (р. *Fagus*).

Общие замечания

Лист – это боковой орган ограниченного роста, нарастающий у однодольных растений у основания путем вставочного роста, у двудольных – всей поверхностью. У деревьев и кустарников это временный орган. Основные функции листа – фотосинтез, транспирация и газообмен. В листьях могут откладываться запасные продукты. Иногда этот орган служит для вегетативного размножения.

Перечисленным функциям отвечает внешнее и внутреннее строение листа. У большинства растений он состоит из более или менее широкой *пластинки*, прикрепленной к стеблю при помощи гибкого *черешка*.

Черешок может и отсутствовать, тогда листья называют *сидячими*. Если пластинка сидячего листа прирастает к стеблю на некотором протяжении, образуется *нисбегающий* лист. Часто у основания черешка (по бокам его) имеются *прилистники*, зеленые или пленчатые. Они чаще всего бывают меньше пластинки листа, хотя у некоторых растений могут превосходить ее по величине. Иногда основание черешка расширяется во *влагалище*, охватывающее стебель. У мятликовых лист состоит из длинного трубчатого влагалища и узкой пластинки. У основания пластинки есть пленчатый придаток – *язычок*, а иногда еще два выроста по бокам – *ушки* (рис. 64).

Листья бывают простые и сложные. *Простые* листья состоят из одной пластинки, цельной или расчлененной более или менее глубокими выемками. У древесных растений такие листья опадают осенью вместе с черешком, а у травянистых отмирают вместе со стеблем. *Сложные* листья состоят из нескольких (два или более) *листочков*, прикрепленных к общему черешку – *рахису* – короткими *черешочками*, образующими сочленения. Благодаря такому строению листочки сложного листа опадают осенью отдельно, а после них отпадает и рахис.

Формы листовых пластинок чрезвычайно разнообразны. Поэтому будут рассмотрены лишь наиболее распространенные из них.

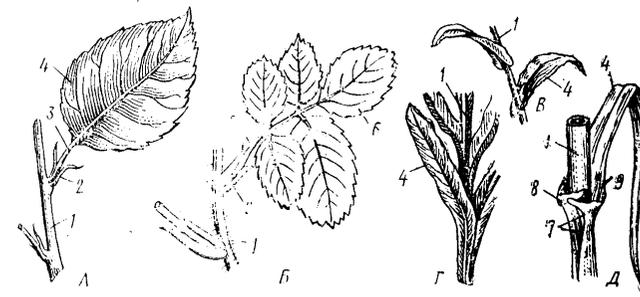


Рис. 64. Типы листьев:

А- Б – черешковые с прилистниками (А – простой – у яблони (*Malus domestica*), Б – сложный – у шиповника (*Rosa canina*); В – сидячий – у ярутки (*Thlaspi arvense*); Г – нисбегающий – у василька (*Centaurea montana*):
Д – влагалищный – у ячменя (*Hordeum vulgare*):

1 – стебель, 2 – прилистники, 3 – черешок, 4 – листовая пластинка, 5 – рахис, 6 – листочек, 7 – влагалище, 8 – ушки, 9 – язычок

Задания

1. Изучить строение листьев: черешкового, сидячего, влагалищного.
2. Изучить жилкование листьев.
3. Ознакомиться с наиболее распространенными формами листовой пластинки простых цельных листьев.
4. Ознакомиться с наиболее распространенными формами листовой пластинки простых расчлененных листьев.
5. Ознакомиться с формами сложных листьев.
6. Ознакомиться с формами изрезанности края листовой пластинки.
7. Зарисовать строение трех типов листьев, типы жилкования листьев, простые листья разной формы с цельной и расчлененной пластинкой, сложные листья разной формы, типы края листовой пластинки и сделать обозначения.

Порядок работы

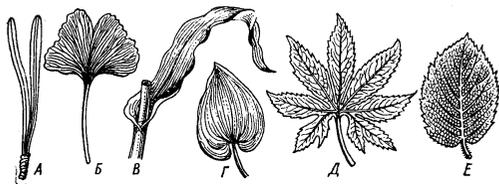
Рассматривают *строение* черешкового листа – простого (яблоня, фиалка трехцветная) и сложного (шиповник). Зарисовывают их и обозначают у простого листа черешок, пластинку, прилистники, у сложного листа рахис, листочки, прилистники. Рассматривают и зарис-

совывают сидячий лист (мак). У влагалищного листа (ячмень, кукуруза) находят пластинку, влагалище и в месте перехода влагалища в листовую пластинку – язычок и ушки. Зарисовывают и делают обозначения.

Далее рассматривают и зарисовывают листья с *простым жилкованием* (элодея, плаун, пихта), *параллельным* (кукуруза, ячмень), *дуговым* (ландыш), *сетчатым*: *перистым* (яблоня) и *пальчатым* (виноград, клен) (рис. 65).

Рис. 65. Жилкование листьев.

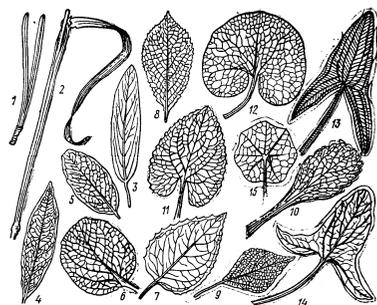
- А – простое;
 Б – дихотомическое;
 В – параллельное; Г – дуговое;
 Д – пальчатое; Е – перистое



Затем переходят к изучению различных *форм* листовой пластинки *простого цельного* листа (рис. 66); *игольчатой* (сосна), *линейной* (пшеница, ячмень), *ланцетной* (ива, олеандр, плаун), *яйцевидной* (граб, подорожник), *округлой* (осина), *почковидной* (копытень), *сердцевидной* (сирень), *копьевидной* (вьюнок), *стреловидной* (стрелолист), *щитовидной* (настурция). Зарисовывают их и делают обозначения.

Рис. 66. Простые листья с цельной пластинкой:

- 1 – игольчатый, 2 – линейный,
 3 – продолговатый, 4 – ланцетный,
 5 – овальный, 6 – округлый,
 7 – яйцевидный, 8 – обратнойяйцевидный,
 9 – ромбический,
 10 – лопаточный, 11 – сердцевидно-яйцевидный, 12 – почковидный,
 13 – стреловидный, 14 – копьевидный,
 15 – щитовидный



Рассматривают также простые листья с расчлененной пластинкой (рис.67) – *лопастные* (с надрезами пластинки не глубже 1/3 расстояния от края до средней жилки): *перистолопастный* (дуб), *пальчатолопастный* (виноград, клен); *раздельные* (с надрезами) пластинки на 2/3 расстояния от края до средней жилки): *перистораздельный*

(одуванчик), *пальчатораздельный* (инжир, клеверина); *рассеченные* (с надрезами, доходящими до средней жилки): *перисторассеченный* (редька), *пальчаторассеченный* (лютик), *многократно перисторассеченный* (тысячелистник, морковь).

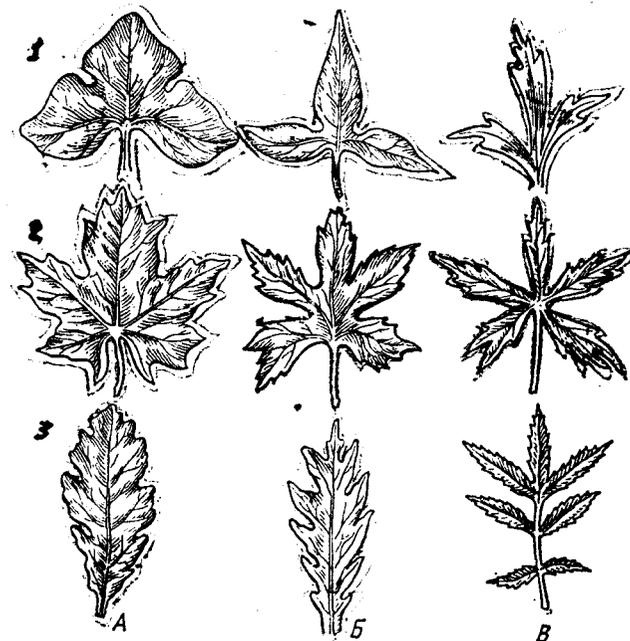


Рис. 67. Простые листья с расчлененной пластинкой.

- А – лопастные; Б – раздельные; В – рассеченные:
 1 – тройчато-, 2 – пальчато-, 3 – перисто-

Изучают *формы сложных листьев* (рис.68) – *перистосложные*: *парноперистосложный* (желтая акация), *непарноперистосложный* (шиповник); *пальчатосложный* (каштан конский). Зарисовывают их и обозначают.



Рис. 68. Сложные листья.

А – пальчатосложный; Б – тройчатый; В – парноперистый;
Г – непарноперистый; Д – двоякоперистосложный;

В заключение рассматривают и зарисовывают формы края листовой пластинки: цельную (лимон), *пильчатую* (ива), *зубчатую* (лебеда), *городчатую* (бук) (рис. 69).

