

О.-Я. Л. Бекиш

Н.С. Гурина

**ПОСОБИЕ  
ПО  
БИОЛОГИИ  
для  
abitуриентов  
медицинских  
институтов**

О.-Я. Л. Бекиш  
Н. С. Гурина

ПОСОБИЕ  
ПО БИОЛОГИИ  
для  
абитуриентов  
медицинских  
институтов

МИНСК  
«ВЫШЭЙШАЯ ШКОЛА»  
1991

ББК 28  
Б 42  
УДК 57(075.4)

Р е ц е н з е н т ы: кафедра биологии Гродненского медицинского института (зав. кафедрой доцент В. П. Андреев); Б. П. Савицкий, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой зоологии и охраны природы Гомельского государственного университета

**Бекиш О.-Я. Л., Гурина Н. С.**

**Б 42** Пособие по биологии для абитуриентов медицинских институтов.—Мн., Выш. шк.: 1991.—383 с.: ил.

ISBN 5-339-00398-1.

Рассматриваются вопросы общей биологии (цитология, размножение и развитие, генетика и селекция, эволюционное учение, экология), ботаники, зоологии и анатомии. Большое внимание уделяется медицинским аспектам рассматриваемых разделов, эндокринной и другим системам человека.

Для абитуриентов медицинских институтов. Может быть использовано абитуриентами педагогических, сельскохозяйственных и других вузов.

Б 4306020110—031  
Б \_\_\_\_\_ 82—91  
М304(03)—91

ББК 28

ISBN 5-339-00398-1

© О.-Я. Л. Бекиш, Н. С. Гурина, 1991

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из основных задач, стоящих перед высшей школой, является подготовка высококвалифицированных кадров. С каждым годом растет число выпускников средних школ и училищ, решивших посвятить себя профессии врача, провизора, агронома, биолога.

Важным резервом пополнения студенчества является профицированная молодежь — санитарки, средний медицинский персонал, рабочие, колхозники, имеющие производственный стаж и жизненный опыт. Однако основной критерий приема в вузы — образовательный уровень абитуриентов, что и обусловило необходимость создания данного пособия.

Настоящее пособие написано в соответствии с программой по биологии для поступающих в высшие учебные заведения, утвержденной Государственным комитетом СССР по народному образованию (1990). При написании пособия авторы использовали многолетний опыт преподавания биологии в Витебском ордена Дружбы народов медицинском институте на подготовительном отделении и приема вступительных экзаменов у абитуриентов.

В целях формирования целостного представления об изучаемом предмете предложена отличающаяся от школьной последовательность изложения материала: сначала даны общие фундаментальные вопросы биологии (основы цитологии, размножения, индивидуального развития, генетики, эволюционного учения, селекции и экологии), а затем освещены современные представления о строении и функциях бактерий, грибов, лишайников, растений, животных и человека, которые раскрыты на базе знания общих закономерностей жизни. Такой порядок изложения материала методически оправдан, поскольку абитуриенты приступают к изучению конкретного материала после изучения общебиологических закономерностей и рассматривают особенности строения групп растений, животных и человека как результат эволюции.

Главы пособия разбиты на параграфы, в которых логически взаимосвязанно даны ответы на вопросы соответствующего раздела программы. В конце глав приведены вопросы, ситуационные задачи для самоконтроля, направленные на развитие умения оперировать знаниями из различных разделов биологии. Кроме того, пособие снабжено кратким словарем основных биологических терминов и понятий, сведениями об ученых-биологах, указателем терминов и списком рекомендуемой дополнительной литературы.

Задача данного пособия — помочь абитуриенту разобраться в наиболее важных вопросах программы и, не дублируя школьные учебники, разъяснить материал в соответствии с требованиями, предъявляемыми на вступительных экзаменах. По более простым вопросам, четко изложенным в школьных учебниках, авторы сочли возможным ограничиться краткими указаниями, поэтому пособие не подменяет, а лишь дополняет школьные учебники. Оно преподносит излагаемый материал в более сжатой форме, уделяя особое внимание формированию диалектико-материалистического мировоззрения будущего студента. Учитывая, что пособие предназначено прежде всего абитуриентам медицинских институтов, авторы стремились максимально подчеркнуть медицинские аспекты рассматриваемых вопросов.

Разделы пособия «Общая биология», «Человек и его здоровье», краткие сведения об ученых-биологах написали авторы совместно, «Растения» — Н. С. Гурина, «Животные», краткий словарь биологических терминов — О.-Я. Л. Бекиш.

Авторы выражают глубокую благодарность коллективу кафедры биологии Гродненского медицинского института (заведующий кафедрой доцент В. П. Андреев) и коллективу кафедры зоологии и охраны природы Гомельского государственного университета (заведующий кафедрой профессор Б. П. Савицкий) за рецензирование рукописи и сделанные полезные советы и замечания, которые учтены при подготовке пособия.

О.-Я. Л. Бекиш

## **Раздел первый. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ**

Биология — наука о живой природе, изучающая жизнь как особую форму материи, законы ее существования и развития. Предметом биологии являются живые организмы, а также природные сообщества, их связи друг с другом и с неживой природой.

Биология представляет собой комплекс дисциплин, объединенных общностью задач и направленных на познание сущности жизни и закономерностей ее проявления. Основу этого комплекса составляют общебиологические дисциплины, изучающие фундаментальные свойства живого (цитология, генетика, эволюционное учение); морфологические дисциплины, описывающие строение растительных и животных организмов (анатомия, гистология); физиологические, исследующие функции живых существ (физиология клетки, растений, животных и человека); экологические, характеризующие образ жизни животных и растений и их взаимоотношения с условиями среды (экология, биогеография, биогеоценология); пограничные дисциплины, изучающие состав и структуру тканей и клеток на стыке смежных наук (биохимия, биофизика, радиобиология, космическая биология, молекулярная биология).

По мере развития биологии накапливаемый фактический материал систематизируется и в зависимости от мировоззрения ученого создаются гипотезы и теории, делаются соответствующие выводы. Как известно, ученые с древнейших времен разделились на идеалистов и материалистов. Идеалисты считают, что материя является рождением сознания, всемирного разума. В этом прослеживается связь идеализма с религией, благодаря чему идеалисты находят поддержку у реакционных классов и духовенства. Материалисты же утверждают, что природа существует объективно, независимо от сознания человека, которое является продуктом материи (мозга) и общественного развития.

Познание сущности жизни — одна из основных проб-

лем биологии, по которой четко разграничиваются взгляды идеалистов и материалистов. Жизнь возникла из неживого в процессе эволюции нашей планеты на определенном этапе ее развития. Жизнь существует в форме открытых биологических систем различной степени сложности. В зависимости от сложности структуры различают следующие уровни организации биологических систем.

1. Молекулярно-генетический (элементарными структурами служат коды наследственной информации, которые передаются из поколения в поколение, элементарными явлениями — воспроизведение этих кодов).

2. Клеточный (элементарными структурами служат клетки, элементарными явлениями — их деление).

3. Тканевой или органный (к элементарным структурам относятся ткани или органы, к элементарным явлениям — их функции).

4. Организменный (элементарными структурами служат организмы, элементарными явлениями — их индивидуальное развитие и дифференцировка).

5. Популяционно-видовой (элементарными структурами являются популяции, элементарными явлениями — направленное изменение их генетического состава).

6. Биосферно-биогеоценотический (элементарными структурами служат биогеоценозы, элементарными явлениями — переходы биоценозов из одного состояния в другое).

Фундаментальными свойствами живого являются самообновление, самовоспроизведение и саморегуляция. Они обусловливают основные признаки жизни — обмен веществ и энергии, размножение, индивидуальное развитие, наследственность и изменчивость, дискретность и целостность, гомеостаз.

Вся живая природа делится на два надцарства: Дядерные организмы (Прокариоты) и Ядерные (Эукариоты). К прокариотам относятся два царства — Бактерии и Синезеленые водоросли, к эукариотам три царства — Животные, Грибы, Растения.

Благодаря достигнутым успехам биология стала лидером естественных наук, оказывает огромное влияние на применение научных знаний и биологических методов в производстве, особенно в медицине и сельском хозяйстве. На современном этапе важную роль в биосфере играют не сложившиеся естественные биогеоценозы, а создаваемые человеком агроценозы. Последние должны обеспе-

чить человечество продуктами питания и поддерживать круговорот веществ, который сохранит атмосферу, гидросферу и почву в состоянии, позволяющем людям существовать на Земле. Знание законов генетики и селекции, а также физиологических особенностей культурных и диких видов растений и животных способствует совершенствованию методов их разведения, выведению более продуктивных сортов и пород.

Биология имеет большое значение и для медицины, являясь ее теоретической основой. Например, селекция микроорганизмов позволяет получать ферменты, витамины, гормоны, необходимые для лечения ряда заболеваний. Развитие генной инженерии открывает широкие перспективы для биотехнологии биологически активных соединений и лекарственных веществ. Познание закономерностей размножения и распространения болезнетворных вирусов, бактерий, простейших, червей необходимо для борьбы с инфекционными и паразитарными заболеваниями человека и животных.

## Глава 1. ОСНОВЫ ЦИТОЛОГИИ

Цитология — наука о клетке. Предмет цитологии составляют клетки одноклеточных (бактерии, простейшие, водоросли, грибы), а также многоклеточных (животные и растения) организмов.

В задачи цитологии входит изучение строения и функций клеток, их химического состава, взаимосвязи друг с другом в многоклеточном организме, размножения и развития клеток, приспособления их к условиям окружающей среды. Для решения этих задач в цитологии используют различные методы.

Микроскопический метод позволяет познать тонкую структуру клетки с помощью микроскопов (светового, фазово-контрастного, люминесцентного, ультрафиолетового). При помощи метода электронной микроскопии (объект рассматривается в потоке электронов) можно изучить ультратонкое строение клеточных органоидов, увидеть даже некоторые крупные молекулы и их агрегаты. Для изучения происходящих в клетке биохимических процессов широко используются методы гистохимии, основанные на избирательном действии реагентов и красителей на определенные химические вещества цитоплазмы. Метод дифференциального центрифугирования позволяет

детально исследовать химический состав органоидов клетки после их разделения с помощью центрифуги. *Метод рентгеноструктурного анализа* дает возможность определять пространственное расположение и физические свойства молекул, входящих в состав клеточных структур. *Методом авторадиографии*, основанным на введении в клетку меченых радиоактивных атомов, можно изучить жизненный цикл клетки. Многие процессы жизнедеятельности, в частности деление клетки, наблюдают с помощью *метода замедленной киносъемки*.

Цитология занимает центральное место в ряду биологических дисциплин и тесно связана с ботаникой, зоологией, анатомией, молекулярной биологией, эволюционным учением, экологией и другими науками.

Открытие клетки связано с именами великих ученых-микроскопистов: Р. Гук (1635—1703) и Н. Грю (1641—1712) описали клеточное строение многих растительных объектов; М. Мальпиги (1628—1694) установил микроскопическое строение некоторых тканей и органов животных и человека; А. Левенгук (1632—1723) впервые наблюдал ряд простейших, сперматозоиды, бактерии, эритроциты. Однако естествоиспытатели 17—18 вв. считали, что главная роль в жизнедеятельности клетки принадлежит оболочке. Лишь в 1825 г. Я. Пуркине (1787—1869) обнаружил в курином яйце ядро, расположенное в полужидком веществе — протоплазме. В 1831 г. Р. Броун (1773—1858) впервые описал ядро растительной клетки. В 1837 г. М. Шлейден (1804—1881) пришел к выводу, что ядро — важнейшая составная часть клетки. Результатом всех этих работ явилось создание клеточной теории, которую сформулировал в 1839 г. немецкий физиолог и цитолог Т. Шванн (1810—1882). Он пришел к следующим выводам, сохраняющим свое значение и в настоящее время: клетка — главная структурная единица растительных и животных организмов; процесс образования клеток обусловливает их рост и развитие.

Совершенствование микроскопической техники способствовало дальнейшему развитию клеточной теории. Так, в 1858 г. немецкий ученый Р. Вирхов (1821—1902) установил, что клетки размножаются путем деления. Русский естествоиспытатель К. М. Бэр (1792—1876) открыл яйце-клетку млекопитающих и обнаружил, что все многоклеточные организмы начинают свое развитие из одной клетки — зиготы. Изучая деление клетки, И. Д. Чистяков (1874) и И. Э. Страсбургер (1875) открыли митоз,

В. И. Беляев (1894) описал мейоз, С. Г. Навашин (1898) — двойное оплодотворение у цветковых.

Развитие электронной микроскопии положило начало изучению ультраструктуры клетки. Клеточная теория была дополнена новыми данными.

В основе *современной клеточной теории* лежат следующие положения: 1) клетка — основная единица строения и развития всех живых организмов, наименьшая единица живого; 2) клетки одноклеточных и многоклеточных организмов сходны по строению, химическому составу и важнейшим проявлениям жизнедеятельности; 3) размножение клеток происходит путем деления исходной (материнской) клетки; 4) клетки многоклеточных организмов специализированы по функциям и образуют ткани; 5) клетки специализированных тканей формируют органы

### Строение и функции клетки

Клетка представляет собой целостную живую систему, в которой различают оболочку, цитоплазму и ядро (рис 1)

Оболочка растительных клеток состоит из целлюлозы и в зависимости от их функций может подвер-

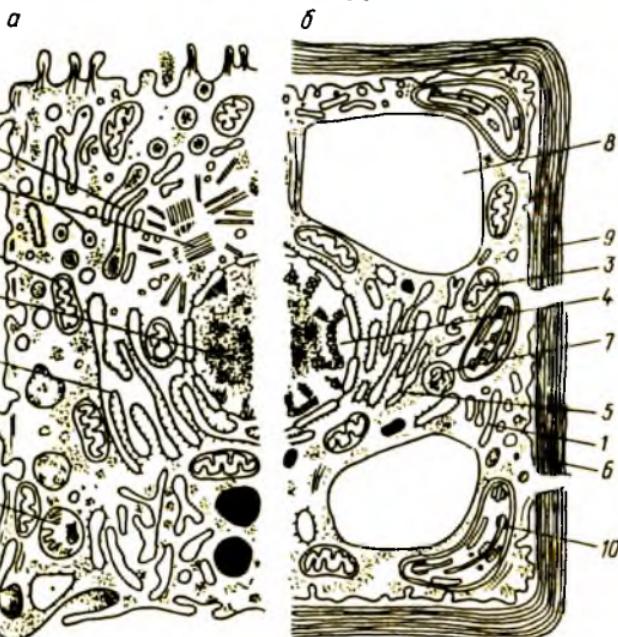


Рис 1. Строение животной (а) и растительной (б) клеток.

1 — комплекс Гольджи; 2 — клеточный центр; 3 — митохондрии; 4 — ядро; 5 — эндоплазматическая сеть; 6 — плазмалемма; 7 — лизосомы; 8 — вакуоль; 9 — оболочка; 10 — хлоропласты

гаться одревеснению, опробкованию, минерализации, кутинизации. Она пронизана порами, через которые проходят тяжи цитоплазмы — *плазмодесмы*, обеспечивающие связь клеток друг с другом. Оболочка образуется в результате деятельности органоидов цитоплазмы, в основном комплекса Гольджи. У клеток животных организмов оболочки обычно нет или она имеет иное строение.

Цитоплазма состоит из плазмалеммы, гиалоплазмы, органоидов и включений.

Плазмалемма (элементарная биологическая мембрана) содержит три слоя: наружный и внутренний — белковые и расположенный между ними липидный слой, представленный двумя рядами фосфолипидных молекул (рис. 2). Белковые слои могут смыкаться и образовывать особые гидрофильные поры, через которые проходят водорастворимые вещества в виде ионов. Сложные нерастворимые молекулы белков, витаминов, липидов проникают через специальные ферментативные поры мембраны. Это осуществляется следующим образом: ферменты, синтезированные клеткой и встроенные в мембрану, связывают и проводят в цитоплазму только необходимые ей вещества. Плазмалемма имеет волнистую, складчатую поверхность, что увеличивает площадь ее всасывания. Она выполняет несколько важных функций: регулирует обмен веществ и энергии между клеткой и внешней средой, воспринимает и преобразует внешние сигналы (химические, звуковые, механические и т. п.), осуществляет поглощение твердых инородных частиц (фагоцитоз) и капелек жидкости (пиноцитоз).

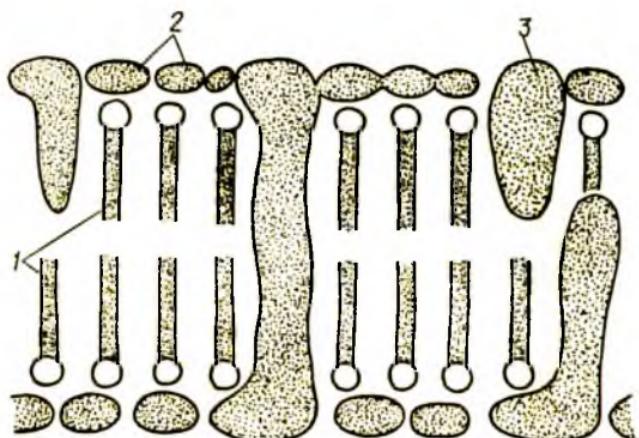


Рис. 2. Строение клеточной мембраны:  
1 — липидный слой; 2 — белковый слой; 3 — белок-фермент

*Гиалоплазма* — гетерогенный коллоидный раствор, обеспечивающий взаимосвязь всех органоидов клетки и процессы ее жизнедеятельности. Коллоидность гиалоплазмы характеризуется двумя состояниями: разжиженным — золь, плотным — гель, причем возможны золь — гель переходы в зависимости от условий жизнедеятельности. Гиалоплазма обеспечивает клетке вязкость, эластичность, сократимость, внутреннее движение. В ней располагаются *микротрубочки* — особые белковые структуры, выполняющие опорную функцию клетки.

*Органоиды* — специализированные постоянные компоненты цитоплазмы, которые обладают определенным строением и выполняют ту или иную функцию в жизнедеятельности клетки. Делятся на две группы: *органоиды общего назначения* (митохондрии, комплекс Гольджи, пластиды, клеточный центр, вакуоли, эндоплазматическая сеть, рибосомы, лизосомы) и *органоиды специального назначения* (реснички, жгутики, нейрофибриллы, миофибриллы и др.).

*Митохондрии* — небольшие, шаровидной или удлиненной формы тельца, размером 0,2—7,0 мкм. Они состоят из двух мембран — наружной гладкой и внутренней, образующей выступы (кристы), простирающиеся вглубь матрикса. Последний представляет собой гранулы, в которых накапливаются ионы кальция и магния, гликоген, ферменты, катализирующие энергетический обмен и синтез аденоинтрифосфорной кислоты (АТФ). В матриксе содержатся митохондриальные дезоксирибонуклеиновая (ДНК) и рибонуклеиновая (РНК) кислоты, обусловливающие размножение митохондрий при делении клетки. Главная функция митохондрий заключается в окислении органических соединений и накоплении энергии в форме молекул АТФ.

*Комплекс*, или *аппарат Гольджи* — клеточный органоид, структурно-функциональной единицей которого является диктиосома (5—20 уплощенных мембранных мешочек, образующих по периферии вздутия — каналы). Назван по имени итальянского ученого К. Гольджи (1844—1926). Основная функция комплекса Гольджи сводится к концентрации и уплотнению продуктов внутриклеточной секреции и веществ, поступающих извне и предназначенных для выделения из клетки.

*Пластиды* — органоиды, характерные только для растительных клеток. Подразделяются на три основных типа — хлоропласти, хромопласти и лейкопласти, каж-

дый из которых при определенных условиях может превращаться в другой.

**Хлоропласти** — зеленые пластиды, цвет их обусловлен пигментом хлорофиллом. Благодаря хлорофиллу зеленые растения используют световую энергию, с помощью которой синтезируют органические вещества из неорганических. Хлоропласти имеют оболочку, состоящую из двух мембран. Последние окружают тело пластид (*строма*), в котором располагаются *граны* — стопочки слоев хлорофилла, разделенных мембранами. На мембранах гран протекает световая фаза фотосинтеза, а на мембранах стромы — темновая. У низших растений функцию хлоропластов выполняют хроматофоры, форма которых очень изменчива (звездчатая, лентовидная, сетчатая и др.). У высших растений пластиды линзообразной формы, диаметр их в среднем равен 4—6 мкм. В состав хлоропластов входят белки, жиры, хлорофилл, небольшое количество ДНК и РНК и некоторые другие вещества.

**Хромопласти** — окрашенные пластиды. Цвет их обусловлен наличием оранжево-желтого (каротин), желтого (ксантофилл) или красного (ликопин) пигментов. Форма хромопластов у разных видов растений различна — палочковидная, округлая, серповидная. Хромопласти принимают участие в фотосинтезе и определяют окраску плодов, корнеплодов, листьев.

**Лейкопласти** — бесцветные пластиды, лишенные пигментов. По форме и размерам они сходны с хлоропластами; содержатся в корнях. В них накапливаются запасные питательные вещества — крахмал, белки, жиры.

**Клеточный центр**, или **центросома**, — органоид, характерный для клеток животных и низших растений. Состоит из центриолей, имеющих вид полого цилиндра диаметром около 150 мкм и длиной 300—500 мкм. Клеточный центр участвует в делении клетки.

**Вакуоли** — полости в цитоплазме растительных клеток, простейших, ограниченные мембраной. Они образуются из пузырьков комплекса Гольджи, расширений эндоплазматической сети, из наружной клеточной мембранны. Вакуоли растительных клеток заполнены клеточным соком, содержащим 90—95 % воды, простые белки, моно- и дисахариды, витамины, пигменты, органические кислоты, гликозиды, дубильные вещества и др. В вакуолях клеток простейших содержатся пищеварительные ферменты, вода, минеральные соли. В зависимости от выполняемых функций вакуоли бывают пищеварительные и сократи-

тельные (выделительные). Вакуоли поддерживают осмотическое давление клеток и участвуют в осморегуляции.

**Эндоплазматическая сеть** — органоид, пронизывающий всю цитоплазму и связывающий все органоиды друг с другом, а также с ядром и плазмалеммой. Представляет собой систему каналов, полостей, цистерн, стенкой которых является мембрана с гладкой или шероховатой поверхностью. На гладкой поверхности располагаются ферменты, обеспечивающие синтез жиров и углеводов, на шероховатой — рибосомы (одиночные или группы — полисомы), обеспечивающие синтез белка. Эндоплазматическая сеть образуется из ядерной оболочки или из складок плазмалеммы.

**Рибосомы** — частицы сложной формы диаметром около 20 нм, состоящие из рибосомной РНК (рРНК) и белка. Они располагаются на шероховатой поверхности эндоплазматической сети, иногда — в цитоплазме. Рибосомы образуются за счет деятельности ядрышка и поступают в цитоплазму. Одна молекула информационной РНК (иРНК) может объединять несколько рибосом в полисому. Рибосомы участвуют в биосинтезе белка.

**Лизосомы** — мелкие овальные образования, ограниченные мембраной. Они образуются в расширениях эндоплазматической сети и в комплексе Гольджи, где заполняются гидролитическими ферментами, а затем обособляются и поступают в цитоплазму. В обычных условиях лизосомы переваривают частицы, которые попадают в клетку путем фагоцитоза, а также органоиды отмирающих клеток. Продукты лизиса выводятся через мембрану лизосомы в цитоплазму, где включаются в состав новых молекул. При разрыве лизосомной мембраны ферменты поступают в цитоплазму и переваривают ее содержимое, вызывая гибель клетки.

**Включения** — временные компоненты цитоплазмы, формирующиеся в клетке в определенные периоды ее жизнедеятельности. Различают трофические, секреторные и экскреторные включения. Трофические включения представлены запасными питательными веществами (крахмальные и белковые зерна, капли жира — в растительных клетках, гликоген и жир — в животных клетках). Секреторные включения — продукты жизнедеятельности железистых клеток (гормоны, ферменты, секреты). Экскреторные включения представлены конечными продуктами обмена растительных и животных клеток (кристаллы оксалата кальция, гипса, мочевой кислоты и др.).

Ядро — обязательная часть клетки одноклеточных и всех многоклеточных организмов. Типичного четко обособленного ядра не найдено только у бактерий и синезеленых водорослей. Большинство клеток имеет одно ядро, некоторые же — много ядер (клетки плесневого гриба мукура, костного мозга, печени).

Формы и размеры ядра в основном определяются формой и размерами клетки: в шаровидных клетках оно чаще всего округлое, в удлиненных — продолговатое. Ядро обычно располагается в центре клетки, иногда — на периферии. Так, в молодых клетках кожи лука оно находится в центре, а у старых — смешено к оболочке. По внешнему виду ядро представляет собой гомогенное или сетчатое тельце, четко отграниченное от цитоплазмы тонкой ядерной оболочкой (кариолемма) с мельчайшими порами. *Кариолемма* состоит из двух мембран, между которыми находится цитоплазматический матрикс. Наружная мембрана связана с каналами эндоплазматической сети. Ядерная оболочка контролирует обмен веществ между ядром и цитоплазмой. Содержимое ядра представлено ядерным соком и погруженными в него оформленными элементами (хроматином, ядрышками).

*Ядерный сок (кариоплазма)* по физическому и химическому составу аналогичен гиалоплазме, но отличается большим содержанием белков и нуклеиновых кислот.

*Хроматин* — структурный компонент ядра в период интерфазы, образованный сетью тонких нитей или гранул, представляющих собой комплексы ДНК с белком (дезоксирибонуклеопротеиды).

При делении клетки хроматиновые нити образуют *хромосомы* — основные структурные и функциональные элементы ядра клеток, являющиеся носителями генов. Последние определяют наследственные свойства клеток и организма в целом. Каждая хромосома состоит из двух продольных копий — *хроматид*, соединенных в области центромеры или первичной перетяжки. Центромера представляет собой неспециализированный участок хромосомы, к которому прикрепляются нити веретена деления. Первичная перетяжка делит хромосому на два плеча. В зависимости от расположения перетяжки различают три типа хромосом (рис. 3): палочкообразные (одно плечо очень длинное, другое — значительно короче), неравноплечие (одно плечо несколько длиннее другого) и равноплечие (плечи равной длины). Иногда в хромосоме может образоваться и вторичная перетяжка. Хромосомы

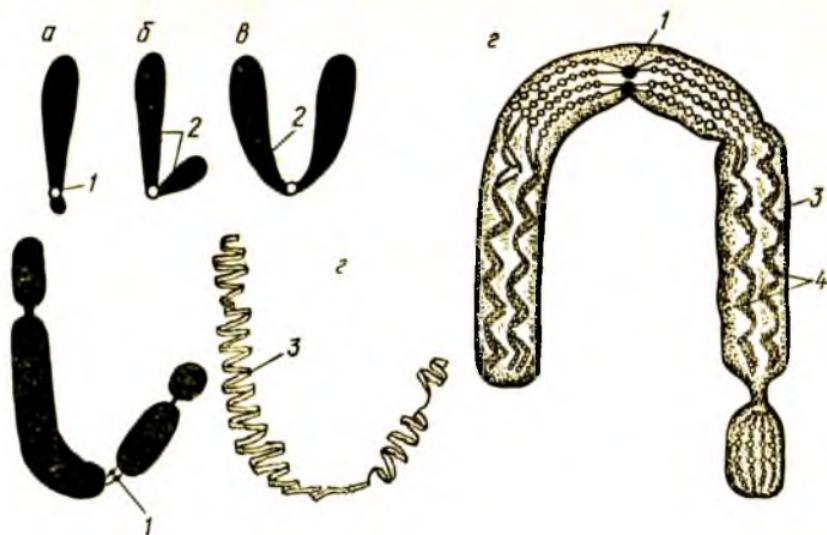


Рис. 3. Строение хромосом:

а — палочкообразная; б — неравноплечая; в — равноплечая; г — тонкое строение хромосомы: 1 — центромера; 2 — плечи хромосом; 3 — спирально закрученная нить ДНК; 4 — хроматиды

способны к самовоспроизведению, обладают структурной и функциональной индивидуальностью и сохраняют ее в ряду поколений.

Во всех соматических клетках любого организма содержится определенное число хромосом, причем оно строго постоянно для клеток каждого вида. Так, в клетках тела домашней мухи их 12, дрозофилы — 8, кукурузы — 20, человека — 46, шимпанзе, таракана и перца — по 48. Следует подчеркнуть, что число хромосом в соматических клетках всегда парное — диплоидное ( $2n$ ), поскольку они образуются в результате слияния двух половых клеток, имеющих одинарный — гаплоидный ( $n$ ) набор хромосом. Число хромосом не зависит от уровня организации того или иного вида, не всегда указывает на филогенетическое родство и не служит видоспецифическим признаком.

Совокупность данных о числе, форме и размерах делящихся хромосом соматической клетки организма конкретного биологического вида представляет его *кариотип*.

*Ядрышки* — тельца шаровидной формы, не имеющие мембранны и непосредственно контактирующие с ядерным соком. Представляют собой клубочки нитей деспирализованной РНК, погруженные в аморфный матрикс. Состоят в основном из комплексов РНК с белками (рибонуклеопротеиды). Ядрышки участвуют в синтезе рРНК.

## Химическая организация клетки

По химическому составу и строению клетки растительных и животных организмов очень сходны, что свидетельствует о единстве их происхождения. В клетках живых организмов обнаружено около 90 элементов Периодической системы Д. И. Менделеева. Они подразделяются на три группы: макроэлементы (кислород, углерод, водород, азот, составляющие в сумме 98 % содержимого клетки), микроэлементы (магний, натрий, железо, калий, кальций, сера, фосфор, хлор; на их долю приходится 1,9 %) и ультрамикроэлементы (цинк, медь, йод, фтор, бром, золото, серебро, алюминий и другие — менее 0,1 %). Все эти элементы входят в состав органических и неорганических веществ живого организма.

Неорганические вещества в клетке представлены водой и минеральными солями.

Содержание воды в организме колеблется в пределах 40—95 % и зависит от физиологической активности клетки. Эта вода может находиться в двух формах — связанный (4—5 %) и свободной (около 95 %). Первая образуется вследствие формирования водородных связей воды с молекулами белка, когда вокруг белковых молекул образуются водные (сольватные) оболочки, которые препятствуют агрегации белковых молекул. Свободная вода играет роль универсального растворителя — в ней растворяются соли, белки, углеводы и т. д.

По отношению к воде вещества делятся на гидрофильные, или растворимые (минеральные соли, щелочи, кислоты, простые углеводы, спирты и др.), и гидрофобные, или нерастворимые (крахмал, жиры, целлюлоза и др.). Кроме воды, растворителями в клетке могут быть жиры, спирты, благодаря которым в нее поступают жирорастворимые витамины (A, D, E и др.).

Вода — активный участник химических реакций в клетке. Она необходима также для удаления из клетки жидких продуктов обмена. Как физическое вещество вода обладает высокой теплоемкостью, теплопроводностью, благодаря этому цитоплазма клеток и организм в целом предохраняются от перегревания.

Интенсивность обмена веществ в клетке находится в прямой зависимости от количества в ней воды. Например, в органах с интенсивным обменом веществ (мозг, печень, почки, мышцы) вода составляет 70—80 %. При снижении интенсивности обмена веществ вследствие ста-

рения клеток организма или при анабиозе содержание воды в клетках уменьшается.

*Минеральные соли* необходимы для нормальной жизнедеятельности клетки. В цитоплазме в диссоциированном состоянии находятся хлориды натрия, калия, кальция и магния, а также углекислые соли натрия, калия, кальция; соли азотной, серной и фосфорной кислот. Минеральные соли поддерживают кислотно-щелочное равновесие цитоплазмы и напряженность (тургор) клеточных оболочек, влияют на возбудимость нервной и мышечной тканей, активируют ферменты. Фосфорные и углекислые соли кальция входят в состав костей позвоночных, раковин моллюсков, наружного скелета ракообразных. Повышение уровня калия в организме оказывает токсическое воздействие на сердечную и другие мышцы. При недостатке же калия в клетках нарушается функция ряда органов.

Соли калия, натрия, кальция влияют на проницаемость мембран клеток и на уровень воды в тканях.

К органическим веществам клетки относятся белки, углеводы, жиры, нуклеиновые кислоты, АТФ.

*Белки* — высокомолекулярные органические соединения, состоящие из остатков аминокислот. Молекулярная масса белков колеблется от 10 000 до многих миллионов единиц. Различают простые (альбумины, глобулины, гистоны) и сложные белки, представляющие соединения белка с углеводами (гликопротеиды), жирами (липопротеиды) и нуклеиновыми кислотами (нуклеопротеиды).

Аминокислоты являются структурными единицами белков. Каждая аминокислота состоит из углеводородного радикала и соединенных с ним карбоксильной группы ( $-\text{COOH}$ ) и аминогруппы ( $-\text{NH}_2$ ). Поэтому аминокислоты обладают одновременно кислотными и щелочными свойствами. С помощью пептидных связей ( $-\text{CO}-\text{H}-$ ) аминокислоты соединяются друг с другом в полипептидную цепочку, в результате чего освобождается вода. Соединения двух аминокислот называются дипептидом, трех — трипептидом, нескольких десятков и сотен аминокислот — полипептидом. Из последних образуется белковая молекула. Она, как правило, состоит из нескольких полипептидов. Белки разных организмов содержат по 20 различных аминокислот и отличаются друг от друга их чередованием и частотой встречаемости в полипептидной цепи.

В зависимости от пространственной конфигурации

полипептидных цепей различают первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуры белковой молекулы. Первичная структура — это последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи. Она специфична для каждого белка, определяет все его свойства и функции, кодируется генетической информацией ДНК. Вторичная структура обусловливается водородными связями, возникающими между двумя пептидными группами одной (спиральная конфигурация) или двух (складчатая конфигурация) полипептидных цепей. Вторичная структура характерна для фибрillлярных белков (фибронектина, коллагена, фиброна шелка). Третичная структура формируется вследствие превращения спиральных и неспиральных участков полипептидной цепи в трехмерное образование шаровидной формы (*глобула*). Это происходит в результате возникновения между боковыми цепями аминокислот дисульфидных, ионных и водородных связей, а также в результате гидрофобных взаимодействий. Глобулярное строение типично для всех важнейших белков. Четвертичная структура возникает при объединении нескольких отдельных белковых молекул в единую систему. Она характерна для регуляторных белков, например для гемоглобина (комплекс четырех глобул и геминовой группы с ионом железа), хромопротеида (соединения белка с хлорофиллом) и др.

Особое значение в жизнедеятельности клетки принадлежит сложным белкам — *нуклеопротеидам* (комплекс белка и нуклеиновой кислоты — ДНК или РНК). Как уже отмечалось, нуклеопротеиды являются обязательными компонентами ядра и цитоплазмы всех растительных и животных клеток.

Структура молекул белка нарушается под влиянием различных химических (соли тяжелых металлов, спирт, ацетон, кислоты, щелочи и т. п.) и физических (высокая температура, облучение, ультрафиолетовые и рентгеновы лучи, ультразвук, высокое давление и др.) факторов. Этот процесс получил название *денатурации белка*; чаще всего он обратим. При необратимой денатурации белки теряют свои свойства, в клетке прекращается обмен веществ, и клетка погибает.

Белки в клетке выполняют структурную, сократительную, ферментативную, сигнальную, защитную, транспортную и энергетическую функции. Как строительный материал они входят в состав цитоплазмы, плазматической мембранны, мембран органоидов, хромосом, рогового ве-

щества и т. д. Сократительную функцию несут особые белки — актин и миозин, имеющиеся во всех мышцах, в жгутиках, ресничках. Актин обычно представлен в виде глобул, но в присутствии калия хлорида и АТФ принимает форму нитей. Сократительная функция реализуется в результате взаимодействия актина и миозина при наличии АТФ. Нити одного белка проникают между нитями другого и волокно укорачивается. Сократительная функция белков обеспечивает раздражимость и движение клетки. Ферментативная функция белков обусловлена белками-ферментами, которые катализируют протекающие в клетке химические реакции синтеза и распада веществ. Сигнальную функцию белки осуществляют благодаря способности изменять свою структуру под влиянием физических и химических факторов. Защитная функция заключается в способности белков образовывать специфические антитела в ответ на поступление в организм чужеродных антигенов. Транспортная функция обеспечивается способностью растворимых белков крови, лимфы и тканевой жидкости переносить органические и неорганические вещества к клеткам тканей. В некоторых случаях белки служат источником энергии (1 г белка выделяет 17,6 кДж).

*Углеводы* — органические соединения, в состав которых входят углерод, водород и кислород. Углеводы делятся на моносахариды, дисахариды и полисахариды.

Моносахариды — это простые сахара, состоящие из трех или более атомов углерода (триозы, пентозы, гексозы и др.). Типичные представители моносахаридов — глюкоза, фруктоза (резервные растворимые вещества), рибоза и дезоксирибоза (структурные элементы нукleinовых кислот).

Дисахариды образуются из двух молекул моносахаридов с выделением молекулы воды (сахароза, лактоза, мальтоза и др.).

Полисахариды синтезируются в результате полимеризации моносахаридов также с выделением молекулы воды. К ним относятся крахмал, гликоген, целлюлоза (клетчатка). Молекула гликогена включает от 5000 до 500 000, а целлюлозы — от 500 до 36 000 глюкозных остатков.

Углеводы образуются в растениях в процессе фотосинтеза и используются для биосинтеза аминокислот, жирных кислот, гликозидов и т. д. Кроме того, они служат источником энергии (1 г выделяет 17,6 кДж), откладываются в запас в виде гликогена (у животных) и крах-

мала (у растений). Целлюлоза, хитин — составные части клеточных стенок, где они выполняют опорную функцию. В соединении с белками углеводы входят в состав хрящей, костей, связок и сухожилий.

**Жиры, или липиды**, — это сложные эфиры глицерина и высших жирных кислот (олеиновой, стеариновой, пальмитиновой и др.). Жиры являются основным источником энергии в клетке (1 г жира дает 37,6 кДж). Жиры цитоплазмы растворяют некоторые витамины (А, Д, Е, К), накапливаются в подкожно-жировой клетчатке, где выполняют защитную и теплоизоляционную функции. Различают простые липиды, или триглицериды, и сложные, которые состоят из простых липидов, образующих комплекс с белками (липопротеиды), углеводами (гликолипиды), остатками фосфорной кислоты (фосфолипиды) и др. Сложные липиды входят в состав клеточных мембран, нервных клеток, яичного желтка и т. д.

**Нуклеиновые кислоты** — высокомолекулярные органические соединения, хранящие и передающие наследственную информацию. Различают дезоксирибонуклеиновую (ДНК) и рибонуклеиновую (РНК) кислоты. Нуклеиновые кислоты впервые описал в 1868 г. Ф. Мишер, однако модель ДНК была предложена только в 1953 г. Дж. Уотсоном и Ф. Криком.

Мономером нуклеиновых кислот является нуклеотид, состоящий из азотистого основания, пятиатомного углевода и остатка фосфорной кислоты. К азотистым основаниям относятся аденин, тимин, гуанин, цитозин и урацил, к пятиатомным углеводам — рибоза и дезоксирибоза. Нуклеотиды получили название по входящему в их состав азотистому основанию. В состав нуклеотидов ДНК входит углевод дезоксирибоза, а в состав нуклеотидов РНК — рибоза. ДНК содержит четыре вида нуклеотидов: адениновый (А), тиминовый (Т), гуаниновый (Г) и цитозиновый (Ц); РНК — тоже четыре, причем три из них такие же, как и в ДНК, а вместо тиминового нуклеотида она включает урациловый (У). Нуклеотиды соединяются между собой и образуют полинуклеотидную цепочку за счет ковалентных связей, возникающих между углеводом одного нуклеотида и остатком фосфорной кислоты другого.

Молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепочек и представляет собой двойную спираль. Причем азотистые основания каждой полинуклеотидной цепочки располагаются друг против друга по принципу компле-

ментарности. Аденин комплементарен тимину и соединяется с ним двумя водородными связями, а гуанин — цитозину, образуя три водородные связи. Каждая молекула ДНК включает примерно  $2 \cdot 10^3$ — $2 \cdot 10^8$  нуклеотидов, которые могут располагаться в любой последовательности, что обеспечивает большое разнообразие соединений этого класса. ДНК локализуется в ядре клетки, здесь она входит в состав хромосом в виде дезоксирибонуклеопротеида. Кроме того, ДНК содержится в матриксе митохондрий и пластид.

Важнейшим свойством ДНК является его способность к самоудвоению (*редупликация*). Этот сложный процесс синтеза ДНК происходит в определенный момент жизнедеятельности клетки, обычно при подготовке к делению. В основе синтеза ДНК лежит принцип комплементарности. При определенных условиях и наличии фермента ДНК-полимеразы молекулы ДНК начинают раскручиваться, что сопровождается высвобождением водородных связей и обнажением оснований. Поскольку в клетке всегда имеются свободные нуклеотиды, они в строгом соответствии с принципом комплементарности начинают присоединяться к свободным основаниям. В результате из каждой молекулы материнской ДНК образуются две новые дочерние с тем же нуклеотидным составом. Следовательно, каждая нить ДНК является матрицей, поэтому ее удвоение называется *матричным синтезом*. Благодаря матричному синтезу наследственная информация в дочерних клетках строго соответствует материнской. Однако действующие на клетку физические или химические факторы могут нарушать последовательность нуклеотидов в цепи и вызывать таким образом изменения клетки, которые передаются при редупликации.

Молекула РНК состоит из одной полинуклеотидной цепочки. Существуют три вида РНК — информационная (иРНК), транспортная (тРНК) и рибосомальная (рРНК). Они отличаются размерами молекул, структурой и функцией. Все виды РНК, исключая вирусные, синтезируются на молекуле ДНК как копии ее участков.

*Информационная РНК* составляет около 5 % всей клеточной РНК. Она переносит информацию с молекулы ДНК на рибосомы, где эта информация реализуется при биосинтезе белка. В молекулы иРНК входит от 300 до 3000 нуклеотидов.

*Транспортная РНК* осуществляет перенос аминокислот в процессе биосинтеза белка и составляет около 10 %

общего количества РНК клетки. Молекула ее состоит из 70—100 нуклеотидов. Каждая аминокислота в цитоплазме клетки переносится специфической тРНК. Полинуклеотидная цепочка тРНК имеет форму листа клевера.

*Рибосомальная РНК* входит в состав рибосом. На ее долю приходится до 90 % общей массы РНК клетки. Молекула рРНК объединяет до 3000—5000 нуклеотидов.

*Аденозинтрифосфорная кислота* (АТФ, или аденоинтрифосфат) — мононуклеотид, содержащий аденин, рибозу и три остатка фосфорной кислоты. Фосфатные группы в АТФ соединяются между собой высокогенергетическими связями. При гидролизе АТФ одна такая связь отдает 25 кДж/моль. При этом АТФ переходит в аденоиндифосфат (АДФ). При дальнейшем гидролизе АДФ расщепляется до аденоинмонофосфата (АМФ), что сопровождается также выделением энергии.

## Обмен веществ клетки

Совокупность химических реакций биосинтеза (ассимиляция) и распада (диссимиляция), лежащих в основе жизнедеятельности организма и обеспечивающих его взаимосвязь со средой обитания, называется обменом веществ. Обмен веществ базируется на процессах пластического и энергетического обмена, направленных на непрерывное обновление живого.

Пластический обмен, или ассимиляция, — это совокупность реакций синтеза, направленных на образование структурных частей клеток и тканей. К нему относятся биосинтез белка, фотосинтез, синтез жиров и углеводов.

*Биосинтез белка* — одно из наиболее важных и характерных свойств живой клетки. Первичная структура белка, как уже отмечалось, предопределяется генетическим кодом, заложенным в молекуле ДНК, причем различные ее участки кодируют синтез разных белков. Следовательно, одна молекула ДНК хранит информацию о структуре многих белков. Свойства белка зависят от последовательности расположения аминокислот в полипептидной цепи. В свою очередь чередование аминокислот определяется последовательностью нуклеотидов в ДНК. В иРНК каждой аминокислоте соответствует определенный триплет — группа, состоящая из трех нуклеотидов, называемая *кодоном* (табл. 1).

Таблица 1. Генетический код

Аминокислота	Структура кодирующего триплета мРНК (кодон)	Аминокислота	Структура кодирующего триплета мРНК (кодон)
Глицин	ГГУ	Серин	УЦУ
Аланин	ГЦУ	Тreonин	АЦУ
Валин	ГУУ	Аспарагиновая кислота	ГАУ
Изолейцин	АУУ	Глутаминовая кислота	ГАА
Лейцин	УУА	Триптофан	УГГ
Лизин	ААА	Цистеин	УГУ
Аргинин	ЦГУ	Метионин	АУГ
Гистидин	ЦАУ	Аспарагин	ААУ
Пролин	ЦЦУ	Глутамин	ЦАГ
Тирозин	УАУ	Фенилаланин	УУУ

Распределив молекулу иРНК на триплеты, можно представить, какие аминокислоты и в какой последовательности будут располагаться в молекуле белка. Совокупность триплетов ДНК, несущих информацию о структуре одной белковой молекулы, называется *геном*.

Биосинтез белка начинается в ядре со списывания информации о структуре белковой молекулы с ДНК на иРНК по принципу комплементарности (рис. 4). Данный процесс протекает как реакция матричного синтеза и называется *транскрипцией*. Образующаяся при этом иРНК поступает в цитоплазму, где на нее нанизываются рибо-

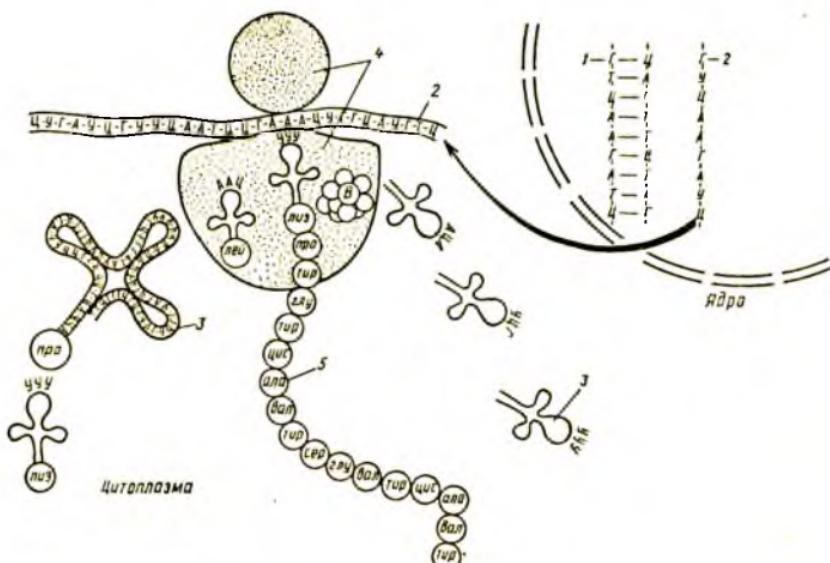
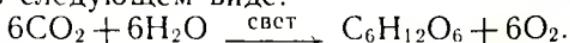


Рис. 4. Схема биосинтеза белка:  
1 — ДНК; 2 —  $\mu$ РНК; 3 — тРНК; 4 — рибосома; 5 — полипептидная цепочка

сомы. Одновременно в цитоплазме с помощью ферментов активизируется тРНК. Как уже отмечалось, молекула тРНК напоминает по структуре лист клевера, на вершине которого находится триплет нуклеотидов, соответствующий по коду определенной аминокислоте (антикодон), а основание («черешок») служит местом присоединения этой аминокислоты. Транспортная РНК доставляет аминокислоты к рибосомам. По принципу комплементарности антикодон связывается со своим кодоном, причем аминокислота располагается у активного центра рибосомы и с помощью ферментов соединяется с ранее поступившими аминокислотами. Затем тРНК освобождается от аминокислоты, а молекула иРНК продвигается вперед на один триплет, и процесс повторяется. Так постепенно наращивается белковая цепочка, в которой аминокислоты располагаются в строгом соответствии с локализацией кодирующих их триплетов в молекуле иРНК. Синтез полипептидных цепей белков по матрице иРНК называется *трансляцией*.

В клетках растительных и животных организмов белки непрерывно обновляются. Интенсивность синтеза тех или иных специфических белков определяется активностью соответствующих генов, с которых «читывается» иРНК. Следует отметить, что не все гены функционируют одновременно: активность проявляют лишь те, которые кодируют информацию о структуре белков, необходимых для жизнедеятельности организма в данный момент. Биосинтез белка зависит также от активности ферментов, катализирующих процессы транскрипции и трансляции, от наличия свободной энергии в виде АТФ, аминокислот и других факторов.

*Фотосинтез* — процесс превращения энергии солнечного света в энергию химических связей, протекающий в зеленых листьях растений. Это происходит благодаря наличию в хлоропластах фотосинтезирующих пигментов — хлорофилла и каротиноидов (каротин, ксантофилл). В частности, являясь высокоактивным веществом, хлорофилл осуществляет поглощение света, первичное запасание энергии и дальнейшее ее преобразование в химическую энергию. Суммарно процесс фотосинтеза можно записать в следующем виде:



Различают световую и темновую фазы фотосинтеза (рис. 5).

*Световая фаза* начинается с поглощения кванта света

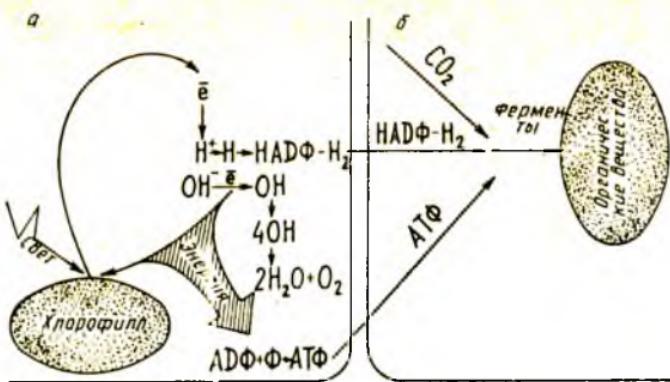


Рис. 5. Схема фотосинтеза:  
а — световая фаза; б — темновая фаза

молекулой хлорофилла. При этом один из электронов молекулы переходит в «воздуженное» состояние, перескакивает на более высокую орбиту, где присоединяется к иону водорода ( $H^+$ ) и восстанавливает его до протона ( $H$ ). Последний соединяется с никотинамидадениндинуклеотидфосфатом (НАДФ) — переносчиком водорода и восстанавливает его до НАДФ·  $H_2$ . Происходит процесс разложения воды под влиянием света (фотолиз). Ион гидроксила ( $OH^-$ ) отдает свой электрон и превращается в радикал ( $OH$ ), который, соединяясь с другими радикалами, образует воду и свободный кислород. Электрон от гидроксила возвращается в молекулу хлорофилла и заполняет место ушедшего электрона. При этом выделяется энергия для синтеза АТФ. Таким образом, результатом световой фазы фотосинтеза является образование АТФ, выделение кислорода и восстановление НАДФ до НАДФ·  $H_2$ .

В период темновой фазы фотосинтеза происходят сложные ферментативные реакции, в основе которых лежит восстановление молекул углекислого газа до органических соединений, осуществляемое при участии продуктов световых реакций. Это происходит следующим образом. Углекислый газ, поступая из атмосферы в лист через устьица, связывается особым веществом — акцептором (например, пятиуглеродным сахаром — рибулозидофосфатом), и в результате образуется нестойкое вещество, распадающееся на две молекулы фосфороглицериновой кислоты. Последние восстанавливаются с помощью продуктов световых реакций — НАДФ·  $H_2$  и АТФ. В конечном итоге через ряд промежуточных соединений образуются углеводы (моно-, ди- и полисахариды) и другие

органические соединения (белки, жиры, органические кислоты).

Урожайность растений в значительной степени зависит от продуктивности фотосинтеза, которая обусловливается влиянием комплекса внешних и внутренних (генетические особенности растения) факторов. Оптимальными условиями для фотосинтеза являются: 1) достаточная освещенность, достигаемая при определенной густоте посева (следует учитывать разницу в потреблении света светолюбивыми и тенелюбивыми растениями); 2) достаточная увлажненность почвы, зависящая от правильного орошения полей, потребности растений во влаге; 3) нормальное содержание углекислого газа в воздухе (увеличение его концентрации нарушает процесс дыхания); 4) достаточное минеральное питание растений, обеспечивающее наилучший ход обменных реакций. Зная пути повышения продуктивности фотосинтеза, можно увеличить урожайность культурных растений.

Энергетический обмен, или диссимиляция, — совокупность реакций распада (в том числе гликолиз, брожение, дыхание), сопровождающихся выделением энергии. Он проходит в три этапа.

*Первый этап — подготовительный* — протекает в цитоплазме клеток растений, простейших, в пищеварительном тракте животных и человека. При этом питательные вещества под влиянием пищеварительных ферментов расщепляются до мономеров: белки — до аминокислот, углеводы — до моносахаридов, липиды — до жирных кислот, спиртов и альдегидов, нуклеиновые кислоты — до нуклеотидов. В результате образуется небольшое количество энергии, которая рассеивается в виде тепла. На этом этапе синтез АТФ не происходит.

*Второй этап — анаэробный* — протекает в цитоплазме клеток и сводится к следующему. Мономеры, образовавшиеся на первом этапе, подвергаются дальнейшему расщеплению без участия кислорода с образованием энергии. Например, под действием ферментов одна молекула глюкозы расщепляется на две молекулы пировиноградной кислоты. При этом из аденоzinинфосфата и фосфорной кислоты синтезируются две молекулы АТФ. В растительных клетках и в некоторых дрожжевых грибах распад глюкозы идет путем спиртового брожения.

*Третий этап — аэробный* — обеспечивает последующее расщепление органических веществ до конечных продуктов с участием кислорода и происходит в митохонд-

риях. В результате дальнейшего окисления пировиноградной кислоты образуются диоксид углерода и вода. При этом выделяется энергия, которая аккумулируется в виде 36 молекул АТФ.

Таким образом, при расщеплении одной молекулы глюкозы образуется 38 молекул аденоинтрифосфорной кислоты. АТФ быстро восстанавливается в клетке. Например, у человека каждая молекула АТФ расщепляется и вновь синтезируется 2400 раз в сутки, т. е. средняя продолжительность жизни АТФ менее минуты.

При диссимиляции расщепляются не только углеводы, но и продукты распада белков, жиров и других сложных соединений. Так, аминокислоты расщепляются до диоксида углерода и воды и даже до азотсодержащих веществ, идущих у позвоночных на синтез мочевины. Диссимиляция обычно осуществляется в результате гидролитических и окислительных реакций и протекает как при отсутствии кислорода (анаэробный гликолиз, брожение), так и при его участии (аэробный путь — дыхание).

## Жизненный цикл клетки

Важным свойством клетки как живой системы является способность ее к самовоспроизведению, которое лежит в основе процессов роста, развития и размножения организмов.

Период от окончания одного деления до начала следующего называется жизненным или клеточным циклом. Для высокоспециализированных (дифференцированных) клеток жизненный цикл длится от момента образования клетки до ее смерти. В жизненном цикле клеток выделяют два периода: первый — период между делениями — интерфаза, когда клетка растет, функционирует и готовится к делению; второй — период деления.

В *интерфазе* происходит ряд важнейших физиологических процессов: редупликация ДНК, удвоение числа хромосом, образование белков ахроматинового веретена деления, синтез АТФ, рост биомассы клетки. В интерфазе различают три периода (рис. 6):

1) пресинтетический ( $G_1$ ) — клетки растут, синтезируют РНК, белки, АТФ, но синтез ДНК не происходит; клетка содержит диплоидный набор хромосом ( $2n$ ), каждая из которых представлена одной хроматидой;

2) синтетический ( $S$ ) — в клетках идет синтез ДНК,

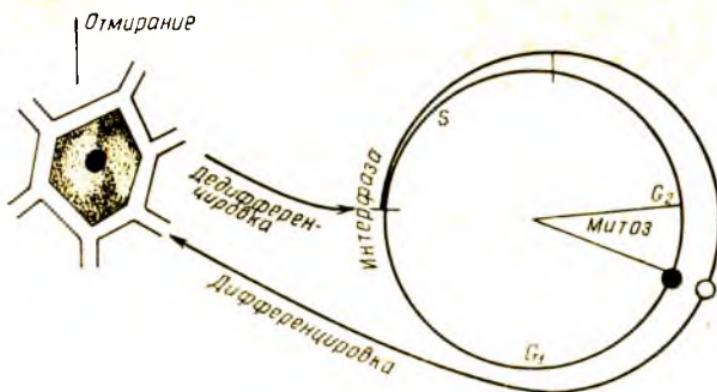


Рис. 6. Схема жизненного цикла клетки. Периоды интерфазы:  $G_1$  — пресинтетический;  $S$  — синтетический;  $G_2$  — постсинтетический

каждая хромосома достраивает недостающую хроматиду, в итоге количество хромосом остается  $2n$ ;

3) постсинтетический, или предмитотический ( $G_2$ ), — в клетке синтезируются белки митотического аппарата, происходит удвоение центриолей, накапливается энергия, количество хромосом ( $2n$ ) сохраняется.

Далее следует деление клетки, которое может быть непрямым (митоз) и прямым (амитоз).

Митоз — наиболее распространенный способ репродукции клеток. Он приводит к образованию генетически равнозначных клеток и сохранению преемственности хромосом в ряду поколений. Митоз представляет собой непрерывный биологический процесс. Различают четыре фазы митоза — профазу, метафазу, анафазу, телофазу.

В профазе увеличивается объем ядра и клетки в целом. Клетка округляется: снижается или вообще прекращается ее функциональная активность. Центриоли расходятся к полюсам. Хромосомы спирализуются, утолщаются и укорачиваются, в результате чего считывание генетической информации с молекул ДНК становится невозможным. В конце профазы ядерная оболочка распадается и хромосомы беспорядочно рассеиваются в цитоплазме.

В метафазе спирализация хромосом достигает максимума, они устремляются к экватору клетки и, расположаясь на равном расстоянии от полюсов, образуют так называемую экваториальную или метафазную пластинку. На этой стадии митоза под световым микроскопом хорошо видно, что хромосома состоит из двух хроматид, соединенных только в области центромеры. От центриолей, на-

ходящихся у полюсов клетки, к центромерам подходят нити веретена деления.

В *анафазе* каждая хромосома расщепляется на две хроматиды, называемые дочерними хромосомами. Нити веретена деления, прикрепленные к центромерам, сокращаются и увлекают дочерние хромосомы к полюсам клетки. Таким образом, в анафазе хроматиды удвоенных еще в интерфазе хромосом расходятся к полюсам клетки.

В *телофазе* хромосомы раскручиваются, деспирализуются. Из мембранных структур цитоплазмы образуется ядерная оболочка. В процессе образования перетяжки клетка делится на две дочерние. В дочерних клетках наследственная информация копирует информацию, содержащуюся в материнской клетке.

В процессе митоза точно поровну распределяется генетический материал между дочерними клетками, в результате каждая из них получает диплоидный набор хромосом.

Продолжительность разных периодов митотического цикла различна (от нескольких минут до нескольких часов) и зависит от ряда причин: типа тканей, физиологического состояния организма, температуры, света, химических веществ и т. п.

При амитозе вначале делится ядро на две или несколько частей без спирализации хромосом, после чего перешнуровывается цитоплазма и образуются две либо несколько новых клеток. Данный процесс сопровождается делением цитоплазмы или ограничивается только делением ядра. Следовательно, в результате амитоза могут образовываться двухъядерные или многоядерные клетки. Амитозом делятся простейшие, одноклеточные растения и некоторые клетки многоклеточных животных (клетки эпителия, печени и др.).

### **Неклеточные и клеточные формы жизни**

Живые организмы в процессе эволюции приобрели неклеточные и клеточные формы.

К неклеточным формам жизни относятся вирусы и бактериофаги. Они состоят только из ДНК или РНК, заключенной в белковую оболочку, и не имеют цитоплазмы, ядра, митохондрий, рибосом и других клеточных органоидов.

Вирусы являются внутриклеточными паразитами растений, животных и человека. Их известно около 1000. Они вызывают различные болезни растений (мозаичная бо-

лезнь табака, томатов, огурцов и др.), животных (ящур, чума свиней и птиц и др.) и человека (грипп, оспа, бешенство, корь и др.). Вирусы размножаются только в живой клетке организма-хозяина. Это происходит следующим образом. В клетке хозяина белковая оболочка вируса разрушается и его нуклеиновая кислота включается в обмен веществ этой клетки. В результате начинают синтезироваться вирусные нуклеиновые кислоты и белки, которые в итоге соединяются, образуя новые вирусы. Вирусы служат удобным объектом при изучении генетических функций нуклеиновых кислот, расшифровке генетического кода, в работах по генной инженерии.

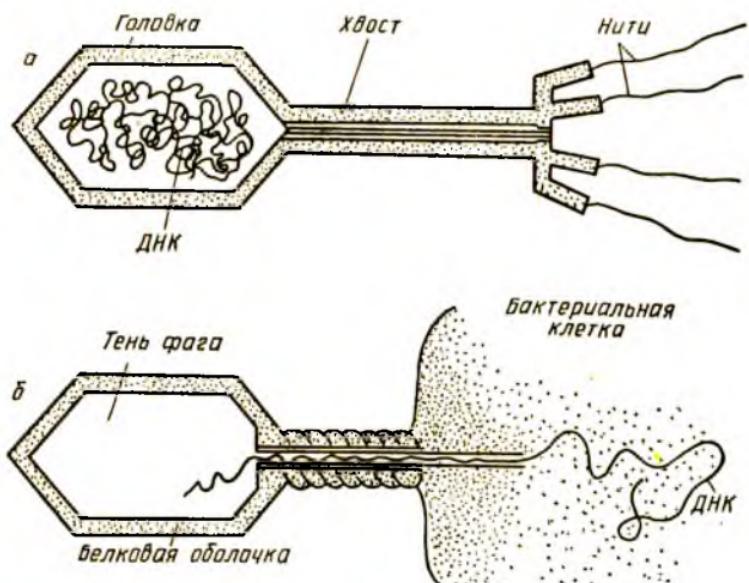


Рис. 7. Строение бактериофага Т2 (а) и внедрение его ДНК в клетку бактерии-хозяина (б)

Бактериофаги являются вирусами бактерий (рис. 7), поэтому их используют при лечении некоторых заболеваний. Однако они могут наносить и ущерб, в частности микробиологической промышленности при производстве антибиотиков, молочнокислом брожении и т. п.

Клеточные жизненные формы подразделяются на прокариот и эукариот.

Прокариоты — первые клеточные формы жизни. Они не имеют оформленного ядра и, согласно современным взглядам, считаются наиболее древними организмами в эволюционном плане. К ним относятся бактерии и синезеленые водоросли.

Бактерии — одноклеточные организмы, размеры кото-

рых варьируют от 0,2 до 10 мкм. Они покрыты слизистой капсулой, позволяющей им переносить неблагоприятные условия среды. Наружная цитоплазматическая мембрана бактерий образует впячивания внутрь, так называемые мезосомы, выполняющие функции митохондрий, эндоплазматической сети и аппарата Гольджи. Из органоидов в бактериях представлены только рибосомы.

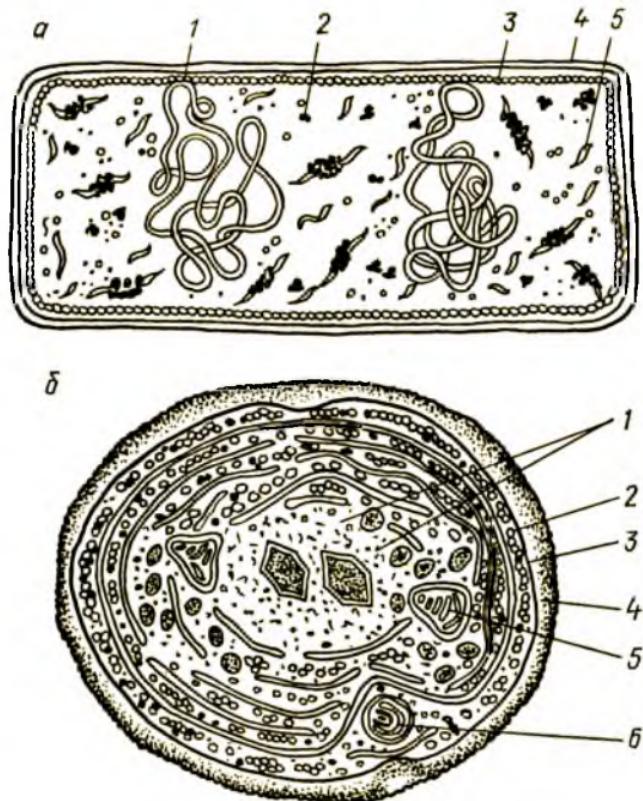


Рис. 8. Строение клеток прокариот (а — бактерии; б — синезеленые водоросли):  
 1 — нить ДНК; 2 — рибосомы; 3 — мембрана; 4 — оболочка; 5 — мезосомы; 6 — белковое тело

По типу питания бактерии бывают автотрофные, способные синтезировать органические вещества из неорганических, и гетеротрофные, питающиеся готовыми органическими веществами. Автотрофные бактерии (рис. 8, а) содержат пигменты, участвующие в фотосинтезе. Ядерное вещество в виде хроматиновых нитей (молекулы ДНК с белком) рассеяно по всей цитоплазме. Из него при делении формируется одна кольцеобразная хромосома. Размножаются бактерии делением клетки пополам, почкованием, некоторые — половым путем.

Синезеленые водоросли (рис. 8, б) — древнейшие вод-

ные либо почвенные автотрофные одноклеточные или колониальные нитчатые организмы, покрыты полисахаридной оболочкой. По строению клеток они сходны с бактериями, но отличаются от них тем, что имеют пигменты. Размножаются эти водоросли делением. Они очень неприхотливы и встречаются повсеместно, способствуя загрязнению водоемов, аквариумов (осциллятория). Синезеленые водоросли могут входить в состав лишайников (посток).

**Эукариоты** — это организмы, клетки которых имеют оформленное ядро, отделенное от цитоплазмы ядерной оболочкой, а также обязательные внутриклеточные структуры — органоиды; выделяются в самостоятельное надцарство. К эукариотам относятся грибы, растения, животные.

### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятию «биология как наука». Перечислите основные биологические дисциплины.
2. Укажите уровни организации живого.
3. Роль биологии в народном хозяйстве и медицине.
4. Дайте определение понятию «цитология» и укажите решаемые ею задачи.
5. В чем сущность клеточной теории, сформулированной Т. Шванном? Назовите основные положения современной клеточной теории.
6. Назовите основные структурные компоненты клетки.
7. Чем отличается клеточная оболочка от плазмалеммы?
8. Как проходят через мембрану водорастворимые и нерастворимые вещества?
9. Опишите строение гиалоплазмы.
10. Перечислите органоиды общего назначения. Укажите их строение и функции.
11. Назовите органоиды специального назначения.
12. Роль включений в жизнедеятельности клетки.
13. Охарактеризуйте строение и функцию ядра клетки.
14. Опишите строение хромосомы.
15. Дайте определение кариотипа. Что означает гаплоидный и диплоидный набор хромосом?
16. Перечислите химические элементы клетки, их группы.
17. Роль воды и минеральных солей в жизни клетки.
18. Каковы строение и значение белков, жиров, углеводов, АТФ?
19. Опишите строение нуклеиновых кислот. В чем различия ДНК от РНК?
20. Дайте определение пластического обмена. Охарактеризуйте этапы биосинтеза белка.
21. Опишите фазы и условия проявления фотосинтеза.
22. Сущность бескислородного и кислородного этапов энергетического обмена.
23. Что такое жизненный цикл клетки? Охарактеризуйте периоды интерфазы.
24. Перечислите способы деления клеток.
25. Сущность и биологическое значение митоза.
26. Опишите изменения хромосом в разных фазах митоза.
27. Назовите особенности амитоза.
28. Опишите строение неклеточных форм жизни.
29. Назовите клеточные формы жизни. Укажите отличия прокариот от эукариот.

### Задачи для самоконтроля

1. Сколько и каких нуклеотидов потребуется для редупликации фрагмента ДНК следующего состава ЦГТГАТТТГТТГАТ?
2. На фрагменте одной ДНК нуклеотиды расположены в такой последовательности: ААГТЦГАЦТТАГ. Описать вторую цепь ДНК и иРНК, которая будет синтезироваться на ней.

3. Пользуясь табл. 1 генетического кода, определить: а) структуру участка ДНК, кодирующего полипептидную цепь аланин — цистеин — гистидин — лейцин — метионин — тирозин; б) последовательность аминокислот в полипептиде, если участок ДНК, кодирующий его, имеет следующее строение — АЦЦАТАГТЦЦААГГА.

4. В ядре соматической клетки у человека 46 хромосом, у дрозофилы — 8. Сколько хромосом будут содержать дочерние клетки после митоза? Сколько хроматид будет в каждой дочерней клетке у человека и у дрозофилы в периоде интерфазы?