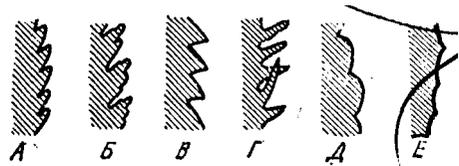


Рис. 69. Форма края листовой пластинки.

А – пильчатая; Б – двоя-копильчатая; В – зубчатая;
Г – колючезубчатая (шиповатая); Д – городчатая; Е – выемчатая

Вопросы для самоконтроля:

1. Как отличают черешковый лист от сидячего?
2. Что такое нисбегающий лист?
3. Какие листья называют влагалищными?
4. Где у них образуются ушки и язычок?
5. Какие типы жилкования бывают у листьев?
6. В чем отличие простого листа от сложного?
7. Как классифицируют простые листья с цельной пластинкой?

8. Какие два признака положены в основу классификации простых листьев с расчлененной выемками пластинкой?

9. В чем отличие сложнопарноперистого листа от непарноперистого и от двоякопарноперистого?

Тема 35. Метаморфозы листа, побега и корня.

Материал: живой или гербаризированный с метаморфизированными листьями - растение опунции (р.*Opuntia*) или эхинокактуса (р.*Echinocactus*), побеги барбариса (р.*Berberis*), чертополоха (р.*Carduus*), гороха (р. *Pisum*); с метаморфизированными побегами – луковица лука (р.*Allium*), клубнелуковица шпажника (р.*Gladiolus*) или безвременника (р. *Colchicum*), усы (плети) земляники (р. *Fragaria*) или корневища пырея (*Agropyron repens*) и ландыша (*Convallaria majalis*), стolon и клубень картофеля (*Solanum tuberosum*), побеги огурца (*Cucumis sativus*) и боярышника (р.*Crataegus*); с метаморфизированными корнями - клубни георгина (р.*Dahlia*), побеги повилики (р.*Cuscuta*) с гаусториями и плюща (р.*Hedera*) с прицепками.

Общие замечания

Основные вегетативные органы растения – корень, стебель и лист (побег), приспособляясь к новым функциям или к новым особым условиям среды, могут метаморфизироваться (видоизменяться, преобразовываться) до неузнаваемости. *Метаморфизированные* органы подразделяют на две группы: гомологичные и аналогичные.

Гомологичными называют органы, которые имеют *одинаковое происхождение*, т.е. происходят от одного из основных органов – корня, стебля, листа (или побега). Гомологичные органы могут быть совершенно различны по функции, по форме, по строению. Например, колючка барбариса, усик гороха, ловчие аппараты насекомоядных растений, почечная чешуйка, чешуя луковицы, лепесток, тычинка и пестик цветка – гомологичные органы.

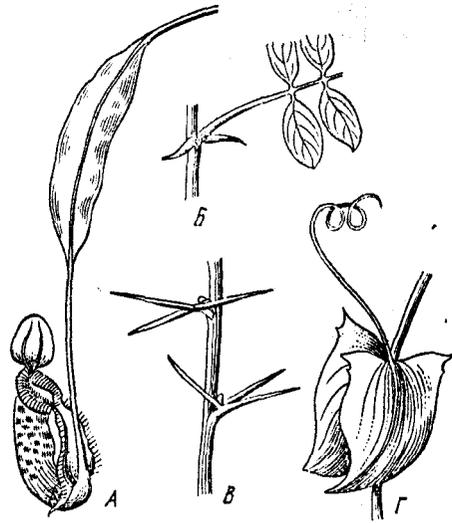


Рис. 70. Гомологичные органы листового происхождения.

A – ловчий аппарат непентеса (*Nepenthes rafflesiana*); *Б* – колючки акации белой (*Robinia pseudoacacia*); *В* – колючки барбариса (*Berberis amurensis*); *Г* – усик чины (*Lathyrus aphaca*)

Все они листового происхождения (рис. 70). Сюда же можно отнести своеобразные видоизменения листьев некоторых тропических лиан - вместилища для запасания воды, в которую бывают погружены придаточные корни.

Гомологичными органами являются сочное корневище ландыша и корневище пырея ползучего, усы (плети) земляники, луковица лука, клубнелуковица шпаклика, столон и клубень картофеля. Все они побегового происхождения (рис. 71). К этой группе нельзя отнести корнеплод, поскольку он корнестеблевого происхождения.

Стебель самостоятельно, т. е. без участия листьев или корня, дает немного видоизменений. Наиболее известное видоизменение стеблевого происхождения – кладодий, или филлокладий.

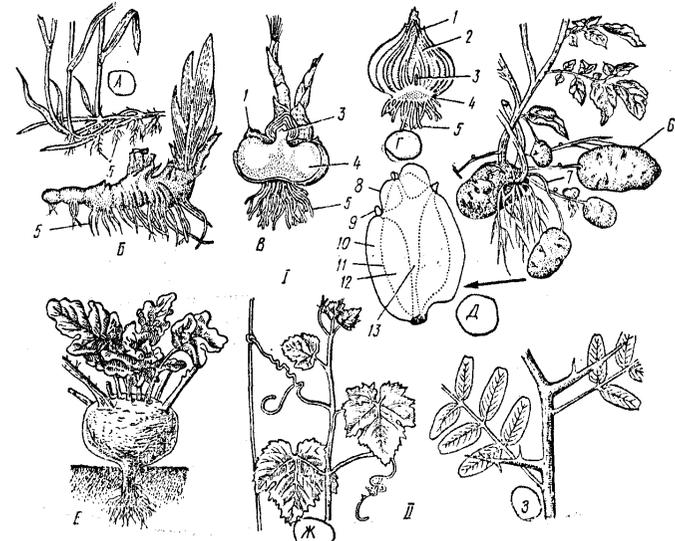


Рис. 71. Гомологичные органы побегового происхождения:

I – подземные; *II* – надземные. *A* – корневище пырея (*Agropyron repens*); *Б* – корневище ириса (*Iris germanica*), *В* – клубнелуковица шафрана (*Crocus sativus*); *Г* – луковица лука (*Allium cepa*); *Д* – клубни картофеля (*Solanum tuberosum*); *Е* – клубень кольраби (*Brassica oleraceae*); *Ж* – усик винограда (*Vitis vinifera*); *З* – колючка гледичии (*Gleditschia triacanthos*):

1 – сухая чешуя, 2 – сочная чешуя, 3 – почка, 4 – донце, 5 – придаточные корни, 6 – клубень, 7 – столон, 8 – перидерма, 9 – почка, 10 – кора и наружная флоэма, 11 – камбий, 12 – ксилема и внутренняя флоэма, 13 – сердцевина

Аналогичными называют органы, которые имеют общее сходство формы, возникшее на основе выполнения сходной функции или приспособления к однородным условиям, но не общего происхождения.

Аналогичными органами, например, являются: лист шиповника, филлокладий иглицы и воздушные корни орхидеи тенофиллум, так как все они выполняют функции листа и имеют листовидную форму, хотя происхождение у всех различное.

Клубень картофеля (стеблевого происхождения), корнеплод свеклы (корнестеблевого происхождения) и клубень георгина (корневого происхождения) – аналогичные органы, выполняющие запасающую функцию.

Задания

1. Проанализировать на живом и гербаризированном материале метаморфизированные органы побегового, листового и корневого происхождения. Зарисовать их и обозначить.

2. Разделить все рассмотренные растения на группы с аналогичными органами и составить их списки.

Порядок работы

С метаморфозами побега знакомятся на примере луковицы лука, клубнелуковицы шпашника или безвременника, корневищ пырея и ландыша, колочки боярышника, усика огурца, усов земляники или лапчатки, столона и клубня картофеля. Побеговое происхождение рассмотренных видоизменений доказывают следующие признаки: наличие листьев и листовых рубцов, узлов и междоузлий, почек в пазухе листьев или рядом с листовым рубцом.

В качестве примера рассматривают клубень картофеля. На его поверхности легко заметить листовые рубцы и глазки. В каждом глазке находятся 2-3 почки, одна из которых при благоприятных условиях прорастает в новый побег. Соединив все глазки одной линией, получают спираль. Следовательно, клубень картофеля является видоизмененным побегом с очередным (спиральным) листорасположением.

Сравнивают между собой строение луковицы и клубнелуковицы. Отмечают, что различия между ними чисто количественные: стеблевая часть у луковицы (донце) редуцирована, запасные продукты сосредоточены в видоизмененных листьях (сочных чешуях), а у клубнелуковицы стеблевая часть хорошо выражена и в ней откладываются запасные продукты.

Зарисовывают все рассмотренные видоизменения побега, обозначают их части и записывают характеристику. По этой же схеме изучают метаморфозы листа и корня.

Далее выделяют группы растений с аналогичными органами. Например, растения, имеющие органы –местилища запасных продуктов; растения, имеющие колочки, и т. д. Составляют списки этих групп с указанием происхождения метаморфизированного органа.

Вопросы для самоконтроля

1. По какому признаку выделяют гомологичные органы и аналогичные?

2. Всегда ли гомологичные органы не похожи по форме и строению друг на друга?

3. Чем доказать, что клубень картофеля и луковица лука являются видоизмененными побегами?

4. Как отличить луковицу от клубнелуковицы?

5. Из каких органов могут образоваться колочки, усики?

6. Корнеплод и корневой клубень гомологичные органы или аналогичные?

7. Какие бывают видоизменения стебля?

Тема 36. Цветок и его части.

Работа 1. Строение околоцветника.

Материал: живые или заспиртованные цветки лилии (*p.Lilium*), редьки дикой (*Raphanus raphanistrum*) или капусты (*Brassica oleracea*), лютика едкого (*Ranunculus acris*) или лютика ползучего (*R.repens*), яблони (*Malus domestica*) или груши (*Pyrus communis*), гороха (*Pisum sativum*) или фасоли (*Phaseolus vulgaris*), незабудки (*p.Myosotis*) или сирени (*p.Syringa*), табака (*Nicotiana tabacum*) или картофеля (*Solanum tuberosum*), цикория (*Cichorium inthybus*), льнянки (*Linaria vulgaris*) или сокирки (*Consolida regalis*).

Общие замечания

Цветок (flos) – это видоизмененный укороченный побег, приспособленный для образования микро- и мегаспор, гамет и для перекрестного опыления.

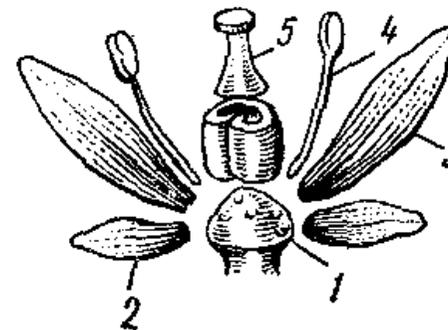


Рис. 72. Строение цветка (схема):

1 – цветоложе, 2 – чашелистик, 3 – лепесток, 4 – тычинка, 5 – пестик

В результате опыления и последующего полового процесса (оплодотворения) семязачатки (семяпочки) превращаются в семена.

Плод возникает из завязи пестика, но часто в его образовании, помимо завязи, принимают участие и другие части цветка.

Типичный цветок покрытосеменных заканчивает собой главный или боковой побег, встречаются нередко и пазушные одиночные цветки. Однако, чаще всего цветки бывают собраны в соцветия.

Стеблевая часть цветка представлена *цветоножкой* и *цветоложем* (рис. 72). Цветоложе может иметь разнообразную форму – от конической до плоской и даже вогнутой в виде бокала (рис. 73). На цветоложе размещены, чаще всего кругами (мутовками), реже по спирали, видоизмененные листья – *цветолистки*: *чашелистики*, *лепестки*, *тычинки*, *пестики*. В большинстве случаев цветок имеет 5 (или 4) кругов (*циклический цветок*): чашелистики – 1 круг (*чашечка*), лепестки – 1 круг (*венчик*), тычинки – 2 круга или 1 (*андроцей*), пестики – 1 круг (*гинецей*). При спиральном расположении цветоложечных частей (*ациклический цветок*) число каждой из частей цветка обычно неопределенное. Промежуточное положение занимают цветки, у которых круговое расположение одних цветоложечных частей сочетается со спиральным – других (*гемциклические цветки*). Такой цветок, например, может иметь 2 круга околоцветника и множество тычинок и пестиков, расположенных по спирали.



Рис. 73. Формы цветоложа.

А – вогнутое (шиповник – *Rosa canina*); Б – плоское (пеон – р. *Paeonia*); В – выпуклое (лютик – *Ranunculus sceleratus*)

Чашечка и венчик вместе составляют покров цветка, или *околоцветник*. Околоцветник, дифференцированный на различно окрашенные чашечку и венчик, называют *двойным*. Околоцветник, окрашенный одинаково, называют *простым* (рис. 74). Простой *чашечковидный* околоцветник имеет обычно зеленый цвет (свекла, щавель и

др.). Простой *венчиковидный* околоцветник окрашен ярко (тюльпан, гречиха и др.).

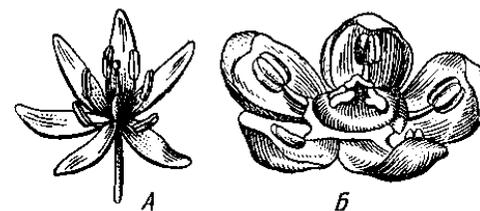


Рис. 74. Простые околоцветники.

А – венчиковидный (лук гусиный – *Gagea lutea*); Б – чашечковидный (свекла – *Beta vulgaris*)

Цветки, не имеющие околоцветника, называют *голыми* (ясень, белокрыльник и др.) (рис. 75).

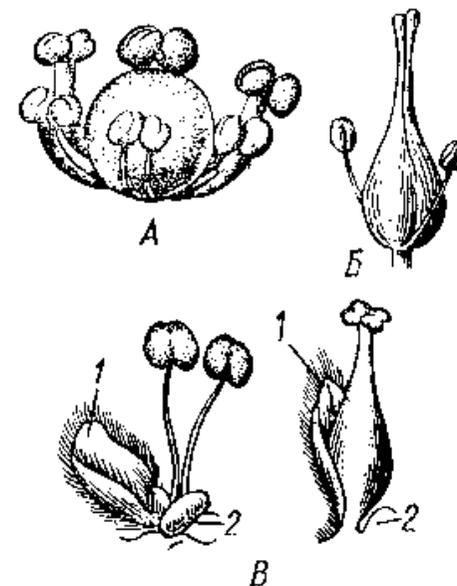


Рис. 75. Цветки без околоцветника (голые).

А – белокрыльник (*C. palustris*); Б – ясень (р. *Fraxinus*);

В – ива (р. *Salix*): 1 – кроющий лист, 2 – нектарий

Чашечка (calyx) состоит из более или менее плотных листочков, обычно зеленых, называемых *чашелистиками* (sepala). Иногда чашечка ярко окрашена (борец, фуксия, сокирки). В этом случае она выпол-

няет или усиливает роль венчика в привлечении насекомых-опылителей. Чаще всего чашечка состоит из одного круга чашелистиков. Иногда же снаружи от чашечки расположена как бы вторая чашечка, именуемая подчашием (рис. 76). *Подчашие* образуется из прицветников (у мальвовых), а иногда из прилистников (у розоцветных: лапчатки, земляники, сабельника и др.).

Чашечка выполняет защитную функцию, она предохраняет цветок от усыхания, а иногда и от низких температур.



Рис. 76. Чашечка сабельника (*Comarum palustre*): 1 – подчашие

Венчик (corolla) состоит из более или менее окрашенных *лепестков* (petala), которые образуют чаще всего второй (иногда и третий) круг цветка. Различают два типа венчиков: *свободнолепестные* (*раздельнолепестные*) и *сростнолепестные* (*спайнолепестные*).

При исследовании свободнолепестного венчика нужно внимательно рассмотреть строение отдельных лепестков. Следует определить, есть ли ноготок и цельный или разветвленный лепесток. Если лепесток к основанию ясно сужен, как лист в черешок, то лепесток – *ноготковый* (гвоздичные, капустные и др.). Если основание широкое, округлое, лепесток называют *сидячим* (лютиковые, розоцветные и др.) (рис. 77).

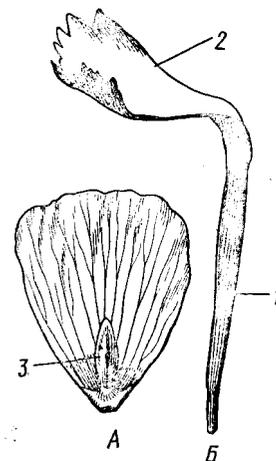


Рис. 77. Рис. 25. Формы лепестков, А – сидячий (лютик – *Ranunculus acris*); Б – ноготковый (гвоздика – р. *Dianthus*): 1 – ноготок, 2 – отгиб, 3 – чешуйка, прикрывающая нектарную ямку

Задания

1. Проанализировать строение и зарисовать околоцветники цветков следующих растений: лилии, капусты, гороха или фасоли, незабудки или сирени, табака или картофеля, цикория, льнянки и сокирки.

2. Сравнить между собой чашечки цветков капусты, гороха, табака и дать им названия исходя из степени срастания чашелистиков; дать названия венчикам цветков табака, картофеля, цикория, сирени, льнянки.

3. Обозначить на рисунке части сростнолепестного венчика – трубку, зев, отгиб, губу.

Порядок работы

В качестве образца исследуют околоцветник цветка капусты (рис. 78). Отмечают, что через цветок можно провести две и больше плоскости симметрии, следовательно, он актиноморфный. Рассматривая далее цветок в лупу, устанавливают, что листочки околоцветника расположены в два круга, причем листочки наружного круга зеленые и явно отличаются от листочков внутреннего круга. Поэтому совершенно очевидно, что околоцветник капусты двойной, т. е. состоит из чашечки и венчика. Потянув за чашелистик, а потом за лепесток, убеждаются, что чашечка и венчик свободные, так как листочки, их составляющие, легко отрываются по одному. Зарисовывают чашелистик и лепесток. Особое внимание уделяют форме лепестка, отме-

чают, что он имеет хорошо выраженные нижнюю суженную часть - ноготок, и верхнюю широкую часть – отгиб.