## Глава 2. РАЗМНОЖЕНИЕ И ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

Как известно, целостный организм состоит из дискретных единиц — клеток. Его существование поддерживается за счет деления клеток. Поскольку каждая особь смертна, существование вида в природе поддерживается за счет воспроизведения родительскими организмами новых поколений особей и их последующего индивидуального развития.

### Размножение

Способность к размножению является неотъемлемым свойством любой особи. На его основе обеспечивается сохранение каждого вида и жизни как таковой в природе.

Размножение — свойство живого организма воспроизводить себе подобных, обеспечивающее непрерывность и преемственность жизни в ряду последовательных поколений. В процессе эволюции сформировались два типа размножения — бесполое и половое.

Бесполое размножение — это способ размножения, в котором участвует только одна родительская особь; за счет деления ее соматических клеток образуются новые особи, генотипически идентичные исходной родительской. При бесполом размножении половые клетки не образуются. К бесполому относятся вегетативное размножение и спорообразование.

Вегетативное размножение — бесполое размножение многоклеточных организмов, при котором новый организм образуется из части материнского. Оно наблюдается у грибов, растений и низших многоклеточных животных. У грибов и растений вегетативное размножение осуществляется за счет частей тела, выполняющих основные функции питания и обмена веществ с внешней средой — вегетативных органов. Таковыми являются

листья и листовые черенки (у комнатной фиалки, каланхое), стебли и стеблевые черенки (у смородины, крыжовника), отводки (у малины), усы (у земляники), корневища (у ландыша, валерианы), клубни (у картофеля), луковицы (у лука, тюльпана), корневые черенки (у вишни, сливы).

У животных вегетативное размножение происходит путем почкования и фрагментации. В первом случае часть стенки тела начинает постепенно отделяться от материнского организма и приобретать очертания новой особи, а затем обособляется. Почкивание наблюдается у губок, кишечнополостных. При фрагментации исходная особь делится на несколько частей и каждая из них постепенно дополняется до целого организма. Этот способ вегетативного размножения наблюдается у плоских (молочная планария) и кольчатых червей. В основе его лежит регенерация.

*Спорообразование* — бесполое размножение у ряда растений и паразитических простейших, способных образовывать специализированные клетки — споры, при прорастании которых развиваются новые особи — по генотипу точная копия материнских. Данный вид размножения обеспечивает высокую численность организмов. У водорослей и грибов споры образуются путем митоза из любой клетки, у высших споровых (моховидные, папоротникообразные) — из диплоидных клеток путем мейоза в специализированных многоклеточных органах (спорангиях). В организме животных спорами размножаются малярийный плазмодий и некоторые другие простейшие.

*Половое размножение* — способ размножения, при котором новая особь развивается в результате слияния женских и мужских половых клеток (оплодотворение). Таким способом размножаются все эукариоты. Половое размножение может осуществляться конъюгацией, копуляцией, партеногенезом.

*Конъюгация* — сближение двух соматических клеток и образование между ними цитоплазматического мостика, через который осуществляется обмен наследственным материалом, после чего особи расходятся (у инфузорий), или слияние цитоплазмы обеих клеток (у водорослей, низших грибов). Количество особей при этом не увеличивается, но происходит обновление их наследственного материала. После конъюгации особи начинают размножаться бесполым путем.

*Копуляция* — слияние двух одинаковых или разных

по форме, размерам и подвижности половых клеток (гамет) — женской (яйцеклетка) и мужской (сперматозоид). Процесс образования половых клеток (гаметогенез) происходит в половых железах путем мейоза.

Мейоз — особая форма митоза, в результате которого клетки из диплоидного состояния переходят в гаплоидное, что необходимо для восстановления при копуляции диплоидного набора хромосом.

У высших растений с помощью мейоза образуются споры, а у животных — гаметы. Мейоз представляет собой два последовательных деления (мейоз I и мейоз II), в которых различают те же фазы, что и при митозе. Однако продолжительность их и характер значительно отличаются от последнего. В результате мейоза I (редукционное деление) число хромосом уменьшается вдвое. Мейоз II (эквационное, или уравнительное, деление) сохраняет этот гаплоидный набор хромосом.

При мейозе I в профазе гомологичные хромосомы конъюгируют и обмениваются гомологичными участками (*кроссинговер*). В метафазе по экватору клетки располагаются не отдельные хромосомы, а пары конъюгирующих хромосом. В анафазе гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид, расходятся к противоположным полюсам. В телофазе мейоза каждая дочерняя клетка получает гаплоидный набор хромосом и сразу же наступает мейоз II, поэтому редупликация ДНК не успевает произойти и профаза бывает очень короткой или вообще не наступает. В метафазе мейоза II хромосомы, состоящие из двух хроматид, располагаются в экваториальной плоскости, а в анафазе хроматиды расходятся к противоположным полюсам. В телофазе образуются четыре гаплоидные клетки.

Таким образом, роль мейоза заключается не только в том, что он приводит к образованию гамет с гаплоидным набором хромосом, но и вызывает последовательное расхождение гомологичных хромосом и их хроматид, а также кроссинговер. Все это обусловливает разнообразие гамет с неповторимыми комбинациями генов из «отцовских» и «материнских» хромосом. Следовательно, мейоз является источником комбинативной изменчивости, имеющей большое значение в эволюции органического мира.

Образование мужских половых клеток протекает в семенниках (сперматогенез), а женских — в яичниках (оогенез). В гаметогенезе различают четыре периода —

размножение, рост, созревание и формирование.

В период размножения первичные половые клетки делятся путем митоза при сохранении диплоидного набора хромосом. В период роста они достигают размеров, характерных для половых клеток каждого вида животных. При созревании первичные половые клетки делятся мейозом, в результате чего образуются гаплоидные половые клетки. Последние в период формирования превращаются в зрелые.

Процессы сперматогенеза и оогенеза в принципе сходны, но между ними имеются и различия, в частности в оогенезе нет периода формирования. В результате сперматогенеза образуются четыре сперматозоида, а оогенез завершается формированием одной яйцеклетки. Это обусловлено тем, что при первом и втором делении созревания яйцеклетки не делятся пополам, а отделяют маленькие, так называемые направительные (редукционные) тельца, которые несут полноценные хромосомные наборы, но практически лишены цитоплазмы и вскоре погибают. Образование этих телец направлено на сохранение в яйцеклетке максимального количества желтка, необходимого для развития будущего зародыша. Количество желтка зависит от того, где развивается зародыш. У млекопитающих и человека это происходит в матке, куда питательные вещества поступают от материнского организма через плаценту, поэтому их яйцеклетки бедны желтком. У рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц и моллюсков зародыш развивается вне материнского организма, и их яйцеклетка содержит много желтка, который сконцентрирован на одном из полюсов яйца (вегетативном).

Яйцеклетка — овальная, крупная, обычно неподвижная клетка, не имеющая органоидов движения и, как правило, лишенная центросомы. *Сперматозоиды* состоят из головки, шейки, хвостовой части. Ядро и небольшое количество цитоплазмы сконцентрированы в головке, в цитоплазме шейки находится центросома, АТФ. У покрытосеменных растений мужские половые клетки не имеют хвостовой части, активно не передвигаются и называются *спермиями*.

Ряд процессов, обуславливающих встречу сперматозоида и яйцеклетки, называется осеменением. Различают наружное осеменение (у рыб, земноводных) и внутреннее (у пресмыкающихся, птиц, млекопитающих). В первом случае гаметы выделяются в водную среду, где и про-

исходит их встреча, во втором — сперматозоиды вводятся при помощи копулятивных органов самцом непосредственно в половые пути самки. Это повышает вероятность оплодотворения и гарантирует образование зиготы в относительно постоянных условиях.

Оплодотворение — слияние мужской и женской гамет с образованием диплоидной зиготы, где каждая пара хромосом представлена одной отцовской, другой — материнской.

В ходе развития живой природы половое размножение стало доминирующим в растительном и животном мире, так как по сравнению с бесполым имеет ряд преимуществ. Во-первых, оно обеспечивает большое количество новых особей; во-вторых, при нем происходит обновление организмов в связи с объединением материнской и отцовской генетической информации. Это расширяет адаптивные возможности новых организмов в условиях изменяющейся внешней среды, что необходимо в борьбе за существование.

Партеногенез — одна из форм полового размножения, при которой новый организм развивается из неоплодотворенной яйцеклетки. Наблюдается у некоторых животных (плоские черви, насекомые) и растений (сложноцветные, пасленовые, злаки и др.).

Способность организма к размножению лежит в основе его индивидуального развития.

## **Индивидуальное развитие**

Особи каждого нового поколения проходят закономерный процесс развития, или жизненный цикл. У многоклеточных растений и животных, размножающихся половым способом, он начинается с одной клетки — зиготы. В результате ее деления образуются новые клетки, происходит их дифференцировка и формирование нового организма. Последний, достигнув зрелости, выполняет главную биологическую функцию — размножение. В дальнейшем организм стареет и его жизненный цикл завершается смертью. Совокупность взаимосвязанных во времени процессов, закономерно совершающихся в процессе жизненного цикла организма, обозначают термином «индивидуальное развитие».

Индивидуальное развитие, или онтогенез, — это процесс развития живого существа с момента

его зарождения до смерти. В нем различают два периода: эмбриональный и постэмбриональный.

*Эмбриональное развитие* — период развития с момента возникновения зиготы до выхода нового организма из яйцевых оболочек или до его рождения.

Эмбриональное развитие начинается с деления зиготы путем митоза, называемого *дроблением*. При нем число клеток зародыша увеличивается, а размеры каждой из них уменьшаются, так что общий объем живой массы зародыша не изменяется. Характер дробления зиготы зависит от

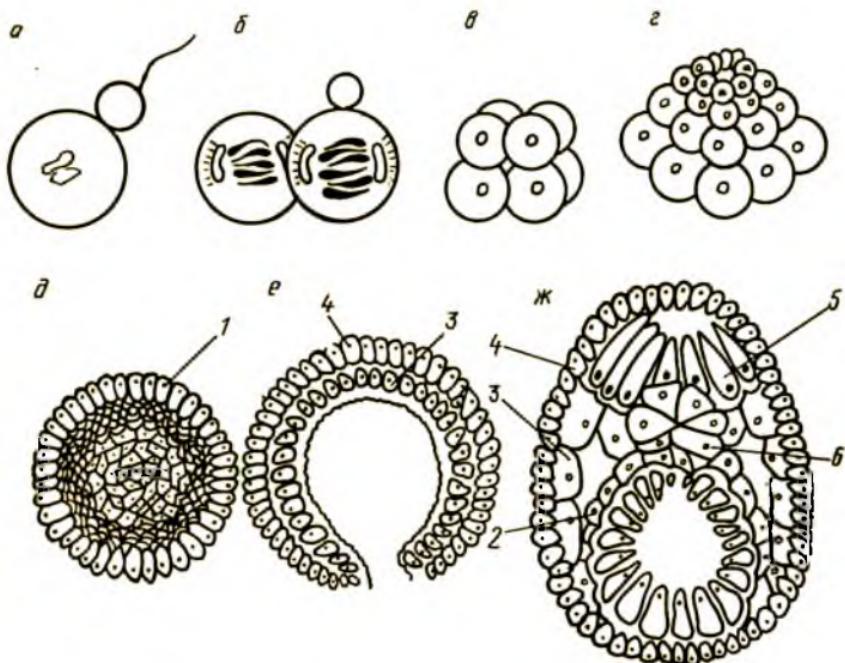


Рис. 9. Схема эмбрионального развития ланцетника:  
а — слияние яйцеклетки со сперматозоидом; б, в — дробление зиготы (стадии 2 и 8 бластомеров); г — морула; д — бластула; е — гастрula; ж — закладка органов у зародыша. 1 — бластодерма; 2 — мезодерма; 3 — энодерма; 4 — эктодерма; 5 — закладка нервной трубы; 6 — хорда

количества и расположения желтка в яйцеклетке. Например, при небольшом количестве желтка происходит полное равномерное дробление яиц у ланцетника (рис. 9) и млекопитающих. Полному неравномерному дроблению подвергаются яйца с умеренным количеством желтка, например у лягушки. Яйца других животных (рыб, пресмыкающихся, птиц) содержат много желтка, поэтому у них дробится только диск цитоплазмы с ядром, а сам желток не дробится. При дроблении в результате чередования меридионального и экваториального делений последовательно образуются 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 и так далее бласто-

меров и в итоге формируется зародыш, напоминающий по форме ягоду шелковицы, — *морула*. Завершается дробление образованием *blastулы* — полого шарообразного однослойного зародыша. Стенка его называется *blastодермой*, а находящаяся внутри полость — *blastоцелью* (первичная полость тела).

Следующая стадия эмбрионального развития — *гаструлация*. Это процесс образования из однослойного зародыша двухслойного, называемого гаструлой. *Гастрula* состоит из двух типов клеток, образующих соответственно два зародышевых листка: наружный — *эктодерму* и внутренний — *энтодерму*. Отверстие, ведущее в полость гаструлы, называется *blastопором* или *первичным ртом*. У моллюсков, членистоногих и червей бластопор при формировании взрослого организма превращается в рот. Такие животные называются первичноротыми. У иглокожих и хордовых бластопор превращается в анальное отверстие, а на противоположном конце образуется ротовое отверстие. Это вторичноротые животные.

На стадии двух зародышевых листков заканчивается развитие кишечнополостных. У остальных более организованных животных между эктодермой и энтодермой за счет продолжающегося деления клеток энтодермы образуется третий зародышевый листок — *мезодерма*. Дифференцированный на три листка зародышевый материал дает начало всем тканям и органам развивающегося зародыша. У позвоночных из эктодермы формируются покровный эпителий, нервная система и органы чувств, из энтодермы — эпителий кишечника, пищеварительные железы, легкие, из мезодермы — костный скелет, мышцы, кровеносная, выделительная и половая системы.

Следовательно, в процессе эмбрионального развития из клеток, одинаковых и по внешнему виду и по объему генетической информации, образуются различные ткани и органы. Это связано с тем, что различные части зародыша оказывают друг на друга сложное биохимическое воздействие, определяющее направление развития и называемое *индукцией*. Например, у позвоночных сначала закладывается зародыш из энтодермы, окруженной мезодермой, а непосредственно над ними из эктодермы — зародыш нервной системы. Из этого следует, что хордомезодермальный участок индуцирует образование нервной трубы в прилегающей к нему эктодерме.

*Постэмбриональное развитие* начинается с момента выхода нового организма из яйцевых оболочек или с рож-

дения и заканчивается его естественной смертью. Постэмбриональное развитие может быть прямое и непрямое.

При *прямом постэмбриональном развитии* новорожденный организм имеет общий со взрослым план строения, но отличается меньшими размерами и структурно-функциональной незрелостью некоторых систем органов. При *непрямом постэмбриональном развитии* из яйцевых оболочек выходит личинка, морфологически и физиологически отличающаяся от взрослой особи, в которую она превращается после определенных глубоких преобразований или через стадию куколки. В первом случае постэмбриональное развитие называется непрямым развитием с неполным превращением, во втором — с полным превращением (метаморфоз)

На индивидуальное развитие оказывают влияние факторы внешней среды (свет, температура, химический состав среды обитания, пища и т. п.). Среди них различают факторы, необходимые для нормального развития, и нежелательные или даже вредные. Так, на развитие человека пагубно действуют алкоголь, никотин, наркотические вещества; у родителей-алкоголиков рождаются умственно отсталые и физически неполноценные дети.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятию «размножение» и назовите его типы
2. В чем сущность бесполого размножения? Укажите его виды и значение.
3. Что такое половое размножение? Охарактеризуйте его виды.
4. Опишите фазы мейоза и его отличия от митоза.
5. В чем сходство и отличие сперматогенеза и оогенеза?
6. Дайте определение понятиям «осеменение» и «оплодотворение».
7. Что такое индивидуальное развитие? Назовите его периоды.
8. Охарактеризуйте стадии эмбрионального развития.
9. У каких животных эмбриональное развитие заканчивается на стадии двух зародышевых листков? Какие животные являются трехслойными?
10. Назовите производные зародышевых листков.
11. Что такое постэмбриональное развитие? Охарактеризуйте его типы.
12. Значение факторов внешней среды в индивидуальном развитии организма.

### Глава 3. ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ

Генетика — наука о наследственности и изменчивости живых организмов. Рождение генетики как науки принято относить к 1900 г., когда Х. Де Фриз, К. Корренс и Э. Чермак вторично открыли законы Г. Менделя, описанные им в 1865 г.

Наследственность — свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемствен-

ность между поколениями. Наследственность реализуется в процессе наследования или воспроизведения в ряду поколений специфического характера обмена веществ и индивидуального развития в определенных условиях внешней среды. Материальной основой ее при бесполом размножении являются соматические клетки, при половом — гаметы (яйцеклетки, сперматозоиды). Наследственные факторы локализуются в хромосомах ядра, в некоторых органоидах цитоплазмы (в митохондриях, пластидах) и называются генами. В 1928 г. Н. К. Кольцов (1872—1940) развил концепцию о молекулярном строении хромосом и химической природе гена, чем предвосхитил главные положения современной молекулярной генетики.

Ген — это функционально неделимая единица генетического материала, представляющая собой участок молекулы ДНК (у некоторых вирусов — РНК), кодирующий первичную структуру полипептида, молекулы транспортной или рибосомальной РНК.

Каждый ген, контролирующий проявление того или иного признака, всегда парный (один из них поступает от матери, второй — от отца). Пара генов, расположенных в одинаковых участках (локусах) парных (гомологичных) хромосом и определяющих контрастные (альтернативные) признаки, называется *аллельными генами*. Альтернативный признак, проявляющийся у гибридов в первом поколении, — *доминантный*, не проявляющийся (подавленный) — *рецессивный*, а гены, контролирующие эти признаки, соответственно *доминантные* и *рецессивные*.

Аллельные гены принято обозначать одинаковыми буквами латинского алфавита: доминантный — прописной буквой (например, A), рецессивный — такой же строчной (a). Организмы с одинаковыми аллелями одного гена, к примеру, обе аллели доминантные (AA) или обе рецессивные (aa), называют соответственно гомозиготными или гомозиготами. Организмы, имеющие разные аллели одного гена — одну доминантную, другую — рецессивную (Aa), называют гетерозиготными или гетерозиготами (рис. 10). В результате мейоза гомологичные хромосомы, а с ними и аллельные гены расходятся в разные гаметы. Поскольку у гомозиготы обе аллели одинаковые, она образует один тип гамет. Гетерозиготная особь образует два типа гамет — один с доминантным, другой с рецессивным геном.

Совокупность генов клетки или организма, обуслов-

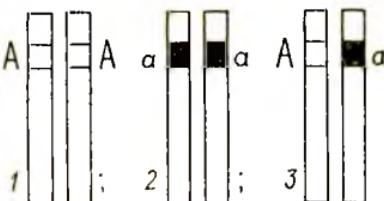


Рис. 10. Схема расположения аллельных генов в гомологичных хромосомах:

1 — гомозигота доминантная; 2 — гомозигота рецессивная; 3 — гетерозигота

ливающих его развитие, называют *генотипом*. Генотип является не механическим набором независимо функционирующих генов, а единой их системой. Комплекс признаков и свойств организма, формирующихся в процессе взаимодействия генотипа с внешней средой, называется *фенотипом*.

Изменчивость — свойство живых организмов изменяться под влиянием факторов среды в результате приобретения новых или утраты имеющихся признаков. Изменчивость отражает нестабильность наследственных свойств организма и является одним из важнейших факторов эволюции, обеспечивающих приспособленность популяций и видов к изменяющимся условиям существования.

Материальные основы наследственности и изменчивости организмов на молекулярном, клеточном, организменном и популяционном уровнях организации живого являются предметом генетики.

Перед генетикой как наукой стоят следующие задачи: 1) изучение проблем хранения генетической информации, т. е. определение структур клетки, являющихся материальным субстратом генетической информации, и способов ее кодирования; 2) выяснение механизмов и закономерностей передачи генетической информации от клетки к клетке, от поколения к поколению; 3) анализ способов реализации генетической информации в конкретные признаки организма при его взаимодействии со средой; 4) изучение типов изменения генетической информации и механизмов их возникновения. Эти задачи решаются различными методами.

Материальные основы наследственности (хромосомы) изучают с помощью *цитологического метода*. Анализ закономерностей наследования отдельных свойств и признаков организмов при половом размножении, а также изменчивости генов и их комбинаторики проводят *гибри-*

дологическим методом, разработанным Г. Менделем. Мендель изучал наследование отдельных пар признаков в потомстве, полученном при скрещивании родительских особей, отличающихся по одной или двум парам альтернативных признаков. Он предложил соблюдать следующие условия: 1) в каждом поколении вести учет отдельно по каждой паре альтернативных признаков без учета других различий скрещиваемых организмов; 2) проводить количественный учет гибридных организмов, отличающихся по отдельным парам альтернативных признаков, в ряду последовательных поколений; 3) осуществлять индивидуальный анализ потомства от каждого гибридного организма.

Сочетание гибридологического метода с цитологическим составляет самостоятельный метод — *цитогенетический*. Он дает возможность изучать кариотип человека, выявлять изменения в строении и количестве хромосом.

Действие генов в процессе индивидуального развития исследуют *онтогенетическим методом*. В сочетании с биохимическими этот метод позволяет установить носительство рецессивных генов в гетерозиготном состоянии по фенотипу.

Количественный учет наследования признаков проводят *математическими методами*. Частоту встречаемости различных генов в популяции определяют *популяционно-статистическим методом*. По родословной высокопродуктивных животных, а также человека устанавливают типы наследования признаков в различных поколениях (*генеалогический метод*). *Близнецовый метод* основан на изучении близнецов с одинаковыми генотипами и позволяет выяснить влияние среды на формирование признаков.

## Закономерности наследственности

Основные закономерности наследования признаков были открыты Г. Менделем. Скрещивание, в котором родительские особи анализируются по одной паре альтернативных признаков, называется моногибридным, по двум — дигибридным, по многим альтернативным признакам — полигибридным. Опыты по скрещиванию записывают в виде схем. Причем родительские особи обозначают буквой Р, особи первого поколения —  $F_1$ , второго поколения —  $F_2$  и т. д.; скрещивание — знаком умножения ( $\times$ ); генотип материнской особи записывают первым, а отцовской — вторым; в первой строке располагают генотипы родите-

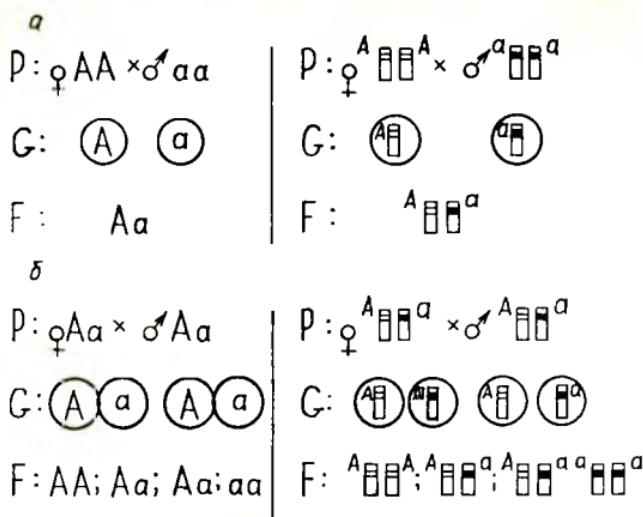


Рис. 11 Схема скрещивания и цитологические основы первого (а) и второго (б) законов Менделя

лей, во второй — типы их гамет, в третьей — генотипы гибридов первого поколения.

Для опытов Мендель брал горох, различающийся по цвету семян (желтые и зеленые). В результате скрещивания гомозиготных желтых (AA) особей с зелеными (aa) каждый родитель образует по одному типу гамет «A» и «a», которые дают гибриды с одинаковым генотипом (рис. 11, а), причем из пары альтернативных признаков развивается только один (доминантный), а второй (рецессивный) подавляется. Исходя из этих данных, Мендель сформулировал первый закон — закон доминирования, или закон единобразия гибридов первого поколения: *при скрещивании гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков, все гибриды первого поколения однобразны как по генотипу, так и по фенотипу*. По генотипу они гетерозиготны, а по фенотипу несут доминантный признак.

Опыты также показали, что каждая гибридная особь может образовать два типа гамет, которые вследствие скрещивания друг с другом могут дать особи как с доминантными (75 %), так и с рецессивными (25 %) признаками. Таким образом, по фенотипу получается расщепление 3:1, а по генотипу — 1AA:2Aa:1aa (рис. 11, б).

Исходя из результатов второго скрещивания, Мендель открыл второй закон — закон расщепления: *при*

скрещивании двух гетерозиготных особей, т. е. гибридов, анализируемых по одной альтернативной паре признаков, в потомстве происходит расщепление по фенотипу в соотношении 3 : 1 и по генотипу 1 : 2 : 1.

Для объяснения закономерностей, вытекающих из второго закона Менделя, У. Бэтсон в 1902 г. сделал обобщение, вошедшее в генетику под названием закона чистоты гамет: *гены в гаметах у гибридных особей не гибридны, а чисты*.

Законы Менделя и закон чистоты гамет с цитологической точки зрения можно объяснить тем, что у гибридов каждая пара аллельных генов находится в идентичных локусах гомологичных хромосом, одна из которых — материнская, а другая — отцовская. При гаметогенезе вследствие мейоза гомологичные хромосомы расходятся в разные гаметы, причем в каждой гамете из пары располагается только одна хромосома с одним аллельным геном в «чистом» виде (см. рис. 11). В результате оплодотворения мужские и женские гаметы обоих типов могут соединяться с равной вероятностью, после чего и осуществляется расщепление по генотипу в соотношении 1AA : 2Aa : 1aa.

В некоторых случаях при гибридологическом анализе приходится выяснить генотип неизвестного гибридного организма. Для этих целей применяется так называемое *анализирующее скрещивание* — скрещивание гибридной особи, генотип которой неизвестен, с «анализатором» (гомозиготной по рецессивным аллелям особью). Если гибрид гетерозиготен по анализируемой паре аллельных генов (Aa), то он образует два типа гамет, а рецессивный «анализатор» (aa) — один тип гамет, в результате у гибридов произойдет расщепление потомства по анализируемому признаку в соотношении 1 : 1 (50 % особей с доминантным признаком и 50 % — с рецессивным). Если же гибрид гомозиготен по анализируемому признаку (AA), то он, как и рецессивный «анализатор», образует один тип гамет. Все гибриды вследствие проявления доминантного гена будут однообразными по фенотипу и гетерозиготными по генотипу. Анализирующее скрещивание применяется в селекции для проверки генотипа организма по изучаемой паре аллелей из любого поколения или для установления генотипа организма неизвестного происхождения.

Следует отметить, что в некоторых случаях первый закон Менделя не проявляется, поскольку ряд признаков

у растений и животных наследуется не по доминантному, а по промежуточному типу (неполное доминирование — результат взаимного влияния генов одной аллельной пары). Например, при скрещивании гомозиготных растений ночной красавицы с белыми цветками (aa) и таких же растений с красными цветками (AA) гибриды первого поколения наследуют не красную (доминантную) окраску цветков, а розовую — промежуточную (Aa). После скрещивания этих гибридов между собой во втором поколении происходит расщепление окраски цветков по фенотипу и генотипу в соотношении 1:2:1, т. е. появляется 25 % красных (AA), 50 % розовых (Aa) и 25 % белых (aa) цветков. Таким образом, промежуточный характер наследования не противоречит закону расщепления.

Для дигибридного скрещивания Мендель брал гомозиготные растения гороха, отличающиеся по двум признакам. У материнских растений семена были гладкие желтые, у отцовских — морщинистые зеленые. После их скрещивания семена у гибридов первого поколения оказались желтые гладкие. Следовательно, у них гладкая форма семени (B) доминирует над морщинистой (b), а желтая окраска (A) — над зеленой (a). Поскольку гены формы семян и их окраски располагаются в разных парах гомологичных хромосом и проявляются разными признаками, они получили название *неаллельных генов*. При скрещивании дигетерозиготных гибридов (AaBb) между собой каждый из них может образовать четыре типа гамет — AB, Ab, aB, ab. При равновероятном их слиянии во втором поколении образуется 16 вариантов генотипов.

Английский генетик Р. Пеннет (1906) для удобства учета предложил записывать образующиеся генотипы в виде решетки (табл. 2). Фенотипически это расщепление по форме и цвету дает 9 гладких желтых семян, 3 гладких зеленых, 3 морщинистых желтых и 1 морщинистое зеленое семя (соотношение 9:3:3:1).

Таким образом, проанализировав наследование признаков у гибридов второго поколения, Мендель установил, что форма горошин не зависит от их окраски, т. е. расщепление по каждому признаку (по каждой аллельной паре) происходит независимо от другого признака (других пар аллельных генов) в соотношении 3:1. Это третий закон Менделея, или закон независимого наследования признаков: *при скрещивании гомозиготных особей, отличающихся двумя (или более) парами признаков, во втором поколении наблюдается независимое*

Таблица 2. Расщепление во втором поколении при дигибридном скрещивании

Мужские гаметы (♂)	Женские гаметы (♀)			
	AB	Ab	aB	ab
AB	<u>AAVV</u> желтое гладкое	<u>AAVb</u> желтое гладкое	<u>AaVV</u> желтое гладкое	<u>AaVb</u> желтое гладкое
Ab	<u>AAVb</u> желтое гладкое	<u>AAbb</u> желтое морщинистое	<u>AaVb</u> желтое гладкое	<u>Aabb</u> желтое морщинистое
aB	<u>AaVV</u> желтое гладкое	<u>AaVb</u> желтое гладкое	<u>aaVV</u> зеленое гладкое	<u>aaVb</u> зеленое гладкое
ab	<u>AaVb</u> желтое гладкое	<u>Aabb</u> желтое морщинистое	<u>aaVb</u> зеленое гладкое	<u>aabb</u> зеленое морщинистое

наследование и комбинирование признаков в сочетаниях, не свойственных родительским и прародительским особям.

Цитологическими основами третьего закона Менделя являются свободное расхождение и независимое комбинирование отцовских и материнских хромосом в мейозе при образовании гамет гибридами. Поэтому гибриды первого поколения ( $AaBb$ ) могут образовывать с одинаковой вероятностью четыре типа гамет (AB, Ab, aB, ab). При оплодотворении гаметы соединяются также по правилам случайных сочетаний с равной вероятностью для каждой, благодаря чему во втором поколении возникают все возможные типы зигот в таком же соотношении, как и при скрещивании.

Для объяснения открытых законов Мендель использовал математические методы исходя из теории вероятности. Он полагал, что гаметы при оплодотворении сливаются друг с другом в зиготу по законам случая. Характер наследования признаков у гибридов зависит от воздействия множества факторов внешней и внутренней среды. Так, если в основе расщепления лежат биологические механизмы (мейоз), то конечный результат (количество особей, особенности их генотипов, фенотипов и т. д.)

определяется суммарным воздействием многих непредвиденных внутренних и внешних факторов и носит случайный или статистический характер.

## Хромосомная теория наследственности

Хромосомная теория наследственности — это учение о локализации наследственных факторов (генов) в хромосомах клеток, которое утверждает, что преемственность свойств организмов в ряду поколений определяется преемственностью их хромосом.

Хромосомная теория наследственности была разработана Т. Морганом с сотрудниками в начале 20 в. и нашла подтверждение при изучении генетических механизмов определения пола у животных.

Пол — это совокупность морфологических и физиологических признаков организма, обеспечивающих его половое размножение и передачу наследственной информации за счет образования гамет. Особи мужского и женского пола различаются хромосомным набором в гаметах. Например, у самок некоторых видов (дрозофилы, человек) все хромосомы парные, а у самцов — две непарные, причем одна из них такая же, как и у самки. Хромосомы, по которым различаются особи мужского и женского пола, получили название *половых хромосом*: парная хромосома обозначается буквой X, непарная — буквой Y. Хромосомы, по которым мужской и женский пол не различаются, называются *аутосомами* (A). Например, у человека из 23 пар хромосом 22 пары являются аутосомами и лишь 1 пара — половыми хромосомами. Хромосомный набор женщины можно записать так: 44A+XX, мужчины — 44A+XY. У дрозофилы хромосомный набор самки составляет 6A+XX, у самца — 6A+XY.

Пол, контролируемый одинаковыми половыми хромосомами, производит один тип гамет (с X-хромосомой) и называется *гомогаметным*. Противоположный пол, контролируемый разными хромосомами, производит два типа гамет (с X- и Y-хромосомой) и называется *гетерогаметным*. У дрозофилы, млекопитающих и других гомогаметен женский пол, а гетерогаметен — мужской; у птиц, бабочек — наоборот. В таком случае женская хромосома обозначается буквой W, а мужская — буквой Z. Пол наследуется как типичный менделирующий признак (рис. 12).

Половые хромосомы, помимо генов, определяющих пол, несут гены, не имеющие к нему никакого отношения. Признаки, наследуемые через половые хромосомы, получи-

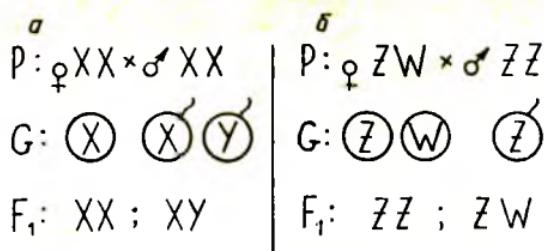


Рис. 12. Схема наследования пола при женской гомогаметности (а) и гетерогаметности (б)

ли название сцепленных с полом. У человека признаки, наследуемые через Y-хромосому, могут быть только у лиц мужского пола, а через X-хромосому — у лиц обоих полов. Особь женского пола по генам X-хромосомы может быть как гомо-, так и гетерозиготной. Рецессивные аллели у нее проявляются только в гомозиготном состоянии. У мужчин гены X-хромосомы могут проявляться и в рецессивном состоянии. При записи передачи признаков, сцепленных с полом, в генетических формулах наряду с символами генов, контролирующих эти признаки, записывают и половые хромосомы, в которых они локализованы. У человека сцеплены с полом такие признаки, как гемофилия (несвертываемость крови), дальтонизм (красно-зеленая слепота) и др.

Гены сцеплены не только в половых хромосомах, но и в аутосомах. Поэтому еще одним доказательством хромосомной теории наследственности послужило изучение Т. Морганом сцепленного наследования генов в аутосомах.

По третьему закону Менделя, независимое комбинирование признаков может быть при условии, если гены, контролирующие эти признаки, находятся в разных парах гомологичных хромосом. Следовательно, у каждого организма число пар признаков, которые могут наследоваться независимо, ограничено числом пар хромосом. Однако в одном организме число признаков, контролируемых генами, значительно больше числа пар хромосом, имеющихся в его кариотипе, следовательно, в каждой хромосоме находится не один ген, а много. Если это действительно так, то третий закон Менделя касается лишь свободного комбинирования хромосом, а не генов. Анализ проявления третьего закона Менделя показал, что в некоторых случаях новые комбинации генов у гибридов совсем отсутствовали, т. е. наблюдалось полное сцепление между генами родительских форм, и тогда в фенотипе происходо-

дило расщепление 1:1. Иногда при независимом наследовании комбинации признаков совершаются с меньшей, чем это должно было быть, частотой.

Т. Морган назвал совместное наследование генов, расположенных в одной хромосоме, *сцеплением генов*. Гены, локализованные в одной хромосоме, располагаются последовательно друг за другом (линейно) и образуют *группу сцепления*. У каждого вида организмов число их равно гаплоидному набору хромосом. Установлено, что в гомологичной паре хромосом регулярно происходит обмен генами. Процесс обмена идентичными участками гомологичных хромосом с содержащимися в них генами называют *перекрестом хромосом* или *кроссинговером*. Кроссинговер происходит в мейозе и обеспечивает новые сочетания генов в гомологичных хромосомах. Частота кроссинговера зависит от расстояния между генами, ее принято выражать в процентах.

Явление кроссинговера, как и сцепление генов, характерно для животных, растений, микроорганизмов. Когда гены находятся в разных парах хромосом, то генотип дигетерозиготы записывают следующим образом:  $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$ .

Если же гены находятся в одной паре гомологичных хромосом, то запись производят так:  $\frac{AB}{ab}$ . Гаметы с хромосомами,

претерпевшими кроссинговер, называют кроссоверными, а не претерпевшие — некроссоверными. Если в гаметогенезе происходит кроссинговер между гомологичными хромосомами, то говорят о *неполном сцеплении генов*, которое характерно для растений и животных. Исключением являются самцы дрозофилы и самки тутового шелкопряда, у которых в гаметогенезе кроссинговер не происходит, что объясняется *полным сцеплением генов*.

Сцепление генов, как и кроссинговер, Т. Морган изучил в опытах на дрозофиле по наследованию двух пар признаков (серое тело и длинные крылья, черное тело иrudиментарные крылья), гены которых локализованы в одной хромосоме (рис. 13). На основании полученных результатов он сформулировал следующее правило: *гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются сцепленно, причем сила сцепления зависит от расстояния между ними*.

В целом в хромосомной теории наследственности можно выделить следующие положения:

1. Гены находятся в хромосомах, каждая из которых представляет группу их сцепления; число групп сцепления

ген	Признак	P:	Р:	Р:
B	Серое тело	$\text{♀ } \frac{\text{BA}}{\text{BA}} \times \text{♂ } \frac{\text{ba}}{\text{ba}}$	$\text{♀ } \frac{\text{ba}}{\text{ba}} \times \text{♂ } \frac{\text{BA}}{\text{ba}}$	$\text{♀ } \frac{\text{BA}}{\text{ba}} \times \text{♂ } \frac{\text{ba}}{\text{ba}}$
A	Длинные крылья	G: $(\text{BA}) \quad (\text{ba})$	G: $(\text{ba}) (\text{BA}) (\text{ba})$	G: $(\text{BA}) (\text{Ba}) (\text{ba}) (\text{ba}) (\text{ba})$
b	Черное тело			
a	Рудиментарные крылья	$F_1: \frac{\text{BA}}{\text{ba}}$	$F_1: \frac{\text{BA}}{\text{ba}} \quad \frac{\text{ba}}{\text{ba}}$ 50% 50%	$F_2: \frac{\text{BA}}{\text{ba}}; \frac{\text{Ba}}{\text{ba}}; \frac{\text{ba}}{\text{ba}}; \frac{\text{ba}}{\text{ba}}$ 41,5% 85% 8,5% 41,5%
		1	2	3

Рис. 13. Схема наследования признаков при полном и неполном сцеплении генов:

1 — скрещивание гомозиготных особей по двум признакам; 2 — скрещивание гомозиготной самки с дигетерозиготным самцом (полное сцепление); 3 — скрещивание дигетерозиготной самки с рецессивным самцом (неполное сцепление)

у каждого вида организмов равно гаплоидному числу хромосом.

2. В хромосоме каждый ген занимает определенное место (локус), и все гены в хромосомах расположены линейно.

3. Между гомологичными хромосомами происходит перекрест (кроссинговер) и обмен аллельными генами.

4. Расстояние между генами в хромосоме пропорционально частоте перекреста и выражается в процентах кроссинговера между ними.

Согласно хромосомной теории наследственности, один ген определяет проявление одного признака. Однако изучение промежуточного наследования показало, что развитие одного признака обусловливается взаимодействием ряда генов. Этим можно объяснить возникновение в результате скрещивания новых признаков, отсутствующих у родительских особей. Необходимо отметить, что взаимодействовать могут гены как одной аллели, так и разных, причем в некоторых случаях один ген контролирует проявление не одного, а нескольких признаков.

Классическим примером взаимодействия генов разных аллелей может служить контроль генами формы гребней у кур: один доминантный ген (A) контролирует развитие розовидного гребня, другой (B) — гороховидного; рецессивные аллели генов (ab) кодируют листовидный гребень, а при наличии в генотипе обоих доминантных генов (AB) развивается новый признак — ореховидный гребень.

Примером множественного действия одного гена является факт курчавого оперения у кур. Перья у них прилегают к коже неплотно, часто обламываются. При таком оперении не только усиливается теплоотдача, но и насту-

пают глубокие нарушения пищеварительной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем. Тщательное изучение данного явления показало, что его причиной служит воздействие многих генов.

Таким образом, вполне очевидно, что любой наследственный признак определяется многими генами, точнее всем генотипом организма. Причем каждый ген может влиять на развитие многих признаков и в целом на весь организм. Следовательно, генотип представляет собой не сумму генов, а их сложную исторически сложившуюся систему. Поэтому фенотип является результатом взаимодействия генотипа с факторами внешней среды в процессе индивидуального развития организма.

Генетика как фундаментальная биологическая дисциплина изучает закономерности наследственности у разных видов, в том числе и у человека. Наследственность человека подчиняется тем же биологическим закономерностям, что и наследственность всех живых существ. Ее изучает специальная наука антропогенетика. Изучение генетики человека затруднено по ряду причин: малое число потомков, относительно позднее наступление половой зрелости, отсутствие точной регистрации проявления наследственных признаков, невозможность уравнять условия жизни и т. д. Тем не менее в настоящее время имеется ряд методов, позволяющих изучать наследственность человека. Наследственные болезни человека изучает медицинская генетика. Установлено, что выше 5 % детей рождается с наследственными болезнями, нарушениями в строении тела. При раннем установлении диагноза в ряде случаев можно предупредить развитие наследственной болезни, назначив специальную диету и начав своевременное лечение, в том числе и оперативное. Генетические исследования показали нежелательность близкородственных браков, так как при этом возрастает вероятность проявления наследственных заболеваний.

Работники здравоохранения должны принимать меры по предупреждению развития наследственных болезней. Эта задача считается особо актуальной в современных условиях в связи с загрязнением окружающей среды радиоактивными веществами, химическими отходами, которые могут вызывать изменения в наследственном аппарате человека.

Особое значение приобретает борьба с вредными привычками — курением, употреблением алкоголя, наркотиков, которые даже в минимальных количествах оказывают

нагубное действие на поведение хромосом в гаметогенезе, на формирование зиготы, развитие зародыша и вызывают необратимые изменения в его генотипе. Изучение кариотипа зародыша и плода осуществляют в специально созданных для этой цели медико-генетических консультациях, где и решают вопросы предупреждения наследственных заболеваний в семьях с отягощенной наследственностью.

### **Закономерности изменчивости**

Живые организмы в процессе эволюции выработали способность отвечать морфофизиологическими изменениями на постоянно меняющиеся факторы среды, так как гены управляют не только передачей признаков, но и пределами их вариации, что позволяет организму лучше приспособливаться к факторам окружающей среды.

Следовательно, изменчивость — это свойство живого изменяться, выражющееся в способности приобретать новые признаки или утрачивать прежние.

Различают два типа изменчивости: фенотипическую (ненаследственную) и генотипическую (наследственную).

*Фенотипическая, или модификационная, изменчивость* представляет собой изменения признаков организма (его фенотипа), не связанные с изменением генотипа. Ярким примером такой изменчивости может служить пшеничное поле, которое, с одной стороны, поражает однотипностью, а с другой — отсутствием одинаковых особей. Модификационная изменчивость ограничивается так называемой *нормой реакции организма*, представляющей степень изменяемости признака и определяемой генотипом. Норма реакции разных генотипов различна и зависит от условий среды. Это можно проиллюстрировать следующим примером. У крупного рогатого скота окраска шерсти не меняется в любых условиях, т. е. норма реакции по этому признаку постоянна, но по такому признаку, как молочная продуктивность, варьирует в очень широких пределах в зависимости от условий кормления и содержания. Норма реакции имеет большое значение для адаптации организмов к тем или иным природным условиям и способствует сохранению видов, а также в практике сельского хозяйства, поскольку определяет степень урожайности злаков, бобовых, пасленовых и других растений, высокую продуктивность животных.

Модификационная изменчивость обусловливается передачей не признака, а способностью организма формиро-

вать соответствующий конкретным условиям фенотип. Например, растение стрелолист в зависимости от внешней среды может иметь различной формы листья: стреловидные (надводные), сердцевидные (плавающие) и лентовидные (подводные). Следовательно, у него наследственно детерминирована не форма листа, а способность изменять ее в некоторых пределах. Модификационная изменчивость распространена довольно широко среди живых организмов. Ч. Дарвин назвал ее определенной изменчивостью.

Признаки организма можно разделить на качественные (цвет семян у растений, цвет волос и глаз у человека и т. д.) и количественные (высота растения, число колосков в колосе, урожайность; рост и масса тела человека).

Для характеристики количественных признаков применяют комплекс статистических показателей. Одним из таких показателей является вариационный ряд, характеризующий изменчивость признака. В основе его построения лежит следующий принцип. Например, берем 100 колосьев пшеницы и подсчитываем в каждом число колосков. Полученные цифры (варианты) располагаем в порядке нарастания признака и подсчитываем, сколько раз каждая варианта  $v$  встречается в данном ряду  $p$ , затем группируем их, т. е. составляем вариационный ряд (табл. 3).

Таблица 3. Примеры построения вариационного ряда

$v$	17	18	19	20	21	22	23
$p$	6	8	16	27	21	18	4

Данные, приведенные в табл. 3, отражают степень изменчивости признака. Его среднее значение  $M$  рассчитываем по формуле

$$M = \frac{\Sigma (vp)}{n},$$

где  $\Sigma$  — сумма;  $n$  — общее число вариантов данного вариационного ряда.

В нашем примере среднее значение признака вариационного ряда

$$M = \frac{17 \cdot 6 + 18 \cdot 8 + 19 \cdot 16 + 20 \cdot 27 + 21 \cdot 21 + 22 \cdot 18 + 23 \cdot 4}{100} = 20,19.$$

Для характеристики степени изменчивости признака используют *вариационную кривую*. Для этого строят график в системе координат, откладывая на оси абсцисс (по

горизонтали) значения варианта  $v$  в порядке их увеличения, на оси ординат (по вертикали) — частоту встречаемости  $p$  каждой варианты. При соединении точек пересечения получаем кривую, характеризующую изменчивость числа колосков в колосе.

*Генотипическая изменчивость* подразделяется на мутационную и комбинативную.

*Мутационная изменчивость* — это такая изменчивость, при которой происходят скачкообразные, прерывистые изменения наследственного признака (мутации). Иными словами, *мутации* — это внезапно возникающие стойкие изменения генетического аппарата, включающие переход генов из одного аллельного состояния в другое, изменение их структуры, различные изменения структуры хромосом, их числа в кариотипе, а также генетических структур цитоплазмы.

Учение о мутациях было заложено в работах Х. Де Фриза (1848—1935). Основные положения этого учения сводятся к следующему: 1) мутации возникают внезапно и являются качественными изменениями; 2) новые мутантные формы устойчивы; 3) мутации могут быть как полезными, так и вредными; 4) одни и те же мутации могут возникать повторно.

Мутации классифицируют по измененным клеткам (генеративные и соматические); по причине, их вызвавшей (спонтанные и индуцированные); по характеру изменений в генотипе (генные, хромосомные, цитоплазматические).

*Генеративные мутации* возникают в половых клетках. Если генеративная мутация доминантна, то у организмов новый признак (свойство) проявляется в первом поколении даже в гетерозиготном состоянии. Рецессивная мутация проявляется через несколько поколений при переходе ее в гомозиготное состояние. Примером рецессивной генеративной мутации может служить наличие гемофилии в отдельных семьях.

*Соматические мутации* возникают в генотипе клеток тела (соматических клеток) и обнаруживаются в той его части, которая развила из измененных клеток. Для видов, размножающихся половым путем, данные мутации не имеют принципиального значения, но важны для видов, размножающихся бесполым путем. Так, у вегетативно размножающихся плодовых и ягодных растений соматическими мутациями могут быть растения с новыми признаками. Например, И. В. Мичурин получил новый сорт яблони Антоновка шестисотграммовая в результате веге-

тативного размножения соматической почковой мутации, возникшей у яблони сорта Антоновка.

*Спонтанные мутации* встречаются в природе в естественных условиях без направленного вмешательства человека. У одних видов они происходят чаще, у других — реже.

Н. И. Вавилов (1887—1943) в результате изучения спонтанных мутаций у растений различных систематических групп сформулировал закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, который гласит: «*Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов*». В качестве примеров, подтверждающих этот закон, можно назвать случаи альбинизма в ряду позвоночных; группы крови, резус-фактор у приматов и человека и т. д. Данный закон позволил по-новому подойти к пониманию принципов мутации в природе. Оказалось, что наследственная изменчивость запрограммирована в генотипе, и мутации считаются случайными, если их рассматривать в отдельности. В целом же они с точки зрения закона гомологических рядов представляют собой закономерное явление в системе вида. Мутации, возникающие как бы случайно в разных направлениях, при их оценке в комплексе дают возможность вывести общий закон, позволяющий предсказать наличие того или иного признака у разных родов одного семейства, если хотя бы один из родов этого семейства имеет данный признак.

*Индукционные мутации* происходят в генотипе особи под влиянием специальных направленных факторов среды, получивших название мутагенных факторов или мутагенов. Среди них различают физические (ионизирующее и ультрафиолетовое излучение, температура), химические (иприте и его производные, аналоги азотистых оснований, акридиновые красители, побочные и промежуточные продукты химических синтезов, ряд лекарств) и биологические (некоторые вирусы). Установлено, что мутации можно вызвать в лабораторных условиях, воздействуя на организм мутагенами. Мутантные организмы получили, например, Г. А. Надсон и Г. С. Филиппов (1925) при облучении грибов радием, Г. Мёллер (1927) — при облучении дрозофилы рентгеновыми лучами. Индуцированные мутации широко используются в селекционной практике, так

как дают широкий спектр появления новых признаков и служат ценным материалом для искусственного отбора, так же как спонтанно возникающие мутации — материалом для естественного отбора.

В связи с развитием научно-технического прогресса во всех областях народного хозяйства широко применяются химические соединения, радиоактивные вещества и другие искусственные мутагены. Так, в сельском хозяйстве используются различные химические соединения в качестве удобрений, инсектицидов, пестицидов, гербицидов, дефолиантов, которые далеко не всегда безвредны для человека. Все эти вещества могут вызывать различные мутации. В связи с этим необходимо усилить контроль за загрязнением окружающей среды мутагенами и принять конкретные меры по предупреждению их выброса.

*Генные мутации* обусловлены изменением структуры самого гена — выпадением, добавлением или перестановкой пары нуклеотидов в молекуле ДНК. Такие мутации могут изменять структуру белка фермента, который кодируется данным геном, изменять его свойства или полностью нарушать синтез полипептида. Генные мутации встречаются особенно часто. Они могут быть доминантными и рецессивными, возникать в гаметах и соматических клетках спонтанно или под воздействием мутагена.

*Хромосомные мутации* обусловлены изменением структуры или числа хромосом в кариотипе особи. Структура хромосомы может измениться вследствие нарушения кроссинговера в мейозе, что выражается утерей части (фрагмента) хромосомы, удвоением или умножением того или иного ее фрагмента либо изменением линейного расположения фрагментов хромосомы в результате их поворота на 180°. Особый вид хромосомной перестройки представляет перенос фрагмента одной хромосомы на другую, негомологичную ей хромосому. Большинство таких мутаций вредно для организма и ведет к снижению его жизнедеятельности. Мутации, обусловленные изменением числа хромосом, бывают полиплоидные и гетероплоидные.

*Полиплоидия* — вид геномной мутации, при которой происходит увеличение числа наборов хромосом в кариотипе, кратное гаплоидному. Она возникает при разрушении веретена деления во время митоза или мейоза и приводит к образованию гамет с набором 2n, 3n, 6n и т. д. Полиплоидия часто встречается у растений и очень редко у животных (у инфузорий, тутового шелкопряда, некоторых земноводных). Полиплоиды отличаются крупными размерами

клеток, листьев, цветков, плодов, семян. Большинство культурных растений является полиплоидами: твердая пшеница имеет 28 ( $4n$ ) хромосом, мягкая — 42 ( $6n$ ) хромосомы, а полудикий вид рода пшеницы однозернянка, или полба, — 14 ( $2n$ ) хромосом.

*Гетероплоидия* — вид геномной мутации, обусловленной избытком или нехваткой одной хромосомы в паре гомологичных хромосом. Гетероплоидия происходит вследствие нарушения расхождения хромосом в мейозе после их конъюгации, что приводит к уменьшению размеров организма, снижению его плодовитости и т. д. У человека появление лишней хромосомы или ее нехватка вызывает тяжелые заболевания.

*Цитоплазматические мутации* — результат изменения ДНК клеточных органоидов (пластид, митохондрий). Например, пестролистность у растений вызывают мутации в ДНК хлоропластов. Цитоплазматические мутации наследуются по материнской линии, так как зигота получает цитоплазму в основном из яйцеклетки.

*Комбинативная изменчивость* обусловливается разнообразием генотипов и обеспечивает появление новых комбинаций признаков в результате скрещивания. Она наследуется в соответствии с законами Г. Менделя и правилом Т. Моргана. Играет большую роль в эволюции, так как дает новые сочетания приспособительных признаков, возникающих при скрещивании. Комбинативная изменчивость используется в селекции для улучшения пород животных, сортов растений путем скрещивания.

### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение генетики как науки. Назовите ее предмет, задачи и методы.
2. Что такое наследственность?
3. Дайте определение понятию «ген». Какие гены называются аллельными, доминантными, рецессивными?
4. В чем сущность понятий гомозиготный, гетерозиготный организм?
5. Что такое генотип, фенотип?
6. Дайте определение понятиямmono-, ди- и полигибридное скрещивание.
7. Правила записи генетического скрещивания.
8. Почему первый закон Менделя имеет двойное название — закон доминирования и закон единства гибридов  $F_1$ ?
9. Опишите второй закон Менделя. Почему его называют законом расщепления?
10. В чем суть гипотезы чистоты гамет?
11. Для каких целей применяется анализирующее скрещивание?
12. Какие причины лежат в основе промежуточного характера наследования?
13. Почему третий закон Менделя называют законом независимого наследования признаков?
14. Цитологические основы третьего закона Менделя.
15. Объясните статистический характер законов Менделя.
16. Что такое хромосомная теория наследственности? Перечислите основные ее положения.
17. Дайте определение пола. Каков механизм наследования пола? Что означает гомо- и гетерогаметный пол?
18. Расскажите о сцеплении признаков

- с полом. 19. Что такое сцепление генов? В чем суть перекреста (крес-синговера) хромосом? Какие гаметы называются кроссоверными? 20. В чем сущность правила Моргана? 21. Какое влияние на проявление признака оказывает взаимодействие генов? 22. Значение генетики для медицины. 23. Дайте определение изменчивости. Укажите ее типы. 24. Расскажите о биологическом значении нормы реакции. 25. Охарактеризуйте статистические закономерности модификационной изменчивости. 26. Дайте определение мутационной изменчивости. Опишите виды мутаций. 27. Значение закона гомологических рядов Н. И. Вавилова в наследственной изменчивости. 28. Что такое мутагены? Какие виды мутагенов известны? 29. Дайте определение комбинативной изменчивости. Какие законы наследования признаков лежат в ее основе?

### Задачи для самоконтроля

1. Выпишите типы гамет, образующиеся у особей с генотипами  $AA$ ;  $aa$ ;  $Aa$ .
2. Желтый цвет семян у гороха ( $A$ ) доминирует над зеленым ( $a$ ).
  - а) скрещивается гомозиготный желтый горох с зеленым. Каков фенотип и генотип у гибридов  $F_1$ ?
  - б) скрещиваются два гетерозиготных желтых растения гороха. Какой генотип и фенотип будет иметь потомство от этого скрещивания?
  - в) скрещивается гетерозиготный желтый горох с зеленым. Какое расщепление по цвету горошин ожидается в первом поколении?
3. Красная окраска цветков у ночной красавицы определяется геном  $A$ , белая — геном  $a$ . Гетерозиготы  $Aa$  вследствие промежуточного наследования имеют розовые цветки:
  - а) цветки красного растения опылены пыльцой белого. Какой генотип и фенотип будут иметь гибриды  $F_1$  и  $F_2$ ?
  - б) цветки розового растения опылены пыльцой красного. Какой фенотип и генотип будет у гибридов от этого скрещивания?
4. У гороха гладкая поверхность семян ( $B$ ) доминирует над морщинистой ( $b$ ):
  - а) при скрещивании двух растений с гладкими семенами в  $F_1$  получено расщепление в отношении 3:1. Определите генотип родителей;
  - б) при скрещивании двух растений с гладкими семенами все потомство имеет гладкие семена. Установите генотип родителей.
5. Сколько типов гамет и какие именно образуют следующие организмы с генотипами: а)  $AA$ ; б)  $AABB$ ; в)  $aaBB$ ; г)  $aabb$ ; д)  $AaBb$ ; е)  $AaBB$ ; ж)  $AABb$ ?
6. У гороха желтый цвет семян ( $A$ ) доминирует над зеленым ( $a$ ), гладкая поверхность семян ( $B$ ) — над морщинистой ( $b$ ):
  - а) дигомозиготный желтый горох скрещен с зеленым морщинистым. Определите генотип и фенотип гибридов  $F_1$  и  $F_2$ . Как в данном случае проявится третий закон Менделя?
  - б) дигетерозиготный желтый горох скрещен с зеленым морщинистым. Какое расщепление по генотипу и фенотипу ожидается в  $F_1$ ?
7. У человека близорукость ( $M$ ) доминирует над нормальным зрением ( $m$ ), а карие глаза ( $B$ ) — над голубыми ( $b$ ):
  - а) гомозиготная близорукая голубоглазая женщина вышла замуж за мужчину с нормальным зрением, гетерозиготного по гену кареглазости. Определите возможные фенотипы и генотипы их детей;
  - б) единственный ребенок близоруких кареглазых родителей имеет голубые глаза и нормальное зрение. Установите генотипы всех трех членов этой семьи.

8. У дрозофилы, млекопитающих и человека гомогаметен женский пол, а мужской гетерогаметен. У птиц гомогаметен мужской пол, а гетерогаметен женский. Сколько типов гамет, различающихся по половым хромосомам, образуется при гаметогенезе: а) у самки дрозофилы; б) самца дрозофилы; в) курицы; г) петуха; д) женщины; е) у мужчины?

9. У дрозофилы гены, определяющие красную (*W*) окраску глаз (нормальная муха) и белую (*w*), локализованы в *X*-хромосоме. *Y*-хромосома соответствующего локуса не имеет. Сколько и какие типы гамет продуцирует: а) гомозиготная красноглазая самка; б) гетерозиготная красноглазая самка; в) красноглазый самец; г) белоглазый самец?

10. У человека гемофилия (несвертываемость крови) характеризуется геном *h*, локализованным в *X*-хромосоме, а нормальная свертываемость — его доминантным аллелем *H*:

а) здоровая женщина, гетерозиготная по гену гемофилии, вышла замуж за здорового мужчину. Какова вероятность, что их ребенок будет болеть гемофилией? б) мать здоровая, гомозиготна по нормальному гену свертываемости, отец болен гемофилией. Будут ли болеть гемофилией их дети?

11. У дрозофилы гены *D* и *E* и их рецессивные аллели находятся в одной аутосоме. Сколько и какие типы кроссоверных и некроссоверных гамет производят мухи следующих генотипов:

DE                    DE  
а) самец     $\frac{de}{de}$ ; б) самка     $\frac{de}{de}$ .

12. Фрагмент одной цепи молекулы ДНК имеет следующий нуклеотидный состав: ГАТАЦТТАААГАЦ. В результате мутации из фрагмента ДНК выпали пятый и тринадцатый нуклеотиды (счет слева). Определите, как изменится структура иРНК, считаемая с этого фрагмента?

13. Какие изменения произойдут в строении полипептида, если в кодирующем его участке ДНК ТААЦААГГАЦТААГ между 10-м и 11-м нуклеотидами включен цитозин, а между 13-м и 14-м — тимин, а на конце рядом с гуанином прибавился еще один гуанин?

## Глава 4. ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ

Эволюционное учение — это наука о причинах, движущих силах, механизмах и общих закономерностях исторического развития живых организмов. Оно обобщает результаты, полученные частными биологическими науками, и поэтому является теоретической основой биологии.

На познание законов развития живой природы человеческая мысль была направлена с древнейших времен. Однако первая успешная попытка научно решить данную задачу была совершена только в середине 19 в. Ч. Дарвином. Поэтому историю развития эволюционного учения как науки разделяют на додарвиновский, дарвиновский и последдарвиновский периоды. В связи с бурным развитием генетики и использованием ее достижений для объяснения механизмов эволюции в 20—30-х годах 20 в. сформировалось новое направление в эволюционном учении, получившее название синтетической теории эволюции.

## Додарвиновский период

На всех этапах своей истории биология являлась ареной борьбы материализма и идеализма. Материализм утверждает идею исторического развития органического мира, в основе которой лежит признание естественного происхождения живых организмов. Идеализм же отстаивает представление о создании живых существ богом. Эти противоположные идеи зародились еще в древнем мире и играли существенную роль в формировании философских мировоззрений мыслителей всех эпох.

Представления о роли творца в возникновении живой природы господствовали в биологии до середины прошлого века. Сторонником этих взглядов был шведский естествоиспытатель К. Линней (1707—1778). Основной его труд «Система природы» (1735) представлял собой описания всех известных в то время животных и растений, многие из которых были впервые им описаны. Главная заслуга Линнея в том, что он заложил основы современной систематики, утвердил бинарную номенклатуру, т. е. систему двойных латинских обозначений видов, ввел в классификацию живых организмов четкую пятичленную систему (класс — отряд — род — вид — разновидность), которая с дополнениями используется и в наше время. Он создал удобную для применения искусственную систему растительного мира, разбил животный мир на шесть классов (млекопитающие, птицы, земноводные, рыбы, насекомые, черви), поместил в один отряд человека и человекообразных обезьян. Впервые отметил произвольность искусственных систем и указал на необходимость создания естественной системы с учетом всей совокупности признаков организма. Линней не допускал мысли о естественном происхождении организмов и их родстве. Каждый вид, с его точки зрения, представлял потомство одной пары животных или растений, сотворенных богом, и, таким образом, считал, что видов столько, сколько их было создано первоначально. Однако в поздних работах Линней все же привел ряд примеров изменчивости организмов и возникновения новых видов из уже существующих.

Заслуга создания первой целостной теории эволюции органического мира принадлежит Ж. Б. Ламарку (1744—1829). В труде «Философия зоологии» (1809) он попытался обосновать идею развития живых существ и проанализировать факторы, обусловливающие это развитие. Ламарк считал, что все организмы изменяются. По его мнению

нию, в природе нет ни классов, ни родов, ни видов. Природа создает только реально существующий последовательный ряд существ вследствие изменчивости организмов. Изменчивость организмов Ламарк объяснил, во-первых, действием в природе принципа градации, который заключается в последовательном и непрерывном усложнении живых существ в процессе развития природы, и, во-вторых, действием на живые организмы факторов среды обитания. С его точки зрения, движущей силой градации служит изначальное (заложенное творцом) стремление природы к прогрессу, способность организмов целесообразно реагировать на изменения внешних условий. Он ошибочно полагал, что для эволюции живых существ достаточно лишь влияния среды. Высшие животные, по его мнению, могут изменяться под влиянием внутренней тенденции к самосовершенствованию. Таким образом, Ламарк объединил идею изменяемости видов с идеей прогрессивной эволюции. Однако он не смог объяснить механизмы эволюционного процесса и допускал наследование приобретенных признаков, считая, что это и приводит к эволюции. Несмотря на то что основные положения теории Ламарка не получили в дальнейшем подтверждения, ее историческая роль как первой последовательной эволюционной концепции несомненна.

Эволюционные представления о природе начали развиваться в России с середины 18 в. Первым их выразителем был М. В. Ломоносов (1711—1765), который в своих работах указывал на связь живой и неживой природы. Это противоречило господствовавшему в те времена метафизическому подходу к изучению всех явлений природы как неизменяющихся, не зависящих друг от друга. Представления о создании природы богом Ломоносов считал вредными росту человеческих знаний.

А. Н. Радищев (1749—1802), писатель и философ, рассматривал природу в ее единстве и развитии от простого к более сложному, от горных пород к растениям, животным и человеку, включая человеческое сознание.

Русский биолог К. Ф. Рулье (1814—1858) критиковал метафизические идеи о неизменяемости и постоянстве видов. Он считал, что возникновение приспособлений у животных связано с изменением условий среды, а происхождение видов — с борьбой за существование.

В целом следует отметить, что к началу 19 в. было накоплено огромное количество знаний по различным отраслям биологии и сельского хозяйства, но естество-

испытатели, признавая преемственность в развитии видов, не сумели вскрыть причины их эволюции. Это удалось сделать английскому ученому Ч. Дарвину (1809—1882). Используя весь накопленный к тому времени багаж знаний, он создал научно обоснованную теорию эволюции живой природы, названную в дальнейшем дарвинизмом.

### Учение Дарвина — основа современной теории эволюции

В 1859 г. Ч. Дарвин опубликовал работу «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь», которая явилась результатом собственных наблюдений во время кругосветного путешествия на корабле «Бигль» и обобщения достижений науки и сельскохозяйственной практики того времени. Позже он написал такие работы, как «Изменение животных и растений под влиянием одомашнивания» (1868), «Происхождение человека и половой отбор» (1871), «Действие перекрестного опыления и самоопыления в растительном мире» (1876) и др. В своих трудах Дарвин вскрыл механизм становления видов, т. е. механизм эволюции органического мира.

Дарвин считал, что все виды в природе способны размножаться в геометрической прогрессии. Это правило не знает исключений ни в растительном, ни в животном мире. Каждый вид способен произвести и производит гораздо больше особей, чем выживает их до взрослого состояния; юных особей всегда больше, чем взрослых. Однако число взрослых особей каждого вида растений и животных сохраняется более или менее постоянным. Исходя из этого, он заключил, что часть особей гибнет в «борьбе за жизнь», в «борьбе за существование».

Основываясь на наблюдениях в природе, Дарвин обнаружил, что для растений и животных характерна всеобщая изменчивость признаков и свойств, так как даже в потомстве одной пары родителей нет совершенно одинаковых особей.

Учитывая наличие в природе борьбы за существование и всеобщей изменчивости признаков и свойств живых организмов, Дарвин сделал заключение о неизбежности существования в природе процессов, закономерно ведущих к избирательному уничтожению одних особей и размножению других, т. е. к естественному отбору. Иными словами, в борьбе за существование ничтожные на первый взгляд

различия особей дают определенные преимущества одним из них и приводят к гибели других. В конечном итоге в живых остаются лишь особи, обладающие определенными благоприятными в данных конкретных условиях особенностями, отличающими их от остальных особей этого вида.

Таким образом, Дарвин блестяще показал, что признаки организмов, развивающиеся под влиянием естественного отбора, являются приспособлениями для существования в определенных условиях. Следовательно, любые приспособления, как бы они ни были совершенны, целесообразны только в конкретных условиях. Из этого следует, что историческое развитие организмов и есть история их приспособления к изменяющимся условиям среды.

Эволюционная теория Дарвина явилась первым блестящим примером решения проблемы развития живой природы с материалистических позиций. Главное ее значение заключалось в обосновании и укреплении исторического взгляда на органический мир, что придавало новый смысл биологическим наукам.

Высоко оценивали заслуги Дарвина К. Маркс, Ф. Энгельс и В. И. Ленин. Спустя две недели после выхода книги «Происхождение видов...» Ф. Энгельс написал К. Марксу: «... до сих пор никогда еще не было столь грандиозной попытки доказать историческое развитие в природе, да к тому же еще с таким успехом...»<sup>1</sup> Через год К. Маркс написал: «... эта книга дает естественноисторическую основу для наших взглядов...»<sup>2</sup> В. И. Ленин указывал: «...Дарвин положил конец воззрению на виды животных и растений, как на ничем не связанные, случайные, «богом созданные» и неизменяемые, и впервые поставил биологию на вполне научную почву, установив изменяемость видов и преемственность между ними...»<sup>3</sup>

Дарвинизм оказал большое влияние на развитие всех отраслей биологической науки. На основе учения Дарвина началось сравнительное изучение жизни животных, была установлена историческая преемственность высшей нервной деятельности человека и животных. Распространение животных и растений на земном шаре стали рассматриваться

<sup>1</sup> Энгельс Ф. Письмо Марксу, Манчестер, 11 или 12 дек. 1859 // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 29. С. 424.

<sup>2</sup> Маркс К. Письмо Энгельсу, Лондон, 19 дек. 1860 // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 30. С. 102.

<sup>3</sup> Ленин В. И. Что такое «друзья народа»... // Полн. собр. соч. Т. 1. С. 139.

вать в связи с историей материков и эволюцией органического мира.

В России идеи Дарвина пропагандировали К. А. Тимирязев, И. И. Мечников, Н. И. Вавилов, А. Н. Северцов, И. И. Шмальгаузен и другие.

В начале 20 в. началось экспериментальное изучение действия естественного отбора, быстро развиваются генетика, экология и другие новые отрасли биологической науки.

## Движущие силы эволюции

На основании учения Дарвина установлено, что движущими силами эволюции органического мира являются борьба за существование и естественный отбор на основе наследственной изменчивости, а движущими силами эволюции пород и сортов — наследственная изменчивость и искусственный отбор.