Итак, околоцветник капусты актиноморфный, двойной, чашечка и венчик вполне свободные, четырехчленные, лепестки с хорошо выраженными ноготками. Это типичный околоцветник растений из сем. Крестоцветные.

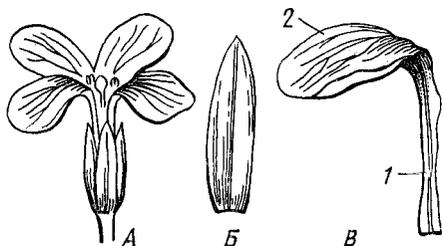


Рис. 78. Цветок капусты (*Brassica oleracea*).
А – общий вид; Б – чашелистик; В – лепесток:
1 – ноготок, 2 – отгиб

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое цветок?
2. Какие части цветка имеют стеблевое происхождение, а какие- листовое?
3. Какие бывают типы цветоложа?
4. В чем различие между циклическим, ациклическим и гемициклическим цветками?
5. Какими кругами представлен пятикруговой цветок?
6. В чем различие между двойным и простым околоцветником?
7. В чем различие между простым венчиковидным и чашечковидным околоцветниками?
8. Какие цветки называют голыми?
9. Что такое подчашие?
10. В чем различие между сидячим и ноготковым лепестками?
11. Что такое привенчик?
12. Какие венчики называют актиноморфными, зигоморфными, асимметричными?
13. Каковы основные типы сросшихся актиноморфных и зигоморфных венчиков?
14. Что такое трубка, отгиб, зев?

Работа 2. Строение андроеца.

Материал: живые или заспиртованные цветки лютика (р. *Ranunculus*) или розы (р. *Rosa*), тюльпана (*p.Tulipa*) или лилии (р. *Lilium*), льнянки (р. *Linaria*), горчицы (р. *Sinapis*), подсолнечника (*Helianthus annuus*), гороха (р. *Pisum*), лука (р. *Allium*), клещевины (р. *Ricinus*), пшеницы (р. *Triticum*), барбариса (р. *Berberis*), омелы (р. *Viscum*), фиалки (р. *Viola*); постоянный микропрепарат поперечного среза пыльника.

Задания

1. Рассмотреть и дать краткую характеристику строения андроеца следующих растений: лютика или шиповника, тюльпана или лилии, льнянки, горчицы, подсолнечника и гороха. Особое внимание обратить как на число тычинок и их взаимное расположение, так и на их расположение по отношению к лепесткам и чашелистикам, длину тычиночных нитей, их срастание.

2. Проанализировать и зарисовать одну из тычинок цветков лютика, лука, клещевины, пшеницы, барбариса, омелы, фиалки, подсолнечника. Обозначить части тычинки. Обратит внимание на число пыльцевых гнезд, а также на форму пыльника и способ его прикрепления к тычиночной нити.

3. Рассмотреть в микроскоп поперечный срез пыльника (постоянный препарат). Зарисовать и обозначить его части.

Порядок работы

В качестве образца рассматривают строение андроеца у лука круглоголового. Пользуясь стереоскопическим микроскопом и препаративными принадлежностями, обнаруживают, что в цветке лука 6 тычинок. Они свободные, расположены в двух кругах и противостоят листочкам околоцветника. Обращают внимание на то, что тычинки первого круга противостоят листочкам околоцветника также первого круга, а тычинки второго круга противостоят листочкам внутреннего круга. Тычиночная нить уплощенная, с боковыми выростами, особенно у тычинок внутреннего круга.

Зарисовывают тычинку и обозначают ее части: тычиночную нить, связник и пыльник.

Далее знакомятся с микроскопическим строением пыльника. Для этого рассматривают при малом и большом увеличении постоянный препарат поперечного среза пыльника (рис.79). При малом уве-

личении зарисовывают контуры пыльника и отмечают две теки, соединенные связником, четыре гнезда и пыльцу в них.

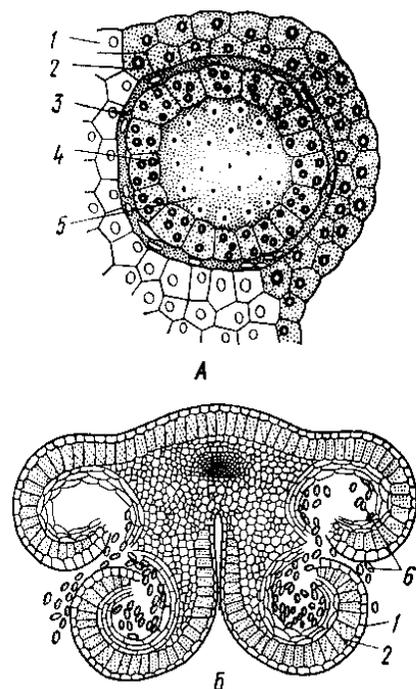


Рис. 79. Пыльник в поперечном разрезе.

А – одно пыльцевое гнездо с археспорием; *Б* – вскрывшийся пыльник:
1 – эпидерма, 2 – фиброзный слой, 3 – дегенерирующий слой, 4 – тапетум,
5 – археспорий, 6 – пыльца

Далее рассматривают строение одного из гнезд при большом увеличении. Снаружи пыльник покрыт однослойной *эпидермой*. Под ней лежит *субэпидермальный*, или *фиброзный*, *слой*, состоящий из одного или нескольких рядов крупных, часто утративших содержимое клеток, стенки которых имеют сетчатые или спиральные утолщения. Фиброзный слой способствует вскрытию пыльника. За фиброзным слоем расположен *дегенерирующий слой*. Самый внутренний слой пыльника – *выстилающий*, или *тапетум*. Клетки его крупные, с густой цитоплазмой и с несколькими ядрами. По мере созревания пыль-

цы клетки тапетума и дегенерирующего слоя теряют свою форму и идут, по-видимому, на питание растущих микроспор.

Детализируют схему, нарисовав в одной из тек эпидерму, фиброзный слой, дегенерирующий слой и тапетум. Если пыльник молодой, обозначают также клетки *археспория* (*спорогенной ткани*), если созревший – пыльцу.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое андроцей?
2. Какой андроцей называют двусильным, четырехсильным?
3. В чем различия между многобратственным, двубратственным и однобратственным андроцеями?
4. Из каких частей состоит тычинка?
5. Какой формы могут быть тычиночная нить, связник?
6. Что такое стаминодии?
7. Что такое тека, пыльцевое гнездо?
8. Из каких тканей состоит стенка пыльцевого гнезда пыльника?
9. Из какой ткани и в результате какого деления образуются микроспоры?
10. Как образуется пыльца, из каких клеток она состоит, чем покрыта?
11. Какие ткани идут на питание пыльцы?
12. Какова роль фиброзного слоя?
13. Какие бывают типы пыльцевых зерен?

Работа 3. Строение гинецея

Материал: живые или заспиртованные цветки моркови (*Daucus carota*), ивы (р. *Salix*), подсолнечника (*Helianthus annuus*), гороха (*Pisum sativum*), лилии (р. *Lilium*), пролески (р. *Scilla*), дремы (*Melandrium album*), дурмана (*Datura stramonium*), льна (*Linum usitatissimum*); постоянные микропрепараты поперечных срезов завязей гороха, лилии, пролески, мака, дремы, крыжовника.

Задания

1. Зарисовать пестики цветков моркови, ивы, подсолнечника и на основе морфологического анализа дать заключение, из какого числа плодолистиков они состоят, а также определить тип завязи - верхняя или нижняя.

2. Зарисовать поперечные разрезы завязей цветков гороха, лилии или пролески, мака, дремы. Определить по строению завязи тип гинецея.

3. На поперечном разрезе плода чернушки определить истинные и ложные гнезда. Определить присутствие ложных перегородок в завязях дурмана и льна.

4. Рассмотреть на постоянном препарате поперечного среза завязи пролески семязачаток, зарисовать и обозначить его части.

Порядок работы

Как образец исследуют гинецей цветка пролески. Находят в цветке гинецей и определяют, что он состоит из одного пестика, следовательно, это простой гинецей. Затем рассматривают, как расположены по отношению к гинецею остальные части цветка. Обращают внимание на то, что цветоложе не расширено и пестик прикрепляется к нему своим основанием. Листочки околоцветника и тычинки прикреплены к цветоложу ниже завязи пестика. Следовательно, это цветок с верхней завязью, подпестичный.

Далее отчленивают от цветка с помощью препаровальных принадлежностей пестик и рассматривают его при помощи стереоскопического микроскопа. Отмечают, что он состоит из завязи, довольно длинного столбика и почти незаметного рыльца, на завязи имеются три шва. Затем скальпелем разрезают завязь поперек. На поперечном разрезе хорошо заметны три плодолистика, которые срослись боковыми стенками и образовали синкарпный гинецей с трехгнездной завязью и плацентами, несущими угловые семязачатки.

Зарисовывают пестик и обозначают его части: завязь, столбик, рыльце.

Рассматривают постоянный препарат поперечного среза завязи под микроскопом при малом увеличении. Зарисовывают разрез завязи и обозначают: стенку завязи, гнездо, семязачаток, плаценту.