Под наследственностью Дарвин понимал способность организмов сохранять в потомстве свои видовые, сортовые и индивидуальные особенности, а под изменчивостью — способность организмов приобретать новые признаки под влиянием условий среды. Он различал определенную, неопределенную и соотносительную изменчивость.

*Определенная* (или *групповая*) изменчивость — это появление сходных признаков у всех особей под влиянием одинаковых условий среды. Теперь установлено, что эта изменчивость не затрагивает генотип организмов и называется модификационной или фенотипической. *Неопределенная* (или *индивидуальная*) изменчивость — это возникновение индивидуальных различий у особей одного вида под действием сходных условий среды. Она обусловливает большое разнообразие признаков у одной группы особей. Индивидуальные различия передаются по наследству, поэтому данный вид изменчивости представляет собой генетическую, или наследственную, изменчивость. Кроме того, Дарвин выделил *соотносительную изменчивость*, когда изменение одного органа или признака влечет за собой изменение других органов и признаков. Например, толщина волос у овец зависит от толщины кожного покрова. Таким образом, Дарвин впервые обосновал роль наследственной изменчивости в эволюции, хотя в тот период еще не были известны все причины и механизмы изменчивости.

Борьба за существование, по Дарвину, представляет сложные и многообразные отношения организмов между собой и с неживой природой. Различают следующие формы борьбы: внутривидовую, межвидовую и борьбу с неблагоприятными условиями неорганической природы.

*Внутривидовая борьба* — это борьба между особями одной популяции любого вида. Она наиболее напряженная, поскольку особи популяции имеют одинаковые условия существования и источники питания. Например, состязание между хищниками за добычу, поедание взрослыми особями части потомства (речной окунь), состязание между особями одной популяции за свет. *Межвидовая борьба* — это борьба за существование между особями разных видов, занимающих сходные места обитания. Например, борьба между хищником и жертвой, борьба за свет между сосной, березой и осиной в смешанном лесу. Межвидовая борьба за существование включает одностороннее использование одного вида другим (рыбы поедают планктон). *Борьба с неблагоприятными условиями неорганической природы* имеет место при засухе, наводнениях, заморозках и т. п.

Все виды борьбы за существование усиливают внутривидовую борьбу, что способствует совершенствованию вида в процессе эволюции и в конечном итоге приводит к выживанию тех организмов, которые оказываются наиболее приспособленными к конкретным условиям, т. е. к естественному отбору.

*Естественный отбор* — это постоянно происходящий в природе процесс, при котором выживают и оставляют потомство наиболее приспособленные особи каждого вида и гибнут менее приспособленные. Необходимым условием естественного отбора является наследственная изменчивость, а непосредственным результатом — формирование приспособлений организмов к конкретным условиям существования. Различают следующие формы естественного отбора: движущий, стабилизирующий и дизруптивный (разрывающий).

*Движущий, или направленный, отбор* — это отбор, благоприятствующий лишь одному направлению изменчивости. Был описан Дарвином. Примером такого отбора может служить появление в настоящее время групп крыс и насекомых, устойчивых к ядохимикатам, домашних мух, комаров, способных переносить яд ДДТ; штаммов микроорганизмов, устойчивых к антибиотикам (пенициллин, стрептомицин).

*Стабилизирующий отбор* — это отбор, направленный на сохранение в популяциях среднего, ранее сложившегося признака и действующий против проявлений фенотипической изменчивости. Он происходит при постоянных условиях окружающей среды. Описан И. И. Шмальгаузеном в 1946 г. При длительном действии стабилизирующего отбора некоторые виды организмов могут не изменяться в течение многих тысяч лет. Например, размеры и форма цветков у насекомоопыляемых растений более стабильные, чем у ветроопыляемых. Это обусловлено тем, что строение цветков насекомоопыляемых растений соответствует строению насекомых-опылителей. Поэтому оставляют потомство лишь те растения, строение цветков которых не изменяется.

*Дизрессивный, или разрывающий, отбор* — это отбор, благоприятствующий двум или некоторым направлениям изменчивости организмов, но направленный против сохранения среднего значения признака. Эту форму отбора описал К. Мазер (1941, 1973). Данный отбор ведет к появлению ряда различающихся форм в пределах популяции, что обусловливается различиями условий внешней среды в разных частях ареала данного вида. Примером такого отбора может служить популяция виноградной улитки — ее особи отличаются по окраске раковины, но ни одна из них не имеет решающего преимущества перед другой. Так, в лесах с коричневой почвой чаще встречаются особи с коричневой и розовой окраской раковин, а на участках с грубой и желтой травой преобладают особи с желтой окраской. Подобные различия носят приспособительный характер — предохраняют улиток от поедания птицами.

Все формы естественного отбора составляют единый механизм, поддерживающий равновесие популяций с условиями среды. Установив факт изменения видов в результате естественного отбора в процессе приспособления к условиям среды, Дарвин пришел к выводу, что культурные растения и домашние животные произошли от диких видов. Эта мысль натолкнула его на создание учения об искусственном отборе.

*Искусственный отбор* — это отбор человеком особей, обладающих ценными наследственными признаками. Он может быть бессознательным и методическим.

При *бессознательном отборе* человек не ставит перед собой задачу улучшить или изменить породу, а просто уничтожает и использует для своих нужд в первую очередь

менее ценных для него животных, например кур с низкой яйценоскостью.

*Методический, или сознательный, отбор* проводится с заранее поставленной целью — получить новую породу или сорт. Дарвин показал, что сорта растений и породы животных не возникли внезапно, а создавались постепенно в ходе отбора особей, нужных человеку. При помощи искусственного отбора он добился глубоких изменений у растений и животных. Одомашнивание диких животных началось 10—12 тыс. лет назад, а первые породы животных были получены 5—6 тыс. лет назад. Среди многих форм животных человек подмечал такие, которые интересовали его по конкретным признакам. Эти формы он использовал в качестве производителей и в потомстве снова делал отбор особей, у которых желаемые признаки были выражены лучше. Например, дикие куры несли в год 5—10 яиц, а куры лучших современных пород — 300 и более. Аналогично проводился отбор у растений. Так, в корнеплодах диких видов сахарной свеклы содержится всего 5 % сахара, а культурных сортов — до 22 %. Следовательно, человек на основе методического отбора получал особи с цennыми признаками, которые накапливал из поколения в поколение. Организмы с набором нежелательных признаков человек уничтожал.

По Дарвину, для успешного проведения искусственного отбора должны соблюдаться следующие условия: во-первых, особи должны обладать значительной степенью изменчивости, что повышает вероятность создания новых форм; во-вторых, для отбора необходимо достаточно большое количество особей; в-третьих, следует устранять нежелательные скрещивания и осуществлять тщательный отбор производителей; в-четвертых, нужно добиваться усиления ценных признаков в поколениях.

Основные отличия между искусственным и естественным отбором состоят в том, что искусственный отбор осуществляется человеком и в результате выводятся новые породы животных и сорта растений с полезными признаками. Естественный отбор происходит в природе в результате борьбы за существование и возникают виды с приспособлениями к различным условиям внешней среды. Естественный отбор возник первым в процессе эволюции вместе с появлением жизни. Однако следует отметить, что нередко новые, полученные в результате искусственного отбора признаки могут быть полезны для человека, но бесполезны или даже вредны для животного. Например, культурные

породы свиней почти не способны передвигаться из-за большой массы тела; у короткоклювых турманов настолько слабый клюв, что птенец не в состоянии без помощи человека пробить скорлупу яйца и выйти наружу.

Ч. Дарвин указал, что действие отбора основано на накоплении уклонений от средней нормы признака и только в этом случае отбор приобретает творческое значение. В процессе искусственного отбора происходит постепенная дифференцировка сортов растений и пород животных в различных направлениях в соответствии с интересами человека. В настоящее время интенсивно ведутся работы по разведению пород крупного рогатого скота, лошадей, овец, свиней и т. д. Так, породы крупного рогатого скота были выведены человеком от дикого быка тура и разделяются на несколько групп: молочная (холмогорская, джерсейская), мясо-молочная (симментальская, костромская), мясная (шортгорнская, калмыцкая) и др. От дикого предка лошади тарпана выведено свыше 200 пород домашних лошадей; верховые, упряжные, тяжеловозы и др. В СССР разводят 45 пород лошадей, приспособленных к местным климатическим условиям. Например, якутская лошадь легко переносит суровые морозы и неприхотлива к кормам; в Туркмении с древних времен сохраняется ахалтекинская порода верховых лошадей; широко известны породы упряженных лошадей — орловский рысак, русский рысак, владимирский тяжеловоз.

### **Вид как особый уровень организации живого**

Вид является основной единицей развития живой природы. Первое научное определение его было дано К. Линнеем, который рассматривал вид как совокупность свободно скрещивающихся особей, дающих плодовитое потомство. В эволюционной теории Ж. Б. Ламарка ошибочно отрицалась реальность существования вида. Ч. Дарвин в работе «Происхождение видов» показал изменчивость видов, превращение одного вида в другой. Тем самым понятие о виде как устойчивой, не изменяющейся во времени единице было углублено и дополнено.

В настоящее время принято, что вид — это совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих в природе определенную область —

ареал. Поэтому при изучении вида признаки его необходимо рассматривать в комплексе и всесторонне, а не каждый в отдельности. В связи с этим особое значение имеет вопрос о критериях вида, т. е. о его отличительных признаках.

*Морфологическим критерием* служит сходство внешнего и внутреннего строения особей одного вида. Данный критерий весьма относителен, поскольку одинаковые морфологические признаки у различных групп организмов могут иметь разное таксономическое значение.

*Генетический критерий* представляет собой характерный для каждого вида набор хромосом (по их числу и форме). Этот критерий достаточно устойчив, но тоже не абсолютный, поскольку в пределах вида могут возникать различия в числе и строении хромосом.

*Физиолого-биохимический критерий* базируется на сходстве всех процессов жизнедеятельности (обмена веществ) у особей одного вида. Известно, что синтез тех или иных органических веществ свойствен определенным группам видов. Например, бобовые способны синтезировать азотистые вещества, пасленовые — алкалоиды; у мlekopитающих молекулы инсулина имеют сходную последовательность аминокислот.

*Географический критерий* основывается на сходстве ареалов особей одного вида (по очертаниям, размерам, расположению в биосфере).

*Экологическим критерием* является сходство мест обитания особей одного вида. В природе нет двух видов, обладающих совершенно одинаковыми адаптациями. Это определяет уникальность каждого вида и формирование им конкретных экологических ниш.

Как уже отмечалось, при изучении вида все его критерии необходимо рассматривать в совокупности. Однако основным из них считается генетический, поскольку любой вид представляет собой репродуктивно изолированный генофонд, занимающий в биосфере только ему присущее место. Поэтому сложился особый уровень организации живой материи — видовой.

В пределах ареала на особей вида действуют различные условия среды, в зависимости от которых они группируются в популяции. Следовательно, популяция — это совокупность свободно скрещивающихся особей одного вида, длительно существующих на определенной части ареала внутри и относительно обособленных от других популяций.

Особи одной популяции имеют наибольшее сходство по всем признакам, поэтому возможность скрещивания внутри популяции выше, чем между особями соседних популяций. Каждая популяция характеризуется плотностью, численностью, возрастным составом. *Плотность популяции* — это количество ее особей, приходящееся на единицу площади. *Численность популяции* характеризуется общим количеством особей, ее составляющих. *Возрастной состав* популяции определяется соотношением молодых (вегетативных), зрелых (генеративных) и старых (сенильных) особей. Показатели популяции подвергаются значительным колебаниям в результате изменения условий существования в различные годы и сезоны.

В связи с условиями окружающей среды ареалы популяций даже одного вида могут быть различными. Например, ареал популяции чабреца ползучего в лесном сообществе занимает около 0,01 га, в луговом — до 0,1 га. Численность особей колеблется в зависимости от сезона года. Иногда наблюдается массовое размножение грызунов, саранчи, болезнетворных бактерий и других организмов или, наоборот, снижение их численности. Такие колебания численности особей в популяции называются *популяционными волнами* или *волнами жизни*. Важное значение в поддержании устойчивости популяции имеет ее возрастной состав, который также может меняться в зависимости от условий среды.

Таким образом, являясь формой существования вида, популяции обеспечивают приспособленность его к конкретным условиям среды, т. е. любой вид экологически специфичен. Поэтому при определении вида экологический критерий занимает особое место среди других критериев. У особей каждого вида в процессе эволюции выработались взаимные приспособления, обеспечивающие существование вида как целостной системы (одновременное созревание половых клеток, обеспечивающее скрещиваемость, забота о потомстве и т. п.). Совокупность приспособлений способствовала формированию морфологических, физиологических, генетических признаков, по которым виды отличаются друг от друга. Например, среди земноводных в результате экологической приспособленности выделился вид крабоядных лягушек, способных развиваться в морских лиманах. Это повлекло за собой и биохимические изменения, выразившиеся в уникальной способности крабоядных лягушек регулировать водно-солевой обмен в тканях.

## Генетика и теория эволюции

Эволюционный процесс внутри вида начинается в популяции, состоящей из особей с разными генотипами. Каждый организм, обладая общими и характерными чертами вида, имеет и свои индивидуальные генетические особенности. Всю генетическую информацию популяции (полный набор генов), сложившуюся в процессе ее эволюции, называют генофондом популяции.

В основе генетических процессов, происходящих в популяции, лежат закономерности наследования признаков, открытые Г. Менделем, механизмы распределения хромосом и генов в мейозе и случайное сочетание гамет при оплодотворении.

Природные популяции гетерогенны и подвержены значительным мутациям. Однако при отсутствии давления внешних факторов гетерогенность популяции не изменяется и находится в определенном равновесии. К такому выводу пришли Г. Харди и В. Вайнберг (1908). Они установили, что для большой популяции, где нет отбора, мутаций и смешения с другими популяциями, характерно постоянство в распределении гомо- и гетерозигот.

Вид, подвид или группы из нескольких близких популяций обладают собственной эволюционной судьбой, но они не элементарные единицы эволюции, так как могут распадаться на более мелкие. В эволюционном процессе неделимой единицей является только популяция, представляющая собой экологическое, морфофизиологическое и генетическое единство. Поэтому популяция рассматривается как низшая элементарная самостоятельная эволюционная структура. Под сильным целенаправленным давлением со стороны каких-либо внешних факторов ее генетический состав изменяется и происходит элементарное эволюционное явление. К таким эволюционным фактам относятся мутационный процесс, популяционные волны, изоляция и естественный отбор.

Под действием условий среды в популяции постоянно происходят мутации, число которых из поколения в поколение возрастает, что обуславливает ее генетическую неоднородность. Большинство мутаций носит рецессивный характер, поэтому они не всегда проявляются. Но при свободном скрещивании в популяции мутации могут стать гомозиготными и проявиться фенотипически, после чего сразу же подвергаются действию естественного отбора. Причем в конкретных условиях среды особи с положитель-

ными мутациями закрепляются отбором, а с отрицательными — погибают. В результате один или несколько генотипов преобладают над другими на протяжении жизни ряда поколений. Это может привести к длительному направленному изменению общего состава генов данной популяции (генофонда). Следовательно, каждый вид обладает огромным скрытым запасом «генетической изменчивости» (по выражению С. С. Четверикова, 1926).

Кроме мутаций и комбинаций генов по законам Менделя, эволюцию обусловливают так называемые популяционные волны — регулярные колебания численности популяций, связанные с сезонами года, изменениями погодных условий и среды обитания. Популяционные волны могут случайно менять соотношение редко и часто встречающихся генотипов популяций и, таким образом, дают материал для естественного отбора.

К факторам эволюции относится также изоляция, т. е. возникновение любых барьеров, затрудняющих свободное скрещивание особей, в результате чего в разных популяциях одного вида появляются различные генотипы. Изоляция может быть географической и биологической. *Географическая изоляция* — это ограничение ареала одной популяции от ареала другой того же вида какими-либо труднопреодолимыми географическими барьерами, возникающими вследствие изменений физико-географических условий. *Биологическая изоляция* — это неспособность особей одной популяции скрещиваться с особями другой. Она может быть связана с различиями в поведении, в сроках размножения, с предпочтением мест обитания, морфологическими различиями отдельных органов. Поскольку изоляция препятствует скрещиванию и тем самым обмену наследственной информацией между обособленными популяциями, ее следует рассматривать как один из важнейших факторов эволюции.

Направленное изменение генофонда популяции происходит под контролем всех форм естественного отбора.

### **Учение о микро- и макроэволюции**

Эволюция — необратимое и в известной мере направленное историческое развитие живой природы, сопровождающееся изменением генетического состава популяций, формированием приспособлений к окружающей среде, появлением новых и вымиранием прежних видов,

преобразованием биогеоценозов и биосфера в целом. Различают микроэволюцию и макроэволюцию.

*Микроэволюция* — это совокупность эволюционных процессов, протекающих внутри вида и приводящих к образованию новых видов. В результате микроэволюции отдельные популяции или группы популяций под влиянием специфических условий и достаточной изоляции могут приобрести новые признаки и образовать внутри вида самостоятельные группы. Пока особи из разных популяций внутри вида хоть изредка могут скрещиваться друг с другом в природе и давать плодовитое потомство, вид остается единым как целостная система. Однако в результате изоляции эти внутривидовые группы могут перестать скрещиваться, в связи с чем из одного вида может образоваться один новый или несколько видов.

Таким образом, *виdeoобразование* — это возникновение новых биологических видов и изменение их во времени и пространстве, т. е. превращение генетически открытых систем, каковыми являются по отношению друг к другу популяции и их группы внутри вида, в генетически закрытые системы. В основе видеообразования лежит наследственная изменчивость организмов, а ее ведущим фактором является естественный отбор. Различают два основных способа видеообразования — географический и экологический.

*Географическое видеообразование* — возникновение нового вида в результате распада ареала родительского вида вследствие пространственной изоляции. Например, в Австралии обитают четыре вида земляных попугайчиков, возникшие по периферии исходного родительского ареала. В природе существует около 300 видов малярийных комаров, которые образовались за счет географической изоляции; на территории СССР обитает семь из них.

*Экологическое видеообразование* — возникновение нового вида в пределах ареала материнского вида вследствие изменения среды. Так, в роде дятлов в связи с изменением местообитания обособилось 213 видов; 15 из них встречается на территории СССР. В лесной зоне обитают зеленый дятел, большой пестрый дятел, вертишайка и другие, в кустарниках Туркмении — чешуйчатый дятел. В Северной Америке известно около 500 видов пчел, существующих совместно, но опыляющих разные растения в различное время года. Кроме того, новые виды могут возникнуть вследствие быстрого изменения кариотипа при полиплоидии. Например, в роде хризантем все виды имеют число

хромосом, кратное 9 (18, 27, 36 и т. д.). Полиплоиды широко распространены в природе, в частности на острове Шпицберген существует около 80 % полиплоидных видов растений.

В основе видаобразования лежит расхождение признаков — **дивергенция**, способствующая возникновению множества новых форм, отличающихся по ряду признаков. Однако не все сформировавшиеся организмы получают дальнейшее развитие. Наиболее расходящиеся по признакам формы обладают большими возможностями выжить в процессе естественного отбора, так как меньше конкурируют между собой. Промежуточные формы постепенно вымирают, поэтому одновременно с дивергенцией идет процесс вымирания.

Видаобразование является гранью между **микро- и макроэволюцией**, представляющей собой образование из видов новых родов, из родов — новых семейств и других таксономических единиц более высокого ранга. Поэтому макроэволюцию определяют как совокупность процессов эволюции живых форм на надвидовом уровне.

В основе макро- и микроэволюции лежат одни и те же эволюционные процессы.

Результатом эволюции являются *приспособленность организмов* к различным условиям среды и *многообразие видов*. У животных известны такие приспособления, как покровительственная, предостерегающая, угрожающая окраска, мимикрия (сходство между защищенными и незащищенными животными). Например, шмелевидные и осовидные муhi, не имеющие жала, очень похожи на шмеля и ос, жалящих насекомых. У растений появляются разнообразные приспособления к условиям опыления, разным режимам температуры, влажности, длине светового дня. Приспособлением к сохранению вида следует считать и плодовитость некоторых организмов. Все приспособления у организмов вырабатываются на основе наследственной изменчивости в процессе эволюции путем отбора.

Следует подчеркнуть, что любая приспособленность носит относительный характер, поскольку способствует выживаемости организмов лишь в тех условиях, в которых она выработалась. Например, в яркий солнечный зимний день белая куропатка выдает себя тенью на снегу; заяц-беляк становится заметным на фоне темных стволов.

Таким образом, приспособленность возникает потому, что условия, с которыми сегодня сталкивается организм,

встречались в истории вида множество раз и в результате отбора к этим условиям сформировались те или иные приспособления. Стоит организмам попасть в условия, ранее не встречавшиеся в эволюции вида, как приспособления становятся нецелесообразными.

Современная органическая природа насчитывает около 1,5 млн видов животных и 0,5 млн видов растений. Все они приспособлены к различным условиям обитания. Например, в средней полосе Советского Союза произрастает более 20 видов лютика, произошедших от одного родоначального вида. Потомки его расселялись по разным местам обитания (степи, леса, поля) и вследствие экологической изоляции и дивергенции постепенно обособились друг от друга, превратившись сначала в подвиды, а затем в виды. В результате экологической изоляции в семействе ласточковых сформировалось 20 родов, включающих 79 видов; 7 из них обитают на территории СССР. Обычно мелкие певчие птицы (скворцы, жаворонки, соловьи и др.) образуют больше подвидов и видов, чем крупные (цапли, аисты, журавли, хищные птицы).

Закономерности эволюции нашли широкое применение в практической деятельности человека. В частности, в сельском хозяйстве при установлении севооборотов соблюдают правильное чередование культур на полях с учетом их отношения к почве, вредителям, болезням, сорнякам. При получении новых сортов и пород обязательно учитывают влияние на них естественного отбора, проводят районирование. Например, сорт ржи Вятка предназначен для условий средней полосы европейской части СССР, а пшеница Саратовская-29 — для условий юго-востока РСФСР. При искусственном разведении рыбы водоемы сначала освобождают от хищных (щука, окунь) и малоценных (плотва, колюшка) видов, а потом заселяют высокопродуктивными (карп, сиг и др.). В этом же водоеме создают условия для развития кормовых организмов.

При решении вопросов охраны природы необходимо учитывать взаимоотношения организмов друг с другом и с окружающей средой, сложившиеся в процессе эволюции. Так, ведение охотничьего хозяйства на научной основе требует знания правильного соотношения половых и возрастных групп в стадах и стаях, изучения качества кормовых участков и биологии животных. При истреблении хищников следует учитывать их санитарную роль в природе (уничтожение слабых и больных особей), в противном случае может нарушиться биологическое равновесие.

сие биоценоза. Например, поголовное уничтожение волков в некоторых районах Канады привело к вспышке эпидемий у оленей и сокращению их численности. С уничтожением хищных птиц сначала быстро увеличивается численность дичи (куропатки, рябчики), но затем наблюдается ее массовая гибель от глистных и других заболеваний.

При заготовке леса, лекарственных растений необходимо соблюдать объемы, сроки и места заготовок без ущерба для сложившихся биогеоценозов.

Создание заповедников, заказников и зоопарков проводится с учетом сложившихся взаимоотношений организмов, их приспособления к условиям существования.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое эволюционное учение?
2. Охарактеризуйте додарвинский период эволюционных представлений.
3. В чем сущность учения К. Линнея? Назовите его работы.
4. Отличие эволюционной теории Ж. Б. Ламарка от учения К. Линнея. Назовите работы Ламарка.
5. Расскажите о развитии эволюционных представлений в России в додарвинский период.
6. В чем сущность учения Ч. Дарвина? Назовите его труды.
7. Как оценивали учение Дарвина основоположники марксизма-ленинизма?
8. Какие факторы живой природы являются движущими силами эволюции?
9. Роль изменчивости в эволюции.
10. Назовите причины и следствия борьбы за существование.
11. Значение естественного отбора в эволюции.
12. В чем отличия искусственного отбора от естественного?
13. Значение искусственного отбора для выведения пород и сортов.
14. Что такое вид? Охарактеризуйте критерии вида.
15. Дайте определение понятию «популяция», опишите ее структуру.
16. Что называется генофондом популяции?
17. В чем сущность закона Харди — Вайнберга?
18. Почему популяция является единицей эволюции?
19. К какую роль в эволюции играют популяционные волны?
20. Назовите виды изоляции и укажите их роль в эволюции.
21. Дайте определение эволюции.
22. Что такое микроэволюция? В чем ее генетическая суть?
23. Какие способы видообразования известны? Объясните их.
24. Что такое макроэволюция?
25. Объясните возникновение приспособлений, их относительный характер. Приведите примеры.
26. Значение теории эволюции в сельском хозяйстве и охране природы.

## Глава 5. РАЗВИТИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

Процессы микро- и макроэволюции привели к возникновению всего многообразия видов растений и животных на Земле. Работы Ч. Дарвина и других ученых о единстве происхождения и историческом развитии живой природы позволили составить систему доказательств эволюции органического мира.

## Доказательства эволюции органического мира

Доказательства эволюции органического мира построены на достижениях основных биологических наук: палеонтологии, биогеографии, морфологии, сравнительной эмбриологии, систематики, генетики.

Палеонтология изучает ископаемые остатки вымерших растений и животных и устанавливает их сходство и различие с современными организмами. На основе палеонтологических данных определены переходные формы организмов, сочетающие признаки более древних и сравнительно молодых групп. Например, переходными формами в мире растений являются псилофиты, семенные папоротники, в мире животных — стегоцефалы, археоптерикс, зверозубые ящеры, ланцетник, утконос, ехидна.

Животные формы, последовательно связанные друг с другом в процессе эволюции, образуют *филогенетический ряд*. Например, на основе ископаемых остатков составлен ряд семейства лошадиных. Сопоставление ископаемых остатков из земных пластов разного возраста свидетельствует, что органический мир изменяется по мере перехода от более древних земных слоев к более молодым и постепенно изменяется в направлении повышения организации живых существ.

Биогеография изучает географическое распределение животных и растений на Земле. Ее данные позволяют понять распространение флоры и фауны на Земле в прошлые геологические эпохи и объяснить сохранение в настоящее время реликтовых форм (организмы, обладающие комплексом признаков, характерных для давно вымерших групп прошлых эпох). Реликтами являются рыба латимерия, ящерица гаттерия, млекопитающее опоссум, голосеменное растение гинкго, секвойя, карликовая береза.

Данные морфологии свидетельствуют о степени общности и различий в строении организмов. Одним из доказательств единства происхождения всех позвоночных служит наличие у них двусторонней симметрии, общего плана строения позвоночника, черепа, поясов конечностей и основных систем органов (нервной, кровеносной, пищеварительной и др.). Кроме того, доказательством единства происхождения и эволюции животного мира является наличие гомологичных и аналогичных органов,rudиментов, атавизмов.

Гомологичные органы — это органы, сходные по строе-

нию и происхождению, но выполняющие разные функции (передняя конечность лягушки, ящерицы, крыло птицы, передняя нога млекопитающего, рука человека).

*Аналогичные органы* — это органы, имеющие различное происхождение, но выполняющие сходные функции (крыло бабочки и крыло птицы, жабры ракообразных и рыб, роющий аппарат медведки и крота). Для установления родства и выяснения путей эволюции они значения не имеют.

*Рудименты* — недоразвитые органы, утратившие в процессе эволюции свое значение (у человека — мышцы,двигающие ушную раковину; остаток третьего века и др.).

*Атавизмы* — появление у организмов признаков, свойственных их далеким предкам. Например, развитие у человека хвостового придатка, волосяного покрова по всей поверхности тела, многососковости и др.

Данные сравнительной эмбриологии указывают на сходство зародышевого развития позвоночных, которые в эмбриональном развитии проходят стадии зиготы, дробления, бластулы, гаструлы, образования трехслойного зародыша, закладки хорды, жаберных щелей и т. д. На основании этого сходства Ф. Мюллер (1864), а затем независимо от него Э. Геккель (1866) сформулировали *биогенетический закон*: индивидуальное развитие особи (онтогенез) кратно повторяет историческое развитие вида (филогенез). Иными словами, организм в развитии проходит ряд последовательных стадий, представляющих собой краткое повторение основных этапов исторического развития данного вида.

А. О. Ковалевский (1840—1901), А. Н. Северцов (1866—1936), И.И. Шмальгаузен (1884—1963) установили, что данный закон справедлив лишь в общих чертах, поскольку ни на одной стадии развития зародыш полностью не похож на какого-либо своего предка. Так, зародыш человека не повторяет взрослые стадии рыб; у него образуется не сформированный жаберный аппарат, а лишь его закладка. Поэтому при сравнении зародышей на начальных стадиях развития сходство выявляется в большей степени, чем на поздних.

На основании данных систематики строятся филогенетические системы прокариот и эукариот, позволяющие определить происхождение и эволюционное положение различных групп организмов относительно друг друга. Систематика отражает естественную, историческую систему родственных связей живых организмов в природе.

Данные генетики помогают вскрыть материальные основы преемственности поколений организмов и их изменчивости в процессе эволюции. Такие генетические процессы, как самовоспроизведение молекул ДНК, деление клеток митозом, половой, свидетельствуют о единстве происхождения царств живой природы. Изучение хромосом ядра позволяет классифицировать организмы по особенностям их кариотипов (кариосистематика). Выяснение последовательности аминокислотных остатков в белках у разных групп организмов и нуклеотидного состава их ДНК и РНК (геносистематика) дает представление о процессах эволюции на молекулярном уровне.

Таким образом, современная биология располагает огромным фактическим материалом из различных биологических наук, подтверждающим естественную эволюцию растительного и животного мира на Земле.

### **Возникновение и развитие жизни на Земле**

Вопрос о происхождении жизни является главным на всех этапах развития естествознания. В решении данного вопроса происходит четкое размежевание идеалистических и материалистических воззрений. И в настоящее время все религиозные учения причину целесообразности живого видят в творческой воле создателя, который, как они утверждают, породил жизнь по определенному плану и направил ее развитие к конечному совершенству. Идеалистические учения объединяют то, что возникновение жизни на Земле в них связывается с возникновением интеллекта, т. е. жизнь — это интеллект плюс материя. Такая постановка вопроса не может служить основанием для научного решения проблемы происхождения жизни.

Выходом из этого идеалистического тупика является диалектико-материалистическое учение, утверждающее, что в мире нет ничего, кроме постоянно движущейся и развивающейся материи, и что жизнь — это особая форма данного движения, закономерно возникающего на определенном этапе эволюционного развития материи. С таких позиций формулу жизни можно представить следующим образом: материя → жизнь → интеллект. Иными словами, по своей природе жизнь всецело материальна: она не порождается интеллектом, а, наоборот, интеллект является следствием ее прогрессивного развития.

Среди первых попыток человечества объяснить причины возникновения жизни следует назвать гипотезы

самозарождения, основоположником которых был древнегреческий мыслитель Аристотель (384—322 до н. э.). Он полагал, что живое возникло из неживого под влиянием божественной силы — энтелехии. Мыслители Древнего мира, Средневековья предполагали, что рыбы и лягушки возникают из ила, черви — из гниющего мяса, гусеницы — из земли и т. д. Вплоть до середины 19 в. естествоиспытатели считали, что микроорганизмы зарождаются самопроизвольно.

Первое экспериментальное определение теории самозарождения было сделано итальянским ученым Ф. Реди (1626—1698) в опытах с гниющим мясом (если не дать возможности мухам садиться на мясо, то их личинки, «черви», не развиваются).

С открытием микроорганизмов сторонники теории самозарождения стали утверждать о произвольном возникновении микробов. Против этих утверждений выступил французский ученый Л. Пастер, который показал в 1860 г., что питательные бульоны, освобожденные от микроорганизмов, могут сохраняться годами и в них не обнаруживаются никакие признаки жизни.

После опытов Л. Пастера стало очевидным, что существующие формы жизни, какими бы простыми они ни были, не могут возникать путем самозарождения. На основании этого предположения был выдвинут тезис об извечном существовании жизни во Вселенной и ее заносе на Землю из космоса. В 1895 г. с аргументацией данной точки зрения выступил шведский ученый С. Аррениус (1859—1927). Высказывалось также предположение о заносе зародышей живых организмов на Землю с метеоритами. Однако все попытки доказать это на фактах не увенчались успехом. Концепции вечности жизни и ее заноса на Землю не объясняли механизм возникновения жизни на других планетах Вселенной.

Принципиальное диалектико-материалистическое решение вопроса о сущности жизни на Земле дал Ф. Энгельс, который писал: «Жизнь есть способ существования белковых тел, и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел»<sup>1</sup>. Он охарактеризовал жизнь как одну из форм движения материи, а именно — биологическую, находящуюся на более высоком уровне, чем

<sup>1</sup> Энгельс Ф. Анти-Дюiring // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20. С. 82.

механическая, физическая, химическая. Кроме того, Ф. Энгельс считал, что развитие живого из неживого является естественной закономерностью, что жизнь возникла из неживого в процессе эволюции нашей планеты на определенном этапе ее существования.

Современное представление о возникновении жизни на Земле базируется на двух принципиальных предпосылках: 1) жизнь не была занесена на Землю извне; 2) живые существа на Земле не могли возникнуть путем самозарождения.

Начало систематической разработки проблемы возникновения жизни на Земле положил в 1924 г. А. И. Опарин в книге «Происхождение жизни». Он предпринял попытку сформулировать естественную теорию возникновения жизни на Земле, которую рассматривал как результат длительного эволюционного развития материи. Основные положения теории А. И. Опарина получили научное подтверждение и дальнейшее развитие. Согласно этой теории, в процессе возникновения жизни на Земле условно можно выделить четыре этапа:

1) первичное образование на Земле простейших органических веществ из газов первичной атмосферы; 2) абиогенный синтез важнейших органических соединений с образованием цепей белков и нуклеиновых кислот; 3) образование физиологически обособленных систем органических веществ, отделенных от внешней среды мембранами; 4) возникновение простейших клеток, обладающих свойствами живого, и их эволюция. Первые три этапа относятся к периоду химической эволюции, а с четвертого начинается биологическая эволюция. Рассмотрим каждый из этих этапов.

*На первом этапе* чрезвычайно важным был переход неорганических соединений углерода, водорода и азота в простые органические вещества (аммиак, метан и др.) в результате тех же химических и физических законов, которые действуют на Земле и ныне.

В 1922 г. А. И. Опарин впервые высказал предположение, что органические вещества на нашей планете должны были образовываться абиогенным путем, задолго до появления на ней жизни. Этот вывод вытекал из данных о составе звездных атмосфер, а также метеоритов, в которых удалось обнаружить углеводороды. Абиогенное происхождение углеводородов и циана, явившееся первой ступенью в развитии органической материи, в настоящее время не вызывает сомнения. Данные астрономии, геофи-

зики, астрофизики свидетельствуют, что и сегодня на планете повсеместно образуются органические вещества совершенно независимо от живых организмов.

Условия, некогда существовавшие на безжизненной Земле, во многом отличались от современных. Это касается прежде всего состава первичной атмосферы Земли. Вначале в ней отсутствовал свободный кислород, что обеспечивало беспрепятственный доступ к земной поверхности ультрафиолетового излучения и создавало больше возможности для разнообразных фотохимических процессов. А. И. Опарин полагал, что первичная земная атмосфера находилась в восстановленном состоянии и на определенном этапе своего развития должна была содержать, кроме газообразного водорода и паров воды, восстановленные соединения углерода в виде метана, циана и азота в виде аммиака.

По мнению Дж. Оро (1956), образование органических соединений во Вселенной происходило в результате воздействия тепловой энергии, энергии ионизирующего и ультрафиолетового излучения, а также электрических разрядов.

*На втором этапе* в первичной атмосфере Земли кислород накапливался за счет разложения воды и водяного пара под влиянием ультрафиолетовых лучей Солнца. С момента насыщения атмосферы кислородом начались процессы окисления восстановленных соединений ( $\text{NH}_3$  до  $\text{NO}_3$ ,  $\text{CH}_4$  до  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  до  $\text{SO}_3$ ), вследствие чего образовались метиловый спирт, формальдегид, муравьиная и уксусная кислоты. Эти вещества вместе с водой попадали в Первичный океан, где соединялись с аммиаком, цианистым водородом, давали начало образованию аминокислот и соединений типа аденина.

Данную точку зрения экспериментально подтвердили ряд исследователей. Так, С. Миллер (1953) осуществил синтез аминокислот при пропускании электрических разрядов через смесь газов, предположительно составляющих первичную атмосферу Земли (водород, пары воды, метан, аммиак). Дж. Оро (1963) абиогенным путем удалось синтезировать аденин, гуанин, пиримидин, рибозу и дезоксирибозу. С. Поннамперума (1963) доказал, что абиогенным путем можно синтезировать АТФ. В дальнейшем была осуществлена полимеризация мономерных компонентов с образованием первичных полипептидов и полинуклеотидов, что особенно важно для подтверждения теории А. И. Опарина.

*На третьем этапе* химическая эволюция продолжалась, и материалом для нее служили накопившиеся в большом количестве углеводороды. Основная масса их возникла при формировании земной коры, незначительная часть была занесена с кометным и метеоритным материалом. Согласно подсчетам Г. Юри (1952) и К. Сагана (1961), за период в миллиард лет концентрация органических веществ, синтезированных в атмосфере и оседавших в водах Мирового океана, должна была достигнуть 1 %. Таким образом, на определенном этапе существования Земли эти воды превратились в своеобразный «первичный бульон», содержащий наряду с неорганическими солями и разнообразные органические вещества.

В 1924 г. А. И. Опарин высказал предположение, что образующиеся при смешивании растворов различных белков и других высокомолекулярных веществ коллоидные гели могли обособиться и явиться формой организации многомолекулярных систем, которые стали объектом эволюции, приведшей к возникновению жизни. Коллоидные гели Г. Бунгенберг де Ионг (1936) назвал коацерватными веществами, а явления их отслаивания — коацервацией. Механизм этого процесса, а также физико-химические свойства коацерватных капель были детально изучены. Оказалось, что общей чертой любой многомолекулярной системы, выделившейся из «первичного бульона», было наличие определенной поверхности (мембранны), которая отделила эту систему от окружающего раствора. Такие вероятности могли возникать в результате физико-химических процессов. Кроме того, было установлено, что коацерваты или другие подобные им структуры обладают избирательной адсорбционной способностью к различным органическим веществам. Они могли включать в себя ферментные белки, катализирующие превращения веществ коацерватной капли. В результате нарушалось равновесие концентрации веществ в капле и окружающей среде. Это автоматически превращало капли в открытые микросистемы и обусловливало постоянный обмен их веществ со средой. Появление таких систем, вероятно, явилось предпосылкой для возникновения среди них «естественного отбора», который способствовал сохранению наиболее устойчивых систем. Эти системы А. И. Опарин назвал «пробионтами».

*На четвертом этапе* завершилась эволюция пробионтов и появились примитивные организмы, обладающие генетическим и белоксинтезирующим аппаратами, которые

обеспечивали им наследуемый обмен веществ. Первые организмы были гетеротрофами, т. е. использовали для жизнедеятельности абиогенные органические молекулы. Однако в связи с этим уменьшилась концентрация последних в окружающей среде и постепенно стали развиваться преимущественно организмы, способные сами синтезировать органические вещества из неорганических. Таким путем, вероятно, около 2 млрд лет назад возникли первые фотосинтезирующие клетки (прокариоты типа цианобактерий), способные использовать световую энергию для синтеза органических соединений из углекислого газа и воды с выделением кислорода.

Таким образом, жизнь, возникшая на Земле, изменила те условия, которые сделали возможным ее появление. Дальнейшая эволюция жизни на Земле шла от прокариот к эукариотам и многоклеточным организмам, т. е. от простого к сложному.

Историческое развитие органического мира осуществлялось по двум направлениям: биологическому прогрессу и биологическому регрессу.

Биологический прогресс характеризуется возрастанием приспособленности организмов к условиям среды, что способствует увеличению численности вида, расширению его ареала, образованию новых разновидностей и видов. К биологическому прогрессу может привести как усложнение организации живых организмов (классы позвоночных, отделы растений), так и ее упрощение (некоторые паразитические черви, например, утратившие кишечник свиной и бычий цепни, лентец широкий). Следовательно, для успешного существования вида приемлемо и упрощение его организации.

Биологический прогресс может осуществляться в результате ароморфозов, идиоадаптаций и дегенераций. В ходе эволюции они сочетаются и закономерно сменяют друг друга.

Ароморфоз — это усложнение строения и функций организма, обусловливающих повышение общего уровня его организации и жизнеспособности. Так, возникновение четырехкамерного сердца обеспечило теплокровность птицам и млекопитающим и вследствие этого — их расцвет. Появление цветка и плода определило широкое распространение покрытосеменных. Ароморфоз не является прямым приспособлением, а повышает интенсивность жизнедеятельности организмов, обусловливая тем самым их относительную независимость от условий среды. В процес-

се эволюции ароморфозы возникали сравнительно редко и способствовали формированию новых крупных систематических групп — типов, классов. Так, эволюция растительного мира сопровождалась появлением фотосинтеза, выходом растений на сушу (специализацией тканей и органов), формированием цветка, семени, плода, развитием двойного оплодотворения. Эволюция животного мира была обусловлена развитием таких ароморфозов, как двусторонняя симметрия тела, хорда, выход животных на сушу, легочное и трахейное дыхание, пятипалая конечность, разделение артериального и венозного токов крови (формирование трех- и четырехкамерного сердца), образование волосяного покрова, теплокровности, диафрагмы, зубов, млечных желез, внутреннего оплодотворения, внутриутробного развития, второй сигнальной системы.

*Идиоадаптации* представляют собой частные приспособления к условиям среды, полезные в борьбе за существование, но не изменяющие уровня организации живого существа. Они возникают на базе ароморфозов при выходе в новую среду обитания. Идиоадаптации (многочисленные преобразования клювов и крыльев, развитие пятипалой конечности) дали громадное разнообразие видов птиц, млекопитающих.

*Дегенерация*, или *упрощение организации*, тоже может вести к биологическому прогрессу. Например, вследствие паразитизма у ряда организмов утрачиваются некоторые органы. Так, у ленточных червей исчезли органы чувств, пищеварительная система, у повилики — корни и листья. Упрощение организации приводит к увеличению численности вида.

Один из факторов биологического прогресса — деятельность человека, способствующая, с одной стороны, расцвету культурных растений и животных, а с другой — появлению сорняков, вредителей и паразитов растений, животных и человека.

Биологический регресс приводит к снижению уровня приспособленности к условиям обитания, т. е. к уменьшению численности вида, сокращению его ареала и вымиранию. Так, исчезли древние папоротники, древовидные плауны и хвощи, большинство древних земноводных и пресмыкающихся. Мощным фактором биологического регресса является деятельность человека. Регресс может быть вызван прямым истреблением отдельных видов (странствующий голубь, зубр, многие орхидеи и кактусы), сокращением ареалов и численности при освоении новых

территорий (дрофа, белый журавль-стерх, многие хищные птицы).

Соотношение различных направлений эволюции и путей их осуществления изучили А. Н. Северцов и И. И. Шмальгаузен.

История развития органического мира тесно связана с эволюцией планеты Земля, которая, согласно современным данным, образовалась около 5 млрд лет назад, а жизнь на ней возникла около 3,8 млрд лет назад (рис. 14).

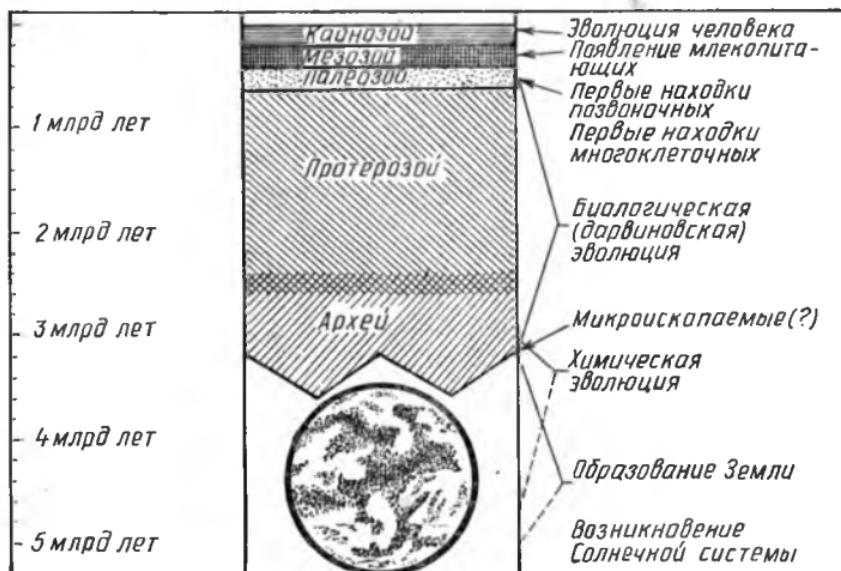


Рис. 14. Геохронологическая схема возникновения и развития жизни на Земле

В геологической истории Земли различают промежутки времени различной длительности, получившие название «геологические эры». Их принято делить на *периоды*. Геологический возраст эр и периодов рассчитывают по содержанию в пробе породы гелия и свинца. Каждые эра и период характеризуются определенным уровнем развития живых организмов.

На сегодняшний день описано далеко не все разнообразие жизненных форм, хотя основные этапы их эволюции установлены достаточно полно. Подробное изложение развития растительного и животного мира на Земле по эрам и периодам дано в табл. 4.

Таблица 4. Развитие растительного и животного мира на Земле

Эра, ее возраст (млн лет)	Период, продолжитель- ность (млн лет)	Неживая природа	Растительный мир	Животный мир
1	2	3	4	5
Кайнозойская (67)	Антропоген (1,5)	Современное соот- ношение воды и су- ши; распределение климатических фак- торов по зонам	Современный облик	Современный облик; по- явление и развитие человека
	Неоген (23,5)	Наступление лед- ника	Тропическая флора от- ступила к югу; развиваются кустарники, травы; идет дальнейшая идио- адаптация к различным способам опыления и ус- ловиям среды	Дальнейший расцвет по принципу идиоадаптаций: насекомых — к условиям пи- тания, птиц и млекопита- ющих — к условиям питания и среды; формирование отря- дов этих животных
	Палеоген (42)	Теплый климат; сформировались континенты и моря в их современном ви- де; во второй поло- вине — похолодание	Заселение покрытосе- менными различных сред обитания; пышное разви- тие тропической расти- тельности; во второй по- ловине вечнозеленые леса сменяются листопадными	Расцвет млекопитающих, птиц, насекомых; появление паропитеков и дриопитеков; у насекомых появляется тра- хейное дыхание, развиваются крылья, ротовой аппарат, хитиновый покров
Мезозойская (230)	Меловой (70)	Дальнейшее похо- лодание, уменьшение обводненности суши	Вымирание голосемен- ных; появление покрыто- семенных, имеющих цвет- ток, двойное оплодотворе- ние, плод	Вымирание гигантских пресмыкающихся; развитие костистых рыб, насекомых, настоящих птиц, высших млекопитающих по принципу идиоадаптаций

1	2	3	4	5
Юрский (58)	Континентальный климат на значительной поверхности Земли	Господство голосеменных	Господство пресмыкающихся и их видовое разнообразие (ихтиозавры, диплодоки, бронтозавры, тиранозавры); возникновение зубастых птиц (археоптерикс) и появление у них приспособлений к полету; дальнейшее развитие костистых рыб	
Триасовый (35)	Континентальный климат на значительной части Земли	Развитие голосеменных, особенно хвойных	Появление костистых рыб; расцвет пресмыкающихся; появление млекопитающих, имеющих четырехкамерное сердце, внутриутробное развитие; выкармливание детенышей молоком; волосяной покров, дифференциация зубов	
Палеозойская (570)      Пермский (55)	Климат сухой, холодный	Появление голосеменных семенных папоротников; папоротники, хвоши, плауны сохранились лишь в виде травянистых форм	Вымирание земноводных трилобитов; развитие пресмыкающихся	
Каменноугольный (75—65)	Теплый, влажный климат; появление множества болот; в конце периода — засушливых условий	Расцвет папоротнико-образных — огромные деревья (до 40 м высоты, с листьями до 10 м в длину); в конце массовое вы-	Расцвет земноводных по принципу идиоадаптаций к различным условиям среды; дальнейшее развитие пауков, скорпионов; формиро-	

1	2	3	4	5
Девонский (60)	Развитие жизни на суше и в воде; появление теплого влажного климата; в атмосфере — достаточного количества кислорода	Расцвет псилофитов, затем их вымирание; развитие папоротниковых, плауновидных, хвощевидных	мирание этой флоры, образование каменного угля	вание отрядов рыб, моллюсков, иглокожих; возникновение пресмыкающихся, имеющих внутреннее оплодотворение, роговой покров, яичные легкие, яйцевые оболочки и запас питательных веществ в яйце
Силурийский (30)	Сокращение площадей моря в связи с горообразовательными процессами	Выход растений на сушу (появление псилофитов); специализация тканей (покровная, механическая, проводящая), дифференциация органов (стебель, листья, ризоиды) и размножение спорами	Дальнейший расцвет	Развитие челюстных, панцирных рыб; появление кистеперых рыб, имеющих легочное дыхание; стегоцефалов, сочетающих признаки рыб, земноводных, пресмыкающихся; выход животных на сушу; дальнейшее развитие наземных беспозвоночных
Ордовикский (60)	Сосредоточение жиз-			Широкое развитие беспозвоночных — головоногих моллюсков, кораллов, трилобитов; появление первых наземных беспозвоночных — многоножек, скорпионов, бескрылых насекомых

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
Кембрийский (70)	ни в воде и на суше	водорослей; на суше — бактерий и грибов		воночных (плеченогие моллюски), членистоногих (трилобиты), иглокожих; появляются щитковые бесчелюстные позвоночные
Протерозойская (2700)	Сосредоточение жизни в воде		Возникновение эукариот одноклеточных, колониальных и многоклеточных; наличие фотосинтеза и полового процесса. Возникновение и развитие всех отделов водорослей, имеющих расчлененное слоевище	Возникновение двусторонней симметрии тела, хорды; развитие всех типов беспозвоночных (иглокожих, членистоногих); появление первичных хордовых — бесчерепных
Архейская (>3500)	Сосредоточение жизни в воде; возникновение кислорода в атмосфере к концу эры		Появление прокариот (бактерии, синезеленые водоросли)	

## Происхождение человека

Крупнейшим ароморфозом в истории развития органического мира является происхождение человека. Такую точку зрения не разделяют идеалисты. Решающую роль в проблеме возникновения человека они отводят творцу, причем первичным считают сознание, а материю (тело человека) — вторичной. В этом идеалисты видят основное отличие человека от животных. Материалисты же утверждают, что человеческое сознание — самостоятельное и независимое качество человека и представляет собой вторичное начало по отношению к телу. В. И. Ленин по этому поводу указывал, что «...психическое, сознание и т. д. есть высший продукт материи (т. е. физического), есть функция того особенно сложного куска материи, который называется мозгом человека»<sup>1</sup>.

Таким образом, хотя человек и является частью органического мира, он качественно отличается от животных, что обусловлено влиянием на него социальных, а не биологических факторов. Поэтому законы живой природы нельзя переносить на человеческое общество.

Первые доказательства того, что человек — результат эволюции животного мира, появились еще в середине 18 в., когда К. Линней в работе «Система природы» (1758) впервые отнес его к классу Млекопитающих, отряду Приматов, роду Людей с одним видом Человек разумный. В 1871 г. Ч. Дарвин в книге «Происхождение человека и половой отбор» обобщил огромный фактический материал из области систематики, сравнительной анатомии и эмбриологии, подтверждающий животное происхождение человека. Согласно современным представлениям, человек в системе органического мира относится к типу Хордовые, подтипу Позвоночные, классу Млекопитающие, отряду Приматы, семейству Гоминиды, роду Гомо, виду Человек разумный.

С позиций современных достижений науки о родстве человека с животными свидетельствуют данные сравнительной анатомии. У человека нет ни одного органа, который бы не был типичен для млекопитающих. Общими для них являются единый план строения скелета, топография мышц, кровеносных сосудов, четырехкамерного сердца, безъядерных эритроцитов, кора больших полушарий,

<sup>1</sup> Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм // Полн. собр. соч. Т. 18. С. 239.

диафрагма, волосяной покров и т. д. Только с эволюционных позиций можно понять наличиеrudиментарных органов — мышц, поднимающих волосы при их редукции; остатка третьего века, хорошо развитого у птиц, рептилий; аппендицса. О животном происхождении человека говорят и случаи появления признаков, характерных для далеких предков (атавизм), например рождение детей с хвостовыми придатками, полным оволосением кожных покровов, с добавочными сосками и др.

Убедительные аргументы в пользу происхождения человека от позвоночных дает сравнительная эмбриология. Человек в процессе эмбрионального развития, так же как и позвоночные, проходит стадии зиготы, дробления, гаструляции, закладки зародышевых листков, затем закладываются хорда, жаберные дуги с характерными кровеносными сосудами; у эмбриона имеется хвост, мозг закладывается из пяти мозговых путей и т. д.

Однако человек имеет и специфические, как морфо-физиологические, так и психологические, особенности, что качественно отличает его от животных. Прежде всего для человека типичны свойственная только ему форма тела, прямохождение, характерные изгибы позвоночника, куполообразная форма стопы, обеспечивающая смягчение толчков при ходьбе, своеобразная перестройка кисти как специального органа труда. Большой палец не только противопоставлен остальным, но и сравнительно длиннее и расположен ниже, чем у человекообразных обезьян. У человека исключительного развития достигают мышцы, противопоставляющие первый палец кисти остальным, появляется подвижность суставов пальцев и мышц, приводящих их в движение. Только для человека характерна асимметрия передних конечностей (у 75 % людей правая рука длиннее левой, у 18 % — они равны, у 7 % — длиннее левая рука).

У человека наблюдаются также особенности индивидуального развития: опережение развития зародышевых оболочек по сравнению с развитием эмбриона; масса плода достигает 3,5 кг (у человекообразных обезьян — 1,5 кг); рост и развитие идут до 25 лет (у человекообразных обезьян — до 10—11 лет); половое развитие заканчивается к 14—18 годам (у человекообразных обезьян — к 5 годам).

У современного человека мозговой череп крупнее лицевого, что тоже отличает его от человекообразных обезьян и древнейших людей (у них лицевой череп больше моз-

гового). Череп разгружен от мышц, изменяется зубная формула; увеличены объем и масса головного мозга (рис. 15), его поверхности. Кроме того, происходит прогрессивное развитие коры, появляется способность затормозить инстинкты.

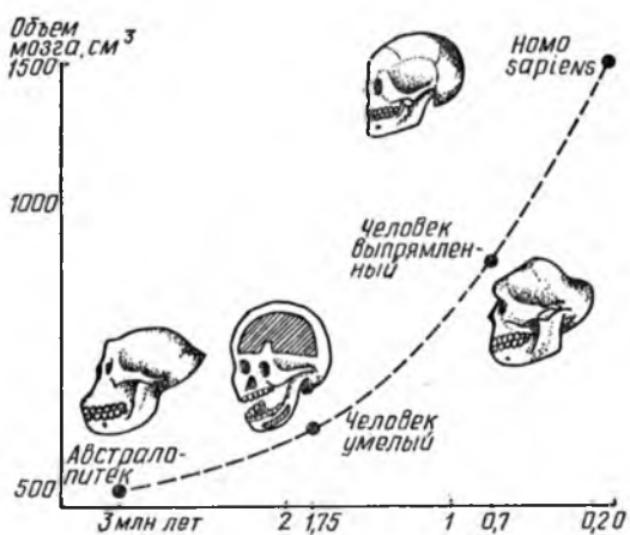


Рис. 15. Эволюция головного мозга

Ф. Энгельс (1871) в работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» пришел к выводу, что основное принципиальное отличие человека от животных заключается в его умении трудиться. Поскольку многие виды труда осуществляются с помощью рук, в процессе становления человека важным моментом было высвобождение их из акта передвижения. Именно поэтому Ф. Энгельс писал, что освобождение верхних конечностей, переход от «четвероногого» способа передвижения к «двуногому» было решающим шагом для превращения обезьяны в человека. Верхняя конечность наших предков по мере снятия с нее прежней функции приобретала все новые более разнообразные навыки. Прогрессивное развитие коры головного мозга обеспечило прочную связь между способностью руки манипулировать и потребностью наиболее выгодно использовать предметы природы, что обусловило появление орудий труда. Это ознаменовало качественно новый этап в развитии человека, умеющего не только приспособливаться к среде, но и изменять ее в нужном для него направлении. Следует помнить, что

пользование орудием труда — не природное свойство, передающееся по наследству, каждое новое поколение должно заново учиться трудиться.

Так началась трудовая деятельность человека, на фоне которой складывались определенные социальные отношения, основанные на отношении к орудиям труда. Это явилось завершающим этапом развития человека, окончательно отделившим его от предков.

Человек, как и животные, в процессе эволюции приобрел способность воспринимать окружающий мир с помощью органов чувств (первая сигнальная система). Кроме того, в отличие от животных человек в результате социального развития приобрел способность воспринимать окружающий мир с помощью слов (вторая сигнальная система). Благодаря второй сигнальной системе у человека стали развиваться мышление, речь, письменность.

Академик Н. П. Дубинин (р. 1907) отмечает, что вид Человек разумный благодаря сознанию создал, помимо свойственной всем организмам наследственно закрепленной программы, ненаследственную, которая обуславливает прогресс человека в каждом новом поколении. Н. П. Дубинин называет ее «программой социального наследования». Именно этой социальной программой обеспечивается обучение каждого нового поколения человека знаниям.

Следует отметить, что роль труда как основного фактора антропогенеза на разных этапах становления человека была неодинаковой. В первобытном сообществе древнейших и древних людей прогресс социальной организации в значительной степени зависел от биологических изменений человека. В те далекие времена в процессе антропогенеза постепенно сужалась сфера действия естественного отбора в результате возникновения и развития общественных закономерностей и создания культурной среды. У первых современных людей роль биологических факторов эволюции резко падает, поэтому сохраняется относительная стабильность их физического типа и возрастают темпы социального развития. В современном обществе биологические факторы эволюции проявляются в виде разнонаправленных изменений морфофункциональных признаков, темпов развития и т. д. Поэтому биологическая эволюция человека задерживается, а преобладает социальное развитие, которое является главным. Человек стал существом биосоциальным.

Таким образом, движущими силами антропогенеза явились как биологические факторы (наследственная изменчивость, борьба за существование, естественный отбор), так и социальные (трудовая деятельность, общественный образ жизни). Процесс возникновения человека осуществлялся поэтапно.

По современным палеонтологическим данным, предшественниками человека считаются примитивные группы древнейших млекопитающих (насекомоядные), от которых около 35 млн лет назад отделилась ветвь, давшая начало человекообразным обезьянам. Из последних выделилась группа полудревесно-полуназемных обезьян (*дриопитеки*), живших 20—8 млн лет назад. От дриопитеков отделились две ветви — *понгидная*, давшая начало современным человекообразным обезьянам (горилла, орангутан, шимпанзе), и *гоминидная*, от которой и произошел человек. Полагают, что собственно гоминидная ветвь выделилась не ранее 14—15 и не позднее 6 млн лет назад.

Примерно 5 млн лет назад гоминиды были представлены двуногими человекообразными обезьянами — *австралопитеками*. Их многочисленные останки найдены в Южной Африке. Установлено, что австралопитеки могли быстро передвигаться в вертикальном положении, имели хорошо развитый мозг, объем которого достигал 560 см<sup>3</sup>; лицевой череп, челюсти и зубы у них по строению были близки к человеческим. Предполагается, что австралопитеки использовали примитивные орудия труда и употребляли мясную пищу. Однако изготовленных орудий труда у австралопитеков не обнаружено. Они, вероятно, жили группами, в которых существовало распределение обязанностей. Допускается, что наиболее прогрессивные австралопитеки перешли к изготовлению орудий труда и создавали самую раннюю культуру каменного века — галечную. Некоторые исследователи рассматривают австралопитеков как непосредственных предшественников древнейших людей. Наиболее вероятно, что первым в этом ряду был *Человек умелый*, сменившийся 1,5 млн лет назад видом *Человек прямоходящий*, составляющим группу древнейших людей.

К древнейшим людям относят питекантропа (1 млн—500 тыс. лет), синантропа (600—400 тыс. лет), атлантропа (около 360 тыс. лет), гейдельбергского человека (около 400 тыс. лет). Останки питекантропа впервые обнаружены в 1891 г. на острове Ява. По строению

тела он был близок к австралопитекам и сильно отличался от современных людей. Объем мозга у него достигал 900 см<sup>3</sup>. Для питекантропа характерен низкий, сильно склоненный кзади лоб, над глазами у него располагались мощные надбровные дуги. Зубы напоминали человеческие, тело имело вертикальное положение. Многочисленные останки питекантропа найдены в Африке, Европе, Азии. Установлено, что он изготавлял грубые каменные рубила, довольно хорошо обработанные отщепы и даже примитивные пластины (лезвия).

*Синантроп* впервые обнаружен в Китае, вблизи Пекина. Череп его похож на череп питекантропа, но объем мозга достигал 1050 см<sup>3</sup>. Синантроп пользовался огнем, изготавлял орудия труда из камня, кости, употреблял мясную пищу.

Аналогичные ископаемые останки найдены и в Европе (*гейдельбергский человек*), Африке (*атландроп*). Древнейших людей относят к роду *Люди*, подроду *Обезьяно-люди* и виду *Человек прямоходящий*. Он широко расселился в Европе, Азии и Африке и дал начало следующему этапу антропогенеза — древним людям.

Древние люди, или люди неандертальского типа, обитали около 200—35 тыс. лет назад. Только в СССР описано свыше 105 находок неандертальца (в Крыму, Узбекистане и др.). *Неандертальцы* жили в период великого оледенения Европы. Они обладали примитивным мозгом (до 1300—1600 см<sup>3</sup>). У них были мощные надглазничные валики и массивная нижняя челюсть, больше похожая на челюсть человека, чем обезьяны, с зачатком подбородочного выступа. Неандертальцы жили, как правило, в пещерах, охотились на крупных животных, изготавливали каменные орудия, более совершенные, чем у синантропов, добывали и использовали огонь. Неандертальцы составляли так называемое «первобытное человеческое стадо». Их выделяют в отдельный вид *подрода Древние люди рода Люди*. По мнению большинства ученых, неандертальцы не были непосредственными предками современного человека, но, возможно, и приняли участие в его формировании.

Следующий этап антропогенеза — первые современные люди, типичными представителями которых явились *кроманьонцы*, жившие 30—35 тыс. лет назад. Названы так по месту обнаружения их многочисленных скелетов в гроте Кро-Маньон на юге Франции в 1868 г. Кроманьонцы отличались высоким ростом (до 190 см),

большим объемом мозга (до 1800 см<sup>3</sup>), широким и коротким лицом, прямоугольными глазницами, узким носом, прямым лбом. Нижняя челюсть имела большой подбородочный выступ. Кроманьонцы были охотниками-собирателями, искусно делали каменные и костяные орудия, шили одежду, рисовали животных, сцены охоты, строили постоянные жилища из бивней и шкур мамонта. Кроманьонцы образовывали семьи, родовые общины; у них была своя религия. Последние кроманьонцы исчезли 12—15 тыс. лет назад. Их сменил человек современного типа. Кроманьонцев вместе с современными людьми относят к виду *Человек разумный, подроду Новые люди, роду Люди*.

В настоящее время на Земле насчитывается свыше 5 млрд человек. Все они по внешнему облику и внутреннему строению очень схожи между собой. Поэтому с биологической точки зрения большинство ученых рассматривают человечество как один вид — *Человек разумный*. Человечество делится на группы, которые получили название рас.

Человеческие расы — исторически сложившиеся группы людей, объединенных общностью происхождения, которая выражается в общности наследственных, передаваемых потомству второстепенных внешних физических особенностей (цвет кожи, глаз, волос, очертания головы, рост и т. п.). Основные черты их организации (строение скелета, мышц, мозга) одинаковы у людей всех рас. Расовыми признаками являются цвет, характер и степень развития волосяного покрова на голове, лице (борода, усы) и теле; цвет кожи, радужной оболочки глаз; форма верхнего века, носа, губ, головы и лица; длина тела, или рост. Эти признаки положены в основу подразделения людей на расы.

Наиболее распространенной считается схема трехчленного расового деления, которая отражает различия между наиболее контрастными типами людей. Это негроиды, европеоиды и монголоиды. Однако в ней не отражены американские индейцы иaborигены Австралии, в связи с чем выделяют еще две самостоятельные расы — американскую и австралийскую. Но и пятью расами не исчерпывается все морфологическое разнообразие человечества, поскольку есть группы, занимающие промежуточное между ними положение. На Земле сегодня насчитывается свыше 50 расовых групп, или малых рас. Расовые признаки в ряде случаев заметно варьируют даже в течение жизни

человека. Поэтому границы между расами выражены не резко.

Тем не менее, некоторые ученые преувеличивают различия между расами и проповедуют идею существования «высших» и «низших» рас; причины различий, с их точки зрения, носят биологический характер. Такие идеи во второй половине 19 в. легли в основу социал-дарвинизма и расизма.

Основоположниками *социал-дарвинизма* были Г. Спенсер, Ж. Лапуж и другие ученые, ошибочно считавшие, что общество развивается на базе не социальных, а биологических закономерностей. По их мнению, возникновение классов в обществе связано с естественным отбором, а классовая борьба является одной из форм борьбы за существование. Социал-дарвинисты исказили учение о расах Ч. Дарвина, который привел важнейшие доказательства сходства рас и признавал происхождение их от общего предка.

*Расизм* возник в рабовладельческом обществе и сформировался в «учение» на рубеже 18—19 вв. во времена завоевания колоний, использовался для оправдания эксплуатации одних народов другими. В 20 в. расисты уже не ограничиваются морфологическими аргументами, а делают акцент на якобы имеющиеся интеллектуальные различия между расами. Чисто социальные особенности (повышенная смертность, заболеваемость, низкий интеллектуальный уровень) они рассматривают как наследственные, исключающие возможность культурного развития носителей таких черт, и этим объясняют вымирание представителей «низших» рас. Расизм сыграл роль идейного щита в захватнической политике фашистской Германии.

Активную борьбу против расизма проводит Организация Объединенных Наций. Так, в 1964 г. ею был принят специальный документ по биологическим аспектам расовой проблемы, а в 1967 г. «Декларация о расе и расовых предрассудках», в которых утверждается равенство всех рас.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Приведите доказательства эволюции органического мира по данным палеонтологии, биогеографии, сравнительной морфологии, эмбриологии и генетики. 2. Почему биогенетический закон справедлив лишь в общих чертах? 3. В чем принципиальные различия в понимании сущности жизни ученых идеалистов и материалистов? 4. В чем несостоятельность теории «вечной жизни»? 5. Сущность определения жизни по Ф. Энгельсу. 6. Какие этапы возникновения жизни относятся к хими-

ческой и биологической эволюции? 7. Назовите доказательства этапов возникновения жизни. 8. Какой способ питания был первичным при возникновении жизни? 9. Какие направления эволюции существуют в природе? К чему они приводят? 10. Укажите пути достижения биологического прогресса и регресса. 11. Назовите основные аморфозы в эволюции растительного и животного мира. Как они взаимосвязаны? 12. Дайте определения понятиям «идиоадаптация» и «дегенерация». Значение их в эволюции живой природы. 13. Какие данные указывают на происхождение человека от животных? 14. Морфофизиологические особенности человека. 15. Объясните значение биологических и социальных факторов в становлении человека. 16. Охарактеризуйте этапы антропогенеза. 17. Дайте определение человеческой расы, классификацию рас. Чем подтверждается единство рас? 18. В чем несостоятельность концепций социального дарванизма и расизма?

## Глава 6. ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ

**Селекция** — наука о методах создания новых и улучшения существующих сортов культурных растений, пород домашних животных и штаммов микроорганизмов, используемых человеком.

*Породой, сортом, штаммом* называют популяцию организмов, искусственно созданную человеком и имеющую определенные наследственные особенности. Все особи внутри породы, сорта или штамма имеют сходные, наследственно закрепленные свойства, а также однотипную реакцию на факторы внешней среды. Например, куры породы Леггорн имеют небольшую массу, но высокую яйценоскость. Штаммы микроорганизмов способны обеспечить определенный уровень синтеза витаминов, аминокислот. Для их культивирования необходимы конкретные требования к составу питательной среды и температуре. Поэтому сорта и породы, созданные для одной географической зоны, не всегда пригодны для разведения в других условиях.

*Задачи современной селекции* — повышение продуктивности сортов растений, пород домашних животных, штаммов микроорганизмов. В связи с индустриализацией и механизацией сельского хозяйства селекция направлена на создание пригодных к машинной уборке короткостебельных неполегающих сортов злаковых, сортов винограда, томатов, кустов чая, хлопчатника; выведение сортов овощей для выращивания в теплицах, на гидропонике; создание пород животных для содержания в крупных животноводческих комплексах и т. д.