Затем выбирают семязачаток, в котором заметен зародышевый мешок, и рассматривают его при большом увеличении. Зарисовывают семязачаток и обозначают его части: семяножку, интегументы, микропиле, халазу, нуцеллус, зародышевый мешок, яйцеклетку, синергиды, антиподы, вторичное ядро зародышевого мешка.

В заключение дают краткое описание гинецея: гинецей простой, синкарпный, образован тремя плодолистами; столбик хорошо выражен; рыльце головчатое; завязь верхняя, трехгнездная, семязачатки

угловые с двумя интегументами и восьмиядерным зародышевым мешком.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое гинецей, пестик, плодолистик?
2. Какая из трех частей пестика (завязь, столбик, рыльце) может отсутствовать?
3. Какая разница между простым и сложным гинецеом?
4. Как определить, является ли, простой гинецей апокарпным или ценокарпным, из скольких плодолистиков он состоит?
5. Какие бывают типы ценокарпного гинецея?
6. В чем различие между верхней, нижней и полунижней завязями?
7. Какой цветок называют надпестичным и какой подпестичным?
8. Какие бывают типы расположения семязачатков?
9. Гомологом чего является семязачаток?
10. Как устроен семязачаток?
11. Что такое зародышевый мешок? Из чего он образуется? Из каких клеток состоит?

Работа 4. Формулы и диаграммы цветков

Материал: живые или заспиртованные цветки лилии (*p.Lilium*) или: пролески (*p.Scilla*), лютика (*p.Ranunculus*), редьки дикой (*Raphanus raphanistrum*), огурца (*Cucumis sativus*), яблони (*p. Mains*) или боярышника (*p. Crataegus*), вишни (*Cerasus vulgaris*) или черемухи (*Padus racemosa*), гороха (*Pisum sativum*) или фасоли (*Phaseolus vulgaris*).

Общие замечания

Характеристику цветка можно дать сокращенно, в виде формулы, при составлении которой пользуются следующими обозначениями его частей: *Ca* – чашечка (calyx), *Co* – венчик (corolla), *P* – простой околоцветник (perigonium), *A* – андроцей (androecium), *G* – гинецей (gynoecium).

Типы цветков также имеют условные обозначения: *K* – обоеполый цветок (этот значок обычно в формуле опускают); \mathfrak{G} – пестичный цветок, *K* – тычиночный цветок; * или *O* – актиноморфный цветок, \uparrow

– зигоморфный цветок. Асимметричные цветки встречаются сравнительно редко, в формулах их асимметричность обычно не отражают.

Число членов отдельных частей цветка обозначают цифрами (пятилепестный венчик – C_{05} , шестичленный андроцей – A_6). В том случае, если их число больше 12 – значком ∞ или \sim (многочленный андроцей A_∞). Очень редко число членов андроцея или гинецея бывает неопределенным в пределах 12 (боярышник). В таких случаях их число членов также обозначают знаком неопределенности.

В случае срастания членов цветка между собой цифру, указывающую на их число, заключают в скобки (сросшийся венчик картофеля – $C_{0(5)}$, двубратственный андроцей фасоли – $A_{(9)+1}$).

Если члены чашечки, венчика или простого околоцветника расположены несколькими кругами, то цифры, указывающие на число их в каждом круге, соединяют значком + (простой околоцветник лилии – P_{3+3}).

Рис. 80. Построение диаграммы цветка:

- 1 – ось соцветия, 2 – прицветник,
3 – чашелистик, 4 – лепесток,
5 – тычинка, 6 – гинецей,
7 – кроющий лист



Формула должна отражать, из какого числа плодолостиков образовался гинецей, срослись ли они между собой и образовали один пестик (ценокарпный гинецей) или каждый из плодолостиков образовал отдельный пестик (апокарпный гинецей), а также какая завязь – верхняя или нижняя. Например, ценокарпный гинецей с нижней завязью в цветке тыквы в формуле обозначают так: $G_{(3)}$, где (3) показывает, что гинецей образован тремя сросшимися плодолостиками, а черта сверху означает нижнюю завязь. Верхнюю завязь соответственно обозначают чертой снизу.

Еще более полное представление о строении цветка дает *диаграмма*, которая является проекцией цветка на плоскость, перпенди-

кулярную к его оси. Диаграмма показывает не только число, но и расположение частей цветка и их членов по отношению друг к другу. Ради удобства принят единый способ ориентации диаграммы: ось соцветия вверху, а кроющий лист внизу. Точно так же и члены цветка обозначают всегда строго определенными значками: ось соцветия – маленьким кружком, однако если цветок верхушечный, то такой кружок не изображают; кроющий лист, прицветники и чашелистики – серповидными дугами с килем; лепестки – серповидными дугами без кила; тычинки – почковидными фигурами, более или менее отражающими очертания поперечного разреза пыльника; гинецей – кругами или овалами, похожими на поперечный разрез завязи, внутри завязи показывают семязачатки маленькими кружками на соответствующих частях плодолостиков (рис. 80). В случае срастания между собой членов цветка значки, обозначающие их на диаграмме, соединяют линиями.

Диаграммы, так же как и формулы, бывают *эмпирическими*, когда проецируют только видимые части цветка, и *теоретическими*, когда обозначают также и редуцированные частично или полностью (отсутствующие) части.

Задания

1. Подробно проанализировать строение цветков лилии или пролески, лютика, редьки дикой, огурца, яблони или боярышника, вишни или черемухи, гороха или фасоли.
2. Составить их формулы и диаграммы.

Порядок работы

В качестве примера исследуют цветок гороха (рис. 81). Это типично зигоморфный цветок. В формуле зигоморфность обозначают знаком \uparrow .

Пользуясь стереоскопическим микроскопом, внимательно рассматривают части цветка и определяют: число чашелистиков, лепестков, тычинок и пестиков; в скольких кругах они расположены; каково взаиморасположение членов цветка: лепестков по отношению к чашелистикам, тычинок по отношению к лепесткам; срастаются ли между собой тычинки, пестики и другие члены цветка.

Один из цветков можно отпрепарировать на предметном стекле. Начинают с анализа чашечки. Она состоит из 5 чашелистиков, расположенных в один круг и сросшихся между собой. Следовательно, строение чашечки в формуле можно обозначить так: $Ca_{(5)}$. Венчик со-

стоит из 5 лепестков, которые чередуются с чашелистиками. Лепестки имеют неодинаковую форму: самый крупный лепесток (задний) называют парусом (флагом); 2 боковых имеют сходное между собой строение – это весла (крылья); 2 передних лепестка срастаются одним краем (не основаниями) – это лодочка, здесь помещаются тычинки и пестик. Итак, 5 лепестков в распутившемся цветке расположены в один круг, их обозначают в формуле так: $Co_{3+(2)}$. Однако необходимо отметить, что у гороха, как и у других бобовых, расположение лепестков и тычинок в почках иное, чем у распутившихся цветков. При внимательном рассмотрении цветочной почки хорошо видно, что лепестки расположены в трех кругах: парус черепитчато обхватывает весла, а весла – лодочку. Таким образом, в первом, самом внешнем круге, расположен 1 лепесток – парус; в среднем всего 2 лепестка – весла; во внутреннем круге также 2 лепестка – лодочка. В дальнейшем при разрастании цветка вследствие смещения образуется как бы один круг. Учитывая онтогенез цветка, венчик надо обозначить так: $Co_{1+2+(2)}$

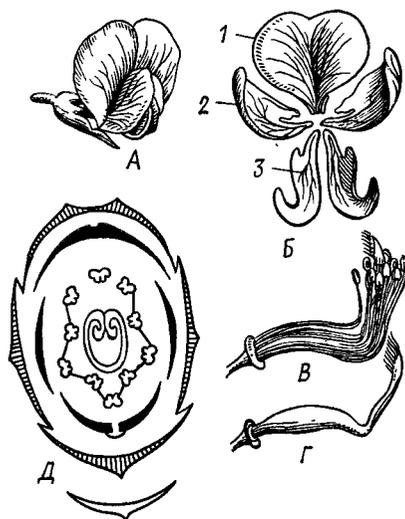


Рис. 81. Цветок гороха (*Pisum sativum*).
 А – общий вид; Б – венчик;
 В – андроцей; Г – гинецей;
 Д – диаграмма цветка:
 1 – парус, 2 – весла, 3 – лодочка

Далее рассматривают андроцей. Он состоит из 10 тычинок. Обращают внимание на то, что 9 из них срослись между собой нитями в трубку, а 1 свободна – двубратственный андроцей. При исследовании вполне сформированного андроцея у раскрывшихся цветков создается впечатление, что все тычинки расположены одним кругом, и тогда их

обозначают так: $A_{1+(9)}$. Однако при наблюдении за процессом образования андроцея становится очевидным, что сначала тычинки закладываются в трех кругах (иногда в двух) и чередуются как между собой, так и с лепестками. Только позднее вследствие смещения и срастания их в трубку образуется один круг. Следовательно, тычинки, как и лепестки, также расположены в трех кругах. Во внешнем круге 1 тычинка свободная, остальные 9 тычинок расположены в двух кругах: во втором круге (среднем) 5 тычинок, во внутреннем – 4. С учетом онтогенеза андроцея можно обозначить так: $A_{1+(5+4)}$.