Совершенствование сортов растений, пород животных, штаммов микроорганизмов невозможно без изучения их

происхождения и эволюции. Н. И. Вавилов и его последователи в результате изучения мировых растительных ресурсов выделили *семь центров происхождения важнейших культурных растений*: 1) южно-азиатский — родина риса, сахарного тростника, банана, кокосовой пальмы, цитрусовых; 2) восточно-азиатский — родина проса, гречихи, груши, яблони, сливы, ряда цитрусовых, корнеплодов; 3) юго-западно-азиатский — родина мягкой и карликовой пшеницы, гороха, чечевицы, конских бобов, хлопчатника, винограда, тыквенных; 4) средиземноморский — родина маслин, свеклы, капусты и др.; 5) абиссинский — родина пшеницы, ячменя, кофейного дерева, сорго, арбуза; 6) центральноамериканский — родина кукурузы, фасоли, тыквы, перца, какао, американского хлопчатника; 7) южноамериканский (андийский) — родина картофеля, табака, ананаса, арахиса.

Подобные центры происхождения выявлены и для домашних животных.

Первостепенное значение для селекции имеет *исходный материал*: его наследственная изменчивость, закономерности наследования интересующих признаков, факторы среды, влияющие на формирование этих признаков, а также формы отбора для их выявления и закрепления. Исходным материалом могут быть естественные мутации, природные популяции, искусственные мутанты, особи, претерпевшие комбинативную изменчивость, а также сорта, породы, созданные в других климатических регионах.

Основными методами селекции считаются гибридизацию, отбор и гетерозис.

Гибридизация — это скрещивание генетически разнородных организмов. Если при скрещивании в качестве исходных форм используются братья и сестры или родители и их потомство, то такая гибридизация называется *близкородственной* (*инбридинг*). Если же скрещиваются особи одной породы или разных пород (сортов), то гибридизация называется *неродственной* (*аутбридинг*).

Отбор заключается в сохранении человеком для разведения растений или животных с желаемым признаком. Он бывает массовым и индивидуальным. *Массовый отбор* направлен на выделение группы особей с одинаковым фенотипом, но дающих расщепление при размножении, в связи с чем его повторяют в ряду поколений. Массовый отбор трудно осуществить, если признак проявляется только у представителей одного пола. *Индивидуальный отбор* проводят для выделения форм с нужными приз-

наками и для раздельного выращивания каждой особи. В данном случае желаемый результат достигается быстрее, чем при массовом отборе. Путем индивидуального отбора создают сорта (породы), представляющие одну или несколько чистых линий (у растений — потомство одной самоопыляемой особи; у животных — потомство одной пары, полученное за счет инбридинга).

Гетерозис наблюдается при гибридизации неродственных форм некоторых видов или сортов в виде повышения у гибридов первого поколения жизнеспособности, роста и других качеств. Скрещивание гибридов первого поколения между собой ведет к затуханию этого эффекта в последующих поколениях. Причины появления гетерозиса окончательно не установлены. По одной гипотезе предполагают, что гетерозис может быть обусловлен высокой гетерозиготностью гибридов по многим аллелям, в результате чего признаки выражены лучше, чем у гомозигот. Согласно другой гипотезе, у гибридов первого поколения увеличивается количество доминантных генов, контролирующих один и тот же признак, и их суммарный эффект дает лучший результат. Гетерозис наблюдается как у растений, так и у животных. При семенном размножении в последующих поколениях он исчезает, при вегетативном — сохраняется.

## Селекция растений

Основная цель селекции растений — выведение новых сортов путем близкородственной гибридизации, гетерозиса, отдаленной гибридизации, полиплоидии, искусственного мутагенеза на основе отбора.

Близкородственная гибридизация у растений основана на самоопылении перекрестноопыляющихся форм. При этом повышается гомозиготность особей по изучаемым признакам, которые закрепляются в последующих поколениях. Потомство, полученное от одной самоопыляемой особи, называется *чистой линией*.

При скрещивании чистых линий между собой (*межлинейная гибридизация*) наблюдается в первом поколении эффект гетерозиса. Межлинейная гибридизация позволяет повысить на 20—30 % урожай семян кукурузы, сахарной свеклы, ряда овощных культур (лук, огурцы, помидоры, баклажаны, сорго). Эффект гетерозиса можно закрепить у растений при вегетативном размножении клуб-

нями (картофель), черенками (плодовые деревья) либо за счет полиплоидии.

Отдаленная гибридизация позволяет сочетать в одном организме ценные признаки разных видов и родов. Как правило, она осуществляется с трудом. Отдаленные гибриды обычно бесплодны, так как невозможна коньюгация негомологичных хромосом в мейозе.

Для преодоления бесплодия у межвидовых гибридов советский генетик Г. Д. Карпеченко (1924) впервые в мире предложил специальный метод получения полиплоидов на примере создания межвидового гибрида редьки с капустой. Каждый из исходных видов имел в диплоидном наборе по 18 хромосом, а в гаплоидных наборах — по 9. Для преодоления бесплодия гибрида Г. Д. Карпеченко предложил удваивать число хромосом каждого вида растения и получать тетраплоид, у которого в кариотипе будет 36 хромосом, из них 18 «редечных» и 18 «капустных». Благодаря этому в мейозе может происходить коньюгация гомологичных хромосом редьки между собой и капусты между собой. Гибрид редьки с капустой (*ра-фанобрассика*) оказался способным к размножению. Метод Карпеченко нашел широкое применение в мировой селекционной практике. С его помощью были получены не существующие в природе межвидовые гибриды табака, пшеницы, длинноволокнистого хлопчатника и др.

Полиплоидия играет большую роль в создании новых сортов пшеницы, овса, картофеля, хлопчатника, плодовых декоративных культур. Полиплоиды экономически выгоднее диплоидных растений, поскольку они более стойки к неблагоприятным условиям среды. Именно этим объясняется факт произрастания полиплоидов на севере, высоко в горах.

В настоящее время для получения полиплоидов диплоидные растения обрабатывают рентгеновыми лучами или радиоактивными элементами, химическими мутагенами (колхицин и др.), способными разрушать веретено деления, не препятствуя удвоению хромосом. Воздействием этих веществ на пыльцу, почки, прорастающие семена удалось получить искусственные полиплоиды гречихи, пшеницы, хлопчатника, мака, льна, редьки, земляники и других растений.

Большой вклад в селекцию растений внес И. В. Мичурин (1855—1935). Для преодоления барьера нескрещиваемости он разработал несколько методов.

Одним из таких методов является *метод ментора* (вос-

питателя), заключающийся в прививке гибрида на одну из скрещиваемых форм. Растение, на котором делают прививки, называется подвоем, а прививаемая часть растения — привоем. При срастании тканей привоя с подвоем в привое могут меняться некоторые физиологические и морфологические особенности. С помощью метода ментора был выведен сорт вишни Краса Севера из владимирской вишни и черешни Винклера, сорта яблок Бельфлер-китайка, Ренет бергамотный и др. Этот метод удобен тем, что с его помощью можно регулировать соотношение возраста и листвы ментора и гибрида, продолжительность действия ментора. Большинство сортов, выведенных И. В. Мичурином, гетерозиготны по генотипу, поэтому их размножают не половым путем, а вегетативным. Метод ментора имеет большое значение в их селекции.

При *методе вегетативного сближения тканей* путем предварительной прививки одного вида растения на другое изменяется химический состав тканей подвоя, в том числе и генеративных органов, что увеличивает вероятность прорастания пыльцевых трубок в пестике и таким образом способствует скрещиванию видов. И. В. Мичурин прививал черенки рябины (привой) к кроне груши (подвой). При цветении привоя пыльцу груши он наносил на кастрированные цветки рябины, а пыльцу рябины на цветки груши.

*Метод посредника* направлен на преодоление нескрещиваемости двух видов с помощью третьего. Так ученый вывел персик, пригодный для выращивания в средней полосе России. Для этого он сначала скрестил монгольский миндаль с полукультурным персиком Давида, а затем полученный гибрид (посредник) — с персиком.

Скрещиваемости видов способствует и *метод опыления смесью пыльцы* разных видов. Дело в том, что пыльцевые трубочки с различными генотипами могут взаимно стимулировать друг друга, создавая в пестике условия для роста трубок.

И. В. Мичурин показал, что можно управлять *доминированием* у некоторых гибридов путем воздействия жесткими условиями на ранних стадиях их развития. Наибольший эффект он получил при скрещивании географически отдаленных форм, в результате чего создал сорт Бере зимняя (гибрид французского сорта груши Бере Рояль с дикой уссурийской грушей), сеянцы которого воспитывал в средней полосе России. И. В. Мичурин уделял много внимания акклиматизации южных плодовых

растений и продвижению на север винограда, абрикоса, черешни и др. Он вывел около 300 новых сортов плодовых растений. Разработанные им методы успешно используются в селекции других культур.

И. В. Мичурин придавал большое значение многократному и весьма жесткому отбору. Гибридные семена отбирались по их величине и форме, гибридные растения — по форме и толщине листовой пластинки и черешка, форме побега, расположению боковых почек, по зимостойкости, качеству плода, сопротивляемости к грибковым заболеваниям, вредителям и по другим признакам.

В целом следует отметить, что достижения селекции растений в СССР связаны с применением генетических методов в сочетании с методами селекции. В результате созданы ценные сорта большинства сельскохозяйственных культур. Так, Н. В. Цицин (1898—1980) с сотрудниками в результате отдаленной гибридизации и отбора вывели высокоурожайные (до 70 ц/га) пшенично-пырейные гибриды, устойчивые к полеганию. Прекрасный сорт озимой пшеницы Безостая I был получен П. П. Лукьяненко (1901—1973) путем многоступенчатой гибридизации далеких в эколого-географическом отношении сортов (Клейн 33, Лютесценс 17 и др.) и отбора среди расщепляющегося потомства. Под его руководством были созданы ценные сорта пшеницы Аврора и Кавказ. Вследствие направленного превращения яровой пшеницы в озимую В. Н. Ремесло (1907—1987) получил высокоурожайные сорта озимой пшеницы Мироновская-808 и др. Путем скрещивания пшеницы ( $2n = 42$ ) и ржи ( $2n = 13$ ) создан тетраплоид ( $2n = 56$ ), названный тритикале. Он хорошо развивается в условиях нечерноземной полосы, накапливает большое количество белка, устойчив к заболеваниям. В. С. Пустовойт (1886—1972) вывел сорта подсолнечника (Маяк, Передовик), содержащие в семенах до 50 % масла. Благодаря районированию этих сортов страна получает при тех же затратах дополнительные тысячи тонн подсолнечного масла.

М. И. Хаджинов в 30-х годах открыл явление цитоплазматической мужской стерильности. На основе гибридизации и отбора растений по цитоплазматическому фактору были выведены высокоурожайные сорта кукурузы.

### Селекция животных

Селекцией домашних животных люди занимаются с глубокой древности. Для этой цели использовались дикие

предки, из потомков которых на племя оставляли лучших по интересующим признакам. Первоначально этот отбор носил стихийный характер, но затем его стали проводить методически. Так со временем были сформированы местные породы животных.

В настоящее время при подборе для селекции исходных пар, кроме интересующих признаков, учитывают их родословную и экстерьер (телосложение и соотношение частей тела, связанных с ценными хозяйственными признаками). Причем наследственную ценность самцов определяют по признакам, которые проявляются у их потомства (молочность, жирность молока, яйценоскость и др.).

При учете наследственной изменчивости необходимо помнить, что животные размножаются только половым путем; потомство немногочисленное и каждая отдельная особь представляет большую ценность. Для селекции животных используют близкородственное и неродственное внутривидовое и отдаленное межвидовое скрещивание, гетерозис.

При помощи *близкородственного скрещивания* закрепляют рецессивные хозяйственно ценные признаки, поскольку при нем рецессивные мутации, находящиеся в скрытом гетерозиготном состоянии, переводятся в гомозиготное. Однако это часто приводит к снижению жизнеспособности, появлению уродств и т. д.

*Неродственное скрещивание* применяют для объединения в одном гибридном организме ценных признаков разных пород с целью создать новую породу. Так, чтобы повысить живую массу кур породы Леггорн, их скрещивают с породой Плимутрок, преимуществом которой является большая живая масса. Путем межпородного скрещивания М. Ф. Иванов (1871—1935) создал высокопродуктивные породы (степная белая украинская порода свиней, асканийская тонкорунная порода овец). Однако следует отметить, что при межпородном скрещивании в результате комбинативной изменчивости появляются гибриды как с лучшим, так и с худшим сочетанием признаков. Поэтому в данном случае необходимо вести отбор нужных форм.

*Отдаленная гибридизация* животных применялась в основном на раннем этапе их одомашнивания. В настоящее время к ней прибегают редко, поскольку среди отдельных получаемых таким образом гибридов часто один пол бывает стерильным. Например, у гибрида яка с крупным рогатым скотом самки плодовиты, а самцы бесплодны.

плодны. Н. Н. Бутарин с сотрудниками создали с помощью этого метода гибрид архаромериноса: скрестили грубошерстных овец с диким бараном архаром, хорошо приспособленным к высокогорным пастбищам. В США путем скрещивания крупного рогатого скота с зебу выведена порода Санта-гертруд, обладающая высокими мясными качествами и приспособленная к засушливым районам.

*Гетерозис* в селекции животных широко используется для получения скороспелых свиней, повышения продуктивности крупного рогатого скота и для других хозяйственных целей. Так, при скрещивании самки лошади с самцом ослом получается высокогетерозиготный гибрид мул — выносливое и сильное животное. Обратное скрещивание (самки осла с самцом лошади) дает лошака, у которого гетерозис полностью отсутствует. Гетерозис проявляется также при скрещивании двугорбого и одногорбого верблюдов. Однако закрепить гетерозис у животных невозможно, поэтому практикуют постоянное скрещивание гибридов попеременно с одной и с другой исходной формой.

В селекции животных, кроме описанных выше методов, применяют искусственное осеменение, полиэмбрионию.

При *искусственном осеменении* сперму самца вводят в половые пути самки специальными инструментами. С помощью этого метода интенсивно используют высокоценных самцов для создания крупного рогатого скота, свиней и других животных с целью улучшить их породные и продуктивные качества.

*Полиэмбриония* — это образование нескольких зародышей из одной зиготы. Искусственные эмбрионы ценных пород крупного рогатого скота вводятся в матку беспородных животных для дальнейшего развития.

Большая селекционная работа, проведенная за годы Советской власти, позволила создать много новых пород крупного рогатого скота, свиней, лошадей, овец, кур, форм норок, песцов, черно-бурых лисиц и других животных. Значительная селекционная работа ведется и в заповедниках с целью сохранить исчезающие виды животных, таких, как зубры, соболи, бобры и др.

### Селекция бактерий и грибов

Микроорганизмы играют важную роль в жизни человека, поскольку способны создавать вещества, необхо-

димые для его жизнедеятельности. Такими способностями обладают как прокариотные (бактерии, актиномицеты), так и эукариотные (дрожжи, нитчатые грибы) микроорганизмы.

С древних времен человек использует уксуснокислые бактерии в производстве уксуса, молочнокислые бактерии — для приготовления молочнокислых продуктов, пропионовокислые — в сырodelии, а также как продуценты витаминов и других веществ. Начиная с 1944 г. актиномицеты активно применяют как продуценты антибиотиков (стрептомицина, эритромицина, тетрациклина, канамицина и т. д.); отдельные штаммы дрожжей — в пивоварении, виноделии, хлебопечении, для получения этилового спирта, а также биомассы. (кормовые дрожжи). Грибы используют для получения следующих органических кислот: лимонной — для пищевой промышленности; глюконовой — для введения кальция в организм человека; итаковой — в производстве пластмасс. Грибы являются продуцентами ферментов протеаз, многих антибиотиков — пенициллина, цефалоспорина. Они также используются для приготовления специальных сыров — рокфора, кананбера.

Применение микрорганизмов в народном хозяйстве и сознательная их селекция стали возможны только после разработки соответствующих микроскопических методов, выяснения способов размножения и расселения микроорганизмов. Огромный вклад в решение этих вопросов внес Луи Пастер (1822—1895). Его считают основателем научных методов селекции микробов, базирующейся на применении методического искусственного отбора и умелом использовании естественного отбора путем создания условий, в которых отбор действует в желательном направлении. Дальнейшее совершенствование методов селекции микроорганизмов тесно связано с достижениями генетики и применением их в селекции.

Природные штаммы микроорганизмов, как правило, низкопродуктивны. Поэтому основная задача селекции — получение высокопродуктивных микроорганизмов с помощью индуцированного мутагенеза и искусственного отбора. В качестве мутагенов применяют рентгеновы и ультрафиолетовые лучи, химические вещества. Чередование обработки мутагенами с отбором позволяет через несколько этапов получить новый штамм, превосходящий исходный по продуктивности. Таким образом, выход пенициллина из плесневого гриба удалось повысить в 10 000

раз, рибофлавина из дрожжевого гриба — в 20 000, а витамина В<sub>12</sub> у двух видов бактерий — в 5000 раз по сравнению с исходными штаммами.

Использование человеком биохимических и генетических свойств живых организмов в практических целях обусловило появление нового направления в биологии — биотехнологии, которая представляет собой совокупность промышленных методов, основанных на использовании живых организмов и биологических процессов для производства или модификации различных продуктов в целях улучшения свойств экономически ценных видов растений, животных, микроорганизмов. Согласно определению Европейской федерации по биотехнологии, «биотехнология — это интегрированное использование биохимии, микробиологии и инженерных наук в целях достижения технологического (промышленного) применения способностей микроорганизмов, культуры клеток ткани и их частей». Важнейшими разделами биотехнологии являются микробиологическая промышленность, генная и клеточная инженерия.

*Микробиологическая промышленность* — новая отрасль, рожденная научно-технической революцией в 60-е годы 20 в. Она решает важнейшие народнохозяйственные задачи. Во-первых, биотехнология обеспечивает животноводство полноценным кормовым белком. Во-вторых, с помощью биотехнологии получают и применяют ферменты. Микроорганизмы служат единственным источником таких ферментов, как протеаза, амилаза, целлюлаза, пектиназа и др. В-третьих, с помощью биотехнологии получают микробиологическую продукцию — аминокислоты, особенно незаменимые, антибиотики и др. Современная микробиологическая промышленность вырабатывает пять групп антибиотиков (пенициллины, цефалоспорины, тетрациклины, эритромицины, стрептомицины) для фармацевтической промышленности и нужд народного хозяйства. В-четвертых, на основе биотехнологии с помощью микроорганизмов получают дополнительные источники энергии в виде биогаза, этанола, водорода за счет использования микробами отходов промышленности и сельского хозяйства, а также солнечной энергии. Микроорганизмы применяют при добыче урана, редких металлов, в том числе золота.

*Генная инженерия* — это конструирование функционально активных генетических структур и наследственно измененных микроорганизмов. Успехи данного приклад-

ного направления биотехнологии базируются на работах Дж. Уотсона и Ф. Крика, которые в 1953 г. предложили модель структуры ДНК. Эти работы способствуют проведению исследований по молекулярной генетике.

Основной задачей генной инженерии является выделение (или синтез) отдельных генов, их молекулярное клонирование и создание рекомбинативных ДНК — искусственной комбинации разных генов, придающей организму новые, полезные для человека свойства. Генная инженерия позволяет создавать для микробиологической промышленности сверхпродуценты — микроорганизмы, с помощью которых тот или иной продукт производят быстрее и дешевле, чем путем традиционной селекции и генетики. На основе генной инженерии микроорганизмов можно наладить промышленное производство витаминов, аминокислот, антибиотиков, кормового белка, ферментов и т. д. Для медицинских целей с помощью методов генной инженерии намечается промышленное производство инсулина, гормона роста, интерферона, ряда противовирусных вакцин, ферментов.

*Клеточная инженерия* представляет собой метод конструирования клеток нового типа путем культивирования, гибридизации и реконструкции. С помощью клеточной инженерии удалось соединить геномы весьма далеких видов (например, животных и растений) и получить клетки с новыми свойствами. Изучая гибридные клетки, можно выяснить механизм размножения и дифференцировки клеток и другие процессы на молекулярном уровне. Клеточная инженерия широко применяется, например, для получения узконаправленного действия антител, создания новых форм растений с заданными свойствами.

Таким образом, биотехнология — одно из ведущих направлений современной биологии. Ученые-футурологи полагают, что дальнейший прогресс человечества во многом зависит от развития биотехнологии.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте определение селекции, изложите ее задачи.
2. Определите понятия «порода», «сорт», «штамм».
3. Назовите центры происхождения культурных растений.
4. Перечислите методы селекции.
5. Объясните значение для селекции гетерозиса.
6. Изложите суть работ Г. Д. Карпченко. Значение полиплоидии в селекции растений.
7. Какие методы селекционной работы предложены И. В. Мичуриным?
8. Перечислите достижения селекции растений в СССР.
9. Цели и задачи селекции животных.
10. Назовите типы скрещивания и методы разведения животных.
11. Достижения селекции животных в СССР.
12. Значение селекции

бактерий, грибов. 13. Дайте определение биотехнологии. Какие задачи она решает? 14. Определите понятие «генная инженерия», перечислите ее задачи и важнейшие достижения. 15. Значение клеточной инженерии в биотехнологии.

## Глава 7. ЭКОЛОГИЯ И БИОСФЕРА

Взаимодействие организмов со средой рассматривает каждая биологическая наука, но ведущая роль принадлежит экологии.

Экология — наука, изучающая взаимоотношения организмов между собой и со средой обитания. Она рассматривает особенности развития, размножения и выживания особей, структуру и динамику популяций и сообществ в зависимости от окружающей среды. Экология тесно связана с эволюционным учением, генетикой, систематикой и другими биологическими дисциплинами. Предметом ее изучения являются различные уровни организации живой материи — популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный.

Экология как наука решает следующие задачи: во-первых, исследует закономерности взаимоотношений различных групп организмов с факторами окружающей среды, влияние организмов и их комплексов на среду обитания с целью выяснить механизмы преобразования популяций, а также характер распределения растений и животных на планете; во-вторых, разрабатывает основы для рациональной эксплуатации биологических ресурсов, прогнозирует изменения природы в связи с деятельностью человека, дает рекомендации по управлению процессами, протекающими в природе; в-третьих, разрабатывает биологические меры борьбы с сорняками и вредителями в связи со снижением эффективности инсектицидов и гербицидов и загрязнением ими природной среды; в-четвертых, изучает возможности создания безотходных технологий на промышленных предприятиях: рекомендует внедрять соответствующие системы для переработки отходов производства либо для исключения или сокращения технологических процессов, приводящих к образованию основного количества отходов. Например, на обогатительной фабрике Кировоградского медеплавильного комбината создана система оборотного водопотребления: промышленные воды отстаиваются, очищаются от солей и реагентов и возвращаются в технологическую цепь.

Каждая из указанных задач решается определен-

ными методами. Так, с помощью *полевых методов* выясняют характер влияния на популяцию того или иного комплекса факторов, общую картину развития и жизнедеятельности вида в конкретных условиях. Путем *экологического эксперимента* устанавливают особенности влияния отдельных факторов на развитие организма. С этой целью моделируют какую-либо естественную систему, например аквариум может служить натурной моделью водоема. *Методы математического моделирования* дают возможность предсказать жизнеспособность экосистем в зависимости от изменения климатических условий и антропогенных нагрузок. Примером может служить математическая модель Азовского моря, разработанная учеными Северо-Кавказского научного центра. В основе этой модели лежит количественный анализ данных многолетних наблюдений, проведенных гидрологами, гидрохимики, биологами на Азовском море. Данный анализ позволил с помощью ЭВМ воссоздать все основные процессы, протекающие в море, и предсказать реакцию его экосистемы на различные воздействия человека. Аналогичные модели разработаны для Каспийского и Балтийского морей, для озер Байкал, Севан и других экосистем.

### Экологические факторы

Экологические факторы — это любые факторы среды, на которые организм реагирует приспособительными реакциями.

Любой организм имеет специфический комплекс приспособлений к факторам среды и благополучно существует лишь в определенных границах их изменяемости. Наиболее благоприятный для жизнедеятельности уровень фактора называется оптимальным. Верхний уровень фактора, за пределами которого жизнедеятельность организмов становится невозможной, называется максимумом, а нижний — минимумом. Естественно, для каждого организма характерны свои максимумы, оптимумы и минимумы экологических факторов. Например, комнатная муха выдерживает колебание температуры от 7 до 50 °С, а человеческая аскарида живет только при температуре тела человека.

На любой живой организм одновременно воздействует комплекс факторов, но лишь один из них является ограничивающим. Фактор, ставящий рамки для существования организма, вида или сообщества, называется

лимитирующим (ограничивающим). Например, распространение многих животных и растений к северу ограничивается недостатком тепла, тогда как на юге ограничивающим фактором для тех же видов может оказаться недостаток влаги или необходимой пищи. Однако границы выносливости организма по отношению к лимитирующему фактору зависят от уровня других факторов.

Все экологические факторы делят на абиотические, биотические и антропогенные.

Абиотические факторы — это совокупность условий неорганической природы. К ним относятся температура, свет, влажность, соленость воды, почва, рельеф.

*Температура* — один из важнейших абиотических факторов, от которого в значительной степени зависит существование, развитие и распространение организмов на Земле. Поскольку суточные и сезонные колебания температур возрастают по мере удаления от экватора, растения и животные, приспосабливаясь к ним, проявляют различную потребность в тепле. Верхним температурным пределом жизни на Земле, вероятно, является 50—60 °С. При таких температурах происходит потеря активности ферментов и свертывание белка. Однако известны водоросли, которые могут жить в горячих источниках при 70—80 °С. Деревья и кустарники в Якутии не вымерзают при минус 68 °С. В Антарктиде при минус 70 °С растут отдельные виды водорослей, лишайников, живут пингвины, а в Арктике — белые медведи, песцы, полярные совы.

У растений в процессе эволюции выработались различные механизмы терморегуляции. Например, у карликовой бересклета, можжевельника верхние ветви при чрезмерно низкой температуре омертвевают, а стелющиеся перезимовывают под снегом и не погибают. Морозоустойчивость растений связана с накоплением в клетках сахара, за счет которого повышается концентрация клеточного сока и снижается обводненность клеток.

В зависимости от способности сохранять температуру тела животных делят на холоднокровных и теплокровных. К первым относятся беспозвоночные, рыбы, земноводные и пресмыкающиеся. Они не могут поддерживать температурный режим обменных процессов, и регуляция температуры тела у них осуществляется пассивно за счет усиления мышечной работы, особенностей структуры и цвета покровов, отыскания мест, где возможно интенсивное поглощение солнечных лучей, и т. д. Теплокров-

ные животные способны поддерживать постоянную температуру тела независимо от температуры среды. К теплокровным животным относятся птицы и млекопитающие. В процессе эволюции у них выработались два механизма терморегуляции — химический и физический, с помощью которых они поддерживают постоянную температуру тела. Химический механизм обеспечивается скоростью и интенсивностью окислительно-восстановительных реакций и контролируется рефлекторно центральной нервной системой. Важную роль в повышении эффективности химического механизма терморегуляции сыграли такие ароморфозы, как появление четырехкамерного сердца, совершенствование органов дыхания у птиц и млекопитающих. Физический механизм терморегуляции обеспечивается появлением теплоизолирующих покровов (перья, мех, подкожно-жировая клетчатка), потовых желез, органов дыхания, а также развитием нервных механизмов регуляции кровообращения.

Одним из приспособлений животных к колебаниям температуры является их *миграция* — переселение в более благоприятные условия. Регулярно в течение года мигрируют киты, многие виды птиц, рыб, насекомых и других животных.

Определенные виды холоднокровных животных при изменении температуры впадают в оцепенение (состояние полной неподвижности, резкое снижение жизнедеятельности, прекращение питания). Оно наблюдается у насекомых, рыб, земноводных при понижении температуры среды осенью, зимой или при повышении ее летом в пустынях.

Интенсивность окислительно-восстановительных реакций снижается и у теплокровных животных (млекопитающие) при падении температуры среды, отсутствии пищи. Такие животные впадают в спячку. К ним относятся хомяки, бурундуки, сурки, летучие мыши, ежи и др. У некоторых млекопитающих (бурый медведь, барсук, енотовидная собака) при понижении температуры наступает зимний сон. У них замедляются обменные процессы, но температура тела снижается незначительно.

Одним из важных приспособлений к перенесению резкого изменения температуры у микробов, растений, низших животных является *анабиоз* — состояние резкого угнетения жизненных процессов, когда видимые проявления жизни временно прекращаются. Это явление обратимое. Семена некоторых растений в анабиозе могут нахо-

диться до 50 лет. Микроны в состоянии анабиоза образуют споры, простейшие — цисты.

*Свет* — экологический фактор, характеризующийся интенсивностью и качеством лучистой энергии Солнца, которая используется фотосинтезирующими зелеными растениями для создания растительной биомассы. В спектральном составе солнечного света различают инфракрасные (длина волны более 0,75 мкм), видимые (0,40—0,75 мкм) и ультрафиолетовые (менее 0,40 мкм) лучи. Инфракрасные лучи — главный источник тепла. На их долю приходится около 49 % лучистой энергии, которая воспринимается живыми организмами. Видимые лучи составляют около 50 % лучистой энергии, поступающей на Землю. Данная энергия необходима растениям для фотосинтеза. Однако на это используется лишь 1 % ее, остальная же часть отражается или рассеивается в виде тепла. У животных ультрафиолетовые лучи с длиной волны 0,29—0,40 мкм стимулируют образование витамина D, пигментов сетчатки глаза, кожи, а лучи с длиной волны менее 0,29 мкм губительно действуют на живое.

По отношению к свету различают светолюбивые, тенелюбивые и теневыносливые растения.

К *светолюбивым* относятся растения открытых мест обитания, способные нормально развиваться только при хорошем освещении, не выносящие длительного затенения. Для них характерна высокая интенсивность фотосинтеза. Это ранневесенние растения степей и полупустынь (гусиный лук, тюльпаны), растения безлесных склонов (шалфей, мята, чабрец), хлебные злаки, подорожник, кувшинка, акация и др.

*Тенелюбивые* растения, наоборот, не выносят сильного освещения и живут под пологом леса в постоянной тени. На вырубках при сильном освещении у них происходит замедление роста, а иногда — гибель. К таким растениям относятся лесные травы — папоротники, мхи, кислица и др.

*Теневыносливые* растения способны нормально развиваться как при некотором затенении, так и на прямом солнечном свету. Это древесные (береза, дуб, сосна) и травянистые (земляника лесная, фиалка, зверобой и др.) растения.

Для животных свет в основном играет информационную роль. Уже у простейших имеются светочувствительные органоиды (светочувствительный глазок у эвглены зеленой), а реакция на свет выражается в виде фо-

тотаксисов — перемещение в сторону наибольшей или наименьшей освещенности. Начиная с кишечнополостных, практически у всех животных развиваются различные по строению светочувствительные органы. Различают ночных и сумеречных животных (совы, летучие мыши и др.), а также животных, обитающих в постоянной темноте (медведка, аскарида, крот и др.).

Процессы роста и развития растений и животных зависят от длины светового дня. Это явление называется фотопериодизмом. Иными словами, *фотопериодизм* — это реакция организмов на смену дня и ночи, которая проявляется в колебании интенсивности физиологических процессов. У растений фотопериодизм лежит в основе разделения роста и развития на фазы: появления листьев, бутонизации, цветения, образования плодов и семян и т. д. Дело в том, что под действием света в растениях образуются гормоны, влияющие на процессы цветения, плодоношения, образования клубней и т. д. В зависимости от реакции на длину светового дня растения делят на длиннодневные, короткодневные и нейтральные. Длиннодневные растения (хлебные злаки, белена, дурман, молодило, картофель, лен, белладонна и др.) преобладают в умеренных широтах, короткодневные (табак, кукуруза, томаты и др.) — в южных, субтропических зонах. Зацветание нейтральных растений (горох, гречиха, спорыш и др.) не зависит от длины светового дня.

У животных, особенно у членистоногих, рост и развитие также зависят от длины светового дня. Например, капустная белянка, березовая пяденица нормально развиваются лишь при длинном световом дне, тогда как тутовый шелкопряд, различные виды саранчи, совок — при коротком. Фотопериодизм влияет и на время наступления и прекращения брачного периода у птиц, млекопитающих и других животных; на размножение, эмбриональное развитие земноводных, пресмыкающихся, птиц, млекопитающих; обусловливает весеннюю и осеннюю линьку, отложение жира, спячку и миграцию животных.

Человек, изучив закономерности фотопериодических реакций у растений и животных, научился регулировать их физиологические процессы, благодаря чему наладилось круглогодичное выращивание овощей и цветов в теплицах, цыплят — на птицефабриках, повысилась яйценоскость кур.

На основе фотопериодизма у растений и животных в процессе эволюции выработались специфические годичные

циклы периодов роста, размножения, подготовки к зиме, которые получили название *годичных* или *сезонных ритмов*. Эти ритмы проявляются в изменении интенсивности характера биологических процессов и повторяются с годичной периодичностью. Совпадение периодов жизненного цикла с соответствующим временем года имеет огромное значение для существования вида. Сезонные ритмы обеспечивают растениям и животным наиболее благоприятные условия для роста и развития.

Более того, физиологические процессы растений и животных находятся в строгой зависимости от суточной ритмичности, что выражается определенными биологическими ритмами. Следовательно, *биологические ритмы* — это периодически повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов и явлений. У растений биологические ритмы проявляются в суточном движении листьев, лепестков, изменении фотосинтеза, у животных — в колебании температуры, изменении секреции гормонов, скорости деления клеток и т. д. У человека также наблюдаются суточные колебания частоты дыхания, пульса, артериального давления, бодрствования и сна и др. Биологические ритмы являются наследственно закрепленными реакциями, поэтому познание их механизмов имеет важное значение при организации труда и отдыха человека.

*Влажность* — экологический фактор, характеризующийся содержанием воды в воздухе, почве, живых организмах. В природе существует суточный ритм влажности: она повышается ночью и понижается днем. Вместе с температурой и светом влажность играет важную роль в регуляции активности живых организмов. Источником воды для растений и животных служат главным образом атмосферные осадки и подземные воды, а также роса и туман.

По отношению к воде высшие растения делятся на *гидрофиты* — водные растения (кувшинка, стрелолист, ряска); *гигрофиты* — обитатели избыточно увлажненных мест (аир, вахта); *мезофиты* — растения нормальных условий влажности (ландыш, валериана, люпин); *ксерофиты* — растения, живущие в условиях постоянного или сезонного дефицита влаги (саксаул, верблюжья колючка, эфедра). Следует отметить, что у ксерофитов выработались различные приспособления к обитанию в обезвоженной среде (определенный химический состав цитоплазмы, узкие жесткие листья, часто с толстой кутикулой, восковым налетом, а иногда редуцированные в

колючки). Разновидностью ксерофитов являются суккуленты (актусы, молочай).

Животные, обитающие в условиях недостатка влаги, т. е. в пустынях, также приспособились к этому. Большинство из них вообще обходится без воды; некоторые же обладают способностью к быстрому и продолжительному бегу (кулан, антилопа, джейран, сайгак), что позволяет им совершать дальние миграции на водопой. Грызуны, пресмыкающиеся, насекомые и другие мелкие животные пустынь поддерживают водный баланс в организме путем запасания воды, образующейся при окислительных реакциях. Особенно много такой воды дает окисление жира (100 г воды из 100 г жира). Поэтому характерные для многих обитателей пустынь обильные жировые отложения служат своеобразным резервом воды в организме, например горб у верблюда, подкожные отложения жира у грызунов. Кроме того, у обитателей пустынь выработалась способность сводить до минимума испарение воды, что обусловливается слабой проницаемостью наружных покровов тела. Важную роль играют также особенности поведения животных пустынь: большинство из них избегает иссушающего действия низкой влажности воздуха и перегрева, переходя к ночному образу жизни или скрываясь в норах.

*Соленость водной среды* характеризуется содержанием в ней растворимых солей. В пресной воде содержится 0,5—1,0 г/л, а в морской — 10—50 г/л солей. Соленость водной среды имеет важное значение для ее обитателей. Существуют животные, приспособленные к обитанию только в пресной воде (карпообразные) или только в морской (сельдеобразные). У некоторых же рыб отдельные стадии индивидуального развития проходят при различной солености воды, например угорь обыкновенный обитает в пресных водоемах, а на нерест мигрирует в Саргассово море.

*Почва* — верхний слой земной коры, обладающий плодородием. Важным экологическим показателем является кислотность почвы — содержание в ней ионов водорода (рН). Для большинства растений и микроорганизмов наиболее пригодна нейтральная почва (рН 7). Некоторые же растения (сосна, пихта, папоротник) способны обитать на кислых почвах (рН менее 7). Такие растения, как ель, граб, тuya, предпочитают щелочные почвы (рН более 7). Другим экологическим показателем почвы считается ее соленость (содержание ионов кальция, калия

и натрия). На известковых почвах с повышенным содержанием кальция произрастают порезник, хлопчатник, маслина и др. К почвам с высоким содержанием калия, натрия приурочена так называемая солончаковая растительность (солянка, солодка и др.). Химический состав почвы и разнообразие обитателей влияют на ее плодородие. Наиболее плодородными являются черноземные почвы, богатые перегноем.

*Рельеф* — характер поверхности суши, дна океанов и морей, разнообразный по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития. Как абиотический фактор рельеф оказывает влияние на распределение климатических факторов и, таким образом, на формирование соответствующих флоры и фауны. Например, на южных склонах холмов или гор всегда более высокая температура, лучшая освещенность и соответственно меньшая влажность.

*Биотические факторы* — это факторы живой природы (воздействие живых организмов друг на друга и на среду обитания). Примером могут служить пищевые взаимоотношения, выражющиеся в следующих формах: конкуренция, паразитизм, хищничество, симбиоз, антибиоз.

*Конкуренция* — форма взаимоотношений организмов, складывающаяся в борьбе за одни и те же условия среды. Различают внутривидовую, межвидовую, прямую и косвенную конкуренцию. Конкуренция проявляется тем резче, чем более сходны потребности конкурентов. Растения конкурируют в борьбе за свет, влагу; копытные, грызуны, саранча — за одни и те же источники питания (растения); хищные птицы леса и лисы — за мышевидных грызунов.

*Паразитизм* — форма взаимоотношений двух организмов разных видов, когда один из этих организмов (паразит) использует другого (хозяина) в качестве источника питания и среды обитания. Паразиты питаются переваренной пищей или тканями хозяина. Животные-паразиты имеются в типе простейших (трипаносомы, лямблии, дизентерийная амеба, малярийные плазмодии), в типе плоских червей (печеночный сосальщик, эхинококк, свиной и бычий цепни), в типе круглых червей (аскарида, остица, власоглав), в типе кольчатых червей (пиявка медицинская), в типе членистоногих (клещи, комары, москиты, вши, блохи). Паразитизм встречается и в мире растений. Например, паразитические грибы (спорынья, голов-

ня) живут за счет злаков; фитофтора паразитирует на пасленовых; некоторые виды лиан приносят вред бобовым, пасленовым и другим культурным растениям.

**Хищничество** — форма взаимоотношений между организмами, при которой одни добывают, убивают и поедают других. Хищниками являются насекомоядные растения (росянка, венерина мухоловка), а также представители животных всех типов. Например, в типе членистоногих хищниками являются пауки, стрекозы, божьи коровки; в типе хордовых хищники встречаются в классах рыб (акулы, щуки, окунь, ерши), пресмыкающихся (крокодилы, змеи), птиц (совы, орлы, ястребы), млекопитающих (волки, шакалы, львы, тигры).

Разновидность хищничества — **каннибализм**, или **внутривидовое хищничество** (поедание особями других особей своего вида). Например, самки паука каракурта поедают самцов после спаривания, балхашский окунь поедает свою молодь и т. д.

Устранныя из популяции наиболее слабых и больных животных, хищники способствуют повышению жизнеспособности вида.

**Симбиоз** — форма взаимоотношений организмов разных систематических групп, при которой совместное существование взаимовыгодно для особей двух или более видов. Примерами симбиоза у растений служат лишайники (симбиоз водорослей и грибов), микориза (симбиоз корней растений и гифов грибов) и др. Среди животных в симбиотических отношениях находятся актиния и рак-отшельник: актиния использует рака для передвижения и одновременно служит ему защитой благодаря ее стрекательным клеткам.

**Антибиоз** — форма взаимоотношений организмов, когда один из них угнетает жизнедеятельность других чаще всего выделением особых веществ, так называемых антибиотиков и фитонцидов. Антибиотики выделяются низшими растениями (грибы, лишайники), фитонциды — высшими. Так, гриб пеницилл выделяет антибиотик пеницилл, подавляющий жизнедеятельность многих бактерий; молочнокислые бактерии, обитающие в кишечнике человека, подавляют гнилостные бактерии. Фитонциды, оказывающие бактерицидное действие, выделяют сосна, кедр, лук, чеснок и другие растения. Фитонциды применяются в народной медицине и врачебной практике.

Любая форма взаимоотношений служит регулятором экологической структуры популяции и определяется ха-

рактером распределения популяции на территории (плотность), возрастным и половым составом, динамикой численности.

Зная закономерности экологических взаимоотношений популяций, можно разумно управлять теми или иными параметрами экологической структуры популяции. Одним из таких мероприятий является научно обоснованное ведение охотничьего хозяйства и рыбного промысла (установление определенных мест, сроков, объемов и способов охоты, рыбной ловли), обеспечивающее воспроизведение популяций. Например, упорядочение охоты на морского котика позволило восстановить численность его популяции. В настоящее время разработаны рекомендации по рациональной вырубке леса и заготовке лекарственных растений, предусматривающие сохранение семенного и вегетативного воспроизводства популяций. Например, установлено, что для сохранения жизнеспособности популяции чабреца ползучего объем его заготовок с 1 м<sup>2</sup> не должен превышать 50 %.

Антропогенные факторы — факторы среды, связанные с деятельностью человека, которая может быть как положительной, так и отрицательной. Положительное воздействие проявляется в разумном преобразовании природы — посадке лесов, парков, садов, создании и разведении сортов растений и пород животных, создании искусственных водохранилищ, заповедников, заказников и т. д. Однако с ростом численности населения на Земле непрерывно увеличиваются площади преобразуемых участков поверхности, исчезают или меняют свой прежний вид многие ландшафты. Так, вырубаются лесные массивы, высыхают вековые болота, превращаются в каскад водохранилищ полноводные реки (Волга, Днепр, Ангара и др.), активизируется эксплуатация природных ресурсов Мирового океана и суши. Человек выбрасывает в природную среду огромное количество производственных и бытовых отходов. В мире ежегодно добывается более 4 млрд т нефти и природного газа, свыше 2 млрд т угля, почти 20 млрд т горной массы в виде руды и сопутствующих горных пород. Продукты их переработки попадают в воздух, почву, воду. Только в атмосферу выбрасывается около 22 млрд т углекислого газа. Таким образом, антропогенные факторы активно воздействуют на окружающую среду, изменяя ее. Антропогенные системы формируются вследствие индустриализации, химизации, урбанизации, развития транспорта, выхода в космос. В настоящее время челове-

чество задумывается над проблемой разумного использования природной среды, которая становится все беднее природными ресурсами и опаснее для здоровья человека.

## Биогеоценоз, его характеристика и структура

Все виды растений, животных не существуют изолированно, а связаны друг с другом и с неживой природой и образуют биогеоценозы, или экосистемы. Иными словами, биогеоценоз — это однородный участок земной поверхности, где находится комплекс взаимозависимых биотических и абиотических компонентов. Биотическая часть биогеоценоза определяется популяционно-видовым составом микроорганизмов, растений и животных и называется биоценозом. Абиотическая часть представлена участком суши или водоема с определенными климатическими условиями и называется биотопом.

Термин «биогеоценоз» был предложен в 1940 г. академиком В. Н. Сукачевым. Биогеоценоз характеризуется видовым разнообразием, плотностью особей каждого вида, биомассой (общее количество органического вещества биогеоценоза). Поскольку в основе жизнедеятельности биогеоценоза лежит приток энергии извне, его рассматривают как открытую, устойчивую, саморегулирующуюся систему.

Устройчивость биогеоценоза обеспечивает *круговорот веществ*, т. е. непрерывный их поток из неживой природы в живую и обратно. Источником энергии для этого является Солнце, энергия которого в процессе круговорота преобразуется в энергию химических связей, затем в механическую и тепловую вследствие пищевых взаимоотношений организма, составляющих так называемые цепи питания.

*Цепи питания* — это ряды видов или групп организмов, каждое предыдущее звено которых служит пищей для последующего. Первым звеном цепи питания являются автотрофные растения. Их называют производителями или продуцентами. В процессе фотосинтеза они преобразуют солнечную энергию в энергию химических связей. Второе звено составляют травоядные (первичные потребители) и плотоядные (вторичные и третичные потребители) животные, называемые консументами (рис. 16). Животные, питающиеся растениями, превращают в вещества своего тела в среднем 10 % лучистой энергии солнца, накопленной растениями. Остальная часть энергии теряется

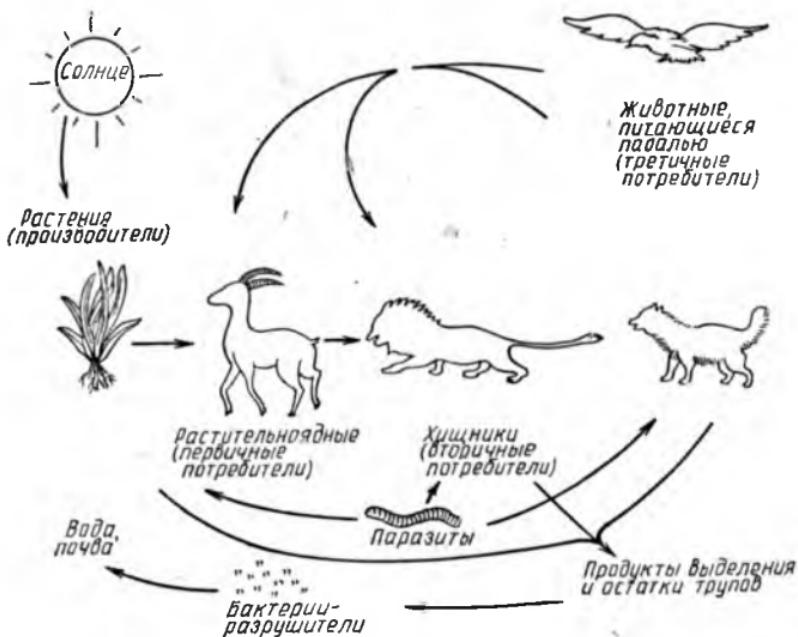


Рис. 16. Схема цепи питания

с выделяемым теплом, уходит в почву или в воду в виде непереваренных остатков. Третье звено представлено микроорганизмами, разлагающими органические остатки до минеральных веществ. Они называются редуцентами или разрушителями.

При переходе с одного звена цепи питания на другое происходит почти десятикратная потеря вещества и энергии. Эта закономерность называется *правилом экологической пирамиды*, показывающим соотношение биомассы производителей, консументов и редуцентов и содержащейся в них энергии. Основание пирамиды образуют автотрофные организмы, преимущественно зеленые растения — организмы-производители. Над ними располагаются растительноядные животные — потребители второго и третьего порядков. Вершину пирамиды завершают наиболее крупные хищники. Высота пирамиды определяется длиной пищевой цепи, которая вследствие быстрой убыли энергии редко состоит более чем из пяти звеньев. Каждое звено цепи питания может включать несколько видов. Животные, употребляющие разнообразную пищу, могут быть не только членами разных цепей питания, но и занимать в них различное положение.

Одним из важных факторов существования биогеоценоза является саморегуляция.

**Саморегуляция** — это способность природной системы к восстановлению внутренних свойств после какого-либо природного или антропогенного влияния. Классическим примером саморегуляции в экологической системе может служить биогеоценоз, сложившийся в широколиственном лесу, в частности саморегуляция его растительного сообщества (фитоценоз). Здесь растения конкурируют за основные жизненные условия: пространство, свет, воду. В результате длительного естественного отбора у растений леса выработались приспособления, позволяющие разным видам существовать совместно. Это проявляется в **ярусности** фитоценоза, т. е. в вертикальной расчлененности растительного сообщества на достаточно четко отграничивающиеся горизонты, слои, ярусы и другие структурные, функциональные толщи. Так, первый ярус широколиственного леса образуют наиболее светолюбивые древесные породы (дуб, ясень, липа), второй — сопутствующие им менее светолюбивые (клен, черемуха, рябина и др.), третий — различные кустарники (лещина, бересклет, крушина, калина и др.), четвертый — травянистые растения (мальва лесная, папоротники, плауны и др.), пятый ярус составляют мхи, лишайники. Чем ниже ярус, тем образующие его растения более теневыносливы. Ярусность выражена также в расположении корневой системы; она является как бы зеркальным отражением ярусности надземных частей: чем выше надземный ярус, тем глубже располагается корневая система образующих его растений.

Условия освещения в широколиственном лесу резко изменяются в течение года. В связи с этим среди травянистых растений выделилась очень характерная группа так называемых весенних эфемероидов — это пролески, ветреницы, хохлатки и др. Они развиваются и зацветают до распускания листьев; их яркие цветки привлекают насекомых-опылителей. Все эфемероиды имеют луковицы или корневища, содержащие запас питательных веществ, обеспечивающий возможность быстро развиваться весной.

Цепи питания переплетены в сложную сеть, поэтому выпадение из цепи какого-либо одного звена не нарушает биогеоценоза. Итак, процесс саморегуляции в лесу осуществляется в результате существования всех особей биогеоценоза. Они не уничтожают друг друга полностью, а лишь ограничивают численность каждого вида, и она остается на определенном уровне.

Любой биогеоценоз претерпевает изменения, связанные

ные с климатическим режимом. Например, осенью в связи с уменьшением температуры, длины светового дня, с изменением режима влажности у многих растений наступает листопад, в запасающих органах (корневища, клубни, луковицы) откладываются питательные вещества, у древесных растений формируется пробка, происходит постепенное обезвоживание цитоплазмы клеток. Животные также активно готовятся к зиме, в частности, перелетные птицы улетают на юг, млекопитающие линяют, многие из них запасают пищу. Таким образом, сезонные изменения климатических условий вызывают изменения в жизнедеятельности биогеоценозов.

При изменении условий среды одни биогеоценозы могут преобразовываться в другие. Основную роль в этом процессе обычно играют растения. Например, после пожара на месте лесного биогеоценоза может сформироваться луговой. Нередко смена биогеоценозов происходит в результате деятельности человека. Так, при осушении болотный биогеоценоз может замениться луговым или агрогеоценозом.

*Агрогеоценозы* — это биогеоценозы, созданные человеком. Они обладают определенным видовым составом и определенными взаимоотношениями с условиями среды. Это поля, пастбища, сенокосы, лесные посадки, парки, сады. Агрогеоценозы не способны к саморегуляции, поскольку число составляющих их видов ограничено. Они обладают малой устойчивостью. Дело в том, что в отличие от биогеоценоза, где действует только естественный отбор, в агрогеоценозе ведущим является искусственный отбор, направленный на получение высокопродуктивных растений. Источником энергии для агрогеоценоза служит не только Солнце, но и энергия, затрачиваемая человеком на его образование (орошение, производство удобрений и т. д.). В агрогеоценозе нарушается круговорот элементов, поскольку часть их человек изымает с урожаем и для возмещения потерь вносит в почву минеральные удобрения.

В настоящее время в СССР агрогеоценозы меняются в связи с проводимыми мероприятиями. В частности, осуществляется мелиорация земель — комплекс мероприятий, направленных на повышение плодородия почвы (осушение и орошение земель, рациональное внесение удобрений, борьба с эрозией почв, с вредителями и болезнями растений, с сорняками). Применяются новые технологии выращивания растений, прежде всего индустриальная. В основе ее лежит создание специализированных

хозяйств и агропромышленных комплексов, использование современной высокопроизводительной техники, научный подход к ведению сельского хозяйства (правильное ведение севооборота, выращивание высокоурожайных сортов растений, устойчивых к болезням и вредителям, применение биологических способов борьбы с насекомыми и т. д.). В овощеводстве растения выращивают без почвы — методом гидропоники или аэропоники. В первом случае в качестве субстрата используют гравий и гальку, к которым подводится раствор необходимых минеральных веществ; во втором — периодически опрыскивают корни растений раствором минеральных солей.

### Биосфера как естественноисторическая система

Самой крупной экологической системой, сформировавшейся в процессе развития жизни на Земле, является биосфера. По определению В. И. Вернадского (1926), биосфера — это «область распространения жизни, включающая наряду с организмами и среду их обитания». Согласно современным данным, она представляет собой область активной жизни, охватывающую нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы. В биосфере животные организмы и среда их обитания, органически взаимодействуя друг с другом, образуют целостную динамическую систему. Биосфера не только сформировалась на определенном этапе эволюции Земли, но и изменялась под воздействием живых организмов. На первых этапах под влиянием фотосинтезирующих бактерий и синезеленых водорослей образовался озоновый экран, в результате чего атмосфера значительно обогатилась кислородом, что способствовало развитию животного мира. В водной среде появились беспозвоночные — корневищные, кораллы, моллюски, скелеты которых образовывали осадочные породы. Некоторые виды водорослей и губок обусловили накопление кремнезема. Позднее из планктона древних морей образовалась нефть, из отмерших гигантских папоротникообразных — каменный уголь.

Сформировавшиеся таким образом комплексы живых организмов, приспособленных к существованию в определенных условиях окружающей среды, и создали современную биосферу. Верхняя граница ее находится в *стратосфере* — на высоте 20—25 км от поверхности Земли. Верхний предел жизни ограничивается озоновым слоем,

задерживающим ультрафиолетовое и космические излучения. Основная же масса живых организмов сосредоточена в нижней части воздушной оболочки — *тропосфере*, особенно в самой нижней ее части, на высоте 50—70 м от поверхности Земли. В тропосфере температура претерпевает значительные колебания и по мере удаления на каждые 100 м понижается на 0,6 °С. Нижняя граница жизни проходит по *литосфере* — на глубине 2—3 км, где в нефтеносных слоях были обнаружены бактерии. Жизнь сосредоточена главным образом в верхней части литосферы — в почве и на ее поверхности. В водной оболочке планеты — *гидросфере* — нижняя граница жизни отмечается на глубине около 11 км.

Основным энергетическим источником, обеспечивающим функционирование биосфера, служит лучистая энергия Солнца.

Совокупность всех живых организмов биосфера называется *живым веществом*, а количественное выражение ее — *биомассой*.

Биомасса растений на Земле составляет приблизительно  $3 \cdot 10^{12}$  т, животных — всего лишь 1—3 % биомассы растений. Распределение биомассы на Земле зависит от природно-климатических условий, скорости воспроизведения живых организмов и их размножения. На суше, начиная от полюсов к экватору, биомасса постепенно увеличивается. Так, в тундре, где низкие температуры, короткий световой день, вечная мерзлота, она невелика. В лесах же умеренной зоны биомасса возрастает и во влажных тропических лесах достигает максимальной величины.

Биомассу почвы образуют корни растений, микроорганизмы, насекомые, их личинки, дождевые черви и др.

Биомасса агроценозов суши обычно ниже биомассы естественных фитоценозов, так как часть ее ежегодно используется человеком в виде урожая.

Несмотря на то что Мировой океан занимает около 75 % поверхности планеты, биомасса в нем почти в 1000 раз меньше, чем на суше. Причем основную часть ее составляют животные (93,7 %), а на долю растений приходится всего 6,3 %. В биомассе Мирового океана различают планктон (взвешенные организмы, населяющие воды континентальных и морских водоемов и не способные противостоять переносу течением), нектон (активно плавающие животные, способные противостоять течению и преодолевать значительные расстояния) и бентос (организмы, обитающие на грунте и в грунте мор-

ских и континентальных водоемов). В биомассу планктона входят микроскопические водоросли, простейшие, беспозвоночные; нектона — кальмары, рыбы, морские змеи, китообразные и другие активно передвигающиеся морские животные; бентоса — придонные растения, губки, кораллы и другие организмы, приспособленные к осуществлению на морском дне.

Живое вещество биосфера обеспечивает круговорот веществ в природе, обусловливая тем самым развитие жизни. Круговорот веществ в природе — это процессы превращения и перемещения воды, газов и химических элементов, носящие более или менее циклический характер. Он основан на жизнедеятельности организмов, создающих и разрушающих биомассу Земли.

Первичными производителями биомассы являются зеленые растения, которые в процессе фотосинтеза создают органическую продукцию. Эту первичную продукцию растительноядные и плотоядные животные превращают во вторичную (животную), которая разрушается грибами и бактериями до минеральных веществ.

При круговороте веществ в природе продукты жизнедеятельности одних видов организмом преобразуются другими видами, как правило, ближайшими соседями. Так, выделяющийся при дыхании углекислый газ зеленые растения используют в процессе фотосинтеза, а продукт фотосинтеза — кислород — идет на дыхание живых существ. Отходы жизнедеятельности и трупы организмов служат пищей для многочисленной армии бактерий и грибов (сапрофитов).

В процессе круговорота веществ живое вещество выполняет следующие биохимические функции: газовую, концентрационную, окислительно-восстановительную и биохимическую.

*Газовая функция* состоит в газообмене при фотосинтезе (у растений) и дыхании (у животных и растений), а также в восстановлении азота, сероводорода и других газов. *Концентрационная функция* заключается в поглощении и накоплении живым веществом химических элементов — водорода, углерода, азота, кислорода, натрия, марганца, магния, алюминия, фосфора, кремния, калия, кальция, серы, железа и др. *Окислительно-восстановительная функция* сводится к окислению и восстановлению веществ в живых организмах и образованию солей, оксидов и других соединений. *Биохимическая функция* заключается в совокупности обменных реакций, обеспечивающих

жизнедеятельность организма (размножение, рост, развитие, питание, дыхание, движение).

Таким образом, в биосфере постоянно происходит круговорот элементов из неживой природы в живую и обратно в неживую природу — так называемая *биогенная миграция атомов*. В качестве примеров биогенной миграции рассмотрим круговороты азота, кислорода и углерода в биосфере.

**Азот** — обязательный элемент, входящий в состав белков. В атмосферном воздухе его содержится около 79 %, но в свободном состоянии он не усваивается растениями и животными. Лишь азотфикссирующие бактерии способны переводить свободный азот в органические соединения. Кроме того, незначительная часть свободного азота под действием электрических разрядов в атмосфере может превращаться в азотистую и азотную кислоты. Последние, поступая в почву, образуют соли. В связанном состоянии азот усваивается растениями и используется для синтеза белков. Растительные белки употребляются животными и человеком в пищу. В их организмах белки расщепляются до аминокислот и мочевины, выделяющейся затем во внешнюю среду. При гниении погибших растений и животных образуется также аммиак. Хемосинтезирующие бактерии (нитритные и нитратные) переводят аммиак в соли азотистой и азотной кислот, которые вновь могут быть усвоены растениями. Денитрифицирующие бактерии разлагают аммиак до свободного азота, поступающего в атмосферу. Так замыкается круговорот азота.

**Кислород** образовался в первичной бескислородной атмосфере Земли благодаря деятельности фотосинтезирующих организмов около 2 млрд лет назад. Его содержание в атмосфере (около 21 %) поддерживается за счет фотосинтеза. Свободный кислород используется для дыхания всеми аэробными организмами и идет на окисление органических веществ, в результате выделяется конечный продукт окисления — углекислый газ. В составе углекислого газа кислород возвращается во внешнюю среду. Круговорот кислорода обеспечивает круговорот всех биогенных элементов, так как высвобождение энергии из органических и неорганических соединений сопровождается расщеплением их в ходе окислительных реакций.

**Углерод** содержится в атмосферном воздухе в виде углекислого газа, на долю которого приходится 0,03 %. Последний поглощается растениями, где идет на образо-

вание органических веществ. Растения поедаются растительноядными животными, в организме которых углерод в составе органических соединений проходит по цепи обменных реакций. Часть его накапливается в их организме, часть удаляется с продуктами жизнедеятельности. Углекислый газ выделяется в процессе дыхания растений и животных. Погибшие растения и животные подвергаются воздействию микроорганизмов. Последние, разлагая погибшие растения и животных, переводят углеродсодержащие вещества в углекислый газ, который вновь возвращается в атмосферу.

Таким образом, в биосфере осуществляются два вида биогенной миграции элементов: один — микроорганизмами, другой — многоклеточными организмами. Человек своей деятельностью обуславливает третий вид биогенной миграции, включая в нее искусственно созданные им вещества (полимерные материалы, лекарства и т. п.). Возникшая в процессе эволюции точная пригнанность звеньев круговорота веществ позволяет сохранять в биосфере определенный запас химических элементов в течение сотен миллионов лет. Новые виды организмов могли возникать и развиваться лишь как звенья круговорота в биосфере, не нарушая основных принципов ее организации.

Одновременно с круговоротом веществ происходит круговорот энергии в биосфере, являющейся открытой системой, поскольку в нее извне постоянно влияется поток солнечной энергии. Последняя аккумулируется зелеными растениями в виде химических связей. Часть этой энергии используется растениями на процессы жизнедеятельности, а часть передается растительноядным животным, где также расходуется на поддержание их жизнедеятельности и может потребляться плотоядными животными. Эта энергия запасается в тканях животных, или превращается в тепловую энергию, или рассеивается. Связанная энергия, которая попадает в цепи питания, имеет большое значение для биосферы в целом и для человека в частности. Рост народонаселения вызывает перераспределение энергии в пределах экологических систем и приводит к тому, что большая доля общего количества связанной энергии используется человеком.

Наряду с накоплением энергии в живых организмах на Земле происходит почти равное по масштабу образование органических веществ в процессе дыхания, брожения и гниения, сопровождающееся выделением энергии. Частично солнечная энергия, накопленная растениями и

животными, сохраняется в земной коре в виде каменного угля, нефти, газа, торфа.

Таким образом, постоянно совершающийся процесс перехода химических элементов из одних соединений в другие, из состава земной коры в живые организмы, последующее их расщепление на неорганические соединения и снова переход элементов в состав земной коры представляют собой непрерывный круговорот веществ и энергии в биосфере.

## Биосфера и научно-технический прогресс

С появлением человека начался новый этап эволюции биосферы, характеризующийся целенаправленным ее преобразованием. Выдающийся ученый В. И. Вернадский еще в 1940 г. писал: «Человеческое общество все больше выделяется по своему влиянию на среду. Это общество становится в биосфере единственным в своем роде агентом, могущество которого растет с ходом времени со все увеличивающейся быстротой. Оно одно изменяет новым образом и с возрастающей быстротой структуру самих основ биосферы». Человечество стало мощной геологической силой, перестраивающей биосферу в интересах общества. По его мнению, человек своей деятельностью создает новую оболочку Земли — ноосферу, т. е. сферу разумной жизни. По В. И. Вернадскому, *ноосфера* — это новый этап в развитии биосферы, при котором должно происходить разумное регулирование отношений человека и природы.

На первых этапах эволюции человека его деятельность не наносила заметного вреда окружающей среде, так как извлекаемые им средства существования восстанавливались естественным путем, а продукты жизнедеятельности человека поступали в биологический круговорот веществ. По мере роста народонаселения наращивались темпы использования природных ресурсов, что нарушило равновесие в биосфере.

К природным ресурсам принадлежат все источники минерального сырья (полезные ископаемые, песок, глина, гравий, гранит, мрамор и т. д.), растительный и животный мир. Природные ресурсы делят на *невосполнимые* и *восполнимые*. К первым относят все источники минерального сырья, которые образуются в земной коре за сотни миллионов лет, а разрабатываются человеком за считанные десятилетия. Восполнимые ресурсы включают микро-

организмы, растения и животные, которые являются изначальным источником удовлетворения физиологических потребностей человека.

Используя природные ресурсы для промышленного производства, человек загрязняет биосферу промышленными отходами, которые не включаются в круговорот веществ, нередко бывают ядовитыми и накапливаются в окружающей среде. Это приводит к истощению невосполнимых природных ресурсов, вымиранию отдельных видов растений и животных, нарушению биогеоценозов и структуры биосфера в целом.

Научно-техническая революция является и революцией биосфера. Изменение среды обитания определяет темпы и формы преобразований организмов. Например, широкое использование ядохимикатов вызвало появление новых ядостойких форм бактерий и насекомых-вредителей; применение антибиотиков способствовало росту устойчивых к ним штаммов микроорганизмов, обладающих повышенными патогенными свойствами.

Долгое время человечество смотрело на природу как на неисчерпаемый источник сырья. Однако неразумная добыча полезных ископаемых привела к резкому сокращению минеральных запасов. По прогнозам ученых, запасы нефти на Земле будут исчерпаны через 40—50 лет, каменного угля — через 150 лет и т. д. Ежегодно в мире заготавливается 1,5 млрд м<sup>3</sup> древесины, вылавливается 70 млн т рыбы, охота дает около 1 млн т мяса.

Индустриализация нашей жизни сопряжена подчас с бесхозяйственным отношением к воде, воздуху, почве.

В ряде развитых промышленных стран многие реки превратились в канализационные стоки. В реки Западной Европы ежесуточно сбрасывается в среднем 50 тыс. т промышленных отходов. В нашей стране неразумное использование водных богатств привело к загрязнению Азовского, Балтийского и Черного морей, на грани исчезновения Аральское море. В мире расходуется ежегодно до 40 % общего объема пресной воды. При сохранении прежних темпов загрязнения водных бассейнов и роста потребления воды мировые ресурсы пресных вод к концу века могут оказаться исчерпанными.

Угрожающие масштабы принимает загрязнение атмосферного воздуха. Например, углекислый газ начал интенсивно поступать в атмосферу с конца 18 в., причиной тому было сведение лесов. В дальнейшем содержание его в атмосфере увеличивалось за счет сжигания угля, нефти,

газа. Только в 1987 г. в атмосферу выброшено около 22 млрд т углекислого газа. Кроме того, за последние 100 лет примерно на 10 % увеличилось содержание в воздухе закиси азота в связи с интенсивным использованием азотных удобрений и сжиганием ископаемого топлива, являющегося также источником большого количества окислов серы. Окислы азота и серы, вступая в реакцию с водяным паром, образуют азотную и серную кислоты, выпадающие в виде кислых дождей, которые губят растения и животных. В атмосфере резко возросло содержание фреонов (соединения фтора и хлора с углеродом, используемые в холодильной промышленности и в аэрозольных упаковках). Это не природный газ, а продукт деятельности человека, разрушающий озоновый слой атмосферы. Объем атмосферного кислорода в год уменьшается на 10 млрд т, что уже к середине 21 в. может создать ряд опасных проблем.

Велики потери и почвенного покрова на Земле. Так, общая площадь разрушенных и деградированных почв достигла за всю историю человечества 20 млн км<sup>2</sup>, что больше всей пахотной земли, используемой в настоящее время (13 млн км<sup>2</sup>). Ежегодно под застройку и для других нужд выделяется до 70 тыс. км<sup>2</sup> земли.

Из сказанного следует, что проблема рационального природопользования — одна из самых актуальных и требует немедленного решения не только в рамках одной страны, но и биосфера в целом.

В 1948 г. при ЮНЕСКО был создан Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП), который проводит исследования и пропаганду охраны природы и рационального использования природных ресурсов. В его уставе указано, что охрана природы и природных ресурсов предусматривает сохранение органического мира, естественной среды, в которой живет человек, а также возобновление природных ресурсов. Организованная при МСОП Комиссия по редким и исчезающим видам издает международную Красную книгу и так называемый «черный список» безвозвратно исчезнувших видов. Красная книга, насчитывающая около 20 тыс. видов, регистрирует исчезающие (нуждающиеся в специальных мерах охраны для своего воспроизводства), редкие (находящиеся на грани исчезновения), сокращающиеся (численность неуклонно падает) и неопределенные (малоизученные) виды растений и животных.

Серьезные научные исследования проводятся с 1971 г.

в рамках международной программы «Человек и биосфера» (МАБ) по изучению влияния человека на экосистемы и обратного влияния экосистем на человека.

В 1972 г. создана Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), которая направлена на решение проблем опустынивания, обезлесивания планеты, эрозии почвенного покрова, ухудшения качества и уменьшения количества пресных вод и т. д.

В нашей стране охрана природы законодательно закреплена в Конституции СССР (статьи 18 и 67). Красная книга СССР, созданная в 1974 г., включает млекопитающих 94 вида и подвида, птиц — 80, земноводных — 9, пресмыкающихся — 37, рыб — 9, насекомых — 219, моллюсков — 19, ракообразных — 2, червей — 11; высших растений — 681, моховидных — 32, лишайников — 29 и грибов — 20.

В настоящее время необходим серьезный контроль (мониторинг) за состоянием окружающей среды и охраной ее компонентов. Законодательным путем регулируются охота и рыбная ловля, охраняются леса, воды, почвы, животный и растительный мир, атмосфера. Для каждого из этих компонентов разработаны методы контроля химического и биологического загрязнения. Все, что при внесении удобрений и химикатов попадает на поверхность почвы, в конечном счете может оказаться в реках, озерах, морях. Для борьбы с загрязнением вод необходимы в основном безотходная технология и очистные сооружения. Охрана почв от химического загрязнения, эрозии и заражения патогенными микроорганизмами включает контроль за состоянием почв, разработку методов повышения их плодородия, устойчивости к эрозии. Охрана атмосферы — это борьба с ее химическим загрязнением, с выделением в атмосферу газов, выбросов промышленной пыли, которая в виде аэрозоля переносится с ветрами во всех направлениях. В данном случае основные меры направлены на строительство очистных сооружений и внедрение безотходных технологий.

Сложнее обстоит дело с охраной животных и растений. Эта задача по существу сводится к однозначному решению: сохранению генофонда планеты. Однако решить ее неизмеримо трудно. Если почву можно восстановить, пусть не быстро и затратив на это большие средства, если воду можно очистить, вложив большой труд, то исчезнувший вид растений или животных пока восстановить невозможно. Сейчас проблема сохранения гено-

фонда решается двумя методами: организацией заповедников, резерватов и содержанием особей отдельных видов (как постоянного источника генофонда) в неволе. Другими словами, создаются популяции живых организмов, живущих в развивающихся в совершенно особых, не совсем естественных условиях.

В нашей стране создано свыше 150 заповедников, из них 17 биосферных (Березинский, Воронежский, Кавказский, Приокско-террасный, Репетекский, Центральночертоземный и др.), 600 заказников государственного значения, общей площадью около 15 млн га, около 1000 заказников местного значения. Важная роль в сохранении редких видов животных принадлежит зоопаркам, в которых животные содержатся в условиях, максимально приближенных к естественным.

Кроме того, подлежат охране памятники природы — отдельные объекты природы, имеющие научное, историческое или культурно-просветительное и эстетическое значение. Памятники природы бывают геологические (Ленские столбы, Кунгурская ледяная пещера на Урале, Новоафонская карстовая пещера на Кавказе и др.); водные (озера Байкал, Телецкое, Чудское и др.); зоологические (краснозобая казарка, розовый пеликан, зубр и др.); комплексные (Кулчково поле, Сусанинское болото, заповедник «Столбы» на правом берегу Енисея, вблизи Красноярска, и др.).

Охрана природы предусматривает не только рациональное использование природных ресурсов, но и решение вопросов охраны здоровья человека, которые являются важнейшими в условиях научно-технического прогресса.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое экология? Укажите ее предмет, задачи и методы.
2. Какие факторы среды называются экологическими? Дайте их классификацию.
3. Объясните значение температуры, света, влажности в жизни растений и животных.
4. Какое влияние оказывают соленость среды, почва, рельеф на жизнедеятельность организмов?
5. Перечислите три группы экологических факторов.
6. Объясните понятие «пределы выносливости».
7. Укажите формы биотических связей. Приведите примеры.
8. Охарактеризуйте антропогенные факторы.
9. Дайте определение биогеоценоза.
10. Почему биогеоценоз является открытой системой?
11. Чем обеспечивается устойчивость и саморегуляция биоценоза?
12. Как распределяются вещества и энергия в цепях питания?
13. Почему происходит смена биогеоценозов? Приведите примеры.
14. В чем отличие и сходство агроценоза и биогеоценоза?
15. Какие новые технологии выращивания растений используются для повышения продуктивности агроценозов?
16. Дайте определение биосфера.

Укажите ее границы. 17. Опишите распределение биомассы суши, Мирового океана, почвы. 18. Чем обеспечивается устойчивость биосферы? 19. Что такое «живое вещество» и какие функции ему свойственны? 20. Опишите круговорот вещества и энергии в природе. 21. В чем смысл биогенной миграции атомов? Кто ее осуществляет? 22. Какие изменения претерпевает биосфера в связи с деятельностью человека? 23. Что такое природные ресурсы? 24. Дайте определение ноосфера. 25. Что такое охрана природы? 26. В чем заключается отрицательное влияние научно-технического прогресса на биосферу? 27. Роль международных организаций в охране биосферы. 28. Перечислите мероприятия, проводимые в СССР по охране природы.

## *Раздел второй. РАСТЕНИЯ*

Растения относятся к надцарству эукариот и выделяются в самостоятельное царство Растений. Наука, изучающая их внешнее и внутреннее строение, особенности жизнедеятельности, классификацию, распространение, взаимосвязь с условиями среды, значение в природе и жизни человека, называется ботаникой.

Изучаемые ботаникой объекты — растения — рассматриваются с различных сторон, поэтому от общей науки отделились самостоятельные дисциплины. Морфология растений изучает разнообразие внешних форм растений, их метаморфозы; анатомия — ткани и их взаимное расположение в различных органах растений; физиология — процессы жизнедеятельности и особенности обмена веществ у растений; систематика — классификацию растительного мира; экология — взаимоотношения растений с условиями окружающей среды; геоботаника и география растений — закономерности формирования растительного покрова и распространения растений на Земле; палеоботаника — ископаемые растения, их строение, систематику и географию в прошедшие геологические эпохи.

Основной задачей ботаники является всестороннее изучение растений для получения новых высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур и сохранения экологического равновесия в природе.

Растительный мир — составная часть природы, он насчитывает около 500 000 видов растений, различных по строению и условиям произрастания. Вместе с животными растения формируют природную среду, необходимую для жизнедеятельности человека. Это основные продуценты органического вещества на планете — первое звено в цепи питания. Растения встречаются во всех природно-климатических зонах земного шара. Даже пустыни, составляющие около  $\frac{1}{3}$  суши, бедные высшими растениями, изобилуют водорослями, лишайниками, бактериями. Леса покрывают  $\frac{1}{6}$  часть суши. Существуют возде-

ланные земли, занятые культурными растениями. Растильность встречается на значительной глубине в морях, океанах, пресноводных водоемах. Наконец, Арктика и Антарктика, снежные горные вершины тоже не лишены растений.

В зависимости от природно-климатических условий на планете сформировались различные типы растительного покрова, характеризующиеся определенными фитоценозами.

Все известные в настоящее время растения располагаются в определенной эволюционной последовательности и классифицируются в зависимости от совокупности признаков. Для удобства классификации растений существуют систематические, или таксономические, категории, обозначающие названия растений и их место в эволюции органического мира. Основной систематической категорией является *вид*. Виды группируются в роды, роды в семейства, семейства в порядки, порядки в классы, классы в отделы, в подцарства и царства. Каждое растение имеет двойное латинское название в соответствии с бинарной номенклатурой К. Линнея, единое для всех стран мира. Это облегчает изучение растений в различных зонах земного шара.

К царству Растения относятся три подцарства: Багряные водоросли, Настоящие водоросли, Высшие растения. Подцарства Багряные водоросли и Настоящие водоросли — низшие растения. Их тела не делятся на органы и состоят из одной клетки или многоклеточного слоевища, за что эти растения называют *слоевцовыми* или *талломными*. Половые органы (гаметангии) и органы спороношения (спорангии) одноклеточные или отсутствуют. Низшие растения не имеют эпидермы и устьиц, проводящего цилиндра. Подцарство Высшие растения включает следующие отделы: Риниовидные (или Псилофиты), Моховидные, Псилотовые, Плауновидные, Хвощевидные, Папоротниковые, Голосеменные, Покрытосеменные (или Цветковые). Для них характерно наличие специализированных тканей (эпидерма с устьицами, проводящий цилиндр, механические ткани и др.) и органов (корень, стебель, листья). Гаметангии и спорангии многоклеточные. В жизненном цикле ритмически чередуются половое (гаметофит) и бесполое (спорофит) поколения.

Систематическое положение растения можно рассмотреть на примере картофеля обыкновенного. Он относится к царству Растения, подцарству Высшие расте-

ния, отделу Покрытосеменные, классу Двудольные, порядку Норичникоцветные, семейству Пасленовые, роду Картофель, виду Картофель клубненосный (обыкновенный).

Следует отметить, что бактерии и грибы наряду с царством растений образуют самостоятельные царства. Они отличаются строением, химическим составом, особенностями обмена веществ, происхождением. Лишайники, по данным ряда исследований, рассматриваются в единой системе с грибами.

## Глава 8. РАСТЕНИЕ — ЦЕЛОСТНЫЙ ОРГАНИЗМ

Растение как живой организм — это целостная само-регулирующаяся и самовоспроизводящаяся система, в основе которой лежит обмен веществ. Структурной единицей этой системы является клетка, так как именно на клеточном уровне в растениях протекают химические реакции обмена веществ. Клетки по выполняемым функциям объединены в ткани (рис. 17), которые в свою очередь формируют различные органы растений.

### Жизненные функции растений

Каждый орган растения — это результат приспособления нескольких тканей к выполнению определенных функций. При всем многообразии форм внешнего и внутреннего строения вегетативных и генеративных органов растений их функции строго постоянны. Корень обеспечивает минеральное питание растений, лист — органическое питание, стебель выполняет проводниковую и связующую функции. При утрате какого-либо органа нарушается взаимосвязь растения с окружающей средой и оно погибает. Результатом обмена веществ являются все жизненные функции растений — рост, развитие, размножение, питание, дыхание, движение.

*Рост* — количественные изменения массы и размеров растения. Выделяют три фазы роста: эмбриональную, характеризующуюся делением клеток образовательных тканей; фазу растяжения клеток, во время которой происходит рост клеток, увеличение их биомассы; фазу специализации клеток и формирования органов растения, когда клетки приобретают строение в соответствии с выполняемыми функциями.

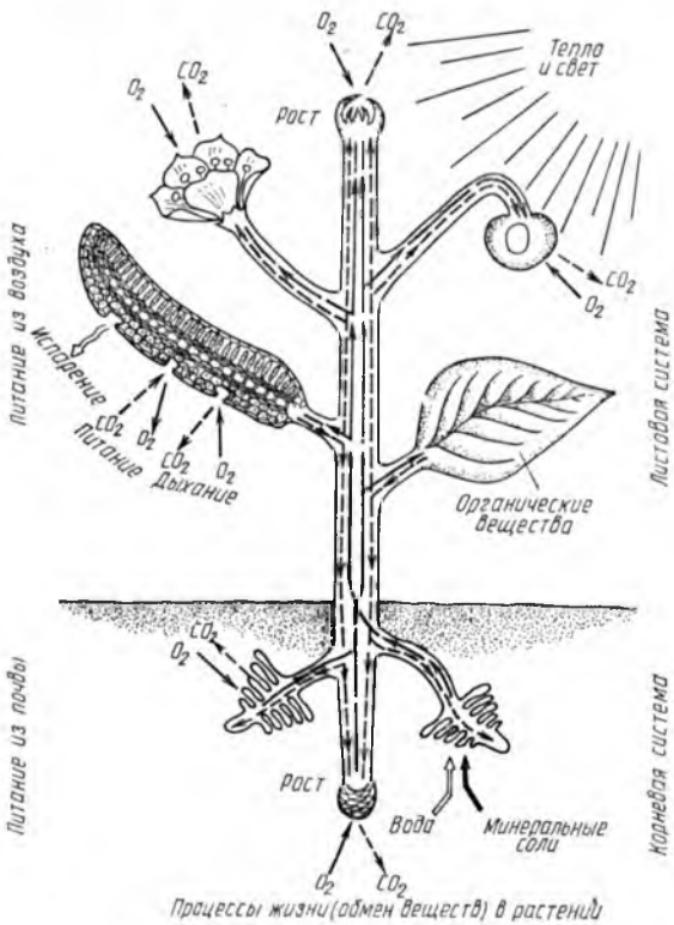


Рис. 17 Растение — целостный организм

*Развитие* — качественные изменения в строении растений, связанные с ростом и возникающие на протяжении всего онтогенеза. Развитие также имеет несколько этапов. С момента оплодотворения до прорастания зародыша — эмбриональный этап, далее следует этап проростка, взрослого растения, бутонизации, цветения, плодоношения, старения. В зависимости от продолжительности патогенеза растения бывают однолетние (жизненный цикл — один вегетационный период), двулетние (образование семян происходит на второй год), многолетние (цветение и плодоношение наступает на третий или последующие годы). Каждая фаза роста, или этап развития, протекает при определенных условиях внешней среды. Например, прорастание семян у озимых сортов наблюдается при температуре 3—5 °С, а яровых — 10—12 °С.

Необходимым условием роста и развития растений

являются питание и дыхание. Питание осуществляется за счет фотосинтеза, который тесно связан с дыханием. С ростом неразрывно связаны движения растения под влиянием условий среды (например, хемотропизм, фототропизм, настии и др.).

## Строение цветкового растения

Цветковые растения имеют вегетативные органы, обеспечивающие жизнедеятельность данного организма и вегетативное размножение, и генеративные, служащие для семенного размножения.

К *вегетативным органам* относятся корень, стебель, лист и их видоизменения (метаморфозы), к *генеративным* — цветок, плод, семя.

Органы цветкового растения состоят из разнообразных тканей, обладающих специализированными функциями. Специализация клеток и появление тканей отражают важный этап эволюции растений, открывший предпосылки возникновения отдельных частей и органов растения и более эффективного приспособления их к условиям среды обитания.

**Типы растительных тканей.** Различают образовательные, покровные, основные, механические, проводящие и выделительные типы тканей.

*Образовательные ткани*, или *меристемы*, — это ткани, в которых постоянно происходит деление клеток. Клетки данной ткани имеют тонкие целлюлозные оболочки, густую зернистую цитоплазму и крупное ядро. Пластид и вакуолей в них нет. Меристему подразделяют на зародышевую (в зародыше семени), верхушечную (в конусе нарастания стебля и корня), боковую (камбий) и вставочную (у основания междуузлий).

*Покровные ткани* защищают органы растения от неблагоприятных внешних воздействий. К ним относятся эпидермис, пробка, корка. Эпидермис (эпидерма, или кожица) представлен живыми, сильно вакуолизированными клетками, плотно прилегающими друг к другу. Он покрывает зеленые органы растений — стебли и листья. В нем различают собственно эпидермальные клетки, устьица и волоски. Оболочка клеток эпидермиса может покрываться кутикулой, ослизняться, пропитываться минеральными солями. У многолетних растений эпидермис заменяется пробкой, состоящей из равномерно утолщенных клеток, пропитанных особым веществом. Отмершие слои

пробки вместе с другими тканями формируют корку.

*Основные ткани* составляют наибольшую массу органов растений и в зависимости от функций делятся на ассимиляционную, всасывающую, запасающую, водоносную и воздухоносную. Ассимиляционная (хлорофиллоносная) ткань расположена в стебле под эпидермисом и в листьях. Она состоит из округлых живых клеток, в цитоплазме которых содержится много пластид, и выполняет главным образом функцию фотосинтеза. Всасывающая ткань представлена вакуолизированными клетками, расположеннымми во всасывающей зоне корня. Вместе с корневыми волосками эта ткань осуществляет всасывание воды и минеральных солей. Запасающая ткань формируется в плодах, семенах, корневищах из тонкостенных клеток, накапливающих питательные вещества. Водоносная и воздухоносная ткани располагаются соответственно в различных органах растений засушливых и влажных мест обитания и отличаются наличием крупных межклетников, содержащих воду или воздух.

*Механические ткани* состоят из плотно прилегающих друг к другу клеток, обладающих утолщенными оболочками. Они могут быть живыми или мертвыми. Их функция заключается в обеспечении прочности растений. К ним относятся лубяные и древесные волокна, каменистые и другие клетки.

*Проводящие ткани* состоят из вытянутых в длину клеток, пронизанных порами. По ним проходят вода, минеральные соли и органические вещества. Вода и растворенные в ней минеральные соли из корня (восходящий ток) поступают в растение по сосудам (трахеям) и трахеидам, которые вместе с основной и механической тканью образуют ксилему, или древесину. Сосуды представляют собой вертикальный ряд клеток, у которых разрушаются попечные стенки и утрачивается живое содержимое, а стенки утолщаются в виде колец, спиралей, сеточек и т. д.

От листьев по стеблю в корень поступают органические вещества. Это нисходящий ток. Он проходит по ситовидным трубкам, состоящим из живых вытянутых клеток с ситовидными перегородками. К ситовидным трубкам примыкают клетки-спутницы. Ситовидные трубы, клетки-спутницы вместе с основной и механической тканью образуют флоэму, или луб. Элементы флоэмы и ксилемы в совокупности представляют сосудисто-волокнистые пучки.

**Органы растительного организма. Корень** — подзем-

ный вегетативный орган, приспособленный для укрепления растений в субстрате, для всасывания и проведения воды и минеральных солей. Кроме того, корень выполняет и другие функции: запасает питательные вещества, вступает в симбиоз с клубеньковыми бактериями и гифами грибов, синтезирует азотсодержащие органические соединения (витамины, гормоны, некоторые аминокислоты), служит для вегетативного размножения растения.

Развитие корня начинается с деления клеток образовательной ткани зародышевого корешка семени. В результате этого образуется главный корень (у двудольных), главный и 2—6 придаточных корня (у однодольных). Главный корень дает начало боковым корням; от нижней части стебля или листьев отходят придаточные корни. Все виды корней в комплексе составляют корневую систему растения. Различают стержневую, мочковатую и смешанную корневые системы.

В *стержневой корневой системе* хорошо выражен главный корень. Такая корневая система присуща двудольным растениям.

В *мочковатой корневой системе* главный корень не отличается от придаточных, составляющих основную массу. Мочковатая корневая система характерна для однодольных растений.

У *смешанной корневой системы* хорошо развиты как главный, так и придаточные корни. Она свойственна однолетним двудольным травянистым растениям.

Внутреннее строение корня определяется его функциями. В растущем корне на продольном разрезе различают четыре зоны — деления, роста, всасывания и проведения, или ветвления (рис. 18).

*Зона деления* состоит из клеток образовательной ткани, постоянно делящихся и обеспечивающих рост корня в длину. Эта зона покрыта корневым чехликом, представленным живыми клетками, из которых наружные разрушаются. Их содержимое частично растворяется комочками почвы, что облегчает продвижение корней и обеспечивает жизнедеятельность почвенных микроорганизмов.

В *зоне роста* клетки не делятся, а растут и достигают размеров клеток образуемой ткани.

*Зона всасывания*, или *зона корневых волосков*, состоит из нескольких тканей, выполняющих определенные функции. На поперечном срезе корня в этой зоне различают следующие виды тканей: покровно-всасывающую — ризодерму; ткани первичной коры корня и центрального

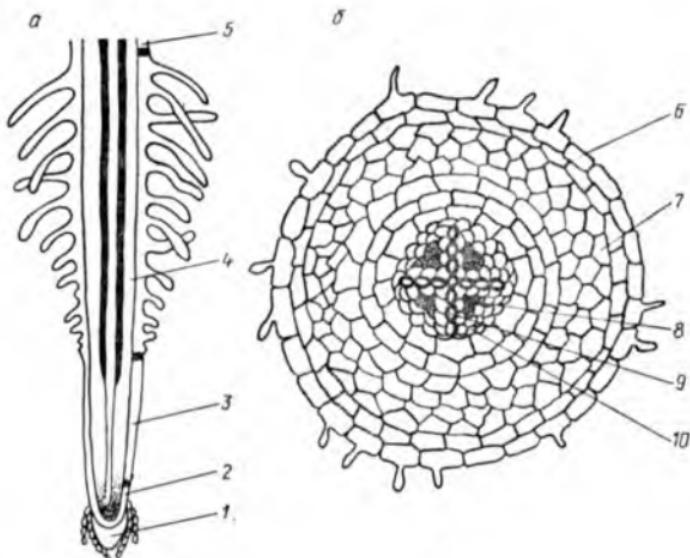


Рис. 18. Строение корня (а — продольный разрез корня; б — поперечный срез корня в зоне всасывания):  
 1 — корневой чехлик; 2 — зона деления; 3 — зона роста; 4 — зона всасывания; 5 — зона проведения; 6 — ризодерма с корневыми волосками; 7 — первичная кора, 8 — центральный осевой цилиндр; 9 — сосуды; 10 — ситовидные трубки

осевого цилиндра. Клетки покровно-всасывающей ткани тонкостенные, имеют выросты — корневые волоски. Последние содержат ядро, вакуоль, цитоплазму, митохондрии и всасывают из почвы воду и минеральные соли. Клетки ткани первичной коры корня также тонкостенные, живые. Они осуществляют передвижение воды и минеральных солей в центральный осевой цилиндр, который состоит из проводящих (сосуды и ситовидные трубки), механических (лубяные и древесные волокна), основных и образовательных тканей.

Поглощение корнями воды с растворенными в ней минеральными солями происходит в связи с тем, что концентрация минеральных солей в почве значительно выше, чем в корневом волоске. Дальнейшее продвижение от корневых волосков к сосудам ксилемы осуществляется также за счет разности концентраций воды и минеральных солей в клетках первичной коры. Вода и минеральные соли поступают от корневых волосков через первичную кору в сосуды ксилемы и по ним — вверх к стеблю и листьям. Органические вещества передвигаются из листьев по стеблю в корень по ситовидным трубкам флоэмы, которые также расположены в центральном осевом цилиндре.

Ксилема и флоэма из зоны всасывания корня пере-

ходят в зону проведения, затем в стебель и листья, обеспечивая непрерывное передвижение питательных веществ в растении. В зоне проведения, кроме того, происходит образование боковых корней.

Для нормального развития растений корни должны получать из почвы растворы солей, содержащие азот, фосфор, калий, кальций, серу, магний, железо. Так как каждый урожай уносит из почвы какое-то количество этих веществ, почва постепенно истощается. В почве чаще не хватает азота, фосфора и калия. Для восполнения запаса необходимых элементов в почву вносят различные удобрения, как органические (навоз, торф), так и минеральные (аммония сульфат, суперфосфат, калия хлорид и др.), в зависимости от вида и потребностей растения. Такое органическое удобрение, как навоз, рекомендуется вносить задолго до посева семян, при осенней обработке почвы. Минеральные удобрения вносят перед или по время посева семян либо в период роста растений в виде подкормки.

Удобрения, содержащие азот, способствуют росту растений, содержащие фосфор — созреванию плодов, а содержащие калий — оттоку органических веществ от листьев к корням. В связи с этим удобрения, содержащие азот, рекомендуется вносить перед посевом семян или в первой половине лета, содержащие фосфор и калий — во второй половине лета.

В связи с выполнением различных функций корень может изменять свое строение или претерпевать метаморфозы. Типичными примерами метаморфоза корня служат формирование корнеплода у свеклы, моркови, петрушек, представляющего собой видоизмененный главный корень, или корнеклубней у георгина, любки, являющихся видоизменением придаточных корней, а также симбиоз корней с клубеньковыми бактериями (например, корни бобовых с бактериями рода азотобактер) либо с гифами грибов (например, корни березы, ольхи с гифами подберезовиков); воздушные или дыхательные корни у водных или болотных растений, корни-подпорки (у растений в зоне приливов и отливов).

Стебель — осевой вегетативный орган. Основные функции его — опорная и проводящая. Кроме того, в многолетних стеблях откладываются в запас питательные вещества. Молодые стебли активно участвуют в фотосинтезе. Вместе с тем стебель может быть органом вегетативного размножения.

Таблица 5. Морфологические особенности стебля

Признак	Разновидность признака	Примеры
Форма поперечного сечения	Округлая Трехгранная Четырехгранная Ребристая	Герань, горечавка Осока песчаная Душица, мята Валериана, желтушник
Листо- или почкорасположение	Очередное Супротивное Мутовчатое	Береза, липа Мята, шалфей Подмаренник, эвкалипт
Положение в пространстве	Прямостоячий Приподнимающийся Стелющийся Вьющийся	Череда, тополь Бруслица, толокнянка Плауны, земляника Горох, выюнок

Стебель с расположенными на нем листьями и почками называется  *побегом*; участки стебля, несущие почки или листья,— *стеблевыми узлами*, а участки между узлами — *междоузлиями*. Междоузлия могут быть длинными или короткими, и тогда побеги будут соответственно удлиненными или укороченными. Угол между стеблем и листом называется *листовой пазухой*.

Различают стебли по форме поперечного сечения, характеру листорасположения и по положению в пространстве (табл. 5).

Рост побегов происходит за счет *верхушечных почек*. Каждая из них имеет конус нарастания, у основания которого образуются первичные бугорки, дающие листья. В пазухах листьев развиваются вторичные бугорки, являющиеся зачатками боковых ветвей. Снаружи почки покрыты плотными чешуйками. Это видоизмененные листья. Кроме верхушечных почек, важную роль в жизни растений играют пазушные и придаточные почки. *Пазушные почки* образуются в пазухах листьев и развиваются в боковые побеги. *Придаточные почки* могут закладываться на любом органе растения и служат резервом вегетативного размножения для высших растений.

Ветвление стебля и форма кроны зависят от особенностей роста верхушечной почки. Если эта почка функционирует постоянно, то боковые побеги не опережают ее в росте и тогда, как правило, образуется так называемая пирамидальная крона. У многих же растений главный побег, достигнув определенной длины, прекращает рост, и ветвление продолжается за счет боковых почек. Эту особенность используют для целенаправленного форми-

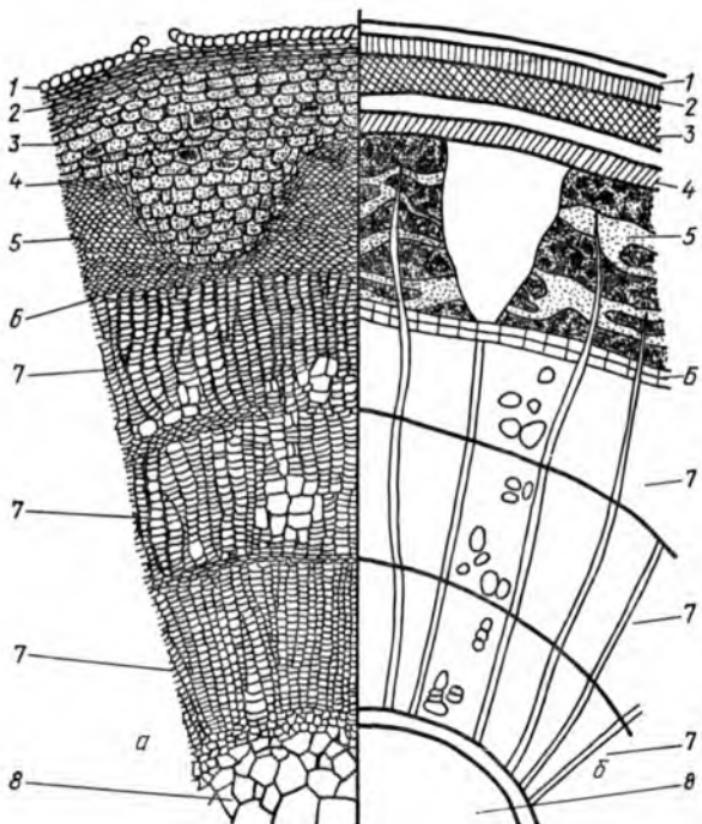


Рис. 19. Микроскопическое (а) и схематическое (б) строение стебля древесного растения:

1 — остатки эпидермы; 2 — пробка; 3 — фотосинтезирующая ткань; 4 — запасающая ткань; 5 — флоэма; 6 — камбий; 7 — ксилема; 8 — сердцевина

рования кроны. К примеру, в садах и парках подрезают деревья и кустарники.

Внутреннее строение стебля, как и корня, определяется его функциями: он имеет покровную ткань, первичную кору и центральный осевой цилиндр. Покровной тканью стебля травянистых растений является эпидермис. Первичная кора представлена фотосинтезирующей, основной, механической и запасающей тканями. В центральном осевом цилиндре расположены открытые сосудисто-волокнистые пучки, так как между флоэмой и ксилемой имеется слой камбия.

Более сложные по строению стебли древесных растений (рис. 19). Покровная ткань представлена пробкой — слоем мертвых клеток с утолщенными одревесневшими оболочками. Газообмен и транспирация осуществляются через чечевички — разрывы пробки, имеющие вид бугор-

ков или полосок. Первичная кора состоит из частично сохранившейся фотосинтезирующей ткани, механической и запасающей тканей. Центральный осевой цилиндр также состоит из флоэмы, ксилемы, камбия и сердцевины. Пучков у стебля древесных двудольных растений нет. Камбий образует сплошное камбиональное кольцо и кнаружи от себя формирует элементы флоэмы ( ситовидные трубы с клетками-спутницами, лубяные волокна), внутрь — элементы ксилемы (сосуды, древесные волокна), а также клетки сердцевинных лучей. Камбий делится неравномерно по сезонам года: весной и летом образует крупные сосуды ксилемы, осенью — мелкие, зимой его деятельность приостанавливается. Поэтому каждый год формируются годичные кольца ксилемы. В лубе годичные кольца различить невозможно, так как клетки его живые и легко смешиваются. За счет камбия происходит рост стебля в толщину. Органические вещества в стебле передвигаются по ситовидным трубкам, входящим в состав флоэмы, а минеральные вещества и вода — по сосудам ксилемы.

В связи с приспособлением растений к различным условиям существования побеги могут видоизменяться. Например, *надземные побеги* могут превращаться в колючки — для уменьшения испарения (боярышник, дикая груша), в усики — для закрепления в пространстве (земляника). *Подземные побеги* предназначены для запаса питательных веществ, перенесения неблагоприятного периода вегетации, для вегетативного размножения. К ним относятся корневища, клубни, луковицы. *Корневища* покрыты редуцированными листьями в виде бесцветных или бурых чешуек, в пазухах которых имеются почки. От них развиваются либо надземные побеги, либо придаточные корни. Характерны для ландыша, пырея, ириса, ревеня и других растений. *Клубни* образуются в виде утолщений на концах подземных побегов — *столов*. Снаружи клубни покрыты эпидермисом или пробкой, содержащей запасные углеводы — крахмал или инулин. На клубне имеются верхушечные и придаточные почки с чешуйками-листьями в виде глазков. Характерны для картофеля, топинамбура и других растений. *Луковицы* имеют стеблевую часть — донце, от него вниз отходят придаточные корни, а вверх — мясистые листья, в пазухах которых находятся почки. Характерны для лука, чеснока, тюльпана и других растений. Корневища, клубни и луковицы широко используются человеком в пищу (клубни картофеля, луковицы чеснока, лука), в лекарственных целях (корне-

вище валерианы, аира, ландыша), для вегетативного размножения ценных сортов растений.

Лист — надземный вегетативный орган растения, приспособленный для фотосинтеза, газообмена и транспирации. Кроме того, лист может выполнять функции запаса питательных веществ и органа вегетативного размножения.

Листья отличаются способом прикрепления к стеблю, формой листовой пластинки, характером края, изрезанностью листовой пластинки, жилкованием, степенью сложности и т. д. (табл. 6).

Таблица 6. Морфологические признаки листьев

Признак	Разновидность признака	Примеры
Способ прикрепления к стеблю	Черешковый	Береза, сирень, липа
	Сидячий	Жимолость, традесканция
Форма листовой пластинки	Низбегающий	Василек, одуванчик
	Пронзенный	Лотос, володушка
Характер края листа	Округлая	Настурция, клевер
	Овальная	Вишня, груша
Изрезанность листа	Яйцевидная	Крапива, яблоня
	Ланцетная	Ива, подорожник
Жилкование листа	Сердцевидная	Липа, сирень
	Стреловидная	Стрелолист
Степень сложности листьев	Цельный	Тополь, сирень
	Зубчатый	Крапива, валериана
	Пильчатый	Яблоня, береза
	Городчатый	Герань, шалфей
	Выемчатый	Фиалка, миндаль
	Лопастная	Дуб, клен
	Раздельная	Мак, виноград
	Рассеченная	Одуванчик, тысячелистник
	Дуговидное	Вахта, подорожник
	Параллельное	Пшеница, ячмень
	Пальчато-сетчатое	Клен, каштан
	Перисто-сетчатое	Ива, рябина
	Простые	Береза, ива
	Пальчатосложные	Люпин, каштан
	Перистосложные	Рябина, акация
	Тройчатые	Клевер, земляника

Внутреннее строение листьев довольно однообразно у различных растений (рис. 20). Лист покрыт эпидермисом, клетки которого плотно прилегают друг к другу и содержат вакуоль, цитоплазму, ядро, лейкопласти. Окра-

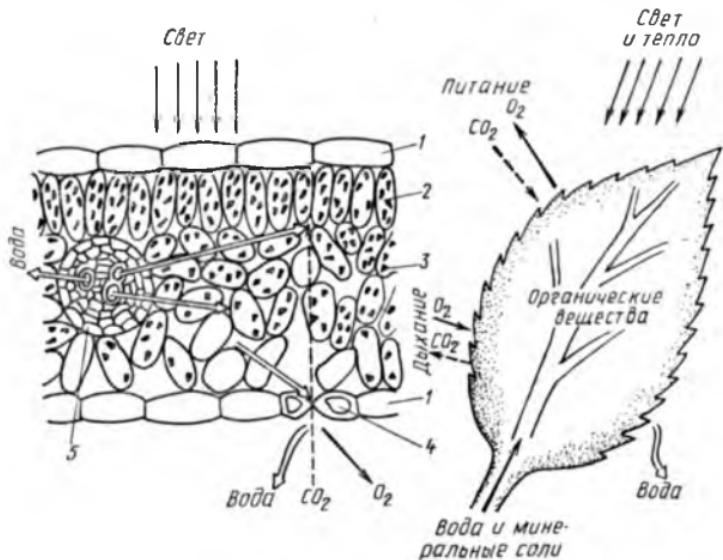


Рис. 20. Строение и функции листа:

1 — эпидермис; 2 — столбчатая ткань; 3 — губчатая ткань; 4 — устьица; 5 — сосудисто-волокнистый пучок листа

шенных пластид в клетках эпидермиса нет, поэтому он прозрачен. У некоторых растений эпидермис покрыт кутикулой, волосками, железами, выделяющими смолистые вещества и эфирные масла, которые препятствуют проникновению в лист микроорганизмов и защищают его от перегрева и испарения воды.

В эпидермисе имеются устьица, за счет которых происходит газообмен и транспирация. Они образованы двумя замыкающими клетками бобовидной формы и отличаются от других клеток эпидермиса большим количеством пластид. Между замыкающими клетками находится *устычина щель*, раскрывание которой вызывается изменением осмотического давления внутри замыкающих клеток, а также различной степенью утолщения их оболочек (вогнутая оболочка более утолщена, чем выпуклая). Когда в результате фотосинтеза тургорное давление в замыкающих клетках увеличивается, тонкие стенки их выгибаются в сторону эпидермальных клеток, оттягивая при этом вогнутые оболочки, что приводит к увеличению устьичной щели. У большинства растений устьица закрыты в течение ночи, открыты с рассветом до полудня. Затем в течение дня состояние устьиц меняется в зависимости от погоды и особенностей биологии растений.

Между верхним и нижним эпидермисом расположена основная ткань листа — *мезофилл*. К верхнему эпидермису

Таблица 7. Сопоставление фотосинтеза и дыхания у растений

Фотосинтез	Дыхание
Образование органических веществ	Распад органических веществ
Поглощение $\text{CO}_2$	Поглощение $\text{O}_2$
Выделение $\text{O}_2$	Выделение $\text{CO}_2$
Накопление энергии	Освобождение энергии
Происходит на свету	Происходит на свету и в темноте
Происходит в клетках, содержащих хлорофилл	Происходит во всех живых клетках

примыкает столбчатый мезофилл, состоящий из плотно расположенных клеток с большим количеством хлоропластов. Главная их функция — фотосинтез. К нижнему эпидермису примыкает губчатый мезофилл, состоящий из округлых зеленых клеток с крупными межклетниками. Основные функции этой ткани — газообмен и транспирация, а также фотосинтез.

В мезофилле листа расположены жилки, или сосудисто-волокнистые пучки, состоящие из ксилемы, флоэмы, механических и основных тканей. По сосудам ксилемы в лист поступают вода и минеральные соли, по ситовидным трубкам отводятся органические вещества.

Известно, что все зеленые растения — автотрофы, поскольку питание их происходит за счет фотосинтеза.

Говоря о значении фотосинтеза в питании растений, необходимо отметить, что накопление растением органического вещества зависит от состояния двух процессов — фотосинтеза и дыхания (табл. 7).

В благоприятных условиях (хорошее освещение, оптимальные температура и влажность) фотосинтез идет интенсивнее дыхания, поэтому синтез органических веществ превышает их распад при дыхании.

С наступлением неблагоприятных условий осенью затрудняются снабжение растений водой, фотосинтез, газообмен и транспирация. Сами листья к этому времени стареют и становятся балластом для растения, так как в них накапливается большое количество ненужных продуктов жизнедеятельности, в частности минеральных солей. Поэтому происходит опадение листьев за счет образования отделительного слоя, перерезающего черешок в его основании.

Листопад имеет большое биологическое значение в природе. Опавшие листья — хорошее органическое и ми-

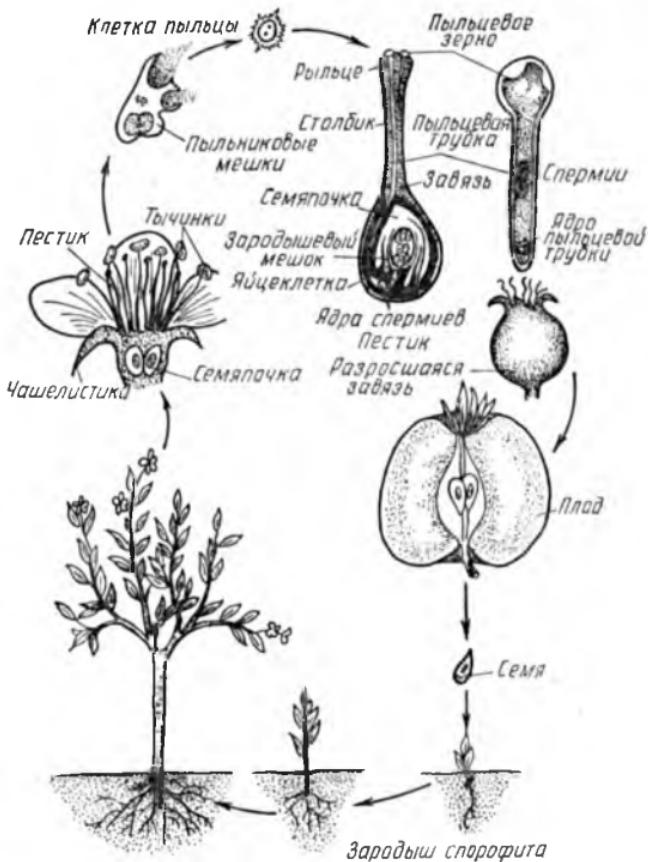


Рис. 21. Схема цикла развития покрытосеменных

неральное удобрение, они предохраняют корни от вымерзания. У вечнозеленых растений массовый листопад чаще всего приурочен к началу развития новых побегов из почек. В частности, у наших хвойных и летне-зимнезеленых трав массовое отмирание и опадение листьев наблюдается не осенью, а весной. Для древесных растений, живущих в безморозном климате с резко выраженным засушливым периодом (тропические саваны и саванновые леса), листопад также представляет собой приспособление к перенесению засухи. Однако понижение температуры и влажности редко бывает непосредственной причиной листопада. Биологическими часами, которые сигнализируют растениям о приближении осени, является изменение длины дня.

Цветок — видоизмененный укороченный побег, в котором образуются споры, гаметы, происходит опыление, оплодотворение, развитие семян и плодов (рис. 21).

Цветоножка в цветке представляет собой видоизмененный стебель, а чашелистики, лепестки, тычинки и пестики — видоизмененные листья. Все части цветка располагаются на *цветоложе*, которое является расширенной частью цветоножки. Снаружи находится *околоцветник*, состоящий из чашечки, образованной чашелистиками, и венчика, образованного лепестками. *Чашелистики* почти всегда зеленые, редко окрашенные; *лепестки* обычно окрашены в красный, розовый, синий и другие цвета. *Чашечка* и *венчик* могут быть сростнолепестными и раздельнолепестными. Иногда *околоцветник* состоит только из чашелистиков (у злаков, березы) или только из лепестков (у лилии, тюльпана). *Околоцветник* предназначен для защиты внутренних частей цветка (тычинок и пестиков), привлечения насекомых, распространения плодов после оплодотворения, когда он видоизменяется.

В центре цветка находятся тычинки и один или несколько пестиков. *Тычинки* состоят из тычиночной нити и четырехгнездного пыльника, разделенного связником на две половины. Созревание пыльцы в пыльниках происходит следующим образом. В гнездах будущего пыльника среди клеток образовательной ткани выделяются четыре особые клетки, которые через ряд митотических делений образуют питательную ткань пыльников и материнские клетки микроспор. Последние делятся мейозом, образуя по четыре гаплоидные микроспоры, которые становятся пылинками. При этом оболочка дифференцируется на экзину (наружная, плотная, пористая) и интину (внутренняя, тонкая). Гаплоидное ядро делится митозом с образованием генеративного и вегетативного ядер. При прорастании пыльцы на рыльце пестика вегетативное ядро образует пыльцевую трубку, а генеративное — два спермия.

*Пестик* состоит из завязи, столбика и рыльца. В завязи находится одна или несколько семяпочек, в которых созревают яйцеклетки. Каждая незрелая семяпочка состоит из зародышевой ткани (нукеллус) и покровов (интегумент). В нукеллусе обособляется одна крупная клетка и делится мейозом с образованием четырех гаплоидных макроспор. Три из них рассасываются, оставшаяся разрастается и становится зародышевым мешком. Ядро ее делится трижды митозом, образуя восемь ядер, которые иногда называют клетками, так как около них обособляются участки цитоплазмы. Одна из них становится яйцеклеткой, две другие — клетками-синергидами,

располагающимися у пыльцевхода. Три клетки, находящиеся на противоположном полюсе зародышевого мешка, образуют антиподы. Две оставшиеся в центре клетки сливаются и образуют диплоидную вегетативную клетку.

Цветки, имеющие тычинки и пестики, называются *обоеполыми* (у чистотела, вишни); цветки, несущие только тычинки или только пестики, — *однополыми*, соответственно тычиночными или пестичными (у крапивы, ивы). Если тычиночные и пестичные цветки находятся на одном растении, то оно *однодомное* (арбуз, орех грецкий). Если тычиночные цветки на одном растении, а пестичные на другом, растение *двудомное* (конопля, тополь).

Цветки различных растений отличаются друг от друга по размерам, окраске, строению (числу частей цветка, степени их срастания и расположению на цветоложе). Поэтому для более краткой характеристики цветка часто используют формулу — буквенное обозначение его строения. Чашечка обозначается буквой Ч, лепестки венчика — Л, тычинки — Т, пестик — П. Число частей цветка является диагностическим признаком и обозначается соответствующей цифрой, например формула цветка крестоцветных, написанная буквами русского алфавита: Ч<sub>4</sub>Л<sub>4</sub> Т<sub>2+4</sub> П<sub>1</sub>. Обычно формула цветка обозначается латинскими буквами.

*Соцветия* — группа цветков, расположенная на общем цветоносе. Изучение соцветий было начато К. Линнеем в работе «Философия ботаники» (1751).

Соцветия классифицируются по типу ветвления главного цветоноса на неопределенные и определенные (табл. 8). У *неопределенных (ботрических) соцветий* главный цветок растет длительное время, зацветание идет в восходящем порядке: последним раскрывается верхушечный цветок. *Определенные (цимозные) соцветия* имеют ограниченный рост главного цветоноса, цветение идет сверху вниз.

Соцветия возникли в процессе эволюции из облиственных побегов у разных групп покрытосеменных растений. Биологическое значение их у насекомоопыляемых растений заключается в том, что мелкие цветки, на которые расходуется мало пластического материала, собраны в соцветия и хорошо заметны для насекомых, что ускоряет их опыление. У ветроопыляемых растений соцветия обычно находятся на концах ветвей, не прикрыты листьями, что способствует лучшей отдаче и улавливанию пыльцы.

Таблица 8. Классификация соцветий

Соцветия	Виды соцветий	Примеры
Простые неопределенные	Кисть Колос	Ландыш, наперстянка Подорожник, горец змейный
Сложные неопределенные	Сережка Корзинка Головка Щиток Зонтик Початок	Береза, тополь Одуванчик, василек Клевер, черноголовка Груша, спирея японская Лук, вишня Кукуруза, аир
Сложные определенные	Сложная кисть (метелка) Сложный колос Сложный щиток Сложный зонтик	Сирень, овес Ячмень, рожь Тысячелистник, рябина Морковь, укроп
	Завиток Извилина Развалина	Незабудка Гладиолус, гравилат Мыльнянка, гвоздика

Процесс, обеспечивающий попадание пыльцы на рыльце соответствующего пестика, называется *опылением*. В природе сформировались два типа опыления: самоопыление и перекрестное. *Самоопыление* происходит в обоеполых цветках, когда пыльца из пыльников высыпается на рыльце своего же пестика. Осуществляется обычно в закрытом бутоне при одновременном созревании тычинок и пестиков. Характерно для гороха, фасоли, ячменя, льна, томата и других растений. *Перекрестное опыление* — процесс переноса пыльцы с тычинок одного цветка на рыльце пестика другого. Может осуществляться ветром, насекомыми, водой, птицами, млекопитающими, человеком. Наиболее распространены ветро- и насекомоопыление. Ветроопыляемые растения продуцируют большое количество мелкой, легкой, гладкой пыльцы, цветут до распускания листьев, имеют редуцированный околоцветник, пыльники на длинных тычиночных нитях, перистые или волосистые рыльца. Для насекомоопыляемых растений характерны крупные, ярко окрашенные цветки, имеющие нектар и определенный запах, привлекающий насекомых. Пыльца их крупная, шероховатая, часто склеенная в комочки. К насекомоопыляемым растениям относятся шалфей, молочай, ромашка, калина и др.

В растениеводстве большое значение имеет *искусственное опыление* для получения новых сортов или повышения

урожайности культурных растений. Однако перекрестное опыление предпочтительнее, так как происходит соединение гамет с различными наследственными задатками; потомство получается более разнородным, с большой амплитудой приспособляемости к различным условиям существования. Известно, что самоопыляемые культурные растения постепенно вырождаются. Поэтому в природе у небольшого числа самоопыляемых растений иногда происходит перекрестное опыление, что способствует развитию вида.

После того как пыльца попадает на рыльце пестика, начинается ее прорастание. Через пору экзины выпячивается пыльцевая трубка, по которой продвигаются два спермия, а вегетативная клетка создает питательную среду. Пыльцевая трубка проникает в зародышевый мешок через пыльцевход, где оболочка ее растворяется. Один спермий сливается с гаплоидной яйцеклеткой, образуя диплоидную зиготу, другой — с диплоидной клеткой, образуя триплоидную центральную клетку эндосперма. Этот процесс, имеющий универсальное значение для покрытосеменных растений, называется *двойным оплодотворением* (см. рис. 21), открыт С. Г. Навашиным в 1898 г. После оплодотворения синергиды и антиподы рассасываются. Таким образом, в результате двойного оплодотворения из диплоидной зиготы образуется зародыш семени, из триплоидной центральной клетки — эндосperm, покровы семяпочки дают кожуру семени. Из стенок завязи формируется околоплодник, который вместе с семенем образует плод, называемый истинным. Если околоплодник образуется из цветоложа или других частей цветка, плод называется ложным.

Плоды разнообразны по форме, строению околоплодника, количеству семян, окраске, размерам, происхождению. Существует несколько классификаций плодов, но чаще используется морфологическая, основанная на различных внешних признаках плодов (табл. 9).

Интересную по происхождению группу представляют сложные плоды, образующиеся из цветка, имеющего несколько пестиков (сборная листовка у магнолии), или из соцветия (соплодие у малины, шелковицы). Плоды предназначены для защиты семян от неблагоприятных условий внешней среды и распространения их в природе.

Семя — зародыш с запасом питательных веществ, заключенный в кожуру, развивающийся из семяпочки. Семена одно- и двудольных растений отличаются по ко-

Таблица 9. Морфологическая классификация плодов

Признак	Разновидность признака	Примеры
<i>Сухие вскрывающиеся</i>		
По консистенции околоплодника	Коробочка	Мак, белена
	Стручок	Капуста, редька
	Стручочек	Пастушья сумка, ярутка
	Боб	Горох, фасоль
	Листовка	Калужница
<i>Сухие невскрывающиеся</i>		
	Семянка	Подсолнечник
	Зерновка	Пшеница, ячмень
	Орех	Орех грецкий, дуб
<i>Сочные</i>		
По количеству семян	Ягоды	Виноград, арбуз
	Яблоко	Яблоня, рябина
	Костянка	Вишня, слива
	Тыквина	Тыква, огурец
	Односемянные	Слива, персик
По происхождению	Двусемянные	Груша
	Многосемянные	Томат, картофель
	Истинные	Вишня, слива
	Ложные	Земляника, рябина
	Простые	Орех, горох
	Сложные	Магнолия, шелковица

личеству семядолей в зародыше, по месту заложения питательных веществ.

Рассмотрим строение семени двудольного (фасоли) и однодольного (пшеницы) растений (рис. 22). Семя фасоли состоит из зародыша и семенной кожуры. Снаружи на вогнутой стороне имеется рубчик — место прикрепления семени к стенке плода. Под кожурой виден зародыш, который образован зародышевым корешком, стебельком и почечкой с двумя семядолями. *Семядоли* — это первые видоизмененные листья зародыша. У фасоли и некоторых других двудольных (бобовые, сложноцветные) в семядолях находится запас питательных веществ, который расходуется на рост проростка и выполняет защитную функцию в почечке. У многих двудольных запас питательных веществ находится в эндосперме, а не в зародыше.

Семя пшеницы также имеет семенную кожуру, плотно срастающуюся с сухим околоплодником, зародыш и эндосперм. Зародыш содержит зародышевый корешок, стебелек, почечку и одну семядолю, видоизмененную в щиток, отделяющий зародыш от эндосперма. При прорастании се-

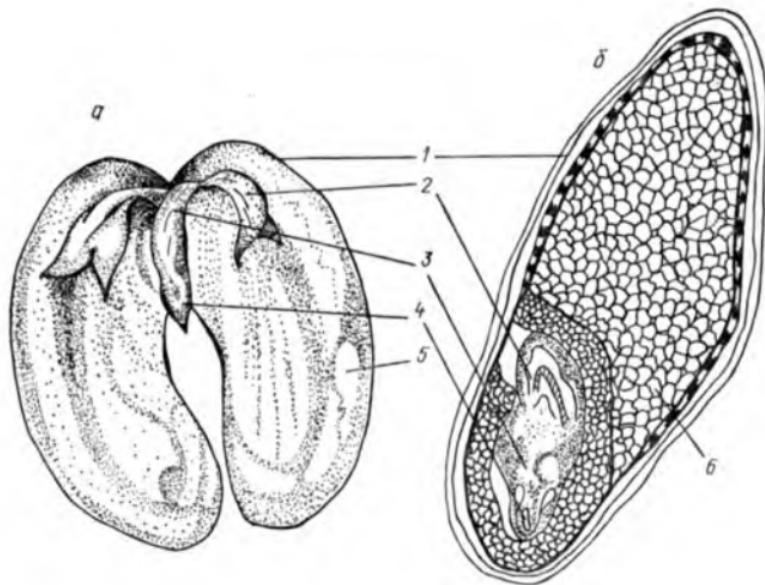


Рис. 22. Строение семени фасоли (а) и пшеницы (б):  
 1 — кожура; 2 — почечка зародыша; 3 — стебелек; 4 — корешок; 5 — семядоли; 6 — эндосперм

мени эта семядоля (щиток) способствует поступлению питательных веществ от эндосперма к зародышу.

В состав семени входят органические (белки, жиры, углеводы, витамины) и неорганические (вода и минеральные соли) вещества. Растительный белок (клейковина) содержится в виде белковых (алейроновых зерен) в эндосперме или семядолях. Растительные углеводы (крахмал, инулин) запасаются в виде крахмальных зерен. Жиры накапливаются в виде жировых капель в цитоплазме клеток эндосперма или семядолях. Содержание белков, жиров и углеводов в семенах различных растений неодинаково, например семена фасоли, гороха, сои богаты белками, пшеницы, риса, ржи — углеводами, подсолнечника, льна, ореха — жирами. Из минеральных солей чаще всего в состав семян входят соли калия, кальция, фосфора, натрия, а также в минимальных количествах соли меди, железа, магния и др.

*Прорастание семян* — важный этап жизнедеятельности растений, связанный с активацией ферментов и запасных питательных веществ семени. Для прорастания семян необходимы определенная температура, влажность, наличие воздуха и живой зародыш. Прорастание начинается с набухания семян; при этом активно делятся клетки образовательной ткани зародыша и первым появляется зародышевый корешок. Он углубляется в почву и начи-

нает обеспечивать минеральное питание проростка. Прорастание стебелька идет за счет питательных веществ, находящихся в семядолях или эндосперме. С появлением первых наземных листочков начинается самостоятельное органическое питание проростка. Учитывая различные условия прорастания семян, устанавливают время посева и глубину их заделки.

Время посева зависит от отношения семян к температуре. У большинства растений семена лучше всего прорастают при температуре  $+10-15^{\circ}\text{C}$  (яровые культуры), у других — при температуре  $+1^{\circ}\text{C}$  (озимые культуры). Глубина заделки связана с объемом питательных веществ в семени и отношением их к влажности и особенностям почвы. Крупные семена высаживаются в песчаных почвах на глубину 3—4 см, в глинистых и черноземных — 2 см; мелкие семена соответственно на глубину 1—1,5 см и до 1 см.

## Размножение растений

Растение как целостный организм способно воспроизводить самое себя, т. е. размножаться. Известно вегетативное, бесполое и половое размножение растений.

Вегетативное размножение характеризуется увеличением числа особей данного вида за счет отделения жизнеспособных частей вегетативных органов растений. В основе его лежит способность растений к регенерации.

У одноклеточных организмов вегетативное размножение осуществляется делением родительской клетки на две дочерние. Многие водоросли, мицелии грибов, слоевища лишайников распадаются на части, каждая из которых может стать самостоятельным организмом.

Высшие растения размножаются частями вегетативных органов. В природе и практике растениеводства распространено размножение луковицами (лук, тюльпан, лилия, гиацинт), клубнями (картофель, топинамбур), корневищами (ирис, ландыш, мятта, пырей), отделением побегов (кактус), усами (земляника), корнеклубнями (георгин, батат), делением куста (ревень, щавель).

В садоводстве широко применяют вегетативное размножение с помощью черенков и прививки. Черенок — это отрезок стебля (стеблевой черенок), корня (корневой черенок) или листа (листовой черенок), служащий для искусственного размножения. Подобны черенкам отрез-

ки клубней и корневищ, несущие «глазки» — почки.

Стеблевые черенки высаживаются в почву морфологически нижним концом, на котором образуются придаточные корни, а на верхнем из почек растут побеги. Стеблевыми черенками размножаются герань, роза, жасмин, бузина и другие растения.

Корневые черенки после посадки образуют из камбия придаточные почки, дающие побеги (у вишни, сливы, шиповника, цикория). С образованием на корнях придаточных почек связано размножение корневыми отпрысками (у рябины, терна, осины), которые возникают при ранении корневой системы.

Листовой черенок представляет собой целый лист с черешком или часть листовой пластинки. Таким способом размножается гораздо меньшее число растений, чем стеблевыми и корневыми черенками, чаще всего в цветоводстве (бегонии, гиацинты, фиалки).

Разновидность черенкования — *размножение растений отводками*. При этом часть побега прижимают к почве для укоренения, после чего отрезают укоренившийся отводок. Так размножают орех, виноград, смородину, сливу. В естественном состоянии отводками размножаются древесные породы, способные укореняться лежащими на земле ветвями (пихта, липа, черемуха и др.).

В садоводстве широко применяется *прививка* как один из методов получения новых сортов или направленного изменения уже существующих.

Способность растений к вегетативному размножению обеспечивает им возможность сохранить признаки вида в длинном ряду поколений, так как дочерние особи по генотипу являются копией материнских. Однако для приспособления к постоянно меняющимся условиям внешней среды растениям необходимо периодическое обновление наследственной информации, поэтому один и тот же вид растения размножается посредством всех способов размножения.

Бесполое размножение у растений осуществляется с помощью спор, представляющих собой гаплоидные клетки, покрытые прочной защитной оболочкой. У некоторых растений споры имеют жгутики для передвижения и называются зооспорами. Споры (зооспоры) образуются на растениях в особых органах спорангиях (зооспорангиях). У низших растений спорангии одноклеточные, у высших — многоклеточные. Организм, на котором формируются спорангии со спорами, называется *спорофитом*.

Попав в благоприятные условия, споры прорастают, образуя гаплоидный организм — *заросток*, или *гаметофит*. По строению и особенностям жизнедеятельности гаметофит отличается от материнского растения. Только у грибов споры при прорастании образуют одинаковые с родительскими особи. При бесполом размножении наследственные особенности передаются без изменений и закрепляются в ряду поколений.

Половое размножение у растений заключается в возникновении новых особей из зиготы, образующейся в результате слияния мужской и женской гамет. Сперматозоиды у споровых растений формируются в особых половых органах — антеридиях, а яйцеклетки — в архегониях. У цветковых растений мужские гаметы (спермии) созревают в пыльниках, а яйцеклетки — в зародышевом мешке семяпочки. При половом размножении обеспечивается генетическая изменчивость организмов из поколения в поколение, так как дочерние особи отличаются по генотипу от обеих родительских форм.

У растений в цикле развития наблюдается чередование полового и бесполого поколений. Половое поколение представлено гаплоидным организмом — гаметофитом, на котором образуются антеридии и архегонии и происходит половой процесс. Бесполое поколение — это диплоидный организм, выросший из зиготы. На нем образуются спорангии со спорами. У мхов спорофит развивается на зеленом гаметофите; у папоротников, хвощей и плаунов гаметофит существует самостоятельно и отдельно от спорофита; у семенных растений гаметофит сильно редуцирован и никогда не покидает спорофит. Таким образом, чередование поколений в цикле развития растений связано со сменой гаплоидной и диплоидной стадий: спорофит начинается с момента оплодотворения и является диплоидным, гаметофит — с образования спор в результате мейоза и является гаплоидным. Чередование поколений обеспечивает обильное и разнокачественное потомство, что позволяет виду наилучшим образом приспособиться к условиям окружающей среды.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение ботаники как науки. Какие дисциплины она включает?
2. Перечислите систематические единицы, используемые при классификации растений.
3. Дайте классификацию царства растений.
4. Укажите отличия низших и высших растений.
5. Назовите процессы, лежащие в основе жизненных функций растительного организма.

6. Укажите фазы роста и этапы развития растений. 7. Перечислите ткани растительного организма. Каково их строение? 8. Перечислите функции корня. 9. Назовите виды корней, типы корневых систем и видоизменения корня. 10. Каково внутреннее строение корня? 11. Назовите удобрения, необходимые растениям, и сроки их внесения. 12. Каковы функции стебля, видоизменения побегов? 13. Как устроена почка (вегетативная и генеративная)? 14. Опишите внутреннее строение стебля травянистых и древесных растений. 15. Надземные и подземные видоизменения побегов и их значение. 16. Перечислите функции листа. Объясните взаимосвязь питания и дыхания. 17. Особенности внешнего и внутреннего строения листа. 18. Дайте определение цветка, укажите его строение и значение. 19. Назовите основные типы соцветий и их значение. 20. Объясните образование яйцеклеток и спермиев у цветковых. 21. В чем сущность двойного оплодотворения? 22. Как происходит формирование семян и плодов? 23. Укажите отличие семян однодольных и двудольных растений. 24. Каковы условия прорастания семян? 25. Перечислите способы размножения растений. 26. Приведите примеры вегетативного размножения низших растений. 27. Укажите способы размножения высших растений побегами, корнями, листьями. 28. Опишите размножение растений с помощью спор. 29. Особенности полового размножения растений. 30. В чем сущность и значение чередования поколений у растений?

## Глава 9. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ РАСТЕНИЙ

Известно, что бактерии и грибы составляют самостоятельные царства наряду с царством растений. Однако исходя из традиционной схемы описания растительного мира, принятой в учебниках и пособиях, бактерии и грибы рассматриваются вместе с низшими растениями. Этот принцип сохранен и в данном пособии.

Относящиеся к низшим растениям Багряные водоросли не рассматриваются, поскольку их изучение не предусмотрено школьной программой.

### Бактерии

Эти низшие одноклеточные организмы — прокариоты (не имеют ядра) — возникли 3,5 млрд лет назад и являются активными участниками всего геологического развития Земли. Примерно 2 млрд лет назад они вместе с растениями сформировали атмосферу, сходную с современной. Благодаря деятельности бактерий в атмосфере начал накапливаться молекулярный кислород, столь необходимый для эволюции организмов — *аэробов*.

По форме бактерии могут быть в виде шариков, или кокков (диплококки, стрептококки, стафилококки и др.); палочек, или бацилл (кишечная палочка, туберкулезная палочка и др.); запятой, или вибриона (вибрионы чумы,

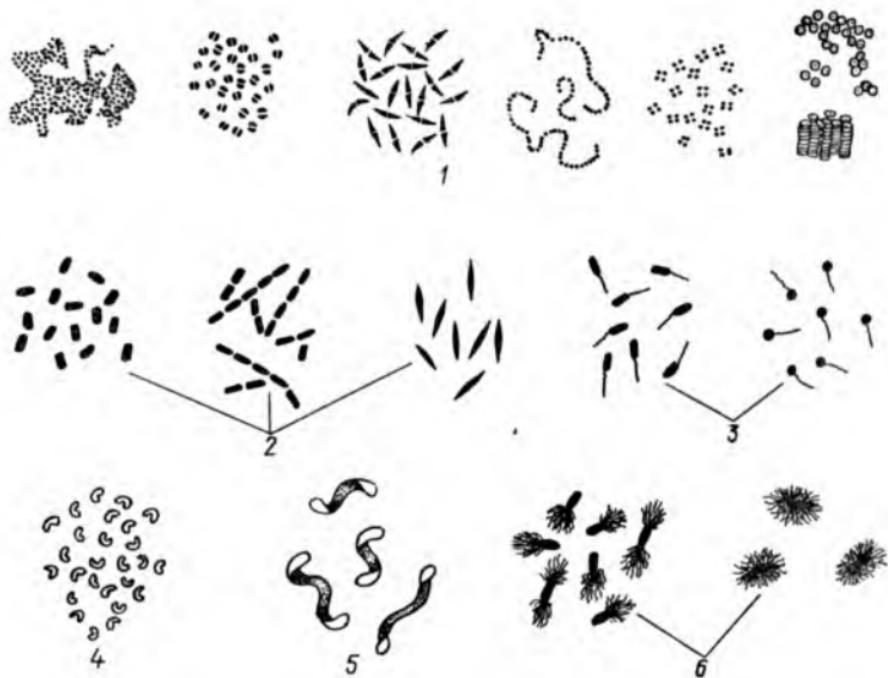


Рис. 23. Форма бактерий:  
1 — кокки различных видов; 2 — бациллы; 3 — жгутиковые формы; 4 — выбрионы; 5 — спирilli; 6 — ресниччатые формы

холеры и др.); спирilli, имеющих извитую форму (рис. 23). Размеры их зависят от условий внешней среды и колеблются в пределах 1—10 мкм в длину и 0,2—1,0 мкм в ширину. Некоторые виды бактерий обладают жгутиками либо ресничками.

По типу питания бактерии делятся на автотрофные и гетеротрофные.

К автотрофным бактериям относят фотосинтезирующие (пурпурные) бактерии и хемосинтезирующие (нитрифицирующие бактерии, железобактерии, серобактерии).

*Пурпурные бактерии* содержат особый пигмент — бактериохлорофилл, который, подобно хлорофиллу зеленых растений, обеспечивает фотосинтез. Обитают пурпурные бактерии в освещенных прозрачных водоемах.

*Хемосинтезирующие бактерии* используют для синтеза органических веществ не световую энергию, а энергию, выделяющуюся при окислении каких-либо неорганических соединений. Например, нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак, в результате чего образуется азотистая кислота, которая затем превращается в азотную. Железобактерии переводят закисные соли железа в окисные.

Серобактерии восстанавливают сероводород в серу, серную кислоту и ее соли.

Для гетеротрофных бактерий источником энергии служат органические вещества. Так, бактерии-сапрофиты добывают энергию путем разложения органических остатков живых существ, бактерии-паразиты питаются органическими веществами организмов.

В целом бактерии в процессе жизнедеятельности синтезируют различные аминокислоты, белки, органические кислоты, витамины, ферменты, нуклеотиды, ДНК. Они вызывают спиртовое, молочнокислое, маслянокислое, уксуснокислое брожение. Бактерии используются в пищевой промышленности для получения уксусной кислоты, кисломолочных продуктов, сыра и т. д.

Бактерии размножаются, как правило, прямым делением, причем в благоприятных условиях через каждые 25—30 мин. В неблагоприятных условиях некоторые бактерии размножаются половым путем — конъюгацией, в результате которой происходит обмен наследственной информацией, но количество особей не увеличивается. После этого бактерии размножаются прямым делением.

Некоторые виды бактерий (преимущественно бациллы) способны образовывать споры: содержимое их клетки сжимается, уплотняется, покрывается плотной оболочкой, предохраняющей протопласт от вредных воздействий. Споры разносятся ветром, водой, животными и, попав в благоприятные условия, прорастают.

Основная положительная роль бактерий в природе заключается в минерализации органических остатков. Бактерии являются редуцентами и составляют конечное звено любой цепи питания. Они разлагают органические вещества до минеральных и таким образом обеспечивают круговорот веществ в биосфере. Особую функцию выполняют азотобактерии, ризобиум и бактерии других родов, способные фиксировать атмосферный азот и превращать его в соединения, доступные для растений. Благодаря этому почва обогащается азотом, вследствие чего повышается ее плодородие.

Отрицательную роль играют паразитические бактерии. Они являются возбудителями болезней растений (фитофтора), животных (брюцеллез) и человека (холера, чума, дизентерия, тиф и др.) и нередко вызывают их гибель. Например, клостридиум ботулинум синтезирует ботулин, 1 г которого может убить 5 млн человек. Для борьбы с болезнетворными бактериями используют различные

антибиотики, а также растворы карболовой кислоты, сулемы, формалина, спирта, воздействуют на них высокой температурой, ультрафиолетовым, ионизирующим излучением.

## Грибы

Грибы — низшие гетеротрофные споровые организмы. В настоящее время их насчитывается около 100 000 видов. Тело грибов представлено *мицелием*, или *грибницей*, состоящей из переплетения нитей, или *гиф*. Грибница может быть одноклеточной и многоклеточной. Клетка грибницы покрыта пектиновой либо хитиновой оболочкой и содержит одно или несколько ядер. В ней запасается углевод гликоген; пластид нет, поэтому грибы являются гетеротрофами, т. е. используют готовые органические вещества.

По типу питания грибы подразделяются на сапропиты и паразиты. Грибы-сапропиты используют органические вещества организма-хозяина, не принося ему вреда, например вступают в симбиоз с растениями. При этом нити гриба оплетают корни деревьев, образуя микоризу. Гифы гриба всасывают из почвы воду и минеральные соли, выполняя функцию корневых волосков и улучшая минеральное питание растений. Грибы-паразиты питаются органическими веществами организма-хозяина, вызывая его гибель.

Размножаются грибы вегетативным (частями мицелия), бесполым (спорами) и половым способами. Различают несколько классов грибов. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

Типичным представителем плесневых грибов является *мукор*. Тело у него — сильно разросшаяся многоядерная клетка, образующая мицелий, гифы которого имеют вид белого пушистого налета на органических остатках растительного происхождения. На верхушке отдельных вертикальных нитей в особых спорангиях созревают споры.

*Пеницилл* также плесневый гриб. Его грибница многоядерная, пышно разрастается на органических остатках растительного происхождения, образуя зеленую плесень. На грибнице развиваются плодовые тела особого строения, в которых созревают споры. Используется для получения антибиотика пенициллина. В результате селекции выведены высокопродуктивные штаммы этого гриба.

*Дрожжи* — одноклеточные грибы. Клетки их одноядер-

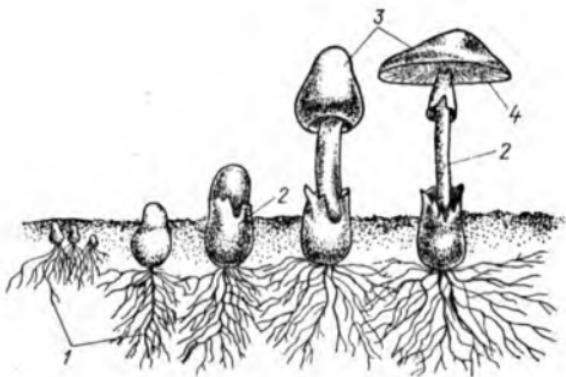


Рис. 24. Строение шляпочных грибов:  
1 — мицелий; 2 — пенька; 3 — шляпка; 4 — пластинчатый слой

ные, способны почковаться. Образующиеся «почки» иногда не отделяются от материнских клеток, формируя колонии. В процессе жизнедеятельности дрожжи расщепляют сахар до углекислого газа и воды. В результате селекции получено несколько штаммов пивных, винных, пекарских дрожжей.