Гинецей состоит лишь из 1 плодолостика. Обратите, внимание, что листочки околоцветника, а также андроцей, располагаются на цветоложе как бы ниже пестика. Во всяком случае, хорошо видно, что пестик совершенно, свободный, не сросшийся ни с тычинками, ни с околоцветником, а с цветоложем – только нижней частью. Легко прийти к выводу, что у гороха завязь верхняя. Следовательно, гинецей в формуле должен быть обозначен так: G_1 .

В целом формула цветка гороха приобретает такой вид: $\uparrow Ca_{(5)}Co_{3+(2)}A_{1+(9)}G_1$ (эмпирическая формула). При учете онтогенеза формула будет несколько иной: $\uparrow Ca_{(5)}Co_{1+2+(2)}A_{1+(5+4)}G_1$ (теоретическая формула).

Зная число и взаимное расположение членов цветка легко, составить его диаграмму (рис. 29, Д).

Вопросы для самоконтроля

1. Что дает более полное представление о строении цветка – формула или диаграмма?
2. Какими значками обозначают члены цветка в формуле и в диаграмме?
3. Как отражают в формуле и диаграмме срастание членов между собой?
4. Какую формулу называют эмпирической, и какую – теоретической?

Тема 37. Соцветия

Материал: гербарные образцы подорожника (р. *Plantago*), черемухи (р. *Rubus racemosa*), боярышника (р. *Crataegus*), проломника (р. *Androsace*), клевера (р. *Trifolium*), нивяника (*Leucanthemum*

vulgare), моркови (р. *Daucus*), пшеницы (р. *Triticum*), сирени (р. *Syringa*), окопника (*Symphytum officinale*), молочая (р. *Euphorbia*), шалфея (р. *Salvia*).

Общие замечания

Цветки, как правило, собраны в соцветия, хотя у некоторых растений имеются и одиночные цветки (тюльпан, мак и др.). Соцветие (*inflorescentia*) – это ветвь растения, которая несёт цветки и видоизмененные вегетативные листья – прицветники и прицветнички. По способу ветвления различают два типа соцветий: моноподиальные и симподиальные.

У моноподиальных соцветий (ботрических, рацемозных, неопределенных) число боковых ветвей неопределенно, четко выражена ось первого порядка, распускание цветков идет акропетально (от основания к вершине) или центростремительно, если цветки располагаются в одной плоскости.

Различают простые и сложные моноподиальные соцветия:

Соцветия, у которых цветки расположены на оси первого порядка (иногда в пазухах прицветников) или на цветоножках, называют простыми. К простым моноподиальным соцветиям, относят следующие (рис. 82): колос, початок, сережка, кисть, щиток, зонтик, головка, корзинка.

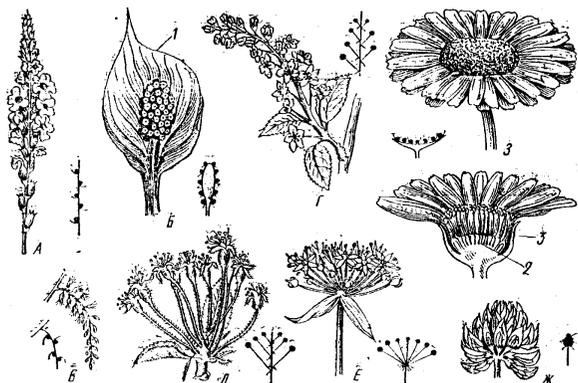


Рис. 82. Простые моноподиальные соцветия и их схемы.

А – колос (вербена – р. *Verbena*); Б - початок (белокрыльник – *Calla palustris*); В – сережка (р. *Populus*); Г – кисть (черемуха – *Rudus rasemosa*); Д – щиток (груша – *Ryrus communis*); Е – зонтик (лук – р. *Allium*); Ж – головка (клевер - р. *Trifolium*); 3 – корзинка: общий вид и продольный разрез (календула – р. *Calendula*): 1 – крыло,

2 – ложе, 3 – обертка

Моноподиальные соцветия называют сложными, если ось первого порядка несет не цветки, а простые соцветия. Цветков, расположенных на главной оси, как у простых соцветий, нет.

К сложным моноподиальным соцветиям относят следующие (рис.83): сложный колос, сложный зонтик, метелка.

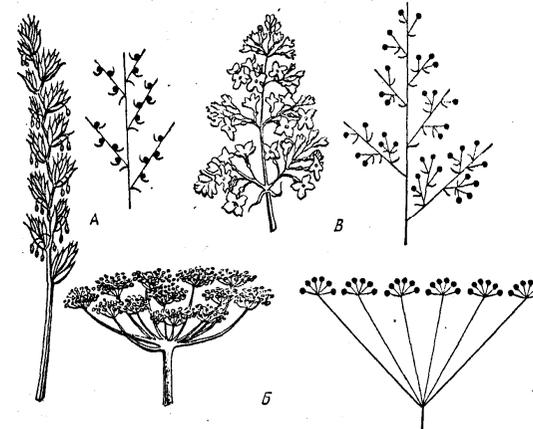


Рис. 83. Сложные моноподиальные соцветия и их схемы.

А – сложный колос (пырей – *Agropyron repens*); Б – сложный зонтик (укроп – *Anethum graveolens*); В – метелка (сирень – р. *Syringa*)

У симподиальных соцветий (цимозных, верхушечных, предельных, определенных) число ветвей определено и постоянно в рамках вида, а иногда и рода; главная ось не выражена, а образуется ложная ось, состоящая из осей различных порядков; распускание цветков происходит базипетально (от верхушки соцветия к боковым ветвям), или центробежно, если цветки расположены в одной плоскости.

Наиболее часто встречаются следующие симподиальные соцветия: монохазий, дихазий, плейохазий, или многолучевой верхушечный, ложная мутовка, пучок (рис. 84)

Кроме перечисленных соцветий имеются сложные соцветия, образованные сочетанием различных типов соцветий. Так, корзинки могут быть, собраны в щитковидную метелку (тысячелистник), простые колосья – в метелку (овес), дихазиц – в сережку (береза, ольха) и т. д.

Задания:

1. Рассмотреть и определить типы соцветий следующих растений: подорожника, черемухи, боярышника, проломника, клевера, нивянника, моркови, пшеницы, сирени, окопника, молочая, шалфея.

2. Зарисовать схемы этих соцветий.

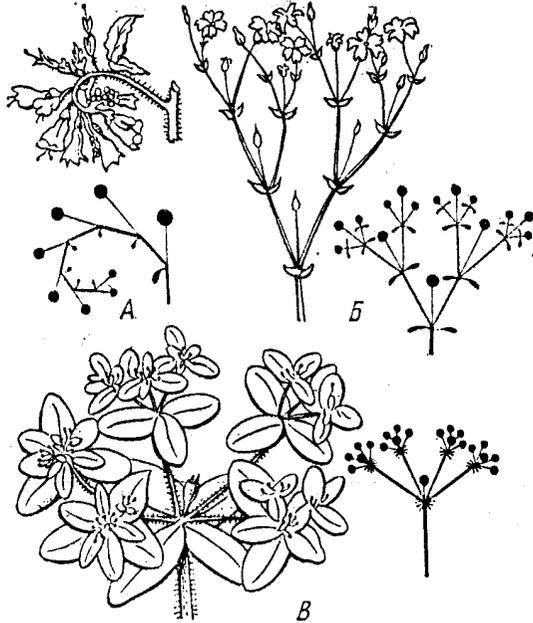


Рис. 84. Симподиальные соцветия и их схемы.

А – монохазий (завиток) (окопник – *Symphytum officinale*); Б – дихазий (ясколка – р. *Cerastium*); В – плейохазий (молочай – *Euphorbia virgata*).

Порядок работы

В качестве образца исследуют соцветие *моркови*. Сначала определяют, какое это соцветие: сложное или простое. Обращают внимание на то, что цветки сидят на осях второго порядка. Расстояние между осями второго порядка укорочены, поэтому они отходят от верхушки оси первого порядка. Расстояния между цветоножками также укорочены, и они отходят от верхушек осей второго порядка. Оси второго порядка, как и цветоножки, по длине равны между собой. При основании осей второго порядка есть прицветники, совокупность которых образует общую обертку, а при основании цветоножек - прицветнички, совокупность которых составляет частную обертку.

Таким образом, соцветие моркови можно отнести к сложным, оно представляет собой сложный зонтик.

Затем отделяют одно разветвление и внимательно изучают расположение цветков. Все они лежат в одной плоскости. Нетрудно обнаружить, что распускание цветков происходит в центростремительном направлении (от периферии к центру). Следовательно, соцветие моноподиальное.

Итак, после морфологического анализа можно сделать вывод, что у моркови соцветие сложное, моноподиальное, представляет собой сложный зонтик с хорошо выраженными общей и частными обертками.

В заключение зарисовывают схему соцветия и обозначают: оси первого и второго порядков, цветоножки, цветки, общую и частные обертки.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое соцветие?
2. Всегда ли у растений бывают соцветия? В чем преимущество растений, имеющих соцветия, перед теми, у которых цветки одиночные?
3. В чем отличие простых соцветий от сложных?
4. Как отличить симподиальные соцветия от моноподиальных?
5. На какие две группы можно разделить простые соцветия?
6. Каковы характерные признаки каждого из сложных и простых соцветий?