Шляпочные грибы имеют многоклеточный мицелий, который над субстратом (на поверхности почвы, стволов деревьев и т. п.) плотно переплетается и образует плодовое тело, а в субстрате — вегетативное тело — грибницу (рис. 24). Плодовое тело обеспечивает половое размножение и образование спор, вегетативное — размножение кусочками грибницы. Плодовые тела шляпочных грибов состоят из ножки, или пенька, и шляпки, нижний слой которой может быть пластинчатым или трубчатым. На поверхности пластинок или внутри трубочек созревают многочисленные мельчайшие споры, которые разносятся ветром, животными, птицами и в благоприятных условиях прорастают. Строение, размеры и окраска шляпок различны, что является основой бытовой дифференцировки грибов. Шляпочные грибы включают съедобные пластинчатые (грузди, опята, лисички, сыроеожки и др.) и трубчатые (белый гриб, подберезовик, подосиновик и др.) и ядовитые пластинчатые (мухомор, бледная поганка и др.) и трубчатые (ложный белый гриб, ложный масленок и др.) грибы.

Необходимым условием для нормальной жизнедеятельности грибов является наличие соответствующих растений, с которыми они вступают в симбиоз, определенной температуры, влажности, почвы.

Большой вред растениеводству наносят грибы-паразиты. Их споры, попав на растение, прорастают

в мицелий, который может развиваться только за счет тканей растения-хозяина. Грибы-паразиты поражают практически все виды растений. Наиболее распространены из них спорынья, головневые, ржавчинные, мучнисто-росяные грибы, трутовик, чага и др.

*Спорынья* вызывает заболевание ржи. На пораженных ею растениях в колосьях появляются темно-фиолетовые рожки (склероции), представляющие собой плотное переплетение гиф гриба. Опадая на почву, эти рожки зимуют, а весной на них образуются многочисленные споры, попадающие в завязь цветков ржи и прорастающие там в мицелий. К осени мицелий уплотняется и на нем вновь формируются склероции.

*Головневые грибы* поражают злаки — пшеницу, овес, кукурузу, в результате чего вместо урожая зерна в колосе оказывается огромное количество мелких черных спор.

*Трутовик и чага* считаются условно паразитическими грибами, так как их споры поражают только больные деревья, проникая в царапины, надрезы, надломы березы, сосны, ели и др. Спора прорастает в мицелий, живущий за счет древесины и образующий на стволе подковообразное плодовое тело. Некоторые виды грибов вызывают болезни животных и человека (парша, микоз рук, стоматит и др.).

Грибы имеют большое значение в природе и жизни человека. Они минерализуют органические остатки, улучшают плодородие почвы и условия жизни лесных растений, являются кормом для животных. Человек использует их в пищу, в качестве лекарственного сырья (чага, спорынья), для получения антибиотиков (пеницилл, аспергилл и др.), спиртов (дрожжи) и т. д.

## Лишайники

Лишайники — симбиотические организмы, состоящие из водоросли и гриба (иногда в них поселяется азотобактер). Водоросли, входящие в состав лишайников, обычно одноклеточные синезеленые, реже зеленые, грибы — с многоклеточным мицелием. Гриб обеспечивает водоросль водой с растворенными в ней минеральными веществами и ферментами; в процессе фотосинтеза водоросль вырабатывает углеводы, которые используются грибом и азотобактером. Последний обеспечивает лишайник азотом. Тело лишайников, называемое *слоевищем*,

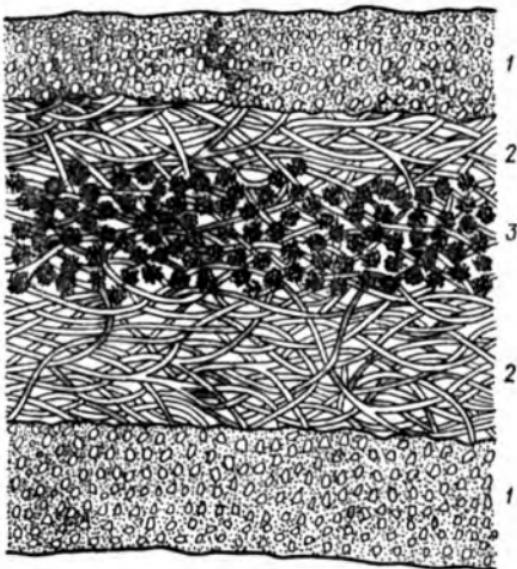


Рис. 25. Разрез слоевища лишайника:

1 — корковый слой из гиф гриба; 2 — гифы гриба; 3 — клетки водоросли

разнообразно по окраске, форме, размерам и строению. Цвет лишайников (белый, розовый, желтый, оранжевый, серый, голубовато-зеленый, коричневый, черный и др.) обусловливается определенными пигментами, локализующимися в оболочке и цитоплазме гифов грибов.

По форме различают накипные, листоватые и кустистые лишайники.

**Накипные лишайники** имеют вид окрашенной корочки, плотно сросшейся с субстратом. К ним относятся ризокарпон, хематомма и др.

**Листоватые лишайники** прикрепляются к субстрату пучками грибных гиф, отходящих от нижней поверхности слоевища. Края слоевища имеют форму надрезанных лопастей, приподнятых над субстратом. К листоватым лишайникам относятся лобария, пармелия и др.

**У кустистых лишайников** разветвленное слоевище. Оно в виде кустиков приподнимается над субстратом или в виде тонких нитей свисает вниз с деревьев. К ним относятся кладония, цетрария исландская, эверния, уснея и др.

Слоевище большинства лишайников имеет верхний и нижний корковые слои, состоящие из плотно переплетенных гиф гриба (рис. 25). Внутренняя его часть представлена рыхло сплетенными гифами, среди которых располагаются клетки водоросли. Гифы гриба плотно прилегают к клетке водоросли или проникают в нее, за счет чего происходит передача веществ.

Размножаются лишайники половым, бесполым и вегетативным способами. Половое и бесполое размножение осуществляется особыми спорами, которые развиваются отдельно у каждого из симбионтов. Вегетативное размножение происходит либо кусочками слоевища, либо его особыми выростами, состоящими из клеток водорослей, покрытых гифами гриба. Некоторые виды размножаются только им свойственными образованиями, состоящими из одной или нескольких клеток водорослей, окруженных гифами гриба.

Лишайники встречаются почти во всех наземных и некоторых водных биогеоценозах, причем в тундре, лесотундре и лесах составляют существенную часть растительного покрова. Многие лишайники (пармелия, кладония и др.) густо покрывают стволы деревьев и защищают их от вредных микроорганизмов, так как лишайниковые кислоты обладают антимикробным действием. Тундровые лишайники, особенно ягели, составляют основную пищу для северных оленей.

Лишайники — пионеры растительности. Они являются первичными разрушителями горных пород, в результате чего формируется почва для поселения других растений. Лишайники используются в народном хозяйстве для получения чистой глюкозы, спирта, желатинирующих и красящих веществ, эфирных масел. Препараты цетрарии исландской (исландский мох) применяются в медицине как антимикробное средство. Лишайники чувствительны к содержанию кислорода в воздухе и часто служат индикаторами загрязненности среды.

## Водоросли

Водоросли — это низшие растения, живущие преимущественно в водной среде. Они бывают одноклеточными, колониальными, многоклеточными с нитчатым или расчлененным слоевищем (рис. 26).

Клетки водорослей имеют типичное для растений строение. Они покрыты полисахаридной (чаще пектиновой или целлюлозной) оболочкой. В цитоплазме находятся митохондрии, аппарат Гольджи, эндоплазматическая сеть, лизосомы, вакуоли. Для клеток водорослей характерны особые органоиды — хроматофоры различной формы, где концентрируются хлорофилл и другие пигменты, обуславливающие окраску водорослей и фотосинтез. Следова-

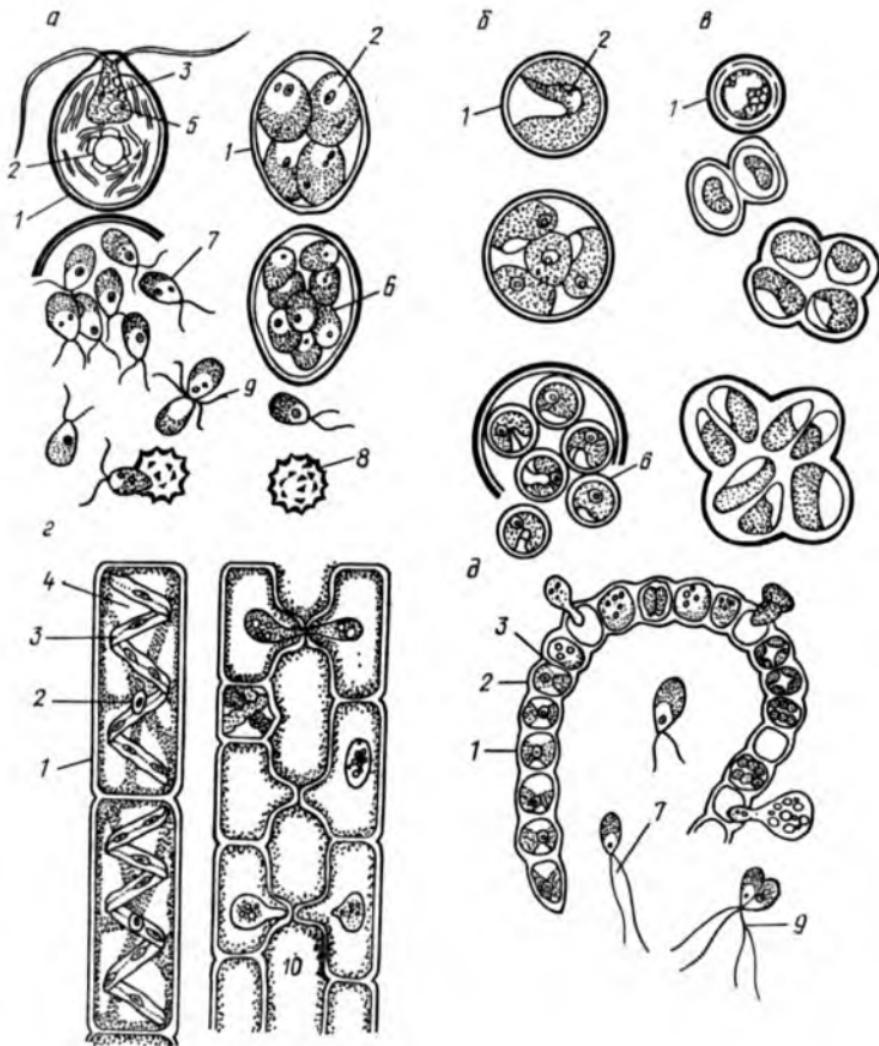


Рис. 26. Водоросли:

а — хламидомонада; б — хлорелла; в — плеврококк; г — спирогира; д — улотрикс. 1 — оболочка; 2 — ядро; 3 — хроматофор; 4 — вакуоли; 5 — светочувствительный глазок; 6 — споры; 7 — гаметы; 8 — зигота; 9 — конъюгация; 10 — конъюгация

тельно, по типу питания водоросли являются автотрофами.

Размножаются водоросли вегетативным (делением слоевища на части), бесполым (образованием подвижных зооспор) и половым способами.

Известно около 30 000 видов водорослей. Наиболее часто встречаются зеленые, харовые, бурые, красные и др.

Зеленые водоросли обитают в мелководьях и используют для фотосинтеза красные лучи солнечного спектра. Рассмотрим их типичных представителей.

*Хламидомонада* обитает в стоячих водоемах, лужах. Это одноклеточная зеленая водоросль яйцевидной формы с двумя жгутиками на переднем конце. Снаружи покрыта пектиновой оболочкой. В цитоплазме находится ядро, чашеобразный хроматофор, содержащий пигменты. Кроме крупной вакуоли, заполненной клеточным соком, имеются маленькие пульсирующие вакуоли.

Размножается хламидомонада бесполым и половым путем. При бесполом размножении после деления клетки образуются четыре зооспоры. Они высвобождаются из материнской оболочки и при благоприятных условиях прорастают. При половом размножении под общей материнской оболочкой в результате нескольких делений формируются 8—64 гаметы, имеющие по два жгутика. Попадая в воду, гаметы от разных особей сливаются. Образующаяся в результате этого зигота покрывается многослойной оболочкой и оседает на дно. После периода покоя, делясь митотически, дает начало четырем новым хламидомонадам.

*Хлорелла* — одноклеточная зеленая водоросль, обитающая в пресных, соленых водоемах и на влажной почве. Она представляет собой мелкие, шаровидные, покрытые целлюлозной оболочкой клетки с хроматофором чашевидной формы. Размножается хлорелла очень быстро безжгутиковыми спорами. Она энергично фотосинтезирует и богата питательными веществами. В ее сухом веществе обнаружены белки, масла, витамины А, В, С, К. В связи с этим хлореллу культивируют и используют в качестве корма для скота, птицы, прудовой рыбы. Ведутся селекционные работы, направленные на получение высоко-продуктивных видов хлореллы.

*Плеврококк* — наземная водоросль, обитающая на коре и пнях деревьев, где образует зеленый налет. Клетки плеврококка способны делиться в двух взаимно перпендикулярных направлениях, благодаря чему образуются многоклеточные пластиночки. Поэтому плеврококк считается одной из переходных форм от одноклеточных зеленых водорослей к многоклеточным нитчатым, из которых наиболее часто встречаются улотрикс и спирогира.

*Улотрикс* прикрепляется к субстрату выростами нижней (базальной) клетки. В каждой клетке имеется хроматофор в виде пояска. Размножается бесполым и половым путем. Бесполое размножение осуществляется при помощи зооспор, образующихся в особых клетках — зооспорангиях. Зооспоры грушевидной формы, с четырьмя

жгутиками, красным глазком и двумя пульсирующими вакуолями. Оседая на подводные предметы, они теряют жгутики и путем деления пополам образуют новые нити. Половое размножение происходит путем слияния двухжгутиковых гамет от разных особей. Образующаяся в результате четырехжгутиковая зигота отличается от споры наличием двух ядер и двух глазков. Вскоре ядра сливаются, жгутики исчезают, зигота покрывается толстой оболочкой и в благоприятное время прорастает. Это сопровождается редукционным делением ядра и образованием новых особей.

*Спирогира* ведет свободный образ жизни и в водоемах образует тину. По строению она близка к улотриксу, но хроматофор у нее лентовидный, закрученный в спираль. Половой процесс — конъюгация.

Все водоросли являются основным продуцентом кислорода и питательных веществ не только для обитателей водной среды, но и для человека. Пищевой ценностью обладают ламинария, порфира, ульва и др. Они содержат витамины, микроэлементы. Кроме того, их используют для получения йода, брома, смол, ацетона, метилового спирта, калийных солей, клея. Самый ценный продукт, получаемый из красных водорослей, — агар-агар, широко применяемый в микробиологической и пищевой промышленности, в медицине. Отмершие водоросли образуют отложения ила — *сапропель*, который используется в грязелечении и как удобрение на полях.

## Моховидные

Моховидные — это высшие растения, тело которых дифференцировано на стебель и листья. Функцию корней выполняют ризоиды. Моховидные отличаются сравнительно простой внутренней организацией: они имеют ассимиляционную ткань, слабо специализированные механические, проводящие, запасающие и покровные ткани. В цикле развития моховидных гаметофит преобладает над спорофитом.

Моховидные встречаются на всех континентах земного шара, чаще в местах с достаточным или избыточным увлажнением. Особенно распространены листостебельные мхи, в частности зеленые, сфагновые и ряд других.

Типичным представителем зеленых мхов является *кукушкин лен* — многолетнее двудомное растение, до

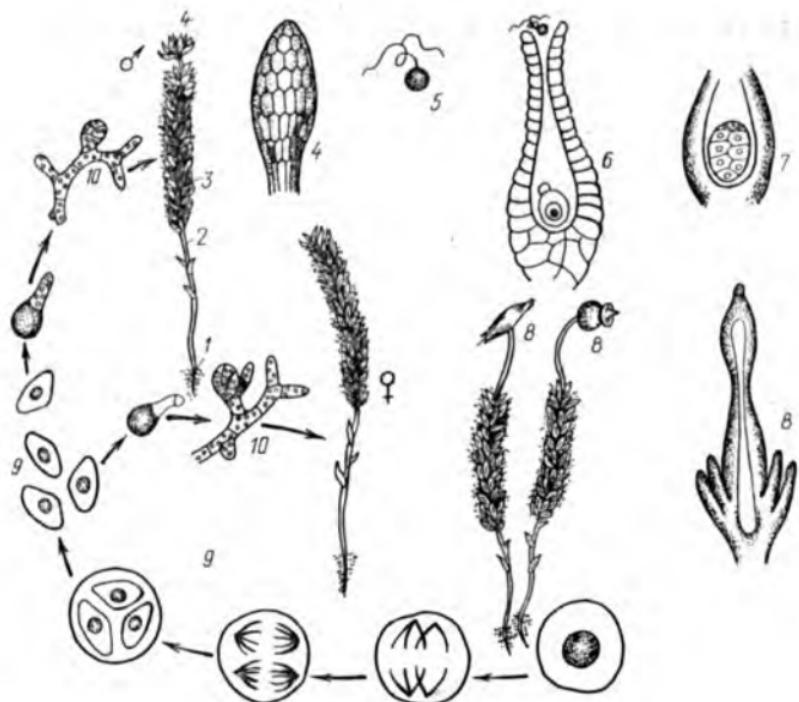


Рис. 27. Схема цикла развития кукушкина льна:  
 1 — ризоиды; 2 — стебель; 3 — листья; 4 — антеридии; 5 — сперматозоид; 6 — архегоний с яйцеклеткой; 7 — зигота; 8 — спорогон; 9 — образование спор; 10 — протонема

40 см в высоту. Стебель у него прямостоячий, листья короткие, узколинейные.

Размножается кукушкин лен следующим образом (рис. 27). На верхушке мужских особей формируются мешковидные образования — *антеридии*, в которых развивается большое количество двужгутиковых сперматозоидов, а на верхушке женских особей — колбовидные *архегонии* с яйцеклетками. Сперматозоиды с капельками дождя или росы достигают архегоний, после чего происходит оплодотворение и образуется зигота, которая сразу же делится. В результате появляется коробочка на длинной ножке — *спорогон*. В коробочке вследствие мейоза формируются мелкие гаплоидные клетки (споры), покрытые плотной оболочкой. Затем коробочка открывается и споры высыпаются. Попав на влажную почву, они прорастают в заросток, представляющий разветвленную зеленую нить — *протонему*. На ней образуются почки, дающие новые побеги мха. У кукушкина льна происходит смена способов размножения: полового — гаметофита и бесполого — спорофита. Гаметофит пред-

ставляет взрослое растение с образующимися на нем гаметами, спорофит — коробочку с ножкой, развивающуюся из зиготы. Следовательно, спорофит как бы является органом гаметофита, поскольку он связан с ним не только морфологически, но и физиологически.

Представителем сфагновых мхов является *сфагнум*, или *торфяной мох*. В сухом состоянии он имеет беловатый цвет, что связано с особенностями строения его листьев. В них различают два слоя клеток. Один из них образует узкие, удлиненные, содержащие хлорофилловые зерна клетки. Другой слой состоит из крупных многоугольных клеток, оболочки которых имеют поперечные утолщения. Эти клетки лишены живого содержимого и обычно заполнены водой, а в высушенном состоянии — воздухом. Сухие сфагновые мхи могут поглощать большое количество воды, в 30—40 раз превышающее их собственную массу.

Стебель у сфагнума ветвистый, нижняя часть его укрепляется в почве и берет на себя функцию ризоидов. Поэтому последние у сфагновых мхов не развиваются, однако нижние части стебля постепенно отмирают, но полностью не сгнивают, так как мох синтезирует особые вещества — гуминовые кислоты. Последние убивают гнилостные бактерии и таким образом задерживают процесс гниения. В тех местах, где произрастают сфагновые мхи, со временем накапливается большое количество органических остатков, которые превращаются в *торф*. Этот процесс идет очень медленно — за 10 лет образуется слой торфа, не превышающий 1 см. Торф, как известно, используется как топливо, удобрение, сырье для получения древесного спирта, карболовой кислоты, смол, пластмасс, физиологически активных веществ, лекарственных препаратов. Сфагновые мхи можно применять в качестве перевязочного материала, поскольку они обладают антисептическими свойствами.

### Папоротникообразные

Папоротникообразные относятся к споровым растениям и объединяют три отдела — плауновидные, хвошевидные, папоротниковидные. От моховидных они отличаются более высокой специализацией тканей и органов, а также преобладанием в их развитии спорофита над гаметофитом. Кроме стебля и листьев, все папоротникообразные имеют придаточные корни.

Плауновидные насчитывают около 400 видов вечнозеленых многолетних трав и полукустарников. В умеренных широтах встречаются в хвойных лесах, иногда на заболоченных лугах.

Наиболее типичным представителем плауновидных является *плаун булавовидный* — травянистое растение с ползучим стеблем длиной до 3 м, густо оперенным темно-зелеными сидячими игольчатыми листьями. От стебля в почву отходят придаточные корни, а вертикально вверх растут боковые веточки, на верхушке последних образуются спороносные колоски. В них созревают споры. Высыпаясь на почву, споры прорастают в виде заростка, который живет под землей в симбиозе с грибами. На заростке в антеридиях созревают сперматозоиды со жгутиками, а в архегониях — яйцеклетки. При наличии капельно-жидкой среды происходит оплодотворение. Из образовавшейся зиготы формируется зародыш, который постепенно превращается во взрослое растение плауна. Таким образом, как и для мхов, для плаунов характерны смена способов размножения и чередование поколений. Бесполое поколение представляет само растение, а половое — заросток. Оба поколения существуют независимо друг от друга, причем доминирующим является спорофит.

Практическое значение плаунов невелико. Споры используются в медицине в качестве детской присыпки под названием «Ликоподий», а также при изготовлении таблеток для их обволакивания.

Хвощевидные насчитывают около 32 видов. Они распространены в основном в северных умеренных областях. Это многолетние корневищные растения.

Из хвощевидных чаще встречается *хвощ полевой*. У него хорошо развиты корень, стебель и листья. Стебель членистый, имеет узлы и междуузлия. У хвоща полевого различают два вида побегов — весенние и летние. Весенние побеги — бурые, бесхлорофильные, растут на корневище. На их верхушке формируются спороносные колоски, где созревают гаплоидные споры, внешне не отличающиеся друг от друга, но физиологически разные. Одни из них прорастают в мужской заросток, другие — в женский. На заростках развиваются соответственно антеридии с многожгутиковыми сперматозоидами и архегонии с яйцеклетками. При наличии влажной среды происходит оплодотворение и зигота дает начало новому растению. Летние побеги хвоща хлорофиллоносные. Они активно фотосинтезируют, в результате чего в корневище

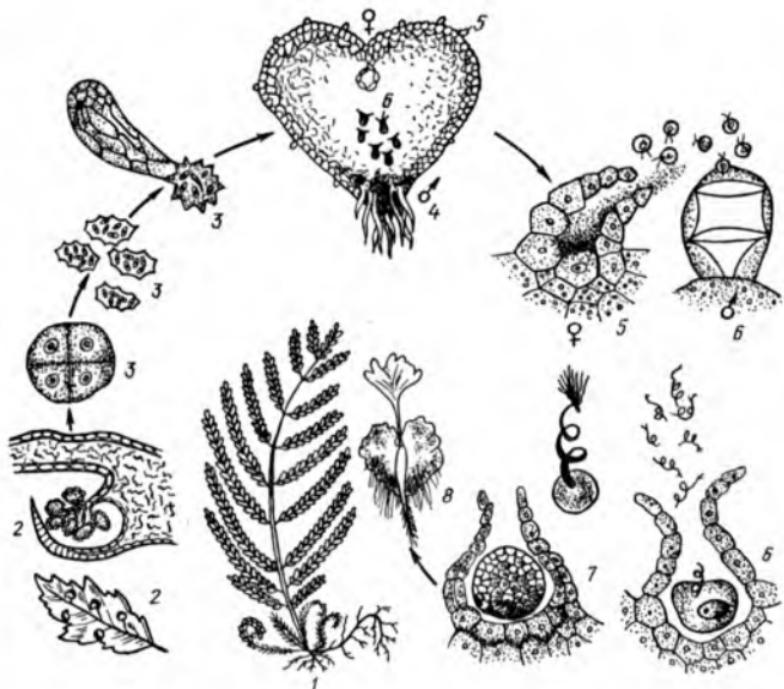


Рис. 28. Схема цикла развития папоротника:

1 — взрослое растение, 2 — группа спорангииев, 3 — споры, 4 — заросток; 5 — антеридий со сперматозоидами, 6 — архегоний с яйцеклеткой; 7 — зигота, 8 — развивающееся растение

накапливаются органические вещества. Эти побеги используются в медицине как мочегонное средство.

Папоротниковые насчитывают около 10 000 видов. Они обитают в сырых, темных лесах, оврагах, на заболоченных лугах. Это многолетние травянистые или древесные растения.

Наиболее широко распространен папоротник *щитовник мужской*. У него укороченный стебель со сближенными междуузлиями, от которых отходят длинные (до 1,5 м) дваждынепарноперисторассеченные листья, выполняющие функцию фотосинтеза и спороношения. Нижняя часть стебля переходит в мощное корневище, несущее придаточные корни. Размножается папоротник следующим образом (рис. 28). Летом на нижней стороне листа образуются буроватые бугорки. Это сидящие на коротких ножках споранги. В них формируются гаплоидные споры. Попав в благоприятные условия, споры прорастают в маленькую зеленую пластиночку сердцевидной формы диаметром в 1 см (заросток). Она прикрепляется к почке ризоидами. На нижней стороне заростка в антеридиях и архегониях развиваются сперматозоиды и яйцеклетки. Оплодотворение последних происходит при наличии влаж-

ной среды. В результате образуется зигота, из которой развивается зародыш. Он имеет первичный корешок, стебелек и лист, но какое-то время остается на заростке и питается за его счет, затем укрепляется в почве и превращается во взрослое растение.

Таким образом, при индивидуальном развитии папоротника бесполое размножение чередуется с половым. Причем бесполое поколение (спорофит) представлено мощным многолетним растением, на котором образуются споры, аовое (гаметофит) — мелким заростком, на котором формируются яйцеклетки и сперматозоиды.

Итак, щитовник мужской — равноспоровое растение, поскольку у него споры одинакового размера и при прорастании образуют обоеполые заростки. Вместе с тем необходимо отметить, что у ряда папоротниковых (селягинелла, сальвания) в одном спороносном колоске образуются и мелкие микроспоры, дающие при прорастании мужские заростки с антеридиями, и крупные мегаспоры, дающие при прорастании женские заростки с архегониями. Такие растения называются разносporовыми, а их заростки (гаметофиты) — однополыми.

О роли папоротников в природе следует сказать, что в каменноугольном периоде палеозойской эры они были представлены древовидными формами и после отмирания образовали каменный уголь. В настоящее время корневище щитовника мужского используется в медицине как глистогонное средство.

### Голосеменные

Голосеменные — высшие семенные растения, занимающие более высокое в эволюционном отношении положение, чем папоротникообразные. Это разноспоровые растения. Микроспоры (пыльца) созревают в микроспорангиях, находящихся в мужских шишках, а мегаспоры — в мегаспорангиях семязачатков, располагающихся в женских шишках. Мужские гаметы (спермии) неподвижны, они образуются в пыльниках и доставляются к яйцеклетке с помощью пыльцевой трубки при прорастании пыльцы. Прорастание мегаспоры и формирование женского гаметофита с архегониями происходит внутри семязачатка. После оплодотворения из семязачатка образуется семя. В этом заключается главное биологическое преимущество семенных растений перед споровыми, так как размножение семенем более надежно, чем спорой,

поскольку в нем содержатся многоклеточный зародыш и запас питательных веществ, необходимых для его прорастания. Спора же представляет собой лишь гаплоидную клетку.

Насчитывают около 800 видов голосеменных, произрастающих в умеренных областях земного шара. Все они — древесные растения или кустарники, имеют хорошо развитый стебель, мощную корневую систему, состоящую из главного, боковых и придаточных корней, листья в виде иголочек — хвоинки. Наиболее часто из голосеменных растений встречаются хвойные, в частности сосна, ель, лиственница, можжевельник, кедр, тис, секвойя, кипарис, туя и др. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

*Сосна обыкновенная* широко распространена в нашей стране на европейской территории, в Сибири, границы ее ареала доходят до побережья Охотского моря. Это светолюбивая, не требовательная к условиям почвы древесная порода. На песчаных и супесчаных почвах она образует леса. Здесь у нее развиваются стержневые корни, проникающие в почву, а также боковые корни, располагающиеся близко к поверхности. Выросшие в лесу сосны достигают высоты 40 м, имеют прямой ствол, покрытый красно-бурой корой. Ветви располагаются высоко, отчего кроны часто приобретают зонтиковидную форму. Встречается сосна и на сфагновых болотах, на известковых склонах. На болотах сосны низкие, с поверхностью корневой системой, тонким стволом и расположенными близко друг к другу мутовками ветвей, что говорит о небольшом приросте дерева. Узкие, игловидные листья сосны — хвоя — располагаются попарно и покрыты плотной кожицей с кутикулой. Устьица глубоко погружены в ткань листа и сравнительно немногочисленны. Все это позволяет сосне экономно расходовать влагу и выдерживать недостаток ее в почве.

В процессе размножения сосны бесполое поколение сменяется половым. На одном растении образуются мужские и женские шишки (рис. 29).

Мужские шишки состоят из оси и покрывающих ее мелких чешуек и располагаются у основания побегов. В пазухах чешуек располагаются по два микроспорангия, где образуются гаплоидные микроспоры, созревающие в пыльцу. Каждая пылинка покрыта двумя оболочками: наружной (экзина) и внутренней (интина). В двух местах между экзиной и интиной имеются воздухоносные полости,

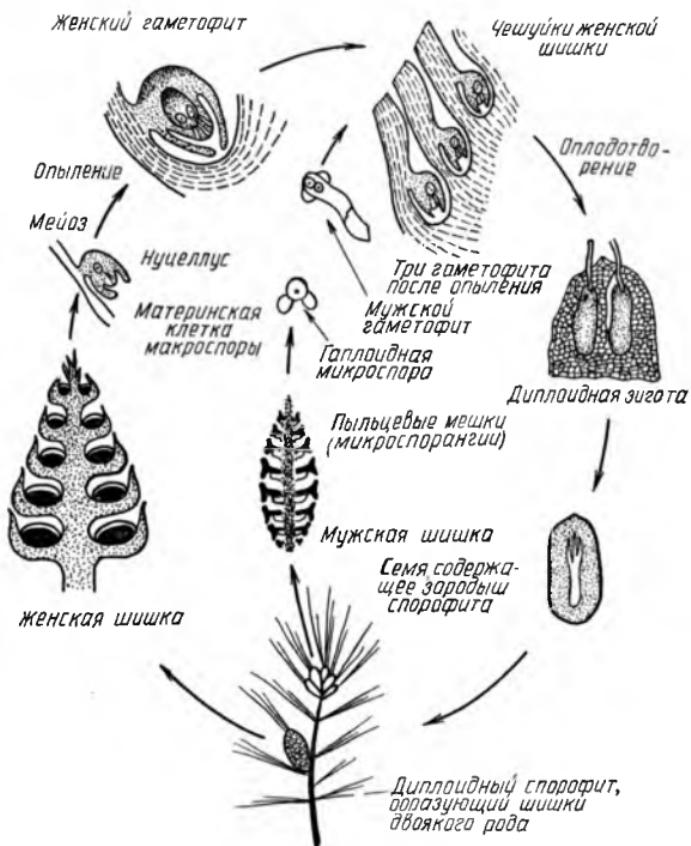


Рис. 29. Схема цикла развития сосны

за счет чего обеспечивается летучесть пыльцы. Ядро пыльники при созревании делится митозом, образуя две клетки: одна в дальнейшем формирует два спермия, другая — пыльцевую трубку. Следовательно, мужской гаметофит, образующийся при прорастании микроспор, представляет собой пыльницу.

Женские шишки формируются на верхушках молодых побегов. Они окрашены в красно-бурый цвет и состоят из оси и чешуек. Однако эти чешуйки отличаются от чешуйек мужских шишек по строению и назначению. Они подразделяются на сухие и сочные. Сухие — бесплодные, кроющие; сочные — плодущие, или семенные. У их основания образуются по два семязачатка, состоящих из нуцеллуса (ткань мегаспорангия) и покровов. В нуцеллусе выделяется одна крупная клетка, которая делится мейозом, вследствие чего появляются четыре гаплоидные клетки — макроспоры. Три из них рассасываются, а оставшаяся здесь же в нуцеллусе прорастает в женский заросток,

на котором образуются два архегония с яйцеклетками. Заросток с архегониями представляет собой женский гаметофит.

Весной пыльца ветром переносится на женские шишки и попадает на пыльцевход семязачатка. Чешуйки опыленной шишки склеиваются смолистым веществом. Созревает яйцеклетка в течение года, и только после этого срока происходит оплодотворение. Пылинка прорастает в пыльцевую трубку, по которой продвигаются два спермия. В оплодотворении участвует лишь один спермий, второй погибает. Из зиготы образуется зародыш, состоящий из корешка, почечки и зародышевых листьев. Ткань женского заростка становится эндоспермом, а покровы семязачатка — кожурой семени. Таким образом, семязачаток превращается в семя спустя почти год после оплодотворения, т. е. цикл развития сосны длится 2 года.

*Ель обыкновенная* образует на территории СССР обширные леса. Под их пологом подлесок и травяной покров почти не развиваются. Ель — теневыносливая порода. Густая пирамидальная крона ее доходит почти до земли. В таких условиях выживают только зеленые мхи. Ель более требовательна к окружающим условиям, чем сосна. Она произрастает на плодородных и достаточно увлажненных почвах. Корневая система у ели располагается в поверхностном слое почвы, поэтому сильные ветры могут вывернуть дерево с корнями. Листья у нее, как и у сосны, игольчатые, колючие, в очертании четырехугольные. Располагаются на побегах поодиночке, держатся 7—9 лет. Шишки у ели крупнее, чем у сосны (10—15 см), развиваются в течение года. Размножается ель так же, как и сосна.

*Ель сибирская* отличается от ели обыкновенной меньшими размерами шишек и формой чешуй. Распространена в южной части Сибири.

*Лиственница* получила свое название в связи с тем, что ее хвоя опадает на зиму, подобно листьям лиственных деревьев. Это одна из наиболее зимостойких древесных пород. Она выдерживает даже самые суровые морозы Сибири и Якутии (даурская и сибирская лиственница).

*Можжевельник* произрастает в подлеске сосновых и смешанных лесов, на сухих холмах и горных склонах. Это вечнозеленый кустарник с игольчатыми листьями, располагающимися по три в мутовке. Шишки у можжевельника не похожи на шишки сосны или ели. Они маленькие, нераскрывающиеся, чешуи их мясистые, сине-

вательные. Такие шишки напоминают ягоды и называются иногда шишкоягодами. Их используют как лекарственное средство.

В нашей стране хвойные леса служат основным источником строительного материала; древесина ели используется для изготовления мебели, музыкальных инструментов, в производстве бумаги и искусственного шелка; из хвои сосны получают скипидар, душистое масло, витамин С, а также канифоль. Сосна выделяет летучие вещества — *фитонциды*, пагубно действующие на многих микробов, поэтому воздух, где она произрастает, всегда чистый. Из ветвей хвойных деревьев готовят витаминную муку, которая идет на корм для животных.

### Покрытосеменные

Покрытосеменные — высшие цветковые растения, занимающие господствующее положение в современной флоре. Важнейшей особенностью их является наличие цветка, обеспечивающего созревание спор, гамет, образование семян и плодов. В отличие от голосеменных семязачатки (семяпочки) у покрытосеменных заключены в замкнутую полость завязи, поэтому пыльца попадает не на пыльцевход, а на рыльце пестика. В оболочке пыльцевых зерен появляются новые структурные элементы, усложняющие ее строение. Для покрытосеменных характерна дальнейшая редукция гаметофитов: как женский, так и мужской образуются в результате минимального числа митотических делений и развиваются быстрее, чем гаметофиты голосеменных. У них не образуются антеридии и архегонии.

Одна из характерных особенностей покрытосеменных — *двойное оплодотворение*, при котором один смерчий сливаются с гаплоидной яйцеклеткой, образуя зиготу, другой — с диплоидной центральной клеткой, образуя триплоидную первичную клетку эндосперма.

У покрытосеменных наблюдается высшая степень специализации тканей и органов, это обеспечивает приспособление их к различным средам обитания. Покрытосеменные объединяют около 250 000 видов и распространены во всех природно-климатических зонах земного шара. Подразделяются на два класса: двудольные и однодольные. *Двудольные* произошли от семенных папоротников и дали начало *однодольным*, которые в дальнейшем развивались параллельно.

Таблица 10. Отличительные признаки двудольных и однодольных

Органы	Однодольные	Двудольные
Корневая система	мочковатая	стержневая
Жилкование листьев	параллельное или дуговое одна	сетчатое, реже дуго- вое две
Количество семядолей в зародыше		
Расположение пучков в стебле	беспорядочное	круговое
Наличие образова- тельной ткани в пучках	камбия нет	камбий имеется
Число частей цветка	три или кратно трем	четыре-пять или крат- но им

К двудольным относится около 325 семейств (розовые, пасленовые, зонтичные, лютиковые и др.), к однодольным — около 65 семейств (лилейные, ирисовые, орхидные, осоковые и др.). Отличительные признаки этих классов приведены в табл. 10, характеристика основных семейств цветковых растений — в табл. 11.

### Влияние хозяйственной деятельности человека на видовое разнообразие растений

С появлением человека растительный мир на планете изменился. Человек постоянно использует растения как источник питания и как сырье для многих отраслей промышленности. Его влияние на численность и распространение растений носит как положительный, так и отрицательный характер.

Положительным аспектом во взаимоотношениях человека с природой прежде всего следует считать выведение новых сортов растений, не существовавших ранее в природе и удовлетворяющих различным потребностям человека. Расширению видового многообразия растений способствуют мелиорация земель (осушение или орошение), лесонасаждение, озеленение населенных пунктов, акклиматизация южных тропических растений, применение органических удобрений, рациональное сочетание полеводства, луговодства, лесных массивов и полос. Отрицательным аспектом влияния человека на видовое многообразие цветковых растений является загрязнение воды, почвы, воздуха ядовитыми отходами промышленных предприятий. Бесконтрольное применение удобрений, ядо-

Таблица 11. Биологические особенности и значение растений основных семейств покрытосеменных

Семейство	Представители семейства	Корневая система	Стебель	Листья	Цветки	Плоды и семена	Значение
1	2	3	4	5	6	7	8
Крестоцветные	Капуста, репа, редис, редька, желтушник, икотник, пастушья сумка и др.; травы однолетние и двулетние	Стержневая; могут быть корневые плоды	Прямостоящий, может быть укороченый	Простые, чешуйковые или сидячие; очертания кисть редные; в виде $\text{Ч}_4\text{Л}_4\text{T}_{4+2}\text{П}_1$ розетки	Одиночные или в соцветии кисть	Плод — стручок или стручочек	Различные сорта капусты, редиса, редьки используют в пищу; репу, турнепс, брюкву — как кормовые; левкои — декоративные; пастушья сумка — лекарственное растение
Розовые	Деревья, кустарники и полукустарники, травы многолетние	Стержневая	Прямостоящий, стелющийся, ползучий	Непарноперистосложные или простые; очередные	Одиночные или в соцветии кисть и др.	Плоды — костянки, зонтик, щиток, орешки, семянки и др.	Вишня, яблоня, груша, слива, малина, земляника — плодовые и ягодные культуры; роза, сирень, черемуха — декоративные; шиповник, кровохлебка, лапчатка — лекарственные растения

	1	2	3	4	5	6	7	8
Бобовые	Деревья, кустарники, травы одно- и много-летние	Стержневая; могут быть в симбиозе с беньковыми бактериями	Прямостоячий, вьющийся, стелющийся и биозе с клубнями	Простые и сложные (парно и непарно-перисто-сложные)	Одиночные или в соцветиях кисть, головка	Плод — боб, семена соя — пищевые	Горох, фасоль, клевер, люцерна, люпин — кормовые; белая и желтая акация — декоративные; термопсис, донник — лекарственные растения; все бобовые — зеленые удобрения	
Пасленовые	Травянистые, одно- и много-летние растения	Стержневая с развитыми придаточными корнями	Прямостоячий, подземный, образует столоны с клубнями на концах	Простые, очередные, перисторассеченные	Одиночные кисть	Плод — ягода или коробочка	Картофель, томаты — пищевые растения; петуния, душистый табак — декоративные; белена, дурман, белладонна — ядовитые, использующиеся как лекарственные растения	
Сложно-цветные	Травянистые однолетние	Стержневая с развитыми прикорневыми	Прямостоячий, ползучий, рассеченные, укороченный и лопастные,	Простые, рассеченные, 4 типа цветков	В соцветиях-корзинках; 4 семянки	Плоды — ник — пищевое	Подсолнечник — хохлаткой	

1	2	3	4	5	6	7	8
		даточными др. корнями; могут быть в симбиозе с клубень- ковыми бак- териями	цельные, редные	оче- редные	язычковые, ложноязычко- вые, трубча- тые, воронко- видные; чашеч- ка редуцирова- на; тычинок 5; лепестков 5		хризантемы — декоративные; одуванчики, мать-и-мачеха, календула, васи- лек, пижма, чере- да — лекарствен- ные растения; осот, полынь, чер- тополох — сор- няки
Злаки	Одно-, дву- и многолетние тая травы	Мочковато- полый, невет- вящийся, с длинными междоузлиями стебель	Соломина — влагалищные с дуговым или лос; параллельным жилкованием	Простые, влагалищные с сложный ко- дуговым или лос; параллельным жилкованием	В соцветиях Плод — зерновка; чашечка семена с редуцирована, мучнистым венчик видоиз- менен в 2 цвет- ковые чешуи; тычинок 3 на длинных тычи- ночных нитях, пестик 1		Рожь, пшени- ца, ячмень, овес, кукуруза — хлебные злаки, возделываются их многочислен- ные сорта; ов- сяница, костер, мятлик, ежа, ти- мофеевка — кор- мовые растения; овсянка, пырей — сорняки; души- стый колосок — лекарственное растение

Окончание табл. 11

1	2	3	4	5	6	7	8
Лилейные	Одно-, дву- и многолетние травы	Мочковатая	Прямостоячий; подземные побеги видоизменены в клубнелуковицы	Цельные, простые, крупные с дуговым или параллельным жилкованием	Одиночные или в соцветиях кисть, зонтик, метелка; редуцированы	Плод — ягода или листья — декоративные	Тюльпаны, лилии — декоративные
Луковые	Дву- и многолетние травы	Мочковатая	Прямостоячий; подземные побеги видоизменены в луковицы	Цельные, простые, ремневидные или невидимые	В соцветиях головка, зонтик или трубчатые	Плод — коробочка	Лук, чеснок — пищевые растения, богаты фитонцидами
Ландышевые	Многолетние травы	Мочковатая	Прямостоячий; безлистные, подземные побеги видоизменены в корневища	Прикорневые, ланцетные, на длинных черешках	В соцветиях кисть, спайно-ягода	Плод — ягода	Ландыш, вороний глаз — лекарственные растения

химиков приводит к тому, что исчезают не только отдельные растения, но и крупные растительные сообщества. Поэтому сегодня в комплексе проблем охраны природной среды особая роль принадлежит охране растительного мира.

Автотрофные растения как единственные созиатели материи занимают исключительное положение среди прочих компонентов биосфера. Практически решение всех задач охраны природы прямо или косвенно связано с охраной ее важнейшего звена — растительного мира. Ни рациональное использование природных ресурсов, ни оптимизация ландшафта, ни создание сети охранных территорий не дадут полного эффекта, если будет допущено оскудение флоры земного шара.

Проблема сохранения всего генофонда мировой флоры имеет огромное самостоятельное значение. Во-первых, полезные свойства растений изучены недостаточно. До сих пор человечество использует в своей хозяйственной деятельности лишь ничтожную часть богатств растительного царства. Нет сомнения в том, что многие растения, считающиеся сейчас «бесполезными» или даже «вредными», в последующем окажутся важными источниками лекарственного или технического сырья либо носителями иных ценных для человека свойств и продуктов. Во-вторых, сохранение всего генофонда мировой флоры необходимо для развертывания селекционной работы, поскольку чем большим материалом будут располагать генетики и селекционеры, тем эффективнее будет их деятельность.

В СССР осуществляется комплекс мероприятий по сохранению редких видов растений. Это создание заповедников, заказников, национальных парков, в которых поддерживаются оптимальные условия для развития растений. Первый национальный парк в СССР был создан в 1971 г. в Эстонии. На 1985 г. в СССР функционировало 13 национальных парков, среди них Лахемааский, Севан, Ала-Арча, Карпатский и др. Кроме того, ведется Красная книга каждой союзной республики. В Красную книгу БССР занесено около 100 растений, среди них печеночница благородная, ландыш майский, адonis весенний и др.

Необходимость сохранения всего генофонда растений нашей планеты очевидна как с общехарактеристических, так и с практических позиций. В статье 67 Конституции СССР указано, что охрана природы, в том числе и растительного мира, — долг каждого гражданина СССР.

## Развитие растительного мира на Земле

Развитие растительного мира тесно связано с историей Земли. В слоях земной коры различного геологического возраста находят отпечатки когда-то существовавших растений, их споры и пыльцу. По этим данным воспроизводится эволюция растительного мира в различные геологические эры.

Самая древняя эра — *архейская* — почти не оставила следов жизни, но в конце ее предполагается появление бактерий и синезеленых водорослей, так как в осадочных слоях земной коры этого возраста найдены породы органического происхождения (мрамор, известняк и др.). Жизнь сосредоточивалась в воде, и в начале *протерозойской* эры произошел крупный ароморфоз — возникновение фотосинтеза, который разделил единый ствол жизни на два — растения и животные. Первыми древнейшими растениями считаются одноклеточные автотрофные жгутиковые организмы, колониальные формы которых явились предками многоклеточных водорослей. К концу *протерозойской* эры растительный мир был представлен одноклеточными и многоклеточными зелеными, бурыми, красными водорослями.

В *палеозойскую* эру в кембрийском периоде жизнь по-прежнему существовала только в воде, и среди растений были распространены крупные многоклеточные водоросли с расчлененным слоевищем, что увеличивало поверхность соприкосновения с водой, откуда они получали питательные вещества. В силурийском периоде произошли крупные горообразовательные процессы и появились участки суши. В связи с этим у прибрежных водорослей возникли приспособления к жизни вне воды: специализировались покровная, механическая и проводящая ткани, возникли ризоиды, на стебле сформировались чешуевидные листья, приспособленные для фотосинтеза и газообмена. Так образовалась группа первых наземных растений — *пцилофиты*. В девонском периоде *пцилофиты* постепенно исчезают и дают начало споровым растениям — плауновидным, хвощевидным и папоротниковым. Кроме *пцилофитов*, от водорослей произошли мхи — обособленная группа высших растений, существующая в настоящее время и считающаяся тупиковой ветвью эволюции. Каменноугольный период характеризуется расцветом древних папоротникообразных, имеющих ряд преимуществ: хорошо развитую корневую систему, про-

водяющие ткани, листья. Климат этого периода был теплый, влажный, что способствовало пышному развитию лесов из гигантских папоротников, древовидных хвощей и плаунов. Подлесок составляли травянистые папоротникообразные. Такая растительность обогащала атмосферу кислородом, способствовала образованию плодородных почв. В каменноугольных лесах появились первые семенные папоротники, что явилось прогрессивным изменением в эволюции растительного мира. К концу каменноугольного периода влажный климат сменился сухим в связи с усилением горообразования. В этих условиях древовидные папоротникообразные стали вымирать, так как оплодотворение их связано с водой и для жизни заростка необходима влажная почва; лишь в сырых тенистых местах сохранились их травянистые формы. Господствующее положение занимают голосеменные растения, оплодотворение которых происходит без участия воды, а для размножения имеется семя, где зародыш защищен от неблагоприятных влияний и содержит запас питательных веществ. Вымершие леса каменноугольного периода и образовали месторождения каменного угля. В пермском периоде палеозойской эры продолжается расцвет голосеменных растений, среди которых появляются предки современных хвойных.

В мезозойскую эру на Земле установился резко континентальный климат, благоприятствующий развитию голосеменных растений. В триасовом и юрском периодах преобладали голосеменные хвойные растения, образующие леса. Из споровых сохранились травянистые папоротники, хвощи и плауны. В меловом периоде климат стал более засушливым, яркие солнечные лучи достигали полога лесов. В таких условиях возникли покрытосеменные растения, обладающие новыми полезными признаками: семена развиваются внутри плода в результате двойного оплодотворения, цветки приспособлены к опылению, имеется большая поглощающая поверхность листьев и корней. К концу мезозойской эры уже были двудольные и однодольные растения, широко распространенные по сухе в виде лесов из пальм, магнолий, платанов. Число голосеменных резко сокращается, но они не исчезают, а продолжают развиваться параллельно с покрытосеменными.

В начале кайнозойской эры (палеоген) в различных климатических зонах продолжают распространяться покрытосеменные. Теплый климат благоприятствовал развитию тропической растительности; далеко на севере

также произрастали вечнозеленые леса. К концу палеогена в результате горообразовательных процессов на местах теплых морей возникли горные хребты Кавказа, Крыма, Карпат и др. Резкое понижение температуры способствовало развитию листопадных растений — клена, липы, тополя, дуба и др. На месте лесов появились травянистые степи. В *неогене* происходит эволюция покрытосеменных по принципу идиоадаптаций к различным средам обитания и способам опыления. В конце неогена и начале антропогена со Скандинавских гор спустились ледники, дождевые до хребтов Кавказа, Крыма, до Каспийского моря и Уссурийского края. Они резко изменили растительность нашей страны: появились холодостойкие травы, кустарники, деревья. После отступления ледников на север образовались территории с засушливым климатом, на которых лесная растительность сменилась степной, полупустынной и пустынной.

В *антропогенезе* в результате деятельности человека происходит окончательное формирование современного растительного мира, возникновение и распространение культурных растений.

### Вопросы для самоконтроля

1. Каковы строение и формы бактериальных клеток? 2. Особенности питания и размножения бактерий. Назовите бактерии — сапрофиты и паразиты. 3. Чем объясняется повсеместное распространение бактерий и их способность выдерживать неблагоприятные условия? 4. Роль бактерий в круговороте веществ в природе. 5. Назовите бактериальные болезни человека и животных. 6. Перечислите меры борьбы с болезнетворными бактериями. 7. Каковы признаки грибов? 8. Опишите плесневые грибы. 9. Особенности питания грибов. 10. Дайте характеристику грибам-паразитам. 11. Роль грибов в природе и хозяйстве. 12. Какие организмы называются лишайниками? 13. Назовите формы лишайников. 14. Опишите строение тела лишайника. 15. Перечислите способы размножения лишайников. 16. Значение лишайников в природе и народном хозяйстве. 17. Какое место в эволюции растений занимают водоросли? 18. Укажите известные Вам отделы водорослей. 19. Чем отличаются по строению хламидомонада и хлорелла, плеврококк, улотрикс и спирогира? 20. Каковы особенности размножения улотрикса и спирогиры? 21. Чем отличается разнообразная окраска водорослей? Какое значение она имеет для водорослей? 22. Значение водорослей в природе и жизни человека. 23. По каким признакам мхи относятся к высшим растениям? 24. Как происходит размножение мхов? 25. Чем отличаются по строению кукушкин лен и сфагнум? 26. Как образуется торф? 27. Значение торфа в народном хозяйстве. 28. Чем отличаются папоротникообразные от моховидных? 29. Назовите отделы папоротникообразных. 30. Каковы особенности внешнего строения плаунов, хвощей, папоротников? 31. Опишите цикл развития папоротника. 32. При каких условиях и когда образовался каменный уголь? 33. Где используются плауны, хвощи, папоротники? 34. Эволюционное значение

папоротникообразных. 35. Дайте общую характеристику голосеменных растений. 36. Где расположены у сосны пыльники и семяпочки? 37. Как происходит опыление и оплодотворение у сосны? 38. Как приспособливаются хвойные растения к водному режиму? 39. Значение хвойных в природе и народном хозяйстве. 40. Дайте общую характеристику покрытосеменных растений. 41. Назовите отличия одно- и двудомных растений. 42. Охарактеризуйте основные семейства однодольных и двудольных растений. 43. Как влияет деятельность человека на многообразие цветковых растений? 44. Перечислите мероприятия, направленные на сохранение генофонда флоры. 45. В какой геологической эре появились прокарионы? 46. Охарактеризуйте развитие растительного мира в протерозойскую эру. 47. Какие крупные изменения произошли у растений в палеозойскую эру? 48. Укажите направления эволюции растений в мезозойскую эру. 49. Каковы особенности формирования растительного мира в кайнозойскую эру?

## **Раздел третий. ЖИВОТНЫЕ**

Наука, изучающая строение и жизнедеятельность животных, их многообразие и распространение, связь со средой обитания, закономерности индивидуального и исторического развития, называется зоологией. Внешнее и внутреннее строение животных изучают такие морфологические дисциплины, как цитология, гистология, эмбриология, анатомия; жизнедеятельность, т. е. процессы, протекающие в организме (питание, пищеварение, дыхание, выделение, кровообращение, деятельность нервной системы, поведение и др.), — физиология. Закономерности распределения животных по земному шару в зависимости от условий среды обитания описывает зоогеография; взаимоотношения животных с окружающей средой, а также приспособления к ней, обеспечивающие их развитие, выживание, размножение и расселение, исследует экология. Закономерностями наследственности и изменчивости животных занимается генетика; описанием различных организмов и установлением между ними родственных отношений — систематика. Таким образом, зоология представляет комплекс биологических наук, тесно связанных друг с другом.

Исследования в зоологии проводят следующими методами: историческим — позволяет понять ход эволюционного развития животного мира от низших к высшим организмам; сравнительным — опирается на данные сравнительной анатомии, эмбриологии, физиологии и показывает единство происхождения животного мира; палеонтологическим — выявляет связь между вымершими и ныне существующими организмами; экспериментальным — дает возможность изучить физиологические функции организма, понять роль экологических факторов в развитии организма и математическим — позволяет проводить биометрическую обработку экспериментальных данных.

В настоящее время описано около 2 млн видов животных, которые различаются по строению, образу жизни,

Таблица 12. Характерные отличия животных и растений

Признак	Животные	Растения
Тип питания	гетеротрофное	автотрофное
Способ питания	пища заглатывается активно, поступает через рот в пищеварительную полость	осмотическим путем; органы пищеварения отсутствуют
Рост организма	ограниченный до определенных размеров тела и возраста	неограниченный за счет образовательной ткани
Раздражимость	в виде таксисов (при отсутствии нервной системы) и рефлексов (при наличии нервной системы)	в виде тропизмов и настий
Способность к активным движениям	как правило, способны к активным движениям, не прикреплены к субстрату; если и прикреплены, то это вторичное явление	отсутствует; большинство растений ведет прикрепленный образ жизни
Строение клетки	плотной оболочки нет  вакуолей с клеточным соком нет; у простейших имеются более мелкие вакуоли, выполняющие пищеварительные и выделительные функции  клеточный центр имеется, участвует в делении  пластид нет запасной углевод гликоген	оболочка плотная, состоит из целлюлозы  имеются крупные вакуоли с клеточным соком  клеточный центр отсутствует  пластиды имеются запасной углевод крахмал

происхождению (табл. 12). Среди них есть как микроскопические организмы (простейшие), так и очень крупные индивиды (млекопитающие, в частности слон, кит).

Животные делятся на беспозвоночных и позвоночных. Беспозвоночные не имеют осевого скелета. К ним относятся простейшие, кишечнополостные, плоские, круглые и кольчатые черви, моллюски, членистоногие. Позвоночные имеют осевой скелет и объединяют всех хордовых. Различают также холоднокровных животных, не способных регулировать температуру тела (все беспозвоночные, а из позвоночных — рыбы, земноводные и пресмыкающиеся), и теплокровных (птицы, млекопитающие).

Животные заселили почву, сушу, водную и воздушную среды.

Взаимоотношения животных с другими организмами сложны и определяются пищевыми связями. Животные могут быть растительноядными, плотоядными (хищными) и всеядными. Иногда взаимоотношения животных носят характер симбиоза или паразитизма.

Зоология служит научной основой охраны и использования животного мира, для разработки мер по регуляции численности видов, наносящих ущерб сельскохозяйственным и лесным растениям.

Значение животных в природе и хозяйстве разнообразно. Они играют положительную роль в опылении растений, распространении семян, почвообразовании, в разрушении трупов, остатков отмерших растений и т. п. Животные имеют большое значение в жизни человека. Многие из них используются в пищу, как сырье для промышленности, около 40 видов человек одомашнил. Некоторые виды (лягушка, мышь, крыса, кролик, собака и др.) применяются в научных и учебных целях. Накопленные знания о принципах строения органов животных легли в основу разработки новых технических конструкций при строительстве самолетов, подводных лодок и позволили сформировать новое направление в современной биологии — бионику. Вместе с тем ряд животных приносит человеку вред. Так, некоторые виды простейших, плоских и круглых червей, членистоногих являются возбудителями заболеваний человека и домашних животных, а кровососущие членистоногие выступают в роли их переносчиков.

Мир животных, населяющих нашу планету, разнообразен, его относят к надцарству Ядерные организмы (Эукариоты), царству Животные. В царстве Животные выделяют два подцарства — Простейшие и Многоклеточные. Подцарства животных делят на типы, типы — на классы, классы — на отряды, отряды — на семейства, семейства — на роды, роды — на виды. При выделении какой-либо группы животных в отдельный тип учитываются определенные признаки их строения (количество клеток, образующих организм; число зародышевых листков; тип симметрии тела; наличие полости тела, хорды и др.), а также степень их родства. Общепринятой систематики животных организмов пока не создано. Поэтому число выделяемых типов в каждом подцарстве, как и количество входящих в них видов, часто неодинаково по разным классификациям.

## Глава 10. ТИП ПРОСТЕЙШИЕ

Простейшие — это эукариотные одноклеточные организмы различной формы, размеры которых колеблются от 2—3 до 50—150 мкм и даже до 1—3 мм. Тело простейшего содержит структуры как клеточного (ядро, цитоплазма, мембрана, митохондрии и др.), так и организменного (пищеварительная и сократительная вакуоли, светочувствительный глазок и др.) уровней. Органами передвижения у них служат ложноножки, жгутики, реснички. Питание простейших осуществляется либо путем заглатывания твердых органических частиц через специальную клеточную глотку (у инфузорий), либо осмотически (всей поверхностью тела). Они обладают раздражимостью, проявляющейся в виде *таксисов*. Размножаются простейшие бесполым или половым способом. У некоторых видов наблюдается чередование полового и бесполого размножения. При неблагоприятных условиях большинство простейших превращается в *цисты*, т. е. покрывается защитной оболочкой.

В типе насчитывается свыше 40 000 видов. Простейшие встречаются в морях и океанах, пресных водоемах и в почве. Они выполняют различные функции: активно участвуют в круговороте веществ, очищают воду от бактерий и гниющих органических веществ, влияют на почвообразовательные процессы, служат пищей для более крупных беспозвоночных. Среди простейших есть и паразитические виды, являющиеся возбудителями заболеваний человека и животных (дизентерийная амеба, балантидий, трипаносомы, лейшмания, малярийные плазмодии и др.).

Тип Простейшие подразделяют на четыре класса: Корненожки, Жгутиковые, Инфузории и Споровики.

### Класс Корненожки

К данному классу относятся одноклеточные животные, которым свойственна непостоянная форма тела. Это связано с образованием ложноножек, служащих для передвижения и захвата пищи. Многие корненожки имеют внутренний или наружный скелет в виде раковин. После их смерти эти скелеты оседают на дно водоемов и образуют ил, постепенно превращающийся в мел. Большинство корненожек являются обитателями морей, но среди них встречаются пресноводные, почвенные, а также

паразитические виды. Класс включает около 1100 видов.

Типичный представитель этого класса — амеба *обыкновенная* (рис. 30, а). Она живет в пресных водоемах, в почве, имеет вид цитоплазматического комочка размером 200—700 мкм. Тело ее состоит из цитоплазмы и ядра, не имеет раковины, постоянной формы. В протоплазме выделяется наружный, более вязкий (эктоплазма) и внутренний зернистый, более жидкий (эндоплазма) слой. Амеба способна в любой части тела образовывать ложноножки различной формы и таким образом передвигаться. Наталкиваясь при этом на объекты питания (бактерии, одноклеточные водоросли и др.), она охватывает их ложноножками так, что они оказываются внутри тела. Вокруг заглоchenного кусочка образуется пищеварительная вакуоль и начинается всасывание питательных веществ. Специального органоида дыхания у амебы нет. Необходимый для жизни кислород она поглощает всей поверхностью тела. Конечные продукты жизнедеятельности (углекислый газ и другие вредные вещества и непереваренные остатки пищи) выделяются с водой через пульсирующую вакуоль. При воздействии внешних раздражителей (свет, изменение химического состава среды) амеба отвечает двигательной реакцией (таксис), которая в зависимости от направления движения может быть положительной либо отрицательной. Размножается амеба бесполым путем (митозом). При неблагоприятных условиях она инцистируется (рис. 30, б).

Среди других представителей корненожек следует отметить *кишечную* и *дизентерийную* амебы, обитающие в толстом кишечнике человека. Кишечная амеба безвредна, питается бактериями и содержимым кишечника, может образовывать крупные восьмиядерные цисты. Дизентерийная амеба является паразитом кишечника, может вызвать язвенное поражение стенки толстой кишки. Человек заражается ею при употреблении немытых овощей и фруктов, некипяченой воды, в которых содержатся мелкие четырехъядерные цисты. Из последних в организме выходят мелкие паразиты, превращающиеся затем в крупные формы. Они внедряются в слизистую оболочку кишечника, разрушают кровеносные сосуды, в результате чего и образуются язвы, проявляющиеся кровавым поносом.

## Класс Жгутиковые

К данному классу относятся одноклеточные животные с вытянутой овальной или грушевидной формой тела, характерным признаком которых является наличие особых органелл движения — *жгутиков* (тонкие цитоплазматические выросты). Своим основанием жгутик прикреплен к особому образованию — базальному тельцу. Количество жгутиков у разных видов колеблется от 1 до 8. Ядро клетки пузырьковидной формы, содержит одно или несколько ядрышек. У многих видов имеются сократительные вакуоли.

По способу питания жгутиковые подразделяются на автотрофы, поскольку имеют хлорофилл, и гетеротрофы. Некоторые виды совмещают автотрофный и гетеротрофный способы питания, что позволяет относить их к переходным формам от растений к животным. Размножаются жгутиковые продольным делением. Имеются не только одиночные, но и колониальные формы. Жгутиковые играют важную роль в жизни водоемов, в круговороте веществ в природе. Класс включает более 6000 видов.

Типичным представителем одиночных форм является *эвглена зеленая* (рис. 30, в). Форма тела у нее веретеновидная, постоянная благодаря уплотнению наружного слоя цитоплазмы. На переднем конце тела эвглена зеленой имеется тонкий жгутик, за счет вращения которого она передвигается. В цитоплазме клетки располагаются ядро, пульсирующие вакуоли и несколько хроматофоров, содержащих хлорофилл, в результате чего на свету эвглена может питаться автотрофно, как растение. Освещенные места эвглена отыскивает с помощью светочувствительного глазка, находящегося также на переднем конце тела. При отсутствии света эвглена переходит к гетеротрофному питанию готовыми органическими веществами, всасывая их всей поверхностью тела. Процессы дыхания, выделения, размножения, раздражимости, цистообразования сходны с таковыми у амебы.

Представитель колониальных видов жгутиковых — *вольвокс* (рис. 30, г). Он имеет шаровидную форму тела, состоящую из нескольких сотен мелких грушевидных клеток, каждая из которых имеет по два жгутика. Диаметр шара 1—2 мм. Полость его заполнена студенистым веществом. Все клетки вольвокса соединены между собой цитоплазматическими мостиками, что обеспечивает возможность координации движения жгутиков. У вольвокса

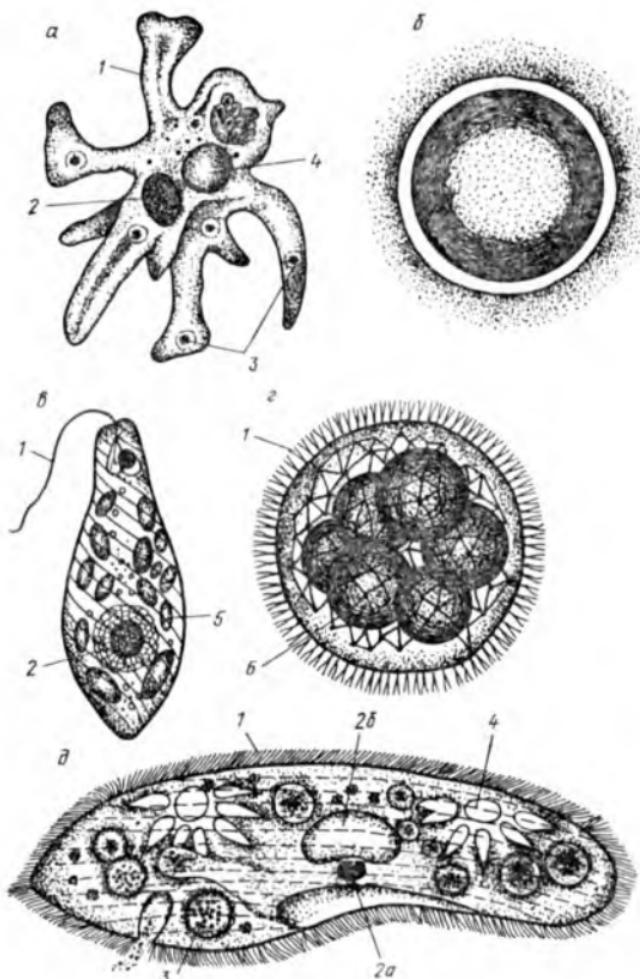


Рис. 30. Свободноживущие простейшие:

а — амеба; б — циста амебы; в — эвглена; г — вольвокс; д — инфузория. 1 — органоиды передвижения; 2 — ядро; 2а — малое ядро; 2б — большое ядро; 3 — пищеварительная вакуоль; 4 — выделительная вакуоль; 5 — хлоропласты; 6 — дочерние колонии вольвокса

уже наблюдается разделение функции клеток колонии. Так, на одном полюсе колонии, которым она движется вперед, имеются клетки с более развитыми светочувствительными глазками, а в нижней части колонии (где глазки слабо развиты) располагаются клетки, способные к делению (клетки размножения).

Колониальные жгутиковые (вольвокс, пандорина, эвдорина и др.) рассматриваются как переходные формы от одноклеточных к многоклеточным организмам.

Ряд жгутиковых (трипаносомы, лейшмания, лямблии, трихомонады и др.) являются паразитами человека и животных, возбудителями тяжелых заболеваний.

## Класс Инфузории

Это наиболее высокоорганизованные простейшие, обитающие в пресных и морских водоемах, во влажной почве. Некоторые виды являются паразитами человека и животных. У инфузорий разных видов разнообразная форма тела, но чаще удлиненная, обтекаемая. Органоидами передвижения у них служат реснички. Для инфузорий характерно наличие не менее двух разных по размеру ядер, выполняющих различные функции. Размножаются инфузории бесполым и половым способами. Класс объединяет свыше 5000 видов.

Типичным представителем является *инфузория-туфелька*, обитающая в пресных водоемах (рис. 30, д). По форме тела она напоминает подошву туфли, в длину достигает 0,1—0,3 мм, покрыта равномерными рядами ресничек, за счет колебания которых передвигается. В цитоплазме инфузории отчетливо различаются эктоплазма и эндоплазма. В эктоплазме располагаются органеллы нападения и защиты (трихоцисты), в эндоплазме — два ядра (большое и малое) и системы пищеварительных, а также выделительных органоидов. На брюшной стороне туфельки имеется небольшое углубление, ведущее в ротовое отверстие, которое окружено ресничками, загоняющими в него вместе с током воды пищевые частицы (бактерии, одноклеточные водоросли). Рот ведет в глотку — короткий канал, выстланный ресничками. Пищевые частицы поступают в эндоплазму, где вокруг них образуется пищеварительная вакуоль, которая затем начинает медленно двигаться по телу инфузории. Непереваренные остатки пищи выбрасываются наружу через особую пору в эктоплазме (порошицу). Сократительных вакуолей у туфельки две. Они выполняют функции осморегуляции, выделения и дыхания.