Тема 38. Плод. Строение и классификация плодов

Материал: свежие или законсервированные (засушенные, за- спиртованные) плоды сокирок (*Consolida regalis*), водосбора (р. *Aquilegia*), гороха (*Pisum sativum*), горчицы (р. *Sinapis*), ярутки (*Thlaspi arvense*), мака (р. *Papaver*), белены (р. *Hyosyamus*), дурмана (р. *Datura*), лецины (*Corylus avellana*), гречихи (*Fagopyrum sagittatum*), подсолнечника (*Helianthus annuus*), лютика (р. *Ranunculus*), земляники (р. *Fragaria*), пшеницы (р. *Triticum*), вяза (р. *Ulmus*), клена (р. *Acer*), редьки дикой (*Raphanus raphanistrum*), борщевика (р. *Heracleum*), томата (*Lycopersicum esculentum*) или картофеля (*Solanum tuberosum*), вишни (*Cerasus vulgaris*), малины (*Rubus idaeus*), боярышника

(р. *Crataegus*) или яблони (р. *Malus*), огурца (*Cucumis sativus*), свеклы (*Beta vulgaris*).

Общие замечания

Плод (fructus) представляет собой орган размножения, а нередко и распространения покрытосемянных растений, возникающий из цветка.

Плод образуется из гинецея в результате его изменения, происходящего после двойного оплодотворения (амфимиксиса). У некоторых растений (виноград, цитрусовые) изменению гинецея не предшествует оплодотворение яйцеклетки. Такие плоды называют *парте-нокарпическими*, они обычно не содержат семян. В образовании плода, кроме гинецея, часто принимают участие прирастающие к нему части цветка (цветоложе, основания тычинок, лепестков, чашелистиков). Иногда плод образуется из нескольких цветков или целого соцветия.

Наиболее существенная часть плода – заключенные в нем семена. Стенку плода называют *околоплодником*, (*перикарпом*). Околоплодник формируется из стенки завязи, а иногда и других частей цветка и состоит из трех слоев: *экзокарпа* (наружный слой), *мезокарпа* (средний слой), *эндокарпа* (внутренний слой) (см. рис. 88). Плод называют простым, если в его образовании принимает участие только один пестик (горох). Иногда простые плоды могут распадаться по гнездам (тмин, мальва), такие плоды называют *дробными*. Если же простые плоды разламываются по поперечным (ложным) перегородкам на односеменные членики, то их называют *членистыми* (копеечник, редька дикая). Плод, образованный несколькими пестиками одного цветка (малина, лютик), называют *сложным* (*сборным*).

Выделяют следующие группы плодов.

I. *Коробочковидные* (плоды с сухим околоплодником, многосеменные, обычно растрескивающиеся, рис. 85):

листовка (folliculus) – одногнездный плод, образованный одним плодолистиком, вскрывается по брюшному шву – линии срастания краев плодолистика (сокирки); из сложного гинецея образуется плод *сложная листовка* (водосбор, калужница);

боб (legumen) – одногнездный плод, образованный одним плодолистиком, вскрывается по брюшному и по спинному швам – двумя створками (фасоль, вика); характерен для бобовых; бобы могут быть *членистыми* (копеечник), кроме типичных бобов, бывают спирально

закрученные (люцерна), односеменные нераскрывающиеся (эспарцет); *стручок* (siliqua), *стручочек* (silicula) – двугнездный плод, образованный двумя плодолистиками, семена прикрепляются к продольной перегородке, вскрывается двумя швами; стручочек отличается от стручка соотношением длины и ширины: если у стручка длина превышает ширину в четыре и более раза (капуста), то у стручочка длина превышает ширину не более чем в два-три раза (пастушья сумка); характерны для крестоцветных; стручки могут быть *членистыми*;

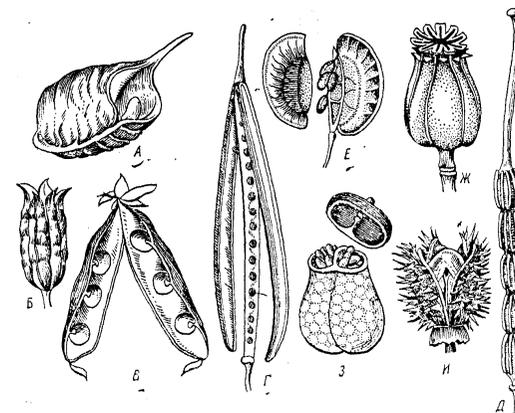


Рис. 85. Коробочковидные плоды.

A – листовка (морозник – р. *Helleborus*); Б – сложная листовка (водосбор – *Aquilegia vulgaris*); В – боб (горох – *Pisum sativum*), Г – стручок (капуста – *Brassica oleracea*); Д – членистый стручок (редька – *Raphanus raphanistrum*); Е – стручочек (ярутка – *Thlaspi arvense*); Ж – И – коробочка (Ж – мак – *Papaver rhoeas*, З – белена – *Hyoscyamus nigra*, И – дурман – *Datura stramonium*).

коробочка (capsula)– плод, образованный двумя или несколькими плодолистиками; существуют различные способы вскрывания коробочки: дырочками (мак), крышечкой (белена), зубчиками (гвоздика), створками (дурман) и т.д..

II. *Ореховидные* (плоды с сухим околоплодником, односемянные, нераскрывающиеся, рис. 86):

орех (nux), *орешек* (nucula) – околоплодник жесткий, деревянистый (лещина); орешек отличается от ореха меньшим размером (липа); из сложного гинецея образуется *сложный орешек* (лютик);

желудь (glans) – орех, у основания окруженный чашевидной плоской, образованной расширением оси, несущей цветок (дуб);

семянка (achena) – околоплодник кожистый, не срастается с околоплодником (подсолнечник);

крылатка (samara) – семянка, околоплодник которой имеет кожистый или перепончатый крыловидный вырост (вяз);

зерновка (cariopsis) – околоплодник кожистый, сросшийся с семенной кожурой (пшеница).

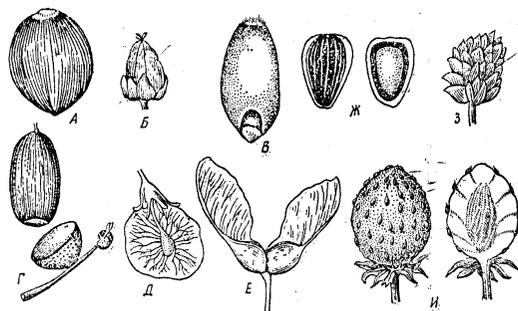


Рис. 86. Ореховидные плоды.

A – орех (лещина – *Corylus avellana*); *B* – орешник (грецехи – *Juglans regia*);

B – зерновка, (пшеница – *Triticum aestivum*); *Г* – желудь (дуб – *Quercus robur*); *Д* – крылатка (вяз – *Ulmus campestris*); *Е* – дробная крылатка (клен – *Acer platanoides*);

Ж – семянка (подсолнечник – *Helianthus annuus*); *З – И* – сложный орешек

(*З* – лютик – р. *Ranunculus*, *И* – земляника – *Fragaria vesca*)

III. *Ягодovidные* (плоды с сочным околоплодником, большей частью многосеменные, рис 87):

ягода (bacca) – весь околоплодник, за исключением тонкого экзокарпа, сочный, мясистый (виноград, картофель);

яблоко (malum) – в образовании его кроме завязи принимают участие цветоложе, нижние части тычинок, лепестков, чашелистиков (яблоня, груша, рябина);

тыквина (peponida) – образуется из нижней завязи, состоящей из трех плодолистиков; экзокарп жесткий, деревянистый, мякоть плода образована в основном разросшимися плацентами (дыня, арбуз, тыква, огурец);

гесперидий (hesperidium), или *померанец* (aurantium), – экзокарп окрашенный, с вместилищами эфирного масла; мезокарп сухой, губчатый, белый; эндокарп сочный, мясистый; характерен для цитрусовых (лимон, апельсин).

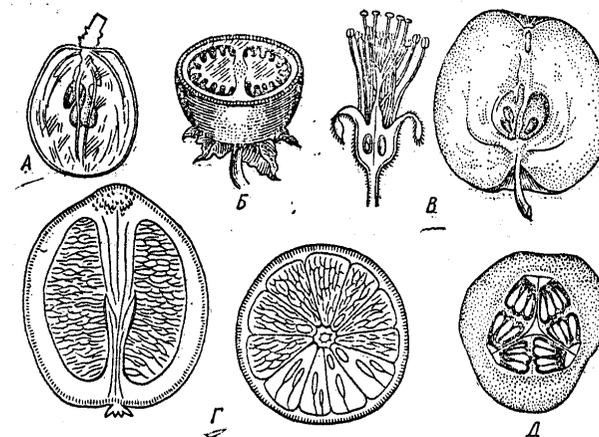


Рис. 87. Ягодovidные плоды.