Инфузория-туфелька размножается как бесполым, так и половым путем. При бесполом размножении клетка перешнуровывается пополам по экватору. Половой процесс представлен конъюгацией, заключающейся во временном соединении двух особей ротовыми отверстиями и в обмене частями их ядерного аппарата с небольшим количеством цитоплазмы. В процессе конъюгации большое ядро каждой особи разрушается, а малое делится путем мейоза на четыре части. Три из этих частей также разрушаются, а четвертая делится митотически и в результате образуются два гаплоидных ядра. Одно из них (ста-

ционарное) остается в материнском организме, а другое (миграционное) переходит по цитоплазматическому мостику в тело партнера. Затем миграционные ядра сливаются со стационарными и инфузории расходятся. Новое ядро делится на две неравные части, вследствие чего образуются большое и малое ядра. Конъюгация, как уже указывалось, не приводит к увеличению числа особей, а обеспечивает обмен генетическим материалом двух особей и таким образом повышает жизнеспособность организма, его приспособленность к окружающей среде.

Среди паразитических инфузорий определенный интерес представляет *балантидium*, обитающий в кишечнике человека, свиньи. В результате его жизнедеятельности изъязвляется слизистая оболочка, разрушаются кровеносные сосуды. Заболевание проявляется кровавым поносом. При неблагоприятных условиях паразиты превращаются в цисты, которыми человек заражается при несоблюдении правил личной гигиены.

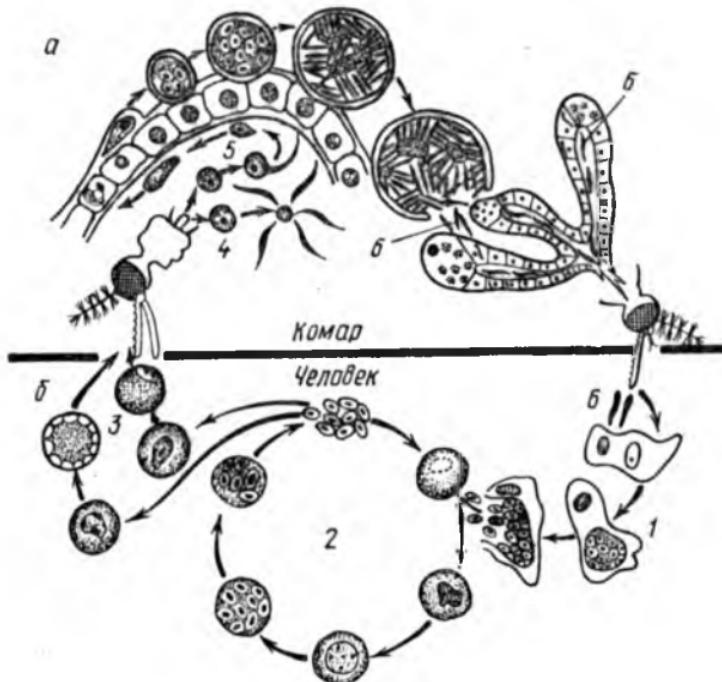
## Класс Споровики

Этот класс представляет собой группу простейших организмов, ведущих исключительно паразитический образ жизни в клетках человека и животных. Тело состоит из мелкой овальной или вытянутой в длину клетки, лишенной органоидов движения и пищеварения. Питание, дыхание, выделение осуществляются всей поверхностью тела. Размножение происходит либо только половым путем, либо с чередованием полового и бесполого поколения. Нередко при размножении наблюдается образование спор (зародышей, окруженных плотной оболочкой), что послужило основанием для названия класса, включающего около 4000 видов.

К классу споровиков относятся возбудители малярии человека — малярийные плазмодии, которых известно четыре вида.

Цикл развития *малярийного плазмодия* (рис. 31) очень сложный и осуществляется со сменой двух хозяев: промежуточного (человек) и окончательного (самки малярийных комаров). При этом у возбудителя происходит чередование бесполого (в теле человека) и полового (в теле самки малярийного комара) размножения. В организм человека плазмодии попадают при укусе самки малярийного комара со слюной. Они сначала проникают в клетки печени, а затем в эритроциты, где развиваются

## Окончательный хозяин



## Промежуточный хозяин

Рис. 31. Цикл развития малярийного плазмодия:

а — в организме окончательного хозяина; б — в организме промежуточного хозяина.  
 1 — в клетках печени; 2 — в эритроцитах; 3 — незрелые половые клетки; 4 — гаметы;  
 5 — зигота; 6 — спорозоиты.

и размножаются бесполым путем. При этом большое количество эритроцитов разрушается. Человек, болеющий малярией, опасен для окружающих, так как комар, укусив его, заглатывает вместе с кровью незрелые половые клетки паразита. В желудке комара они превращаются в мужские и женские гаметы, которые после оплодотворения образуют зиготу. Последняя внедряется в стенку желудка комара и подвергается множественному делению. Образовавшиеся в процессе деления клетки, так называемые *спорозоиты*, попадают в слюнные железы комара. С этого момента последний при укусе может заразить человека малярийным плазмодием.

У людей, страдающих малярией, развивается малокровие. Периодически, каждые 2—3 дня (в зависимости от вида возбудителя), появляется озноб, повышается температура (до 40 °С). В некоторых случаях наступает смерть.

Малярия широко распространена во всем мире. Ежегодно ею болеют до 350 млн человек. Массовым заболеванием малярия была и в нашей стране. Однако к 1960 г.

благодаря проведенным среди населения в очагах лечебно-профилактическим и санитарно-просветительным мероприятиям она перестала представлять угрозу. СССР стал первой страной в мире, ликвидировавшей малярию как массовое заболевание. Опыт борьбы с малярией, разработанный советскими учеными, используется для ликвидации заболевания в странах Африки, Латинской Америки, Южной Азии.

### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение зоологии как науки. Назовите комплекс биологических наук, составляющих зоологию. 2. Перечислите методы и задачи зоологии. 3. На основании какого признака животных делят на беспозвоночных и позвоночных? 4. Назовите характерные отличия животных от растений. 5. На какие группы делят животных в зависимости от способа питания? 6. Значение животных в природе и жизни человека 7. Какие подцарства образуют царство животных? 8. Дайте общую характеристику и классификацию типа простейших. 9. Характерные признаки саркодовых. 10. Что такое циста? Когда она образуется? 11. Перечислите признаки жгутиковых. 12. Укажите способы питания у эвглены зеленой. 13. Почему вольвокс рассматривается как переходная форма? 14. Опишите строение инфузорий на примере туфельки. 15. Опишите половое размножение инфузорий. В чем его особенности? 16. Особенности класса споровиков. 17. Цикл развития малярийного плазмодия. 18. Расскажите о ликвидации малярии в СССР

## Глава 11. ТИП КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ

Кишечнополостные — это низшие многоклеточные животные, обитающие в морях и пресных водоемах. Для них характерна радиальная симметрия тела. Стенка тела образована двумя слоями клеток: наружным — эктодермой и внутренним — энтодермой, между которыми располагается мезоглея. Клетки тела дифференцируются в зависимости от выполняемой ими функции. У кишечнополостных впервые появляется нервная система. Она представляет собой разбросанные в теле нервные клетки, соприкасающиеся между собой отростками. Тело мешковидное, с одним ротовым отверстием, ведущим в кишечную полость, где под влиянием ферментов происходит переваривание пищи. Мелкие частицы пищи могут захватываться также клетками энтодермы и перевариваться внутриклеточно. Через ротовое отверстие происходит и выбрасывание непереваренных остатков пищи.

Размножаются кишечнополостные как бесполым, так и половым путем. Среди них встречаются и раздельно-

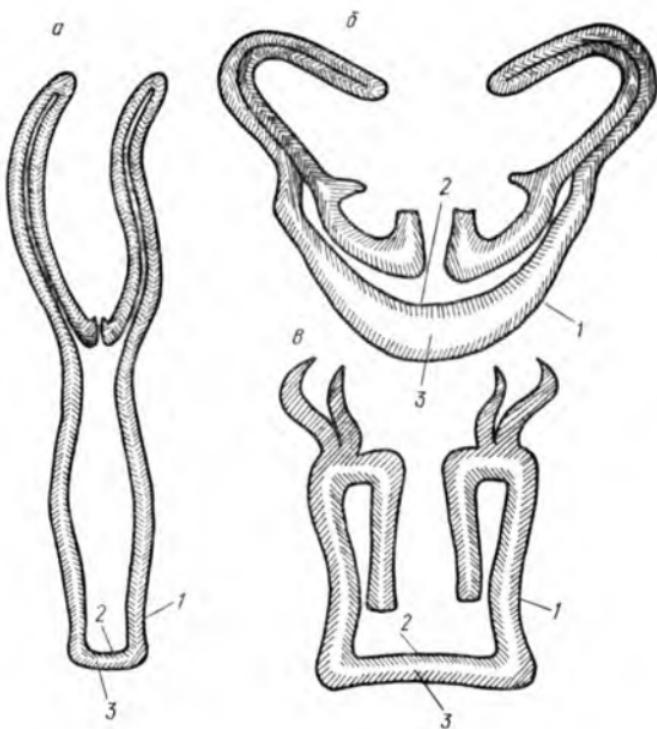


Рис. 32. Схемы строения кишечнополостных:  
а — гидра; б — медуза (перевернута); в — актиния. 1 — эктодерма; 2 — мезоглея; 3 — эндодерма

полые животные, и гермафродиты (организмы, имеющие женские и мужские органы размножения). Половые клетки выводятся в водную среду, где и происходит оплодотворение. У многих кишечнополостных наблюдается смена бесполого и полового поколений. Бесполое поколение представляют прикрепленные ко дну полипы, половое — свободноплавающие медузы. Некоторые же виды существуют либо в виде полипа, либо в виде медузы.

Многие кишечнополостные способны легко восстанавливать утраченные части тела (регенерация).

Тип подразделяется на три класса — Гидроидные, Сцифоидные и Коралловые полипы. Он объединяет около 9000 видов, для представителей которых характерна единная схема строения (рис. 32).

### Класс Гидроидные

Это низший класс, включающий полипов и медуз. Для них характерно то, что эндодерма непосредственно примыкает к ротовому отверстию, а половые клетки образуются в эктодерме.

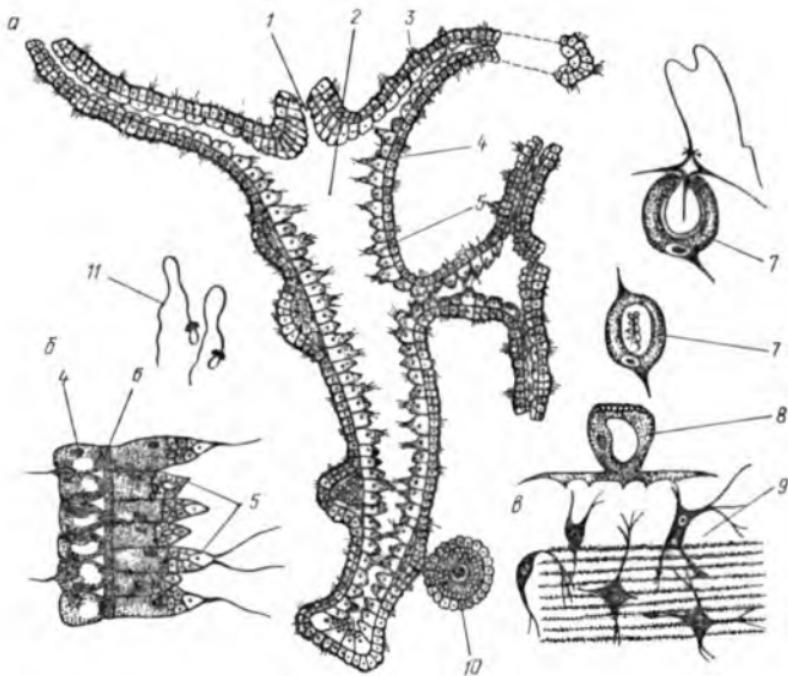


Рис. 33. Строение пресноводной гидры:

а — продольный разрез через тело гидры; б — часть поперечного среза стенки тела при сильном увеличении; в — клетки тела гидры. 1 — ротовое отверстие; 2 — пищеварительная полость; 3 — щупальце; 4 — эктодерма; 5 — эндодерма; 6 — мезоглэя; 7 — стрекательные клетки; 8 — эпителиально-мышечные клетки эктодермы; 9 — нервные клетки; 10 — яйце гидры; 11 — сперматозоид.

Типичным представителем класса является гидра. Она имеет вид цилиндра длиной 1—2 см, нижняя часть которого сужается в стебелек или ножку (рис. 33). Основанием стебелька гидра прикрепляется к подводным предметам. На свободном ее конце имеется возвышение, где располагается окруженнное щупальцами ротовое отверстие. Рот ведет в пищеварительную полость, продолжение которой заходит и в щупальца. Стенка тела гидры снаружи образована эпителиальными клетками эктодермы цилиндрической или кубической формы. Некоторые из них вытягиваются в длину, протоплазма дифференцируется в тончайшие сократительные волокна. Это эпителиально-мышечные клетки, выполняющие функцию покровных и мышечных клеток. Стрекательные клетки также представляют собой видоизмененные эктодермальные клетки. Они служат средством защиты и нападения. Между основаниями эпителиально-мышечных клеток расположены мелкие с длинными отростками нервные клетки, образующие нервное сплетение. Дышит гидра всей поверхностью тела.

Гидра питается мелкими животными. Пища поступает

через рот в кишечную полость, где под действием ферментов, выделяемых железистыми клетками энтодермы, происходит переваривание. Клетки энтодермы способны выпускать ложноножки, которыми гидра захватывает мелкие частицы пищи, переваривая их в пищеварительных вакуолях. Это внутриклеточное пищеварение, сохраняющееся у кишечнополостных наряду с полостным. Перемещение пищи в кишечной полости осуществляется жгутиками эпителиально-мышечных клеток энтодермы. Непереваренные остатки пищи выбрасываются через рот.

Энтодермальные клетки выполняют и выделительную функцию. В теплое время года на стенке тела гидры появляется выпячивание (почка), которое увеличивается в размерах, приобретает контуры взрослой особи, а затем отрывается от материнского организма и начинает вести самостоятельную жизнь.

Половое размножение происходит обычно осенью. Гидра — гермафродит. У нее в эктодерме, ближе к ротовому концу, скапливаются сперматозоиды, а у основания — одиночные крупные яйцеклетки. Поскольку мужские и женские гаметы созревают в разное время, то происходит слияние яйцеклетки и сперматозоида разных особей (перекрестное оплодотворение). Зародыш покрывается плотной оболочкой и, отделившись от тела матери, падает на дно, а весной превращается в молодую гидру.

## Класс Сцифоидные

К данному классу относятся *крупные морские медузы*, достигающие в отдельных случаях гигантских размеров (до 2 м в диаметре, например, у арктической медузы). Тело у них в форме выпуклого колокола или зонтика, двухслойное, с выраженной студенистой мезоглеей, которая составляет главную массу сцифомедуз. Многие медузы имеют яркую окраску, а некоторые в темноте светятся фосфорическим светом. Сцифомедузы имеют более сложное строение, чем гидроидные. Рот окружен длинными щупальцами, на которых располагаются в большом количестве стрекательные клетки. За ртом находится глотка (начало кишечника), ведущая в желудочную полость, разделенную на камеры. В нервной системе появляются скопления нервных клеток в виде узелков — ганглиев. По краю тела (зонтика) располагаются органы равновесия и светочувствительные глазки.

Сцифоидные медузы — раздельнополые животные.

Половые клетки образуются в энтодерме в специальных половых железах. Гаметы удаляются через рот. После их слияния из зиготы образуется личинка (планула), превращающаяся в одиночный полип. Последний почкуется путем поперечной перешнуровки на молодые медузы.

После контакта человека со стрекательными клетками сцифомедуз развиваются ожоги. Сильные ожоги с тяжелыми последствиями могут вызвать корнерот, крестовичок, гонионема и др.

В Китае и Японии некоторые сцифомедузы являются объектом промысла как продукты питания.

### Класс Коралловые полипы

Это морские кишечнополостные, обитатели теплых морей и океанов, образующие самую большую группу кишечнополостных. Представлены только полипоидными формами, ведущими исключительно прикрепленный образ жизни.

Для коралловых полипов характерны все признаки кишечнополостных. Рот, окруженный щупальцами, ведет в глотку. Пищеварительная полость разделена на камеры, увеличивающие ее поверхность. Нервные клетки скапливаются больше у ротового отверстия. Коралловые полипы бывают и раздельнополыми, и гермафродитами. Бесполое размножение происходит или путем почкования, или путем продольного деления полипа. При половом размножении гаметы развиваются из энтодермы. Оплодотворение происходит внутри тела. Личинки выходят через рот во внешнюю среду.

Клетки эктодермы коралловых полипов вырабатывают роговое вещество или выделяют углекислый кальций (кальция карбонат), из них строится наружный или внутренний скелет. В эктодерме есть мышечные волокна, позволяющие полипу изменять форму тела.

Среди коралловых полипов встречаются построенные по принципу восьмилучевой (красный и белый кораллы, морские перья) или шестилучевой (мадрепоровые кораллы, актиния) симметрии. Бывают коралловые полипы одиночные (актиния), но чаще колониальные организмы. Формирование колоний обусловлено тем, что при почковании полипа не происходит отделения дочерних организмов (почек) от материнского. Колонии кораллов образуют рифы, барьеры и атоллы (коралловые острова). Наиболее

мощный барьерный риф расположен вдоль восточного берега Австралии, простираясь на 2000 км. Отдельные виды коралловых полипов (красный и черный кораллы) используются для изготовления украшений.

### Вопросы для самоконтроля

1. Назовите характерные признаки типа кишечнополостных, дайте его классификацию. 2. Опишите строение эпителиально-мышечных, стрекательных и нервных клеток эктодермы гидры. 3. Особенности строения и функции клеток энтодермы гидры. 4. Опишите полостное и внутриклеточное пищеварение у гидры. 5. Как происходят процессы дыхания и выделения у гидры? 6. Что такое регенерация? 7. Особенности строения и размножения сцифомедуз. 8. Какие кишечнополостные опасны для человека и почему? 9. Особенности образа жизни коралловых полипов. 10. Как идет процесс рифообразования коралловыми полипами? 11. Практическое значение кишечнополостных.

## Глава 12. ТИП ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ

К типу Плоские черви относятся наиболее низкоорганизованные трехслойные двусторонне-симметричные животные. Тело у них представляет собой кожно-мускульный мешок, сплющенный в спинно-брюшном направлении и вытянутый в длину. На переднем конце тела имеется ротовое отверстие, которое переходит в глотку и кишку, состоящую из двух отделов — переднего и среднего. Средняя кишечка часто разветвлена и заканчивается слепо. Впервые появляется выделительная система протонефридиального типа. Дыхание осуществляется всей поверхностью тела. Нервная система состоит из окологлоточных узлов и отходящих от них нервных стволов.

Плоские черви в основном гермафродиты. Половая система представлена половыми железами (яичники и семенники), протоками и совокупительным аппаратом. Однако оплодотворение у них перекрестное. Все промежутки между органами заполнены рыхлой соединительной тканью, полости тела у плоских червей нет.

Тип подразделяется на три класса — Ресничные черви, Сосальщики и Ленточные черви и насчитывает около 12 500 видов.

### Класс Ресничные черви

Для животных данного класса характерно наличие ресничного эпителия, прикрывающего тело снаружи. Это свободноживущие морские и пресноводные организмы,

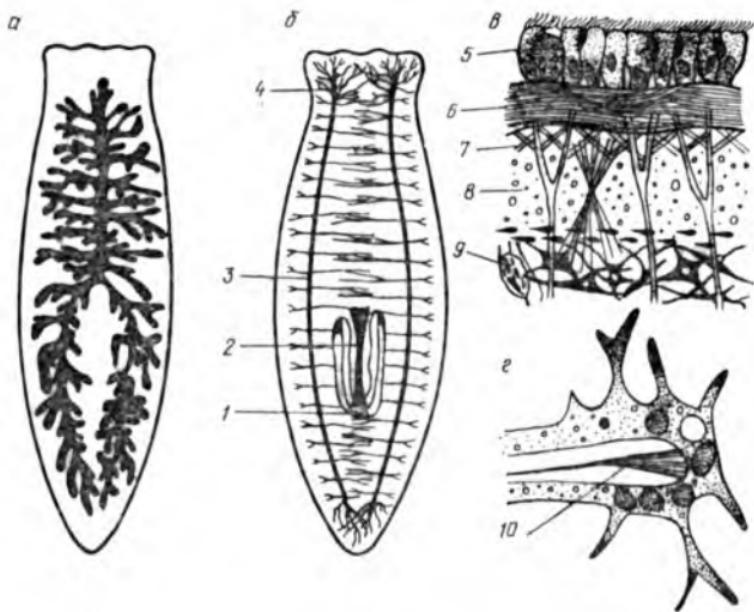


Рис. 34. Строение молочной планарии:

а — пищеварительная система; б — нервная система; в — часть поперечного среза через тело; г — концевая клетка протонефридия. 1 — ротовое отверстие; 2 — глотка; 3 — нервный ствол; 4 — головной нервный узел; 5 — ресничный эпителий; 6, 7, 8 — кольцевые и продольные мышцы; 9 — клетки паренхимы; 10 — пучок ресничек.

некоторые обитают на почве. Ресничные черви гермафродиты, но некоторые виды размножаются и путем поперечного деления. У них наблюдается высокая способность к регенерации.

Наиболее типичный представитель ресничных червей — *молочная планария*, обитающая в медленно текущих ручьях, прудах. Тело у нее листовидное, до 15 мм в длину (рис. 34). Передний отдел несет органы чувств (глазки, щупальца, органы равновесия). Планария — хищница, передвигается за счет сокращения кожномускульного мешка. На брюшной стороне у нее располагается рот, через который глотка выпячивается наружу, проникает внутрь добычи и высасывает ее содержимое. Переваривание пищи происходит в разветвленном кишечнике. Непереваренные остатки выбрасываются через рот. Органы выделения (протонефридии) представлены разветвленными канальцами, концы которых замкнуты концевыми клетками, несущими пучок ресничек. Канальцы проходят по бокам тела и открываются наружу выделительными порами. Отходящие от окологлоточных нервных узлов два нервных ствола направляются к заднему концу тела, а их боковые отростки — к внутренним

органам. Оплодотворение у планарии перекрестное, что способствует повышению жизнеспособности потомства. В то же время она способна и к бесполому размножению поперечным делением.

### Класс Сосальщики

Это паразитические плоские черви. Обитают они в тканях и органах человека и животных. Тело у них листовидное, покрыто кутикулой. К тканям хозяина прикрепляются присосками. У сосальщиков хорошо развиты пищеварительная и половая системы. Цикл развития осуществляется со сменой хозяев.

Типичный представитель данного класса — *печеночный сосальщик*, паразитирует в печени травоядных животных, реже человека. В длину он достигает 3—5 см, удерживается в печени хозяина с помощью ротовой и брюшной присосок. Причем ротовой присоской засасываются питательные вещества. Печеночный сосальщик — гермафродит. Оплодотворенные яйца его выводятся через кишечник хозяина наружу и для дальнейшего развития обязательно должны попасть в водную среду. Выходящие из яиц личинки, покрытые ресничками, внедряются в тело промежуточного хозяина — в моллюска малого прудовика. Здесь они размножаются и превращаются в хвостатые личинки. Последние покидают моллюска, теряют хвост, прикрепляются к растению и покрываются защитной оболочкой. С травой или водой они могут попасть в организм окончательного хозяина (корова, иногда человек), где превращаются в половозрелые особи.

Помимо печеночного сосальщика, у человека и млекопитающих могут паразитировать и другие виды. Так, *ланцетовидный сосальщик* поселяется в печени овец, иногда человека. Заражение происходит при проглатывании второго промежуточного хозяина — муравья, содержащего личинку. *Кошачий сосальщик* паразитирует в печени, поджелудочной железе человека и плотоядных животных, питающихся сырой рыбой (кошка, лисица, песец, медведь, собаки). Заражение происходит при употреблении в пищу мяса рыб из семейства карповых, содержащего личинки паразита.

### Класс Ленточные черви

Все животные данного класса приспособились к жизни в кишечнике хозяина. Тело у них лентовидное, от 3 мм до 10—12 м в длину, разделено на головку с орга-

Окончательный хозяин



Промежуточный хозяин

Рис. 35. Строение и цикл развития бычьего цепня:  
1 — внешний вид; 2 — головка; 3 — гермафродитный членник; 4 — зрелый членник; 5 — яйцо; 6 — финна

нами прикрепления (присоски, крючья), шейку, являющуюся зоной роста, и собственно тело, состоящее из членников. В кишечнике хозяина паразит всасывает питательные вещества всей поверхностью тела. В каждом членнике имеется выделительная и гермафродитная половая система, напоминающая по строению аналогичные системы сосальщиков. Цикл развития ленточных червей проходит со сменой хозяев.

Типичный представитель ленточных червей — бычий цепень (рис. 35) — паразит кишечника человека. Тело его достигает 4—10 м в длину, подразделяется на 100 и более членников. Головка снабжена четырьмя присосками. В гермафродитных члениках имеются двудольчатый яичник и множество семенников. После оплодотворения в члениках начинают созревать яйца в матке, которая сильно разветвляется, а все остальные органы постепенно атрофируются. Членники становятся зрелыми, открываются от тела и вместе с испражнениями выходят наружу

и попадают на траву. Крупный рогатый скот, поедающий эту траву, проглатывает яйца, и становится промежуточным хозяином. В его желудке из оплодотворенных яиц выходят личинки, которые пробуравливают стенку кишечника, попадают в ток крови и заносятся в мышцы, где превращаются в *финну* (пузырек ввернутой внутрь головкой и шейкой). При поедании человеком зараженного мяса из финн в кишечнике развивается взрослая особь паразита.

Из класса ленточных червей у человека могут также паразитировать *свиной цепень*, *эхинококк* и др. Человек заражается свиным цепнем, употребляя в пищу сырое или непроваренное мясо свиньи (промежуточный хозяин), в котором содержатся личиночные стадии червя (финны). Особую опасность для здоровья человека представляет эхинококк. Половозрелая форма этого червя паразитирует в кишечнике собак, волков, шакалов (окончательный хозяин). Человек, домашние и дикие парнокопытные являются промежуточными хозяевами. У них в печени, легких, почках и других органах живет личиночная стадия паразита в виде пузыря, наполненного жидкостью, с множеством головок паразита. Человек заражается при занесении в рот яиц червя, которые могут быть на шерсти собаки.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные признаки типа Плоские черви.
2. Опишите строение молочной планарии как представителя класса ресничных.
3. Основные признаки класса сосальщиков.
4. Опишите строение и особенности жизненного цикла печеночного сосальщика.
5. Особенности строения ленточных червей в связи с паразитизмом.
6. Опишите строение бычьего цепня и укажите способ заражения им человека.

## Глава 13. ТИП КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ

Круглые черви — это тип первичнополостных животных, у которых впервые в процессе эволюции появляется полость тела (пространство между стенкой тела и кишечником, лишенное эпителиальной выстилки и заполненное жидкостью). Он объединяет многочисленную группу животных как свободноживущих видов, так и паразитов растений, беспозвоночных и позвоночных.

Для круглых червей характерно цилиндрическое, несегментированное, удлиненное тело (от 1—2 мм до 30—40 см и даже 8 м), заостренное на концах, лишенное ресничек. Оно представляет собой кожно-мускульный ме-

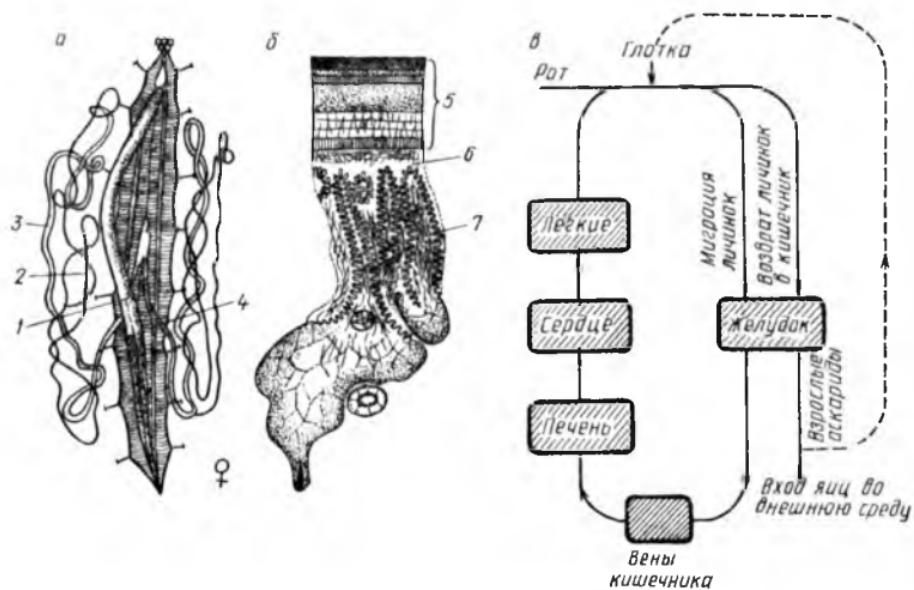


Рис. 36. Внутреннее строение и цикл развития аскариды:  
 а — вскрытая самка; б — участок кожно-мускульного мешка; в — цикл развития аскариды. 1 — кишка (передняя, средняя и задняя); 2 — яичник; 3 — яйцевод; 4 — матка; 5 — кутикула; 6 — гиподерма; 7 — мышечные клетки

шок, покрытый кутикулой, выполняющей защитную функцию. Под кутикулой лежат эпидермис, называемый гиподермой, и тяжи продольных мышц, состоящие из одного слоя клеток. Пищеварительная система представлена передней, средней и задней кишкой, заканчивающейся анальным отверстием. Выделительная система протонефридиального типа в виде одного или двух каналов, лежащих по бокам тела и открывающихся наружу одним отверстием. Нервная система состоит из окологлоточного нервного кольца и отходящих от него нескольких нервных тяжей, из которых наиболее развиты брюшной и спинной.

Круглые черви — раздельнополые животные. Половой аппарат имеет трубчатое строение. У самки он парный (два яичника, два яйцевода, две матки и одно влагалище), у самца — непарный (семенник, семяпровод, семязвергательный канал). Самец меньше самки. Тип включает только один класс Собственно круглые черви и объединяет около 15 000 видов.

### Представители круглых червей

Типичным представителем круглых червей является аскарида человеческая, паразитирующая в кишечнике (рис. 36). Самки паразитов в длину достигают до 40 см,

самцы — 20—25 см. Самки после оплодотворения откладывают яйца, которые вместе с фекалиями выбрасываются во внешнюю среду. Здесь в них при определенных влажности и температуре (25—30 °С) в течение 2—3 недель развиваются личинки. Такие яйца могут попасть в организм человека вместе с немытыми овощами, фруктами, с водой. В кишечнике человека личинки выходят из яйца, пробуравливают кишечную стенку и попадают в кровеносные сосуды. С током крови они вначале заносятся в печень, сердце, легкие, затем в альвеолы легких, бронхи, трахею, в полость рта и снова в кишечник, где превращаются во взрослые особи.

Широко распространена во всех географических зонах земного шара и *острица*, паразитирующая в кишечнике человека. Ее самки не превышают 10—12 мм, самцы — 3—4 мм в длину. Оплодотворенная самка ночью выходит через заднепроходное отверстие и откладывает яйца (до 12 тыс.) на кожу. В них в течение 4—7 ч развиваются личинки. Вследствие сильного зуда, вызываемого жидкостью, выделяемой самкой, человек при расчесывании кожи может непроизвольно захватить яйца и занести их в рот. Заржение может произойти и через предметы обихода. Новое поколение самок откладывает яйца спустя 2—4 недели после заражения.

У человека могут паразитировать также власоглав, трихинелла и другие круглые черви.

### Борьба с паразитическими червями

В природе животные-паразиты встречаются широко в типах плоских и круглых червей. Известно более 10 000 видов червей, являющихся паразитами растений, диких и домашних животных, человека. Они наносят большой вред сельскому хозяйству и здоровью человека.

Паразитический образ жизни у ленточных червей привел к редукции пищеварительной системы, появлению органов прикрепления в виде присосок, крючьев. Для всех видов плоских и круглых червей характерна повышенная плодовитость в связи со сложностью жизненных циклов, сопровождающихся массовой гибелью личиночных стадий на промежуточных этапах развития.

Поскольку паразитические черви вызывают тяжелые заболевания человека, часто гибель домашних животных, ведется борьба, направленная на их уничтожение (табл. 13). Основные способы борьбы с паразитическими

Таблица 13. Важнейшие паразитические черви и борьба с ними

Представители	Промежуточный хозяин	Окончательный хозяин	Меры предупреждения заражения	Меры борьбы
1	2	3	4	5
Печеночный сосальщик	Малый прудовик	Крупный рогатый скот, овцы	Не употреблять воду из случайных источников	Лечение больных людей, животных; выбраковка больных животных и уничтожение пораженных органов при разделке туш; уничтожение промежуточных хозяев в очаге; защита водоемов от попадания фекалий больных людей и животных; санитарно-просветительная работа
Кошачий сосальщик	Моллюски рода битиния и рыбы семейства карповых	Плотоядные млекопитающие (лисица, медведь, волк, шакал, собака, человек)	Не употреблять в сыром, вяленом виде мясо пресноводных рыб	Лечение больных людей; защита водоемов от попадания фекалий больных людей, животных; контроль за мясом пресноводных рыб на заводах; санитарно-просветительная работа
Бычий цепень	Крупный рогатый скот	Человек	Не употреблять в пищу в сыром виде говяжье мясо, фарш без термической обработки	Контроль за разделкой говяжьих туш на мясокомбинатах, выбраковка зараженных животных; лечение больных людей; обеззараживание фекалий; санитарно-просветительная работа

1	2	3	4	5
Свиной цепень	Домашняя свинья	Человек	Не употреблять в пищу в сыром виде свиное мясо, фарш без термической обработки	Контроль за разделкой свиных туш на мясокомбинатах; выбраковка зараженных животных; лечение больных людей; обеззараживание фекалий; санитарно-просветительная работа
Эхинококк	Крупный и мелкий рогатый скот	Собака, волк, шакал	После контакта с собакой тщательно мыть руки	Лечение больных собак; выбраковка на мясокомбинате туш крупного рогатого скота и уничтожение органов, пораженных эхинококком; санитарно-просветительная работа
Аскарида	—	Человек	Тщательно мыть перед употреблением овощи, фрукты, ягоды, а также руки перед едой	Лечение больных людей; обеззараживание фекалий; санитарно-просветительная работа
Острица	—	Человек	Тщательно мыть руки, игрушки, проводить влажную уборку помещений	Лечение больных людей; контроль за санитарной обработкой помещений, бассейнов; санитарно-просветительная работа

червями были разработаны академиком К. И. Скрябиным (1878—1972). Особое внимание ученый уделял мерам предупреждения заражения, которые вытекают из особенностей жизненного цикла паразитов и направлены на его разрыв. Так, для предупреждения заражения кошачьим сосальщиком нельзя употреблять в пищу в сыром виде мясо пресноводных рыб. Для предупреждения заражения свиным и бычьим цепнем не рекомендуется употреблять не обработанное термически мясо свиней или крупного рогатого скота. Для предупреждения заражения аскаридами перед употреблением необходимо тщательно промывать овощи, фрукты, ягоды водой под краном, мыть руки перед едой.

Важная роль в борьбе с паразитическими червями принадлежит санитарному контролю за охраной водных источников, почвы, разделкой туш животных на мясокомбинатах, технологией приготовления пищи в столовых, строгому соблюдению правил личной гигиены работниками пищеблоков, продавцами продовольственных магазинов и каждым человеком в отдельности.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Основные признаки типа Круглые черви.
2. Перечислите отличия в строении круглых червей от плоских.
3. Опишите строение и цикл развития аскариды. В чем его отличия от цикла развития бычьего цепня?
4. Меры предупреждения человека от заражения аскаридами, остициами.
5. Перечислите паразитов животных и человека из типов плоских и круглых червей.
6. Пути заражения человека паразитическими червями.
7. Меры предупреждения человека от заражения кошачьим сосальщиком, свиным цепнем, эхинококком, аскаридой.
8. Перечислите меры борьбы с паразитическими червями, направленные на сохранение здоровья человека и охрану внешней среды.

### Глава 14. ТИП КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ

Кольчатые черви по сравнению с плоскими и круглыми червями более высокоорганизованные животные. Тело их подразделяется на голову, туловище и анальную лопасть, представляет кожно-мускульный мешок, а сегментация выражается не только во внешней, но и во внутренней организации. У кольчатых червей впервые появляется *вторичная полость тела* (пространство между стенкой тела и внутренними органами с эпителиальной выстилкой, которая отделяет полостную жидкость от всех окружающих тканей и органов). Она разделена на камеры в соответ-

ствии с внешней сегментацией. У большинства видов, кроме пиявок, имеется замкнутая кровеносная система. Кольчатые черви дышат жабрами, а при их отсутствии — всей поверхностью тела. Органы выделения у них метанефридиального типа, располагаются посегментно. Нервная система состоит из парных над- и подглоточного ганглиев, связанных с окологлоточным нервным кольцом и брюшной нервной цепочкой. Последняя представляет собой пару продольно сближенных стволов, образующих в каждом сегменте нервные узлы. Среди кольчатых червей встречаются как раздельнополые животные, так и гермафродиты.

Тип подразделяется на три класса — Малощетинковые, Многощетинковые и Пиявки, объединяет около 9000 видов. Полагают, что в ходе эволюции многощетинковые дали начало членистоногим.

### Класс Малощетинковые

Малощетинковые — группа кольчатых червей, подавляющее большинство которых живет в почве или на дне пресных водоемов. Питаются они преимущественно растительной пищей, главным образом загнивающими частями растений.

Типичным представителем является *дождевой червь*, обитающий во влажной, богатой перегноем почве (рис. 37). На передней трети тела у него находится утолщение — поясок. На брюшной и боковых сторонах имеются упругие короткие щетинки, способствующие передвижению. Тело червя снаружи покрыто кутикулой. Под ней последовательно располагаются кожа, два слоя кольцевых и продольных мышц. С внутренней стороны стенка тела покрыта слоем эпителиальных клеток. Пищеварительная система начинается ротовым отверстием, ведущим в кишечную трубку, в которой различают передний, средний и задний отделы. Передний отдел дифференцируется на глотку, пищевод, зоб, мышечный желудок. В полость пищевода открываются особые железы, в которых вырабатывается известь, нейтрализующая гумусовые кислоты пищи. При сокращении мускульных стенок желудка пища перетирается, поступает в среднюю кишку и переваривается под действием пищеварительных соков. Переваренная пища всасывается в кровь и разносится по всему телу. Остатки непереваренной пищи выбрасываются наружу через анальное отверстие.

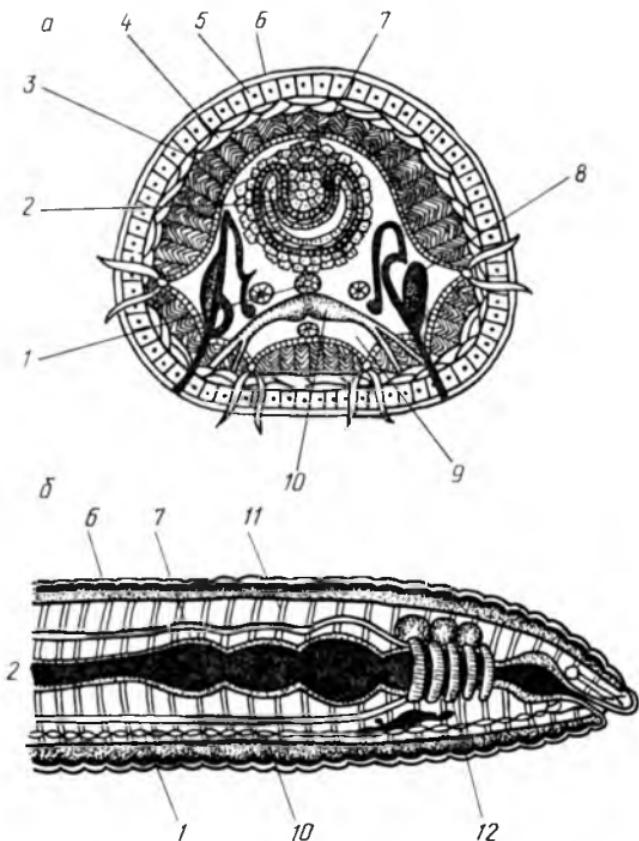


Рис. 37. Схема строения дождевого червя:  
 а — поперечный срез тела; б — продольный разрез передней части тела  
 1 — брюшной сосуд; 2 — кишечник; 3, 4 — мышцы косые и продольные; 5 — эпидермис; 6 — кутикула  
 7 — спинной сосуд; 8 — органы выделения (метанефридии); 9 — вторичная полость тела  
 10 — первая цепочка; 11 — септы; 12 — кольцевые сосуды

Замкнутая кровеносная система у дождевых червей представлена спинным и брюшным сосудами. Эти сосуды соединяются между собой кольцевыми сосудами, количество которых равно количеству сегментов тела. Семь кольцевых сосудов, расположенных вокруг пищевода, пульсируют и выполняют роль «сердца». От главных и кольцевых сосудов берут начало более мелкие сосуды и капилляры, доходящие до каждого органа.

Специальных органов дыхания у дождевого червя нет. Дышит он через кожу, пронизанную густой сетью капилляров. От высыхания тело защищает слизь, покрывающая его сплошным слоем, способствующая газообмену.

Выделительная система представлена метанефридиями в виде извившихся трубочек, которые располагаются по две в каждом сегменте. Один конец трубочки имеет вид

воронки, края которой покрыты ресничками. Трубочка проходит через перегородку и открывается выделительной порой на брюшной стороне соседнего сегмента.

Нервная система состоит из окологлоточного нервного кольца и брюшной нервной цепочки. Специализированных органов чувств у дождевого червя нет. Имеются только разного рода чувствительные клетки для восприятия раздражений среды.

Дождевые черви — гермафродиты. Однако оплодотворение у них перекрестное. Это происходит следующим образом. К моменту откладки яиц на пояске червя выделяется обильная слизь, охватывающая тело червя в виде муфточки. При сокращении мышц муфточки постепенно перемещается к головному концу тела и в нее сначала поступают яйцеклетки, а затем семенная жидкость партнера. Затем муфточка соскальзывает с головного конца тела и преобразуется в кокон, внутри которого развиваются молодые особи.

У дождевых червей хорошо выражена способность к регенерации.

Дождевые черви — полезные животные, так как способствуют рыхлению почвы, обогащению ее воздухом и перегноем.

## Класс Многощетинковые

К данному классу относятся *морские черви*. На каждом сегменте тела у них имеются парные прилатки (параподии), служащие для передвижения и являющиеся прообразом конечностей членистоногих. У некоторых червей параподии несут жаберный аппарат, обеспечивающий газообмен. Головной отдел у многощетинковых хорошо обособлен и несет органы чувств (щупальца, светочувствительные глазки, обонятельная ямка). Многощетинковые служат пищей для морских животных. Например, нерпа специально акклиматизирована в Каспийском море как корм для осетровых.

## Класс Пиявки

Это свободноживущие хищники или чаще наружные паразиты, встречающиеся на коже других животных и питающиеся их кровью. Тело несколько сплющено в спинно-брюшном направлении. К тканям жертвы пиявка прикрепляется двумя присосками (передней и задней), с

помощью которых также питается ее кровью. Органов дыхания и передвижения у пиявок нет. Вторичная полость тела редуцирована. Кровеносная система незамкнутая. Пиявки — гермафродиты.

Типичным представителем класса служит *медицинская пиявка*, живущая в прудах, озерах, болотах. Она питается кровью различных позвоночных, выделяя в ранку особое вещество, препятствующее свертыванию крови. Поэтому ранка долго кровоточит. Медицинских пиявок специально разводят и используют при лечении ряда заболеваний человека.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите прогрессивные черты организации кольчатых червей.
2. Опишите строение кожно-мускульного мешка кольчатых червей.
3. Чем отличается вторичная полость тела от первичной?
4. Характерные черты строения дождевого червя.
5. Опишите строение метанефридия. Его отличия от органа выделения плоских червей.
6. Особенности строения кровеносной системы малощетинковых.
7. В чем выражается усложнение строения нервной системы малощетинковых?
8. Опишите строение пиявок. Почему ранка после питания пиявки долго кровоточит?

### Глава 15. ТИП МОЛЛЮСКИ

Это водные животные, населяющие моря, океаны, отчасти пресные водоемы, немногие (легочные моллюски) приспособились к жизни на суше.

Тело моллюсков, как правило, состоит из головки, на которой располагаются органы осязания в виде щупалец, туловища и ноги, являющейся органом передвижения. Тело несегментированное, билатерально-симметричное, за исключением брюхоногих моллюсков, у которых вследствие смещения органов оно симметричное. Основание туловища окружено кожной складкой — *мантией*, разграничитывающейся с телом мантийной полостью, в которой располагаются жабры, органы химического чувства, а также отверстия задней кишечной, почек, полового аппарата. Спинная сторона тела покрыта выделяемой мантией защитной раковиной различной формы, состоящей из трех слоев: наружного (рогового), среднего (известкового или фарфорового) и внутреннего (перламутрового). Вторичная полость тела у большинства видов моллюсков представлена околосердечной сумкой и полостью половых же-

лез. В промежутках между органами расположен рыхлый слой клеток соединительной ткани.

Пищеварительная система начинается ротовым отверстием, затем идет глотка с аппаратом для размельчения пищи, называемым теркой. Глотка переходит в петлеобразный кишечник, который у ряда моллюсков пронизывает околосердечную полость. Протоки слюнных желез открываются в глотку и печень, протоки печени — в желудок.

У моллюсков незамкнутая кровеносная система, представленная сердцем, состоящим из желудочка и предсердия. Поступающая из него кровь непосредственно омывает органы.

Органы выделения у моллюсков составляют почки метанефридиального типа.

Нервная система слагается из нервных узлов, соединенных между собой отростками. У ряда видов передние нервные узлы сливаются вместе в «головной мозг».

Среди моллюсков встречаются как раздельнополые, так и гермафродитные особи. Эмбриональное развитие моллюсков близко к развитию кольчатых червей.

Моллюски подразделяются на три класса — Брюхоногие, Двустворчатые и Головоногие и объединяют около 130 000 видов. По численности видов данный тип занимает второе место после членистоногих. Моллюски считаются тупиковой ветвью в эволюции беспозвоночных.

## Класс Брюхоногие

Брюхоногие обитают в морских и пресных водоемах, а также на суше. Размеры их колеблются от 2—3 мм до 60 см. Раковина у них коническая или спиральная. Класс объединяет свыше 90 000 видов. Типичным представителем этого класса является *обыкновенный прудовик* (рис. 38, а). Он обитает в прудах, озерах, тихих заводях рек. Тело у него разделено на голову, туловище и ногу, покрыто мантией и заключено в спирально закрученную раковину. Передвигается обыкновенный прудовик благодаря сокращению мышц ноги.

Пищеварительная система начинается расположенным на голове ртом, переходящим в глотку с мускулистым языком, усаженным многочисленными зубчиками. С их помощью прудовик соскальзывает мягкие ткани растений. Через глотку пища поступает в желудок. Переваривание пищи происходит в печени и заканчивается в кишечнике.

Дышит прудовик атмосферным воздухом, который по-

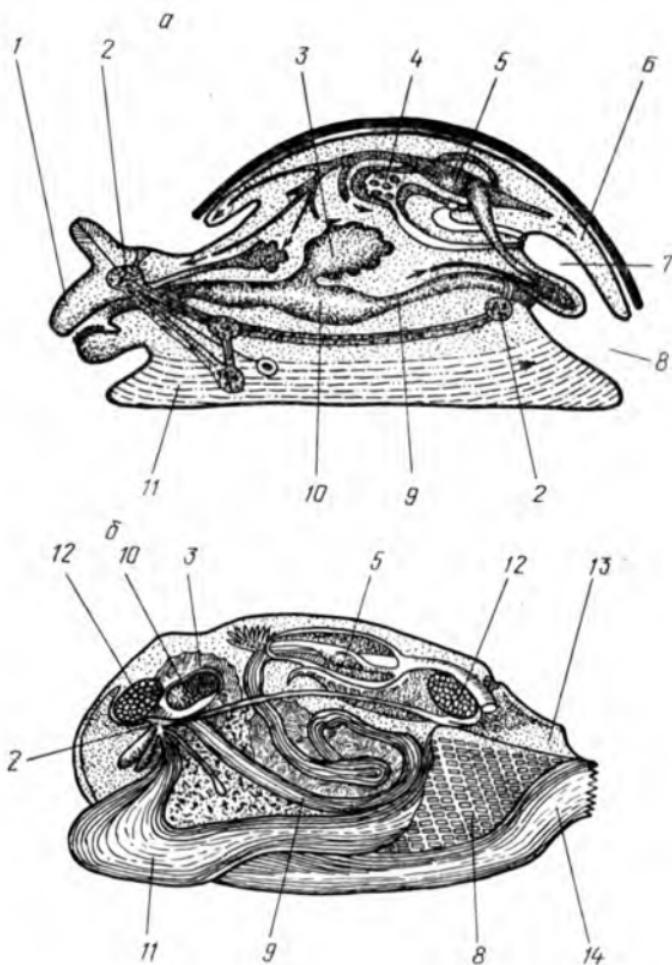


Рис. 38. Строение брюхоногого (а) и двустворчатого (б) моллюсков  
 1 — голова; 2 — первые узлы; 3 — печень; 4 — половая железа; 5 — сердце; 6 — мантия  
 7 — мантийная полость; 8 — легкие (жабры); 9 — кишечник; 10 — желудок; 11 — нога  
 12 — замыкательные мышцы; 13, 14 — выводной и вводной сифоны

ступает в особый карман мантии — легкое. Стенки легкого оплетены сетью кровеносных сосудов. В связи с легочным дыханием прудовик периодически поднимается на поверхность водоема.

Кровеносная система у прудовика незамкнутая и представлена сердцем, состоящим из предсердия и желудочка, стенки которых поочередно сокращаются, проталкивая кровь в сосуды. Из легкого обогащенная кислородом артериальная кровь попадает в предсердие, затем в желудочек, из которого выталкивается в сосуды, распадающиеся на капилляры. Из них кровь поступает в пространство между органами. Из полости тела кровь собирается в венозный сосуд, несущий ее к легкому.

Органы выделения представлены почками (видоизмененные метанефридии).

Нервная система состоит из пяти пар нервных узлов, располагающихся в разных частях тела и соединяющихся между собой нервными стволами. От узлов ко всем органам отходят нервы. Органы чувств представлены на голове органами осязания в виде двух щупалец и расположенными у их основания глазами.

Обыкновенный прудовик — гермафродит. Однако оплодотворение у него перекрестное. Зигота покрывается слизью и превращается в кокон, который прикрепляется к подводным растениям. В нем сразу формируется молодой прудовик (прямое развитие).

Некоторые представители брюхоногих моллюсков, в частности *виноградная улитка*, *слизни*, являются вредителями сельского хозяйства. Отдельные виды служат промежуточными хозяевами для паразитических червей (малый прудовик — для печеночного сосальщика; битиния — для кошачьего сосальщика). Многие брюхоногие съедобны и служат объектом промысла (виноградная улитка, морское блюде, трубкороги, морское ушко). Раковины ряда брюхоногих (морское ушко) используются для получения перламутра.

## Класс Двусторчатые

Это двусторонне-симметричные животные. Они обитают в морских, изредка в пресных водоемах. Голова у них редуцирована, тело состоит из туловища и ноги. Тело заключено в двусторчатую раковину, створки которой соединяются особой эластичной связкой, находящейся на спинной стороне животного. К створкам раковины прикрепляются мышцы-замыкатели, которые, сокращаясь, способствуют соединению створок. Двусторчатые объединяют свыше 20 000 видов и по численности в типе занимают второе место.

Типичный представитель класса — *беззубка* (рис. 38, б). Она обитает в пресных водоемах, зарываясь наполовину в ил. Тело ее состоит из туловища и ноги, покрыто мантией, которая по бокам его образует две складки. Складки и тело разделяются полостью, сообщающейся с внешней средой через два сифона (отверстия), расположенных друг под другом, которые образуются в задней части моллюска в результате неплотного смыкания раковины и мантии. Через нижний (вводной)

сифон вода поступает к жабрам и приносит взвешенные частицы пищи, мужские половые клетки. Через верхний (выводной) сифон вместе с водой выводятся продукты распада.

Пищеварительная система у беззубки начинается с ротового отверстия, окруженного двумя парами лопастей, за ним следует короткий пищевод, переходящий в округлый желудок, а последний — в среднюю кишку, которая проходит через околосердечную сумку и заканчивается анальным отверстием в мантийной полости.

Дыхание у беззубки жаберное. Кровеносная система незамкнутая. Сердце состоит из желудочка и двух предсердий, располагается на спинной стороне. Движение крови происходит так же, как и у прудовика — от сердца по артериям в полости тела, а из них по венам через жабры снова к сердцу. Органами выделения служат почки (видоизмененные метанефридии).

Нервная система развита слабо, представлена тремя парами нервных узлов, соединенных между собой нервными стволами. Органами чувств служат органы равновесия, химического чувства и осязания. По краю мантии или сифонов иногда развиваются глаза.

Беззубка — раздельнополое животное. Половые железы у нее парные, их протоки открываются в мантийную полость, где происходит оплодотворение. Зигота развивается в жабрах материнского организма. Здесь она превращается в личинку, заключенную в двустворчатую раковину, которая током воды выносится из материнского организма, прикрепляется липкой нитью к плавникам, коже или жабрам рыбы и временно ведет паразитический образ жизни. Спустя два месяца из личинки развивается молодая беззубка. Она оседает на дно и начинает жить самостоятельно. Таким образом, у беззубки наблюдается непрямое развитие (зигота — личинка — взрослая особь).

К двустворчатым моллюскам относятся *перловицы*, *мидии*, *морской гребешок*, *устрицы*, *жемчужницы* и другие виды. Двустворчатые имеют важное промысловое значение. Из их раковин приготавливают известковую муку, идущую на корм для рогатого скота. Мидии, устрицы, гребешки употребляются в пищу. Жемчужницы и перловицы разводятся для промышленного получения жемчуга и перламутра.

Среди двустворчатых моллюсков есть и вредители. Так, корабельный червь портит деревянные днища судов, сваи причалов и т. п.

## **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите основные признаки типа Моллюски.
2. Особенности строения брюхоногих моллюсков.
3. Опишите строение беззубки.
4. Сравните строение дыхательной и кровеносной систем обыкновенного прудовика и беззубки.
5. Отличия в способе питания брюхоногих и двустворчатых.
6. Укажите способы развития обыкновенного прудовика и беззубки. В чем их отличия?
7. Назовите типичных представителей классов брюхоногих и двустворчатых.
8. Практическое значение моллюсков в жизни человека.

## **Глава 16. ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ**

В мире животных тип Членистоногие — самый многочисленный по количеству видов (до 1,5 млн), обитающих во всех средах: в воздухе, в воде, на суше. По многим признакам членистоногие близки к кольчатым червям, однако обладают рядом специфических особенностей. У них, как и у кольчатых червей, тело разделено на сегменты, но они не одинаковы по строению и образуют отделы тела — голову со сложно устроенными ротовыми органами, грудь и брюшко. Тело покрыто прочным покровом, состоящим из органического вещества — **хитина**, который выполняет защитную функцию и роль наружного скелета. Развитие последнего обусловлено появлением членистых конечностей. Хитиновый покров затрудняет рост членистоногих, в связи с чем они периодически подвергаются линьке. Кожно-мускульного мешка у членистоногих нет. Мышцы имеют вид пучков, их сокращение обеспечивает подвижность отдельных частей тела. Конечности у членистоногих филогенетически произошли из параподий кольчатых червей. Они соединены с телом при помощи сустава и состоят из подвижно сочлененных члеников. Конечности могут выполнять самые разнообразные функции — захват и измельчение пищи, движение, дыхание. Наряду с остатками первичной полости у членистоногих имеются зачатки вторичной.

Пищеварительная система состоит из кишечной трубы, разделенной на переднюю, среднюю и заднюю кишку. Имеются пищеварительные железы и челюстной аппарат, представленный видоизмененными конечностями. Кровеносная система незамкнутая, на спинной стороне располагается сердце.

Строение дыхательной системы зависит от среды обитания (жабры — у водных, легочные мешки и трахеи — у наземных животных).

Нервная система слагается из надглоточного узла

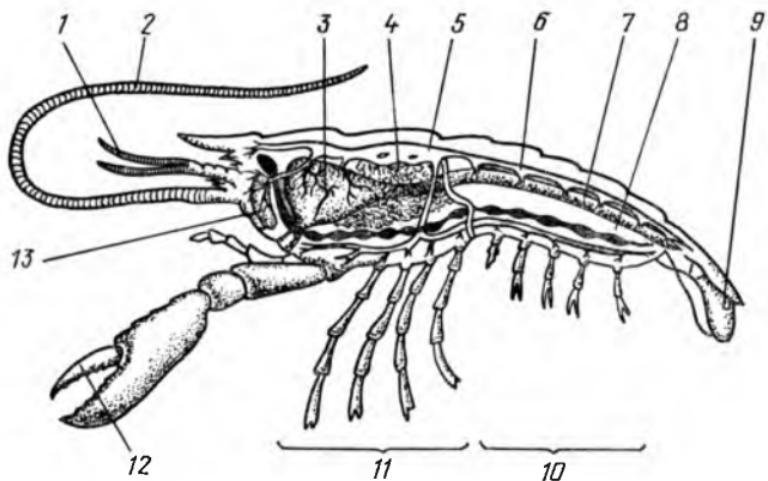


Рис. 39. Схема строения речного рака:

1 — короткий усик; 2 — длинный усик; 3 — желудок; 4 — пищеварительная железа; 5 — сердце; 6 — брюшная артерия; 7 — кишечник; 8 — нервная система; 9 — хвостовой плавник; 10 — брюшные ножки; 11 — ходильные ножки; 12 — когти; 13 — зеленая железа

(«головной мозг»), окологлоточного кольца и брюшной нервной цепочки, узлы которой часто сливаются, в результате чего их число уменьшается по сравнению с числом сегментов тела. Хорошо развиты органы чувств. Выделительная система представлена видоизмененными метанефридиями или мальпигиевыми сосудами.

Членистоногие, как правило, — раздельнополые животные и размножаются толькоовым путем.

В типе Членистоногие выделяют три класса: Ракообразные, Паукообразные и Насекомые.

### Класс Ракообразные

К классу ракообразных относятся в основном обитатели морей, озер, рек — речные раки, омары, лангусты, крабы, креветки и другие виды. Класс насчитывает около 20 000 видов.

Типичным представителем класса является *речной рак* (рис. 39). Живет он в пресных проточных водоемах, ведет ночной образ жизни. Тело разделено на головогрудь и брюшко. Головогрудь составляет пять сегментов головы и восемь — груди. Однако поскольку грудь покрыта хитиновым щитом, сегментация видна лишь с брюшной стороны. Каждый сегмент головогруди несет по паре двутавристых членистых конечностей, выполняющих различные функции. Первая и вторая пары конечностей головного отдела представляют собой антенны и антенулы,

т. е. органы чувств, следующие три пары — челюсти, расположющиеся по бокам рта и участвующие в удержании пищи. Первые три пары конечностей грудного отдела называются многочелюстями и служат для захвата и подачи пищи в рот; четвертая — восьмая пары выполняют роль ходильных ножек, причем первая из них, наиболее массивная, называется клешнями. Первые пять пар конечностей брюшка выполняют плавательную функцию, а шестая пара вместе с седьмым сегментом образует хвостовой плавник.

Пищеварительная система начинается ротовым отверстием, ведущим в короткий пищевод и желудок, разделенный на два отдела. В первом с помощью хитиновых зубцов пища измельчается, а во втором — отцеживается через свисающие со стенок хитиновые нити. Затем пищевая масса поступает в среднюю кишку, где переваривается и всасывается с помощью секретов печени, представляющей трубчатую железу, расположенную между желудком и средней кишкой. Неусвоенные пищевые остатки через заднюю кишку удаляются наружу.

Выделительная система представлена парой видоизмененных метанефридий — так называемых зеленых желез, расположенных в головном отделе.

Органами дыхания у рака служат жабры, залегающие в особых жаберных полостях, образованных боковыми складками головогрудного щита.

Кровеносная система незамкнутая. Сердце пятиугольной формы с тремя парами отверстий, располагается на спинной стороне. Отходящие от него сосуды открываются в полости тела. Кровь, отдав кислород органам и тканям, собирается в сосуды жабер, обогащается там кислородом и возвращается в сердце.

Нервная система представлена над- и подглоточным узлами и брюшной нервной цепочкой; органы чувств — усиками, выполняющими функции обоняния, осязания и химического чувства. Органами зрения являются фасеточные глаза, сидящие на подвижных стебельках.

Раки — раздельнополые животные. У самцов половая система непарная и представлена семенником с отходящими длинными извитыми семяпроводами, заканчивающимися семязвергательным каналом. У самки половая железа парная, яйцеводы короткие, трубчатые. Оплодотворение наружное и осуществляется следующим образом. Самец мечет сперму, и она в виде комков приклеивается к покровам самки вблизи женского полового отверстия.

Затем самка откладывает яйца. Выделяющийся с яйцами секрет растворяет комки спермы и сперматозоиды оплодотворяют яйцеклетки. Они приклеиваются к брюшным ножкам самки и здесь претерпевают развитие (прямое). Молодые особи некоторое время остаются на теле матери.

Значение ракообразных неоднозначно. С одной стороны, некоторые виды, в частности крабы, раки, омары, представляют большую ценность для пищевой промышленности. Кроме того, ракообразные играют важную роль в очистке водоемов. Циклопы и дафнии являются кормом для рыб. С другой стороны, раки, крабы, циклопы могут быть промежуточными хозяевами паразитов человека (легочного сосальщика, ришты, лентеца широкого). Веслоногие раки (карловые вши) вызывают гибель рыб. Рачки-древоточцы разрушают древесные сооружения в море.

## Класс Паукообразные

Данный класс объединяет группу исключительно сухопутных животных, насчитывающую 36 000 видов, которых делят на несколько отрядов. Важнейшие из них — пауки и клещи.

Типичным представителем отряда пауков является *паук-крестовик*, обитающий на суше (рис. 40, а, в, г). Тело его разделено на два отдела — головогрудь и брюшко. На головогруди имеется шесть пар конечностей. Первые две пары (хелицеры и педипальпы) служат для захвата и размельчения пищи, а остальные четыре представляют ходильные ноги. Брюшко крупнее головогруди, все его членики слиты вместе, на спинной стороне выражен рисунок в форме креста. Тело паука покрыто гиподермой, имеющей клеточное строение. В гиподерме на брюшке располагаются паутинные железы. Одни из них выделяют прочную и неклейкую паутину, из которой паук строит остов ловчей сети (многоугольную раму), другие — липкую паутину, идущую на построение концентрических кругов внутри рамы. В результате образуется ловчая сеть. Третий вид желез выделяет мягкую шелковистую паутину, из которой самка строит кокон для откладки яиц.

Паук-крестовик, как и другие виды, является хищником и питается насекомыми и другими членистоногими. Попавшую в ловчую сеть жертву он вначале окутывает

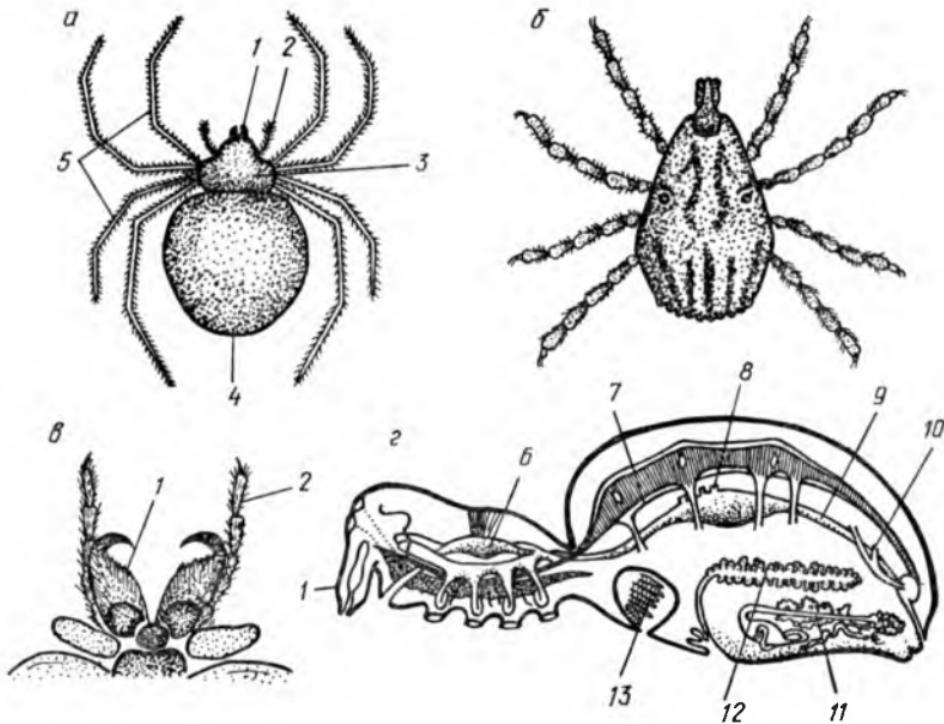


Рис. 40. Строение паукообразных:

а — внешний вид паука; б — иксодовый клещ; в — хелицеры и педипальпы; г — схема внутреннего строения паука-крестовика. 1 — хелицеры; 2 — педипальпы; 3 — головогрудь; 4 — брюшко; 5 — ходильные ноги; 6 — сосательный желудок; 7 — сердце; 8 — печень; 9 — кишечник; 10 — мальпигиевые сосуды; 11 — паутинные железы; 12 — яичник; 13 — легкое

клейкой паутиной, а затем впрыскивает в нее через протоки хелицер слюну, которая растворяет ее ткани в полуожидкую массу (внеполостное пищеварение).

Пищеварительная система паука-крестовика в принципе имеет такое же строение, как и у рака, но отличается тем, что она приспособлена к питанию полужидкой пищей. Этому способствует хорошо развитая мускулистая глотка для высасывания из жертвы растворенных веществ.

Органы выделения составляют особые трубочки (мальпигиевые), располагающиеся на границе средней и задней кишок. Один конец их слепо замкнут, а другой открывается в кишечник. Содержащиеся в крови продукты обмена веществ проникают в трубочки через их стенки, затем поступают в кишку, а из нее выбрасываются наружу.

Дыхательную систему у пауков образуют легкие (располагаются у основания брюшка и открываются наружу двумя небольшими щелями) и трахеи — два пучка дыхательных трубочек, открывающихся наружу общим дыхательным отверстием.

Кровеносная система у паука-крестовика незамкну-

тая и по строению такая же, как у рака. Сердце располагается на спинной стороне брюшка. При его сокращении кровь по сосудам направляется к головному отделу, где изливается в полости между органами и возвращается к брюшному отделу. Омывая легкие и трахеи, она обогащается кислородом и поступает в сосуды, а затем — в сердце.

Для нервной системы пауков характерно появление головного мозга. Он образуется в результате слияния надглоточного узла и располагается в головогрудном отделе. От мозга к органам идут нервы.

Паук-крестовик — раздельнополое животное. Самка крупнее самца. Оплодотворенные яйца она откладывает осенью в кокон, из которого весной развиваются прямым путем молодые пауки.

С практической точки зрения в классе паукообразных наибольший интерес представляют *клещи* — мелкие, часто микроскопические животные (рис. 40, б). Тело у них, как правило, не сегментировано и не разделено на головогрудь и брюшко. Дышат клещи трахеями. Ротовые конечности у большинства видов превращены в колюще-сосущий или колюще-грызущий аппарат. Развитие клещей в онтогенезе происходит непрямым путем. Из оплодотворенного яйца выходит личинка, не похожая на взрослую особь, которая затем постепенно превращается во взрослого клеща.

Клещи ведут преимущественно паразитический образ жизни — питаются тканями растений, нападают на животных и человека. Так, красный паутинный клещик поселяется на листьях хлопчатника, мучной клещ — в муке, зерне. Опасным паразитом млекопитающих является чесоточный клещ. Оплодотвренные самки его внедряются в тонкие нежные участки кожи и прогрызают в них ходы, чем вызывают раздражение нервных окончаний и как следствие — сильный зуд. Здесь же они откладывают яйца, из которых развивается новое поколение клещей. Для предупреждения этого заболевания необходимо соблюдать правила личной гигиены кожи.

Наибольшую опасность представляют кровососущие иксодовые клещи (собачий, таежный), обитающие в лесных зарослях и паразитирующие на птицах, млекопитающих и человеке. Для человека они опасны тем, что служат переносчиками возбудителя энцефалита. Способ передачи возбудителя энцефалита был описан в 30-х годах нашего столетия паразитологом Е. Н. Павловским и его

учениками при участии вирусолога и иммунолога Л. А. Зильбера. Для предупреждения таежного энцефалита лицам, работающим в природном очаге заболевания, делают вакцинацию.