A – Б – ягоды (*A* – виноград – *Vitis vinifera*, *Б* – картофель – *Solanum tuberosum*);

В – яблоко (яблоня – *Malus sylvestris*); *Г* – гесперидий (апельсин – *Citrus aurantium*);

Д – тыква (огурец – *Cucumis sativus*)

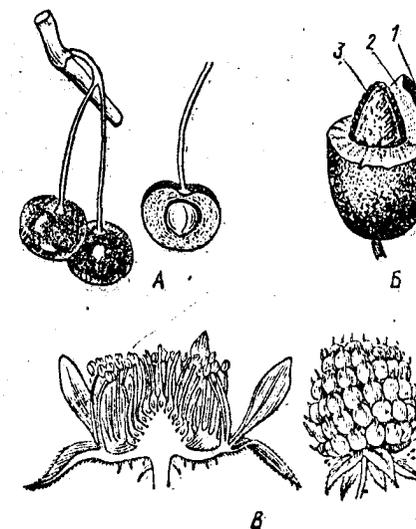


Рис. 88. Костянкovidные плоды.

A-Б – костянки (*A* – вишня – *Cerasus vulgaris*, *Б* – слива – *Prunus domestica*);

В – сложная костянка (малина – *Rubus idaeus*);

1 – экзокарп, *2* – мезокарп, *3* – эндокарп

IV. Костянковидные (плоды с деревянистым эндокарпом, чаще односеменные, рис. 88):

костянка (*drupa*) – околоплодник резко дифференцирован на тонкий экзокарп, мясистый мезокарп и более или менее толстый деревянистый эндокарп (вишня, персик, боярышник); из сложного гинецея образуется *сложная костянка* (малина); изредка бывает *сухая костянка* (миндаль).

Задания

1. Провести морфологический анализ коллекции плодов, определить, к какой группе их относят, и дать им названия.

2. Зарисовать их и обозначить.

Порядок работы

Для примера исследуют плоды, резко отличающиеся друг от друга: сокирок, картофеля и малины.

Чтобы определить тип плода, надо установить: простой плод или сложный; сочный или сухой околоплодник (если сухой, то следует также определить, раскрывающийся плод или нераскрывающийся); число семян- одно- или многосеменной плод; число плодолистиков, образующих плод (однако при наличии только плода это не всегда можно определить); число гнезд в плоде.

Рассматривая плод сокирок, нетрудно обнаружить, что он простой, так как образуется из одного пестика, с сухим околоплодником. По форме плод напоминает лист, сросшийся своими краями. Если плод зрелый, то видно, что он раскрылся как раз по месту срастания краев плодолистика, и из него высыпаются многочисленные семена. Плод раскрывают полностью с помощью скальпеля. При этом обнаруживают, что перегородок внутри нет. Следовательно, это одногнездный плод. Исходя из того, что плод одногнездный, раскрывающийся одним швом, и что форма околоплодника напоминает лист, сросшийся краями, можно сделать вывод, что плод сокирок образован одним плодолистиком.

Зарисовывают плод и дают ему краткую морфологическую характеристику: простой, многосеменной, с сухим околоплодником, образован одним плодолистиком, растрескивающийся по одному шву.

Согласно этой характеристике плод сокирок относят к группе коробочковидных и определяют, что это листовка.

При исследовании плода картофеля нетрудно обнаружить, что он также простой, но в отличие от плода сокирок его околоплодник сочный. Скальпелем делают поперечный разрез плода и рассматривают его строение. Снаружи плода находится довольно тонкий экзокарп, внутри – сочная мякоть (мезокарп и эндокарп). В мякоти расположены многочисленные семена. Плод разделен перегородкой на два гнезда. Наличие двух гнезд позволяет предположить, что он образован двумя плодолистиками.

Зарисовывают плод картофеля в поперечном разрезе и отмечают его части: экзокарп, мякоть, гнезда, семена. Дают ему краткую морфологическую характеристику: простой, многосеменной с сочным околоплодником, нераскрывающийся, двугнездный, образован двумя плодолистиками. На основе данной характеристики плод картофеля относят к группе ягодовидных и определяют, что это ягода.

Плод малины отличается от уже рассмотренных плодов тем, что состоит из многочисленных отдельных плодиков. Каждый из плодиков можно легко отделить от других. По сохранившейся чашечке видно, что этот плод возник из одного цветка, следовательно, это сложный плод, образованный из сложного гинецея. Зарисовывают внешний вид плода и обозначают чашечку, плодик.

Рассмотрев один из плодиков, определяют, что он имеет сочный околоплодник с деревянистым эндокарпом. Разбивают эндокарп, внутри находят одно семя. Зарисовывают плодик в поперечном разрезе и обозначают: экзокарп, мезокарп, эндокарп и семя. Итак, каждый плодик представляет собой костянку. На основании проведенного исследования приходят к выводу, что у малины плод сложная костянка.

Вопросы для самоконтроля

1. Из чего образуется плод?
2. Какова структура плода?
3. Из каких слоев состоит околоплодник?
4. В чем разница между простым и сложным плодами?
5. По каким признакам классифицируют плоды?
6. В чем сходство и отличие между листовкой, бобом, стручком, коробочкой?

7. В чем сходство и отличие между орехом, желудем, семянкой, крылаткой, зерновкой?

8. В чем сходство и отличие между ягодой, яблоком, тыквиной, померанцем?

9. Каковы характерные признаки костянки?

10. Какие плоды называют дробными, а какие членистыми?

11. Как классифицируют сложные плоды?

12. Из чего образуется соплодие?

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахманов Г.М., Лопатин И.К., Исмаилов Ш.И. Основы зоологии и зоогеографии. – М., 2001. – 496 с.
2. Беклемешев В.Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. – М., 1964. – Т. 1, 2.
3. Биология. В 2 кн. Учеб. для медиц. Спец. Вузов /Под. ред. Ярыгина В.Н. – М, 2004. Шарова И.Х., Абдурахманов Г.М., Матвеева И.Г. Зоология беспозвоночных. Методическое пособие по индивидуальной работе студентов биологических и географических специальностей. М., 1993.
4. Васильев А.Е., Воронин Н.С., Еленевский А.Т., Серебрякова Т.И., Шурина Н.И. Ботаника: Анатомия и морфология растений. – М., 1988.
5. Гершкович И. Генетика. М.: Наука, 1968.
6. Догель В.А. Зоология беспозвоночных. – М., 1981.
7. Еленевский А.Г., Соловьева М.П., Тихомиров В.Н. Ботаника высших или наземных растений. М., 2000.
8. Животные /Пер с англ. М.Я. Беньковской и др. – М.: ООО «Изд-во Астрель»: ООО «Издат-во АСТ», 2002.
9. Журбин А.И. Ботаника с основами общей биологии. – М., 1968.
10. Иванов А.В., Полянский Ю.И., Стрелков А.А. Большой практикум по зоологии беспозвоночных. Учебное пособие. – М., 1981.
11. Карташев Н.Н., Соколов В.Е., Шилов И.А. Практикум по зоологии позвоночных. – М., 1981.
12. Курс низших растений /Под ред. Горленко М.В. – М., 1981.
13. Лабораторный практикум по зоологии позвоночных: Учебн. пособие для студентов высш. пед. учебн. заведений /Под ред. Константинова В.М. – М.: Изд-во «Академия», 2004.
14. Лопатин И.К. Общая зоология. – Минск, 1983.
15. Максимов Г.В., Степанов В.И., Василенко В.Н. Сборник задач по генетике: Учебное пособие. - М., 2001.
16. Практикум по физиологии растений: Учеб. Пособие для студ. Высш. Пед. учеб. Заведений /Под ред Иванова В.Б. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.
17. Татаюк В.Х. Анатомия и морфология растений. – М., 1972.
18. Федоров А.А., Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений: Цветок. – Л., 1975; Соцветие. – 1979; Плод. – 1989.
19. Федоров А.А., Кирпичников М.Э., Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений: Лист. – М.; Л., 1956; Стебель и корень. – 1962.
20. Фролов Е.Н., Щербина Т.В., Михина Т.Н. Практикум по зоологии беспозвоночных. – М, 1985.

21. Хржановский В.Г., Понаморенко С.Ф. Практикум по курсу общей ботаники.– М, 1989.
22. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004.
23. Шарова И.Х. Зоология позвоночных. – М., 1999.

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО БИОЛОГИИ
(Учебное пособие)**

**Абдурахманов Гайирбег Магомедович,
Гасангаджиева Азиза Гусейновна,
Бекшокова Патимат Асадуламагомедовна,
Солтанмурадова Зарема Имамутдиновна,
Нахибашева Гюльнара Маммаевна**

Рецензент:

Зам. директора Прикаспийского института биологических
ресурсов Дагестанского научного центра Российской академии
наук, доктор биологических наук, профессор,
член-корреспондент РАН – **М.Д. Магомедов**

Ответственный редактор **Гасангаджиева А. Г.**

Подписано в печать 25.05.2021.
Формат 60x84¹/₁₆. Гарнитура «Times».
Печать ризографная. Усл. п. л. 13,5. Уч.-изд.л. 8,4
Тираж 200. Заказ № 0059.