## Класс Насекомые

Из членистоногих насекомые — наиболее высокоорганизованные животные, заселяющие различные среды. Тело у них четко разграничено на голову, грудь и брюшко (рис. 41). На голове располагаются усики, служащие органами обоняния и осязания, а также глаза и челюстной аппарат. Последний может быть колющим (у комаров), лижущим (у мух), сосущим (у бабочек), жующим или грызущим (у тараканов).

Насекомые — раздельнополые животные, размножаются только половым путем. Индивидуальное развитие у них может быть прямым и непрямым с полным и неполным превращением. При прямом развитии из яйца выходит особь, в основном похожая на взрослое насекомое (у чешуйницы). При непрямом развитии с полным превращением из яйца выходит личинка, которая превращается в куколку, а она — во взрослую особь (у чешуекрылых,

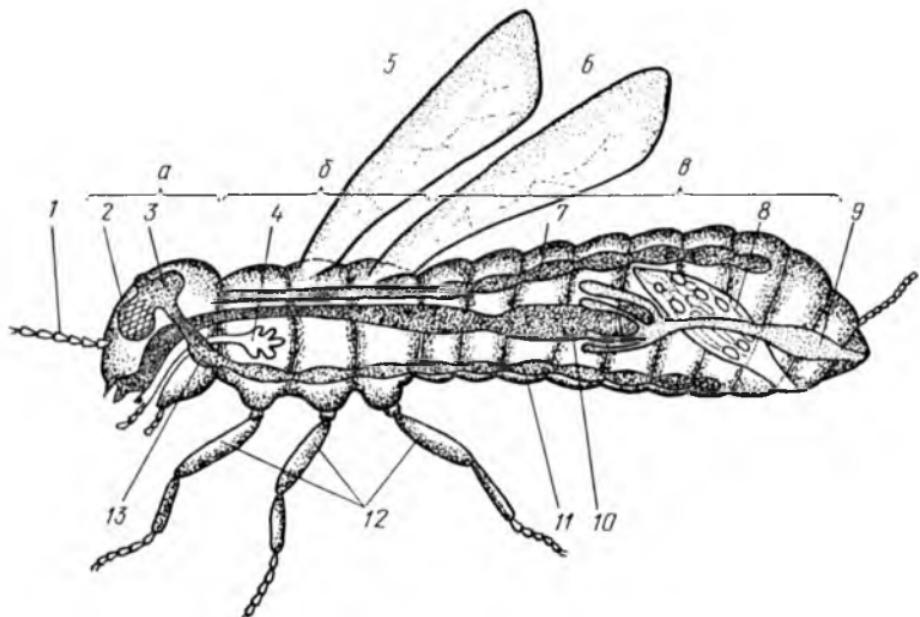


Рис. 41 Схема строения насекомого

а — голова, б — грудь, в — брюшко, 1 — диски, 2 — глаза, 3, 13 — над- и подглоточные узлы, 4 — слюнная железа, 5, 6 — первая и вторая пары крыльев, 7 — сердце, 8 — яичник, 9, 10 — задняя и средняя кишки, 11 — брюшная первая цепочка, 12 — ходильные ноги

перепончатокрылых, двукрылых). При развитии с неполным превращением из яйца выходит личинка, превращающаяся постепенно во взрослую особь (у тараканов, клопов, стрекоз).

Типичный представитель класса насекомых — *майский жук*. Тело у него покрыто хитинизированным покровом, выполняющим функции наружного скелета. Голова состоит из пяти сегментов и посредством шейки подвижно соединяется с грудью. На голове находится ротовой аппарат грызущего типа, образованный верхней губой, парой челюстей (верхней и нижней) и нижней губой. На нижних челюстях и губе располагаются органы осязания и вкуса (щупики). По бокам головы имеется пара фасеточных глаз, а перед ними — органы обоняния (пара усиков с расширенными пластинками на концах). Грудь состоит из трех члеников, из которых каждый несет по паре ног. На среднем и заднем члениках располагаются две пары крыльев: первая — жесткая (надкрылья), вторая — перепончатая. Брюшко слагается из девяти члеников и неподвижно соединяется с грудью. По краю его спинной стороны на каждом членике имеются дыхальца — выходные отверстия трахей.

Пищеварительная система (рис. 42) начинается ротовым отверстием, далее следует пищевод, переходящий в мускульный желудок, где пища перетирается хитиновыми зубцами, затем поступает в среднюю кишку и подвергается перевариванию и всасыванию, а непереваренные остатки выбрасываются наружу через анальное отверстие задней кишки.

Выделительная система представлена мальпигиевыми трубочками. Кроме них, выделительную функцию выполняет особое образование — жировое тело, в клетках которого накапливаются продукты диссимиляции.

Функцию дыхания выполняет система трахейных трубочек, обеспечивающая прямое поступление кислорода к клеткам тела.

Кровеносная система у майского жука незамкнутая и в связи с особенностями строения дыхательной системы развита слабо. Сердце располагается на спинной стороне груди, имеет вид трубочки с несколькими парами отверстий. Кровь движется от заднего конца трубочек к переднему, вытекает в полость тела, омывает органы головы, а затем перетекает к задней части тела. В сердце кровь поступает через боковые отверстия в момент его расслабления.

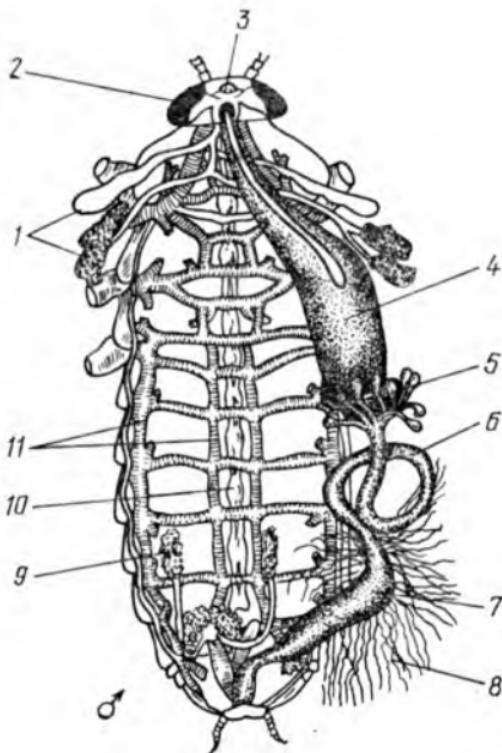


Рис. 42. Внутреннее строение черного таракана:  
 1 — слюнная железа; 2 — глаза; 3 — нервные головные узлы; 4 — зоб; 5 — жевательный желудок; 6, 7 — средняя и задняя кишка; 8 — мальпигиевые сосуды; 9 — семенники; 10 — брюшная нервная цепочка; 11 — трахейная система

Нервная система жука напоминает таковую у ракообразных. Ее образуют окологлоточное нервное кольцо и берущая от него начало брюшная нервная цепочка, узлы которой концентрируются главным образом в грудном отделе.

В классе насекомых насчитывается около 1 млн видов, которые по строению крыльев, ротового аппарата и типу развития распределяются по отрядам (табл. 14).

Насекомые имеют огромное значение в природе и жизни человека. В частности, велика их роль как опылителей цветковых растений (пчелы, шмели, бабочки). Кроме того, насекомые являются активными участниками круговорота веществ в природе. Огромное их количество обитает в почве и в результате своей жизнедеятельности значительно обогащает ее. Многие насекомые (жуки-мертвоеды, кожееды, навозники и др.), питаясь трупами птиц, зверей, способствуют очистке окружающей среды. Вместе с тем сами насекомые являются пищей для других животных. Так, многие виды рыб питаются личинками

Таблица 14 Основные признаки главнейших отрядов насекомых

Отряды	Особенности строения и развития	Представители	Значение
1	2	3	4
Прямокрылые	Ротовой аппарат грызущий, надкрылья кожистые, задние крылья более мягкие; развитие с неполным превращением	Саранча, кузнеци, сверчки, медведки	Большинство вредители растений, особенно саранча
Полужесткокрылые	Ротовой аппарат колюще-сосущий, надкрылья состоят из двух частей — жесткой и перепончатой; у некоторых видов крылья редуцированы; развитие с неполным превращением	Клоп-черепашка, клоп постельный, воломерки	Многие клопы — паразиты; капустный клоп повреждает рассаду капусты, черепашки вредят злакам, постельный клоп нападает на человека
Жесткокрылые	Ротовой аппарат грызущий; две пары крыльев (жесткие надкрылья и перепончатые крылья); развитие с полным превращением	Майский и колорадский жуки, жуки-могильщики, долгоносики, навозники, короеды и плавуны, божьи коровки, хлебная и свекловичная блошки и др.	Вредители растений (майский и колорадский жуки, жуки-щелкунчики и др.), полезные: жужелицы, красотели, охотящиеся за гусеницами шелкопрядов; божьи коровки поедают тлю, червецов; жуки-навозники, поедая навоз, являются своеобразными санитарами
Чешуекрылые	Ротовой аппарат сосущий (за исключением моли); две пары больших крыльев окрашены в различные цвета по сравнению с телом насекомого, что зависит от окраски и расположения хитиновых чешуек; развитие с полным превращением	Капустная белянка, боярышница, яблонная и комнатная моли, шелкопряды	Вредители растений (личинки бабочек, капустной белянки, боярышницы, яблонной моли, соснового и кольчатого шелкопрядов); вредители одежды, шерсти (комнатная моль)

Окончание табл. 14

1	2	3	4
Перепончатокрылые	Ротовой аппарат грызущий, грызуще-сосущий (у пчел); задние крылья меньше передних; обе пары крыльев прозрачные со сравнительно редкими продольными и поперечными жилками; развитие с полным превращением	Наездники, пильщики, пчелы, осы, шмели, муравьи	Опылители растений; пчелы — поставщики меда, воска, пчелиного яда, молочка; наездники используются для биологической борьбы с вредными насекомыми; вредители растений (пильщики)
Двукрылые	Ротовой аппарат лижущий (мухи) или колюще-сосущий (комары); задняя пара крыльев редуцирована, их остатки превратились в жужжалицы; передняя пара крыльев у основания сильно сужена; развитие с полным превращением	Мухи, комары, москиты, мошки, слепни, оводы	Переносчики возбудителей болезней (комары, москиты, мухи); личинки оводов паразитируют в коже крупного рогатого скота, в желудке лошади

комаров. Ряд птиц, а также млекопитающих (муравьеды) питаются взрослыми насекомыми.

Однако некоторые насекомые являются вредителями сельского и лесного хозяйства (саранча, колорадский жук, непарный шелкопряд и др.). Причем интересно отметить, что для борьбы с ними нередко используются насекомые, паразитирующие на других видах насекомых (различные виды наездников, осы и др.). Среди насекомых есть и переносчики возбудителей паразитарных болезней человека (малярийные комары — возбудителя малярии; москиты — возбудителей лейшманиозов, москитной лихорадки; муха цеце — возбудителя сонной болезни; комнатная муха — возбудителей дизентерии, брюшного тифа, а также яиц гельминтов, цист простейших).

В настоящее время численность и видовое многообразие насекомых сокращаются вследствие разного рода хозяйственной деятельности человека. Сегодня в Красную книгу СССР уже внесено 219 видов насекомых, в том числе 14 видов шмелей, 3 вида пчел, 11 видов стрекоз, 8 видов прямокрылых (дыбка степная, дыбка седлоносная, кузнечики дальневосточный, темнокрылый и др.), более 80 видов чешуекрылых и т. д. Только охрана насекомых позволит сохранить животный мир во всем его многообразии.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите характерные признаки членистоногих. Дайте классификацию типа.
2. Черты сходства и отличия членистоногих и кольчатых червей.
3. Приведите особенности строения конечностей у рака и укажите выполняемые ими функции.
4. Значение ракообразных в жизни человека, природе.
5. Назовите важнейшие признаки паукообразных.
6. Укажите особенности строения клещей, а также вред, наносимый ими человеку.
7. Перечислите основные черты строения насекомых на примере майского жука.
8. Что означают прямое развитие и развитие с превращением? Приведите примеры.
9. Охарактеризуйте отряды насекомых с неполным и полным превращением, назовите их представителей.
10. Назовите насекомых — вредителей сельского и лесного хозяйства и укажите меры борьбы с ними.
11. Перечислите полезных насекомых. Какую пользу они приносят человеку?
12. Укажите насекомых — переносчиков возбудителей заболеваний человека.

### Глава 17. ТИП ХОРДОВЫЕ

Хордовые — высший тип животного царства, объединяющий около 40 000 видов, которые заселяют все среды жизни. Их отличительной чертой является наличие вну-

тренного осевого скелета — *хорды*, тянувшейся вдоль тела. У некоторых видов она сохраняется в течение всей жизни (ланцетник, круглоротые, хрящевые рыбы), у других — только в зародышевом состоянии, а при дальнейшем развитии замещается костным позвоночным столбом (костистые рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие). Над хордой располагается центральная нервная система в виде трубы эктодермального происхождения. Под осевым скелетом находится кишечная трубка, передний отдел которой пронизан рядом жаберных щелей. Этот отдел выполняет функции и глотки, и органа дыхания. Жаберные щели сохраняются либо всю жизнь (ланцетник, круглоротые, рыбы), либо существуют только в зародышевом состоянии ( наземные позвоночные). На брюшной стороне, под кишечной трубкой, находится центральный орган кровеносной системы — сердце или заменяющий его сосуд. У хордовых, как и у иглокожих, формируется вторичный рот.

Хордовые обладают рядом признаков, свойственных и некоторым типам беспозвоночных: это двусторонняя симметрия тела, посегментное расположение отдельных систем органов — скелета (позвонки), мускулатуры (мышечные сегменты), периферической нервной системы (спинномозговые нервы), частично кровеносных сосудов, а также наличие вторичной полости тела.

Тип Хордовые подразделяется на три подтипа: Оболочники (Личиночнохордовые), Бесчелепные и Позвоночные (Черепные).

Представители оболочников — *асцидии, сальпы* — это морские животные. Признаки хордовых у них проявляются лишь в личиночном состоянии. У только что вышедшей из яйца личинки имеются хорда и нервная трубка. В дальнейшем эти органы атрофируются. В результате от нервной трубы остается лишь нервный узел. Личинка покрывается оболочкой и превращается во взрослую особь.

Бесчелепные представлены одним классом ланцетников, которые составляют небольшую группу примитивных хордовых животных, обитающих в теплых морях.

Типичным представителем является *ланцетник* — небольшое (до 8 см) полупрозрачное животное (рис. 43). По всей спинной стороне его тянется спинной плавник, переходящий в хвостовой. Большую часть жизни животное проводит зарывшись в песок и выставив наружу передний конец головного отдела.

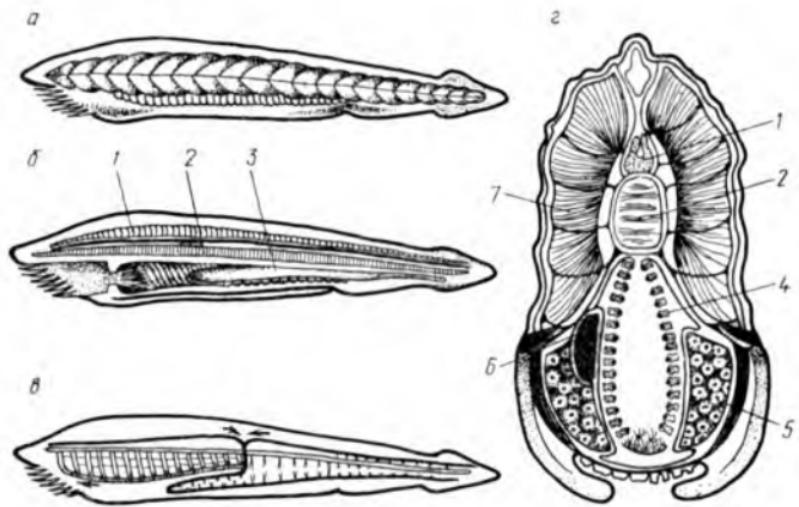


Рис. 43. Строение ланцетника:

а — внешний вид, б — продольный разрез, в — схема кровообращения, г — поперечный срез в области жаберного отдела кишечника. 1 — первая трубка; 2 — хорда; 3 — кишка, 4 — жабры; 5 — яичник; 6 — печеночный вырост; 7 — мышцы

Одна из основных особенностей строения ланцетника — отсутствие черепа, а следовательно, и челюстного аппарата. Тело его покрыто гладкой кожей, построенной из однослоиного эпидермиса и собственно кожи. Под ней располагаются мышцы в виде отдельных сегментов (миомеры), между которыми залегают соединительно-тканые прослойки. Осевой скелет образован хордой, представляющей плотный эластичный тяж из крупных вакуолизированных клеток энтодермального происхождения, заключенный в прочную оболочку.

Нервная система ланцетника имеет вид трубы, лежащей над хордой. В головном отделе она образует небольшое расширение — зародыш головного мозга. Органы чувств развиты слабо. Только на переднем конце тела находится обонятельная ямка, в коже — осязательные клетки, вдоль нервной трубы располагаются светочувствительные образования. Периферические нервы отходят соответственно к каждому сегменту мышц. На переднем конце тела имеется рот, окруженный щупальцами. За ним располагается глотка. Стенки последней пронизаны большим количеством жаберных щелей, в перегородках которых проходят кровеносные сосуды. Через стенки последних осуществляется газообмен между кровью животного и омывающей жабры водой. Глотка переходит в кишечник, выстланный ресничным эпителием. Благодаря колебанию ресничек пищевые частицы, содержащиеся в воде, продвигаются по кишечнику, кото-

рый не дифференцирован. От начального его отдела отходит печеночный вырост, а конечный отдел заканчивается анальным отверстием. Таким образом, и дыхание, и питание ланцетника происходят пассивно.

Органы выделения ланцетника представлены парным посегментным рядом ветвящихся эпителиальных канальцев (нефридии), располагающихся по бокам глотки. Каждая нефридиальная трубка имеет отверстия, открывающиеся во вторичную полость. Противоположным концом нефридии открываются в окологаберную полость, откуда продукты распада выводятся наружу.

Кровеносная система у ланцетника замкнутая и состоит из двух сосудов ( спинного и брюшного), от которых отходят более мелкие сосуды. Ток крови создается пульсацией брюшного сосуда и оснований жаберных артерий.

Ланцетники — раздельнополые животные. Половая система у самца представлена семенниками, у самки — яичниками. Выводных протоков нет. Зрелые гаметы путем разрыва стенок гонад выделяются в окологаберную полость. Половые клетки выносятся с током воды в окружающую среду, где и происходит наружное оплодотворение. Яйцо развивается в толще воды, из него выходит свободноплавающий зародыш.

В процессе эволюции ланцетники явились исходными формами для высших хордовых. Эта мысль впервые была доказана русским зоологом и эволюционистом А. О. Ковалевским (1840—1901), который установил, что эти животные занимают промежуточное положение между оболочниками и позвоночными.

Позвоночные — наиболее высокоорганизованная группа типа хордовых, которая отличается от остальных подтипов активным способом разыскивания и захвата пищи. Позвоночные обладают наиболее совершенными органами чувств, необходимыми для поиска пищи, развитыми органами передвижения, подвижным ротовым (челюстным) аппаратом и сложным головным мозгом. Всех позвоночных по сложности строения и особенностям эмбрионального развития принято делить на низших, или анатомий (круглоротые, рыбы, земноводные), и высших, или амниот (пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие).

Покровы тела у позвоночных представлены кожей, состоящей из многослойного эпителия и собственно кожи и ее производных (чешуи, перья, волосы).

В скелет входят осевой скелет, череп, скелет конечностей и их поясов. Осевой скелет развивается в виде хорды, которая затем вытесняется позвоночником, состоящим из сегментарно расположенных хрящевых или костных позвонков. Череп появляется в связи с развитием головного мозга. Он имеет два отдела — черепную коробку для защиты головного мозга, органов зрения и обоняния, и внутренний (висцеральный) череп, который служит опорой для переднего отдела пищеварительной трубы, образуя челюсти и жаберные дуги. Конечности могут быть непарными (спинной и хвостовой плавники) и парными. В скелете парных конечностей выделяют пояса (плечевой, тазовый) и свободную конечность.

Мускулатура подразделяется на мускулатуру тела (скелетные мышцы) и внутренних органов (гладкие мышцы). У низших позвоночных скелетная мускулатура, как и у ланцетника, располагается посегментно, у высших сегментация нарушается, и мышечная система имеет сложное строение и расположение.

Пищеварительная система характеризуется дифференцировкой кишечника на передний, средний и задний отделы, появлением приспособлений для измельчения пищи и пищеварительных желез (печени, поджелудочной железы и др.).

Органы дыхания филогенетически связаны с кишечником. Они представлены в виде жабр или легких и развиваются из выпячивания переднего отдела кишечной трубы.

Выделительная система представлена почками, которые могут быть трех видов (головная, или предпочка, туловищная и тазовая), и выводными каналами (мочеточники). Предпочка сходна с метанефридиями кольчатых червей. В туловищной почке мерцательная воронка частично заменяется капсулой с клубочком сосудов и фильтрационными канальцами. В тазовой почке эта замена осуществляется полностью и продукты диссимиляции не поступают в полость тела, а фильтруются из крови в органы выделения.

Кровеносная система представлена специальным мышечным органом — сердцем, разделенным на камеры (предсердие, желудочек), и сосудами, по которым движется кровь к сердцу (венам) и от него (артериями). Кровеносная система всегда замкнутая.

В регуляции обмена веществ и сохранении постоянства внутренней среды организма у позвоночных важная

роль принадлежит железам внутренней секреции (гипофиз, надпочечники, щитовидная железа и др.).

Нервная система у позвоночных делится на центральную (головной и спинной мозг) и периферическую. Головной мозг содержит пять отделов — передний, подразделяющийся на два полушария, промежуточный, средний, мозжечок и продолговатый мозг. От головного мозга отходят черепные нервы (у низших их 10 пар, у высших — 12), а от спинного мозга посегментно — спинномозговые нервы. Органы чувств представлены органами зрения, слуха, обоняния, вкуса и осязания.

Органы размножения состоят из парных половых желез. Позвоночные — раздельнополые животные с выраженным половым диморфизмом. У низших позвоночных осеменение наружное, у высших — внутреннее.

Подтип делится на классы, важнейшими из которых являются рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие.

## Класс Рыбы

Рыбы — наиболее разнообразный и многочисленный класс настоящих водных позвоночных, сохраняющих жабры в течение всей жизни. Они заселяют все водоемы земного шара и приспособлены к самым разнообразным условиям водной среды. Известно около 20 000 видов рыб.

Типичным представителем класса рыб является *речной окунь* (рис. 44). Тело у него вытянутое, обтекаемое: голова постепенно переходит в туловище, а туловище — в хвост. Кожа покрыта защитной чешуей, нарастающей годовыми кольцами. В коже много желез, выделяющих слизь, благодаря которой уменьшается трение при движении рыбы. Движение осуществляется парными грудными и брюшными, а также непарными (спинным, хвостовым и анальным) плавниками. Изгибы тела, подвижность плавников, жаберных крышечек, а также челюстей обеспечиваются мышцами, которые залегают под кожей и крепятся к скелету. У окуня имеется специальный орган — *плавательный пузырь*, выполняющий гидростатическую функцию. Он заполнен газом, что придает рыбе устойчивость. Этот пузырь может произвольно сжиматься и расширяться, в результате чего меняется удельный вес рыбы и она передвигается в вертикальном направлении.

Скелет составляют позвоночник, ребра и плавники

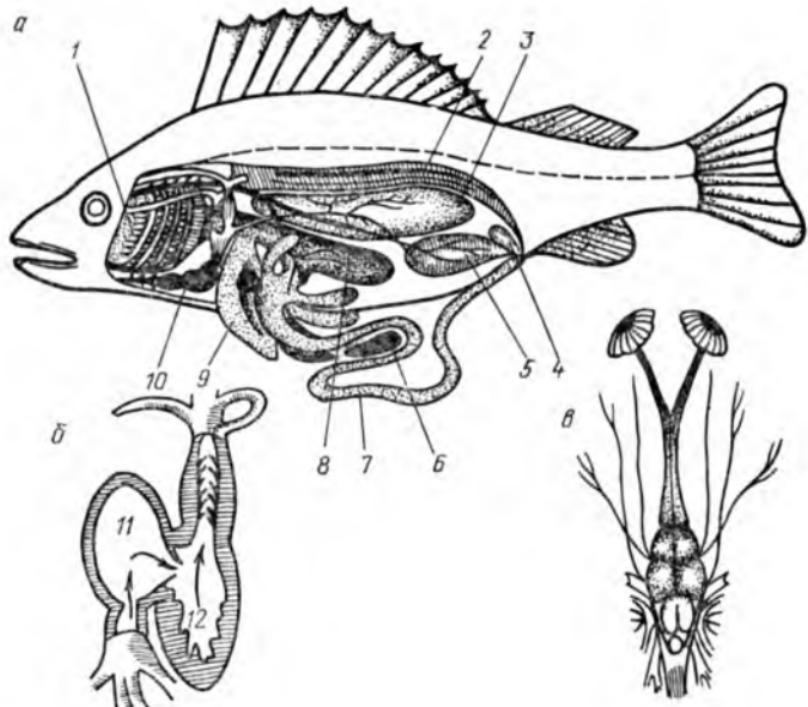


Рис. 44. Внутреннее строение рыбы:  
 а — вскрытая рыба; б — схема устройства сердца; в — головной мозг. 1 — жабры; 2 — тулowiщная почка; 3 — плавательный пузырь; 4 — мочевой пузырь; 5 — яичник; 6 — селезенка; 7 — кишка; 8 — желудок; 9 — печень; 10 — сердце; 11 — предсердие; 12 — желудочек

(передний и задний спинные, хвостовой, анальный и парные грудные и брюшные). Позвоночник образуют многочисленные позвонки, верхние дуги которых ограничивают позвоночный канал, где располагается спинной мозг. Последний разделен на два отдела — тулowiщный и хвостовой. Череп делится на спинную часть, где помещаются головной мозг, органы зрения, обоняния и вкуса, и брюшную часть, образующую жаберные дуги, челюсти с коническими зубами для удерживания схваченной добычи.

Система пищеварения начинается ротовым отверстием, ведущим в ротовую полость, затем последовательно идут глотка, пищевод, желудок, тонкая и задняя кишки. Пищеварительные ферменты печени и поджелудочной железы поступают в тонкую кишку.

Органы выделения представлены тулowiщными почками продолговатой формы, лежащими по обе стороны позвоночника. Моча по мочеточникам выводится в мочевой пузырь, открывающийся позади анального отверстия.

Органы дыхания состоят из жаберных лепестков, сидящих на жаберных дужках. Вода через жаберные щели

омывает жаберные лепестки, отдает растворенный в ней кислород в кровь, обогащается углекислым газом и выходит наружу из-под жаберной крышки. Так осуществляется дыхание. Окунь также дышит через кожу.

Кровеносная система у рыб замкнутая, представлена одним кругом кровообращения. Сердце двухкамерное (одно предсердие и один желудочек), в него поступает только венозная кровь, которая собирается от внутренних органов и мышц в сосуд, впадающий в предсердие. Из желудочка кровь движется в брюшную аорту и направляется к жабрам. От аорты отходят более мелкие сосуды, несущие венозную кровь, насыщенную углекислым газом, к жабрам. В жабрах кровь отдает углекислый газ, насыщается кислородом. Артериальная кровь собирается в спинную аорту, которая, распадаясь на более мелкие сосуды, разносит кровь по всему телу. В стенках капилляров происходит газообмен. Венозная кровь собирается в вены и по ним попадает в предсердие.

Центральная нервная система представлена головным и спинным мозгом. Головной мозг невелик по объему, в нем различают передний, промежуточный и средний мозг, мозжечок и продолговатый мозг. Передний мозг является центром обоняния, промежуточный мозг — восприятия зрительных раздражений, средний — зрительного центра, мозжечок — координации движения и равновесия, продолговатый мозг — дыхания, кровообращения и других функций. Из головного мозга отходит 10 пар черепных нервов. Спинной мозг располагается в спинномозговом канале позвоночника. Внутри него проходит узкий центральный канал, который переходит в полость головного мозга. От спинного мозга отходят посегментно справа и слева спинномозговые нервы.

Органами зрения служат глаза с шаровидными хрусталиками, органами слуха — внутреннее ухо (перепончатый лабиринт), расположенное в черепе и не имеющее наружного отверстия, обоняния — обонятельные мешки, открывающиеся двумя ноздрями на спинной стороне передней части головы. Своеобразным органом чувства является боковая линия. Ее каналы тянутся с боков вдоль туловища и сообщаются с внешней средой мелкими отверстиями. Боковая линия позволяет рыбе ориентироваться в отношении направления движения воды, ее химического состава, давления и звуков низкой частоты. Функцию осязания выполняет вся поверхность тела.

Размножаются рыбы половым путем. Семенники и

яичники у них парные. Оплодотворение наружное: яйцеклетки (икра) и семенная жидкость со сперматозоидами выбрасывается в окружающую среду, где и происходит оплодотворение. Этот процесс называется *нерестом*. В оплодотворенной икринке развивается зародыш, который затем покидает яйцевую оболочку и превращается в личинку. Последняя вырастает в малька, который, достигнув половой зрелости, становится взрослой особью. Многие рыбы (осетр, лосось и др.) собираются в большие стаи и из морей поднимаются в верховья рек на нерест. Это *проходные* рыбы. Рыбы, живущие в опресненных участках моря, прилегающих к устью рек (лещ, сом, судак и др.), называются *полупроходными*.

В зависимости от особенностей строения скелета, плавников, способа дыхания и других признаков рыб делят на *пластиноножаберных* (акулы, скаты), *лопастеперых* (кистеперые, двоякодышащие), *лучеперых* (гигантские, типичными представителями которых являются осетрообразные) и *костистых*. Основные черты их строения и типичные представители указаны в табл. 15.

Рыба имеет большое народнохозяйственное значение. Мясо рыбы — ценный продукт питания. Кроме того, ее используют для получения витаминов, жира, кормовой муки для скота. Однако в последние годы мировые запасы рыбы заметно уменьшились. Основными причинами этого является чрезмерный перелов, загрязнение водоемов, строительство гидросооружений на реках.

Многие виды рыб исчезли или находятся на грани уничтожения. В настоящее время в Красную книгу Международного союза охраны природы внесено 194 вида и подвида особо охраняемых рыб. В Красную книгу СССР включено 9 видов, в том числе из отряда Осетрообразные — 5 (осетр атлантический и сахалинский; лжелопатонос большой, малый амударыинский и сырдарыинский), отряда Лососеобразные — 3 (аральский лосось, севанская форель, волховский сиг) и отряда Карпообразные — 1 вид (щуковидный жерех).

В целях приумножения рыбных богатств в стране проводятся мероприятия, направленные на охрану и воспроизводство рыбы. Жестко регламентируются сроки, места и способы лова. В искусственных бассейнах выращиваются мальки и в последующем расселяются в природные водоемы. Широко внедряется прудовое рыбоводство для улучшения снабжения населения рыбой.

Таблица 15. Характеристика основных групп рыб

Надотряды	Важнейшие отряды	Основные черты строения	Представители
1	2	3	4
Акулы	Разнозубообразные, Катранообразные и др.	Тело покрыто твердой чешуей с зубами на верхней стороне; хвостовой плавник неравноплечий; скелет хрящевой, впервые появляются тела позвонков и ребра; верхнечелюстной хрящ соединен с черепом; зубы покрыты эмалью; жаберных крышечек нет, имеется 5—7 пар наружных жаберных щелей; нет плавательного пузыря	Акулы (китовая, песчаная, обыкновенная, синяя, серая, гигантская и др.)
Скаты	Пилорылообразные, Хвостоколообразные и др.	Тело сильно уплощено, хвост лишен хвостового плавника; жаберные отверстия расположены на брюшной стороне тела	Скаты (орляки, манты, хвостоколы, электрические и др.)
Кистеперые	Целакантообразные	Тело покрыто чешуей из особого вещества; основание плавника представляет мясистую лопасть; осевой скелет образован толстым упругим стержнем (нотохорда), нет позвонков; скелет парных плавников схож с пятипалой конечностью наземных позвоночных; плавательный пузырь очень мал; размножение путем яйцеживорождения	Латимерия
Двоякодышащие	Рогозубообразные	Тело покрыто крупной костной чешуей; хвостовой плавник однолопастный; хорда сохраняется в течение всей жизни, но уже появляются хрящевые	Рогозуб, протоптеры (большой, малый, темный и бурый); американский чешуйчатник

Окончание табл. 15

1	2	3	4
Хрящевые	Осетрообразные, Панцирникообразные и др.	основания дуг позвонков; характерен феномен «двойного» дыхания (жабрами и с помощью легких, заменяющих плавательный пузырь)	Осетры (сибирский, атлантический и др.); белуга, стерлянь, калуга, лопатоносы американские; среднеазиатские лжелопатоносы, севрюга; панцирники (миссисипский, кубинский и др.)
Костистые	Сельдеобразные, Лососеобразные, Угреобразные, Карпообразные, Сомообразные, Трескообразные, Окунеобразные, Камбалообразные и др.	Тело покрыто ромбической ганоидной чешуей, содержащей эмалеподобное вещество (ганоин); хвостовой плавник неравнолопастный; осевой скелет представлен хордой, тел позвонков нет; черепная коробка в основном хрящевая; имеется плавательный пузырь	Сельда (атлантическая, балтийская, тихоокеанская, и др.); лосось тихоокеанский, кета, горбуша, семга; угорь обыкновенный; плотва, язь, сазан, лещ, карась, сом; навага, путассу, треска, окунь; камбала, палтусы и др.

## Класс Земноводные

Земноводные — небольшая по количеству видов группа позвоночных (около 2500), ведущих водноzemный образ жизни. Наряду с чертами типично водных предков у них появился ряд признаков, свойственных наземным позвоночным. Это легочное дыхание, два круга кровообращения, трехкамерное сердце, дифференцировка передней конечности на плечо, предплечье и кисть, задней — на бедро, голень, стопу. Кроме того, в цикле развития земноводных водная личинка превращается во взрослую форму, живущую главным образом на суше.

Современные земноводные включают три отряда: бесногие (червяги, приспособленные к подземной, роющей жизни), хвостатые (тритоны, саламандры, аблистомы) и бесхвостые (лягушки, жабы, квакши). Последние — наиболее высокоорганизованная и многочисленная по количеству видов группа. Предками земноводных считаются древние кистеперые рыбы. От них около 300 млн лет назад и появились первые наземные позвоночные — хвостатые земноводные. От них позднее произошли бесхвостые.

Типичным представителем бесхвостых земноводных является *лягушка прудовая* (рис. 45). Тело у нее короткое, широкое, покрыто гладкой кожей, богатой слизеотделительными железами. Голова плоская, шея не выражена, хвоста нет. Задние конечности удлиненные, с плавательными перепонками, передние — меньших размеров, на них четыре пальца вместо пяти.

Скелет костный, представлен мозговой коробкой, позвоночником и костями конечностей. Мозговая коробка маленькая. Позвоночник короткий, состоит из одного шейного позвонка, нескольких туловищных, одного крестцового и нескольких хвостовых, сросшихся в одну кость. Ребер нет. Пояс передних конечностей составляют грудина и парные воронья кость, ключица и лопатка. Пояс задних конечностей образован тремя парами сросшихся тазовых костей. Свободная передняя конечность разделена на плечо, предплечье, кисть, а задняя — на бедро, голень, стопу.

Мускулатура располагается посегментно и обеспечивает движение.

Пищеварительная система представлена ртом, пищеводом, мешкообразным желудком и коротким кишечником. В переднюю часть кишечника открываются прото-

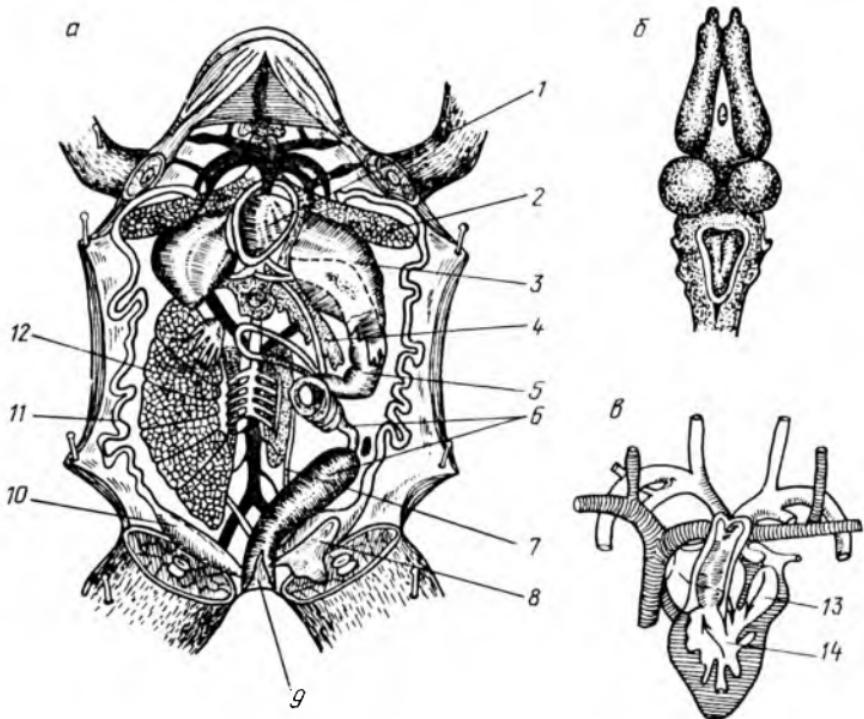


Рис. 45. Внутреннее строение лягушки:

а — вскрытая лягушка; б — головной мозг; в — схема строения сердца; 1 — легкие; 2 — сердце; 3 — печень; 4 — поджелудочная железа; 5 — желудок; 6 — кишечник; 7 — почка; 8 — мочевой пузырь; 9 — клоака; 10 — матка; 11 — яйцевод; 12 — личинка; 13 — предсердие; 14 — желудочек

ки печени и поджелудочной железы, а в заднюю, расширенную (клоака) — мочеточники и выводные протоки половых желез. Добычу лягушка захватывает с помощью липкого языка, прикрепленного во рту передним концом. Пища не пережевывается; зубы служат лишь для удержания добычи. В глотании участвуют глазные яблоки: при сокращении особой мышцы они втягиваются в ротовую полость и проталкивают пищу.

Систему выделения составляют туловищные почки, мочеточники и мочевой пузырь. Моча из почек по мочеточникам поступает в клоаку, а из нее — в мочевой пузырь и по мере его наполнения через клоаку удаляется наружу.

Органами дыхания служат легкие. Они имеют вид цилиндрических мешков с тонкими стенками. Внутренняя их поверхность ячеистая. Однако поверхность легких невелика, поэтому кожа остается важным органом дыхания. Слизь, покрывающая тело, защищает ее от высыхания и способствует газообмену.

С появлением легочного дыхания усложнилось строение и кровеносной системы. Сердце стало трехкамерным

(два предсердия, один желудочек), образовался второй (легочной) круг кровообращения. В правом предсердии локализуется только венозная кровь, в левом — артериальная, а в желудочке — смешанная. Артериальной кровью снабжается только головной мозг, а смешанной — ткани и органы. По большому кругу кровь движется из желудочка по артериям по всему телу и по венам оттекает в правое предсердие. По малому кругу она из желудочка поступает в легкие и кожу, а из легких возвращается в левое предсердие.

Центральная нервная система представлена головным и спинным мозгом. Головной мозг состоит из 5 отделов (как и у всех позвоночных). В переднем мозге уже можно различить большие полушария, но он по-прежнему остается обонятельным центром. В среднем мозге хорошо выражены зрительные бугры. Мозжечок небольшой, что обусловлено несложными двигательными актами у земноводных. От головного мозга отходит 10 пар черепных нервов. Спинной мозг по сравнению с рыбами имеет более сложное строение. В связи с появлением конечностей спинномозговые нервы образуют плечевое и пояснично-крестцовое сплетения.

В связи с выходом на сушу усложнилось строение органов чувств. В глазу появились уплотненный хрусталик и выпуклая роговица, приспособленные к зрению на довольно далекое расстояние. Появляются веки, защищающие глаз от действия сухого воздуха, и мигательные перепонки. Орган слуха состоит из внутреннего и среднего уха. Последнее имеет слуховую kostочку (стремя), закрыто барабанной перепонкой и приспособлено к улавливанию звуковых волн. Обоняние представлено расположенным на голове ноздрями, которые служат не только для восприятия запахов, но и для дыхания. Органы вкуса — вкусовые почки на языке, нёбе, челюстях.

Оплодотворение у земноводных, как и у рыб, внешнее. Из оплодотворенного яйца через 8—10 дней выходит личинка, так называемый *головастик*, напоминающий малька рыбы. На первых порах он питается остатком желтка, не использованного зародышем. У него вначале имеются хвост, боковая линия, жабры, двухкамерное сердце и один круг кровообращения. Но спустя определенное время закладываются передние, затем задние конечности, формируются легкие, второй круг кровообращения, исчезают боковая линия, хвост, укорачивается кишечник. Через 1,5—2 месяца головастик превращается в лягушку.

Земноводные — полезные животные. Они питаются на секомыми, их личинками и другими беспозвоночными, сами служат пищей для многих птиц и млекопитающих. Отдельные виды земноводных используются в пищу человеком. Травяная лягушка издавна служит лабораторным животным в научных исследованиях.

Редкие виды — камышовая жаба, кавказские крестовка и саламандра, тритоны (уссурийский, семиреченский, карпатский и др.) занесены в Красную книгу СССР.

## Класс Пресмыкающиеся

Это древнейший класс настоящих наземных позвоночных, которые не связаны с водной средой ни на одной стадии индивидуального развития. Будучи холоднокровными животными они приспособились жить в тропических лесах, пустынях, безводных степях и встречаются все реже по мере продвижения к полярным широтам.

Пресмыкающиеся, живущие в воде (крокодилы, черепахи), являются вторичноводными животными, поскольку их предки от первоначального наземного образа жизни перешли к водному. Выход пресмыкающихся на сушу сопровождался формированием у них ряда ароморфозов. Важнейшими из них считаются прочная оболочка (склерупа) вокруг яйца, накопление в нем желтка и образование водной зародышевой оболочки (амниона), обеспечивших развитие зародыша в воздушной среде; кора больших полушарий; совершенствование строения скелета, кровеносной, дыхательной и выделительной систем.

Тело пресмыкающихся делится на голову, шею, туловище, хвост и конечности. Оно покрыто сухой, лишенной желез кожи. Только у некоторых видов сохранились паучие железы для привлечения и отпугивания других особей. За счет эпидермиса кожи образуются чешуи, щитки или пластинки, которые предохраняют потерю влаги и исключают возможность кожного дыхания.

Позвоночный столб состоит из пяти отделов: шейного, грудного, поясничного, крестцового и хвостового. Шея очень подвижна из-за появления двух позвонков. К грудным позвонкам присоединяются ребра, которые на брюшной стороне крепятся к грудине, образуя грудную клетку. Поясничные позвонки также несут ребра, концы которых заканчиваются свободно. Скелет поясов и парных конечностей соответствует их строению у земноводных. Плечевые и бедренные кости располагаются горизонтально

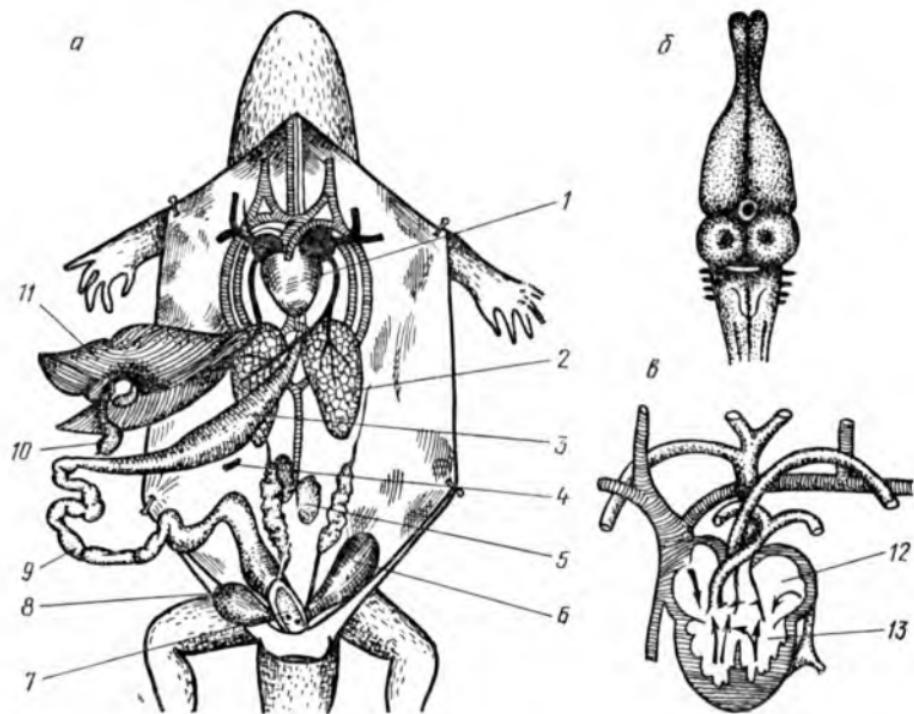


Рис. 46. Внутреннее строение ящерицы:  
 а — вскрытая ящерица; б — головной мозг; в — схема строения сердца. 1 — сердце; 2 — легкие; 3 — желудок; 4 — селезенка; 5 — семенник; 6 — почка; 7 — клоака; 8 — мочевой пузырь; 9 — кишка; 10 — поджелудочная железа; 11 — печень; 12 — предсердие; 13 — желудочек

поверхности земли, вследствие чего тело провисает и волочится по земле. Череп костный, несет вытянутые челюсти, образующие длинное рыло.

Мышечная система у пресмыкающихся более выраженная, чем у земноводных. Посегментное расположение мышц почти исчезает. Появляются межреберные мышцы, принимающие участие в акте дыхания. Развиваются мощные жевательные и шейные мышцы.

Пищеварительная система (рис. 46, а) начинается ротовым отверстием. Затем следует ротовая полость, где располагаются длинный раздвоенный язык, служащий органом осязания и вкуса, и челюсти, снабженные одинаковыми по строению зубами. Последние необходимы для захвата и удержания пищи. В ротовую полость открываются протоки слюнных желез, секрет которых облегчает заглатывание добычи. Пищеварительный канал четко обособляется на глотку, пищевод, желудок, тонкую и толстую кишки, на границе между которыми появляется зачаток слепой кишки. Кишечник заканчивается клоакой. В двенадцатиперстную кишку открываются протоки печени и поджелудочной железы.

Органы выделения представлены тазовыми почками и мочеточниками, впадающими в клоаку. В нее открывается и мочевой пузырь.

Дыхательная система усложнена. Имеется длинная трахея, разветвляющаяся на два бронха, входящие в легкие. Бронхи представлены ячеистыми тонкостенными мешками с многочисленными внутренними перегородками, снабженными капиллярами.

Нервная система пресмыкающихся более совершенна, чем у земноводных. Это проявляется в прогрессивном развитии головного мозга (рис. 46, б). Полушария более крупные, впервые появляется кора. Передний мозг служит центром высшей нервной деятельности, определяющим поведение животных. Средний мозг контролирует восприятие зрительной информации, а также участвует в формировании поведенческих реакций. Увеличиваются также и размеры мозжечка в связи с усложнением координации движений. Продолговатый мозг образует изгиб, типичный для всех высших позвоночных. Из мозга выходит 12 пар черепных нервов. Однако несмотря на прогрессивные изменения в строении головного мозга, основу поведения пресмыкающихся составляют безусловные рефлексы.

Кровеносная система у пресмыкающихся имеет два круга кровообращения — большой и малый (легочный), которые отделены друг от друга неполностью, в результате чего кровь частично смешивается. Сердце трехкамерное — разделено на два предсердия и один желудочек, который частично разделен мышечной перегородкой на правую и левую половины (рис. 46, в). От сердца отходят три сосуда: один образует правую дугу аорты, несущую артериальную кровь по сонным артериям к голове, другой — левую дугу, по которой перемещается смешанная кровь, и третий — легочную артерию, где циркулирует венозная кровь.

У рептилий имеются все типичные для высших позвоночных железы внутренней секреции (гипофиз, надпочечники, щитовидная железа и др.).

Высокого развития достигают органы чувств. Глаза приспособлены к рассмотрению предметов в воздушной среде за счет перемещения хрусталика и изменения его кривизны. Они защищены подвижными, непрозрачными веками, включая и третье веко — мигательную перепонку, с помощью которой поверхность глаза постоянно увлажняется. Орган слуха состоит из внутреннего и

среднего уха, прикрытых барабанной перепонкой, находящейся позади глаз в небольшом углублении. Органы обоняния представлены парой мешочеков, открывающихся ноздрями на голове и отверстиями в ротовую полость, в результате формируется носоротовой канал.

Пресмыкающиеся — раздельнопольные животные с выраженным половым диморфизмом. Органы размножения парные. Гонады лежат в полости тела. У самцов имеются парные копулятивные органы. Оплодотворение внутреннее. Одни пресмыкающиеся (ящерицы, крокодилы, черепахи) откладывают яйца в прогретый песок, и развитие зародыша происходит под действием температуры окружающей среды, другие — яйцекладущие (змеи). У них оплодотворенные яйца проходят все стадии эмбрионального развития в половых путях самки и зародыш выходит из яйцевых оболочек сразу после откладки яиц.

Пресмыкающиеся происходят от древних палеозойских земноводных — стегоцефалов, туловище которых нередко было покрыто костными щитками. Появившиеся у пресмыкающихся прогрессивные черты строения обусловили их расцвет в мезозойскую эру. Среди них самой многочисленной группой были динозавры. Длина тела у некоторых видов достигала 30 м. Хищные динозавры передвигались на двух ногах, рогатые — на четырех. Некоторые виды растительноядных ящеров перешли к жизни в воде. Вторую по значимости группу среди ископаемых пресмыкающихся составляют зверозубые ящеры — подвижные хищные животные, у которых наметился переход к теплокровности и появились признаки, типичные для млекопитающих. Допускается, что от примитивных зверозубых ящеров началась эволюция древних млекопитающих, а от планирующих ящеров обособились предки птиц. К началу кайнозойской эры большинство пресмыкающихся вымерло.

В настоящее время класс Пресмыкающиеся немногочислен, включает около 6000 видов, которые распределяются на три отряда: Чешуйчатые, Черепахи и Крокодилы.

Чешуйчатые объединяют ящериц, хамелеонов и змей, являются наиболее многочисленной группой пресмыкающихся (около 4000 видов). Их тело всегда покрыто роговыми чешуйками.

Для ящериц характерны хорошо развитые пятипалые конечности, подвижные веки и барабанные перепонки. Тело длинное, от нескольких сантиметров до трех

и более метров (комодский варан). Многие виды способны отбрасывать при опасности хвост, который затем восстанавливается за счет выраженной способности к регенерации. Обитают в степях, пустынях и лесах, в основном тропических. Типичные представители — ящерицы агамы, вараны, ядовитые ящеры.

*Хамелеоны* — пресмыкающиеся, окраска тела которых может сильно изменяться в зависимости от освещения, температуры и других факторов. Тело достигает в длину до 60 см, большинство видов способно сворачивать хвост спирально, обхватывая сучья. Питаются насекомыми, которых хватают длинным языком. Обитают преимущественно в лесах Африки, на острове Мадагаскар, на юге Европы, в Западной и Южной Азии.

*Змеи* имеют удлиненное тело от 8 см до 10 м (удавы), покрытое более мелкими чешуйками, чем у ящериц. У них редуцированы конечности и их пояса, нет грудной клетки, ребра с брюшной стороны заканчиваются свободно, органы дыхания представлены одним легким. Среди змей имеются неядовитые (удавы, питоны, ужи, полозы) и ядовитые (гадюки, гюрза, эфа, щитомордник, гремучие змеи, морские змеи, кобра и др.). Ядовитые зубы змей располагаются на верхней челюсти по одному с каждой стороны, в их каналы или бороздки открываются протоки ядовитых желез (видоизмененные слюнные железы). Яд змей в больших дозах нарушает работу нервной системы, сердца, изменяет проницаемость стенок кровеносных и лимфатических сосудов. Для лечения укушенных применяются специфические лечебные сыворотки.

*Черепахи* — пресмыкающиеся, тело которых состоит из двух щитов, срастающихся с позвонками и ребрами. Грудная клетка неподвижная. Дыхание осуществляется за счет расслабления и сокращения плечевых и тазовых мышц. У морских черепах конечности преобразованы в ласты. Исключительно живучи, длительно могут обходиться без пищи. Обитают преимущественно в степях и пустынях, в пресных водоемах и морях. Яйца при размножении откладывают на сушу в песке. Представители — степная, кавказская, слоновая, кожистая, болотная черепахи и др.

*Крокодилы* — группа наиболее высокоорганизованных пресмыкающихся, перешедших к водному образу жизни. Длина тела достигает 7 м (нильский крокодил). Для крокодилов характерны наличие плавательных перепонок на задних конечностях, уплощение хвоста с боков, четы-

рекамерное сердце. Легкие имеют ячеистое строение, зубы конической формы, сильно развит мозжечок. Питаются главным образом рыбой. Обитают в реках, озерах и болотах тропиков. Представители — нильский крокодил, гавиал, аллигатор, кайман и др.

Народнохозяйственное значение пресмыкающихся невелико. Мелкие ящерицы, хамелеоны уничтожают насекомых. Змеи, степные удавы поедают мелких грызунов. Ящерицы, мелкие змеи служат кормом для многих видов птиц. Яд змей широко применяют в медицине как лекарство. В промышленности кожу крокодилов используют для изготовления обуви, сумочек, разных поделок, для этого крокодилов разводят в специальных хозяйствах (США, Куба). Мясо и яйца некоторых видов черепах употребляют в пищу, а роговые щитки панциря идут на изготовление сувениров.

Редкие виды пресмыкающихся охраняются законом. В Красную книгу СССР занесены средиземноморская черепаха, геккончики (панцирный, бугорчатый, крымский и др.), руинная агама, серый варан, малоазиатская ящерица, полозы (большеглазый, леопардовый и др.), среднеазиатская кобра, кавказская гадюка, всего 37 видов.

## Класс Птицы

Птицы по строению сходны с пресмыкающимися и представляют их прогрессивную ветвь, которая приспособилась к полету. Это высшие двуногие позвоночные животные, обладающие постоянной высокой температурой тела, передние конечности которых превратились в крылья. Расправленные крылья и хвост образуют гораздо большую площадь по сравнению с площадью туловища.

Тело птиц компактное, обтекаемое, голова небольшая, шея длинная и подвижная. Туловище заканчивается хвостом.

Кожа птиц тонкая, сухая, практически лишена желез. Только у некоторых видов имеется копчиковая железа, вырабатывающая жироподобный секрет, который повышает водоотталкивающие свойства оперенья. За счет эпидермиса образуются роговой покров клюва, когти и чешуйки, которые покрывают пальцы и цевку (нижняя часть голени). Производными кожи являются и перья, которые подразделяются на контурные и пуховые. Среди контурных перьев различают: 1) рулевые (перья хвоста),

участвующие в управлении полетом и в торможении при посадке; 2) маховые (перья крыльев), образующие поверхность крыла и поддерживающие птицу в воздухе; 3) кроющие, покрывающие тело сверху. Пуховые перья располагаются под контурными, способствуют сохранению постоянной температуры тела. Всем птицам присуща линька. Изношенные перья выпадают, а на их месте вырастают новые.

Скелет птицы легкий, поскольку кости наполнены воздухом, прочный. Позвоночник состоит из пяти отделов — шейного, грудного, поясничного, крестцового и хвостового. Шейные позвонки обладают чрезвычайной подвижностью. В грудном отделе позвонки срастаются между собой, несут ребра, которые подвижно соединены с грудиной и образуют грудную клетку. В результате слияния поясничных, крестцовых и частично хвостовых позвонков друг с другом и тазовыми костями образуется сложный крестец, который служит опорой для задних конечностей. На грудине имеется выступ — киль, служащий для прикрепления мышц, приводящих крылья в движение.

В черепе различают мозговую коробку с глазницами и челюсти, лишенные зубов. Кости черепа полностью срастаются вплоть до исчезновения швов. Передняя конечность — крыло — состоит из плечевой кости, локтевой и лучевой костей предплечья и кисти. Пальцев всего три. Крыло всецело приспособлено к полету. Задняя конечность образована бедром, голенюю из сросшихся берцовых костей и цевкой, формирующейся за счет срастания костей стопы в единую кость. К нижнему краю цевки прикрепляются четыре пальца.

Мышечная система хорошо развита. Характерно наличие мышц, поднимающих и опускающих крыло, степень развития которых зависит от способности к полету. Брюшные мышцы слабее грудных. Высокого развития достигают мышцы шеи, а также задних конечностей, особенно у птиц, утративших способность к полету.

Пищеварительная система (рис. 47, а) характеризуется отсутствием зубов. Органом захватывания и удержания пищи является клюв, роговые чехлы которого одеваются на челюсти. Пища через рот и глотку поступает в длинный пищевод, который образует карманообразное расширение — зоб, где она размягчается. Задний конец пищевода открывается в желудок, разделенный на два отдела — железистый, выделяющий желудочный сок, и мускуль-

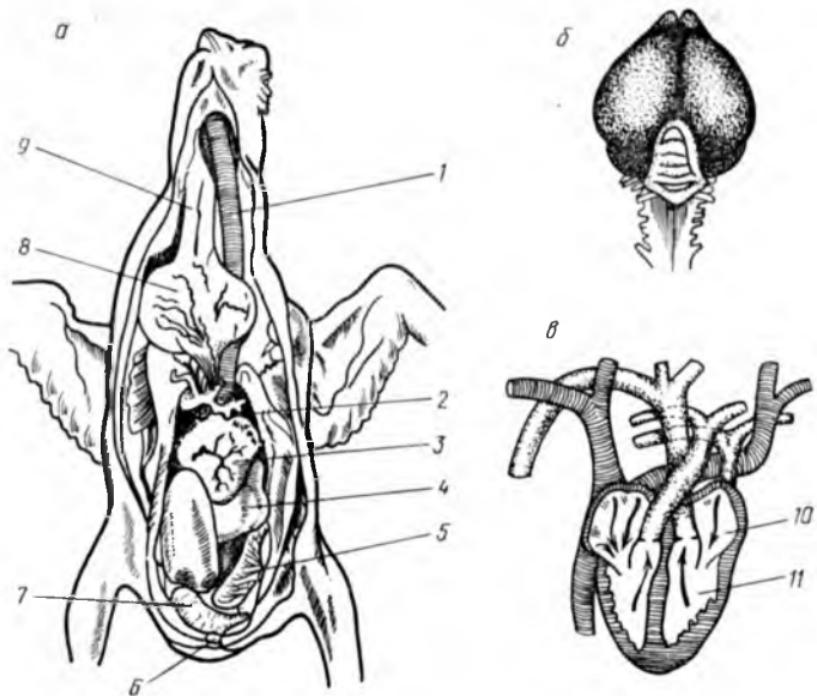


Рис. 47. Внутреннее строение птицы:  
 а — вскрытый голубь; б — головной мозг; в — схема строения сердца. 1 — трахея;  
 2 — легкие; 3 — сердце; 4 — печень; 5 — мускулистый желудок; 6 — отверстие клоаки;  
 7 — кишечник; 8 — зоб; 9 — пищевод; 10 — предсердие; 11 — желудочек

ный, где происходит механическое перетирание пищи. Кишечник состоит из двенадцатиперстной, тонкой и очень короткой задней кишке, заканчивающейся клоакой. В двенадцатиперстную кишку открываются протоки печени и поджелудочной железы. Остатки непереваренной пищи не накапливаются в задней кишке, а удаляются по мере поступления, чем облегчается масса птицы.

Органами выделения служат тазовые почки с мочеточниками, открывающимися в клоаку. Мочевого пузыря нет, благодаря чему моча не задерживается в теле и вместе с фекалиями выбрасывается из клоаки.

Органы дыхания птиц приспособлены к полету. Воздух через полость носа и глотку поступает в трахею, которая в грудной полости делится на два бронха. В этом месте расположен голосовой аппарат. Бронхи входят в легкие и многократно ветвятся в них. Легкие птиц имеют сложное строение и представляют систему сквозных воздухоносных трубочек, не имеющих слепых окончаний. Некоторые из них расширяются в воздушные мешки, располагающиеся между мышцами, внутренними органами, заходят в трубчатые кости. При полете порция воз-

духа дважды проходит через легкие — при засасывании его на взмахе крыльев и выталкивании при опускании крыльев вследствие сжатия мешков. Это явление получило название *феномена двойного дыхания у птиц*.

Нервная система птиц, как и всех позвоночных, состоит из головного и спинного мозга. Головной мозг (рис. 47, б) имеет более крупные размеры за счет дальнейшего развития полушарий переднего мозга. В функциональном отношении он является высшим отделом. Средний мозг хорошо развит и вместе с передним мозгом обеспечивает сложные формы поведения. Характерно сильное развитие мозжечка, что связано со сложной координацией движений полета. От мозга отходит 12 пар черепных нервов. Спинной мозг формирует мощные утолщения в местах отхода спинномозговых нервов, образующих плечевое и поясничное сплетение. В связи с сильным развитием задних конечностей расширена крестцовая область спинного мозга. Основу поведения птиц составляют безусловные рефлексы, которые определяют различные формы поведения (брачные танцы, строение гнезда, насиживание и выкармливание птенцов, миграции и т. д.). Однако в отличие от пресмыкающихся у птиц отмечается способность к выработке и условных рефлексов.

Кровеносная система характеризуется полным разделением артериального и венозного кровотоков. Сердце четырехкамерное, состоит из двух предсердий и двух желудочков (рис. 47, в). В камерах левой части сердца находится артериальная кровь, а в камерах правого — венозная. От желудочков сердца отходят только два сосуда, а не три, как у пресмыкающихся: правая дуга аорты (главный сосуд большого круга кровообращения) — от левого желудочка и легочная артерия (главный сосуд малого круга кровообращения) — от правого.

Из органов чувств хорошо развиты зрение и слух. Глаза обладают двойной аккомодацией (отмечается изменение не только формы хрусталика, но и расстояния между ним и сетчаткой). Они снабжены тремя веками (верхним, нижним и мигательной перепонкой). Все птицы обладают цветовым зрением. Орган слуха состоит из трех отделов — внутреннего и среднего уха и наружного слухового отверстия. Обоняние у птиц развито относительно слабо, тогда как вкусовые рецепторы способны различать сладкое, горькое, соленое.

Птицы — раздельнополые животные. У самца половая система парная (два семенника, две семядоли), у самки

непарная (левый яичник и яйцевод). Семяпроводы открываются в клоаку, яйцевод одним концом — в клоаку, другим — в полость тела. Яйцо птиц представляет сложное образование. Оно состоит из собственно яйца, называемого желтком и формирующегося в яичнике, и системы яйцевых оболочек (жидкий белок, наружная оболочка, скорлупа), продуцируемых яйцеводом. Оплодотворение у птиц внутреннее, тип развития прямой. По степени зрелости птенцов к моменту вылупления делят на выводковых и птенцовых. *Выводковые птенцы* (страусы, гусеобразные, курообразные) покрыты пухом, зрячие и после обсыхания могут бегать и самостоятельно искать пищу, тогда как *птенцовые* (голуби, дятлы, воробьиные) рождаются слепыми, голыми, долго нуждаются в заботе родителей.

Птицы произошли от древнейших пресмыкающихся — *псевдозухий*, которые имели такое же строение задних конечностей, как и у птиц. Ископаемые остатки переходных форм (археоптерикс) обнаружены в верхнем юре.

Класс птиц насчитывает около 9000 видов, которые объединены в три надотряда: *бескилевые*, или *бегающие* (страусы, киви); *пингвины*, или *плавающие* (пингвины императорский, очковый, магелланов, галапагосский, хохлатый и др.) и *килевые*, или *летающие* (куриные, голубеобразные, гусиные, совы, дятлы, воробьиные и др.). Характеристика основных отрядов птиц дана в табл. 16.

Значение птиц в природе и жизни человека определяется прежде всего их большой биологической активностью. Птицы потребляют огромное количество насекомых и их личинок, уничтожают мелких грызунов, в то же время сами являются пищей для других животных. Птицы способствуют распространению плодов и семян многих растений. Некоторые виды птиц являются своеобразными санитарами нашей планеты, поскольку питаются падалью. Такие птицы, как гусеобразные, куриные, дают мясо, яйца, пух, перо и поэтому являются объектом промысла или разводятся в хозяйствах. Многие виды птиц выступают в роли переносчиков возбудителей болезней человека (токсоплазмоз, попугайная лихорадка). Тем не менее, птицы приносят больше пользы, чем вреда. Однако в настоящее время вследствие хозяйственной деятельности человека их численность и количество видов существенно сокращаются. Сегодня уже 80 видов птиц внесены в Красную книгу СССР. В список редких и находящихся под угрозой исчезновения включены белоспинный альбатрос, розовый и кудрявый пеликаны, красноногий

Таблица 16. Характеристика основных отрядов птиц

Отряды	Места гнездования	Признаки	Представители
1	2	3	4
Воробьинообразные	Парки, луга, поля	Птицы мелкие или средней величины; внешний вид, строение крыльев и клюва разнообразны; цевка и пальцы умеренной длины, пальцев 4, первый палец обращен назад; тип развития птенцовый	Жаворонки, дрозды, ласточки, синицы, воробы, трясогузки, славки, вьюрки, скворцы, вороны, иволги
Дятлообразные	Леса различного типа	Птицы мелкой и средней величины, различного внешнего вида и окраски; крылья тупые; клюв прямой, долотообразный; ноги короткие, четырехпальые, первый и четвертый пальцы обращены назад; тип развития птенцовый	Дятлы, пуховки, бородатки, туканы, вертишайка
Кулообразные	Леса различного типа	Птицы средней величины; тело плотное, голова небольшая, шея короткая, клюв короткий, сильный, слегка выпуклый; оперение плотное, но почти без пуха; крылья короткие, широкие; ноги средней длины с крепкими пальцами и короткими, слегка изогнутыми ногтями; тип развития выводковый	Сорные и древесные куры, тетерева, фазаны, куропатки, рябчики, глухари, перепела, турач, улары, индейки, цесарки
Соколообразные	Различные ландшафты	Птицы средней величины или крупные; телосложение плотное, оперение жесткое, прилегающее; клюв крепкий, загнутый крючком; ноги умеренной длины, сильные, с длинными острыми когтями; тип развития птенцовый	Орлы, кондоры, грифы, коршуны, канюки, ястребы, соколы
Совообразные	Различные ландшафты	Птицы различной величины; оперение густое, мягкое, рыхлое, на голове образует спе-	Белая сова, совки, сычи, неясыть, сипухи, рыбные фи-

1	2	3	4
Гусеобразные	Побережья водоемов	Пред лицевой диск; крылья длинные; надклювье загнутое; глаза большие; четвертый палец обратный, цевка и пальцы оперены, тип развития птенцовый	Линны Лебеди, гуси, утки, пала медеи
Аистообразные	Побережья водоемов, болота	Птицы крупные или средней величины; тело плотное, вальковатой формы, с длинной шеей; ноги с плавательными перепонками; клюв уплощен, по краям его расположены узкие поперечные пластинки, образующие у речных уток щедильный аппарат; тип развития выводковый	Цапли, членоклюв, китоглав, аисты, ибисы, выпи
Пингвинообразные	Побережье Антарктиды	Птицы крупные или средней величины; тело сплюснуто в спинно-брюшном направлении; перья мелкие, оперение густое; передние конечности видоизменены в ласты; ноги короткие, толстые, отнесены далеко назад; пальцы (4) соединены перепонками; тип развития птенцовый	Пингвины (императорский, Адели, антарктический, магелланов, хохлатый, златовласый)

ибис, колпица, черный аист, фламинго, белощекая и краснозобая казарки, 18 видов соколообразных и др.

## Класс Млекопитающие

Млекопитающие, или Звери, — это высший класс позвоночных животных, органы которых достигли наиболее высокой дифференцировки. Для них характерно прогрессивное развитие центральной нервной системы, наличие волосяного покрова, теплокровности, вынашивание детенышей в теле матери и вскармливание их молоком. Благодаря этим особенностям с начала кайнозойской эры млекопитающие заняли доминирующее положение в животном мире и заселили различные среды обитания.

Тело у млекопитающих, как и у пресмыкающихся, состоит из головы, шеи, туловища, хвоста и конечностей, покрыто кожей.

Кожа представлена многослойным эпидермисом и собственно кожей, переходящей в подкожную клетчатку, где накапливаются отложения жира. Производными эпидермиса являются кожные придатки — волосы, ногти, когти, копыта. Волосы наиболее типичны для млекопитающих. Каждый волос состоит из ствола, имеющего внутри воздушную полость, и корня, заканчивающегося луковицей, в основание которой входит волосянной сосочек. Он богат кровеносными сосудами и служит для питания волоса. Волосянной сосочек помещается в специальной волосянной сумке, в которую открываются протоки сальных желез, продуцирующих жироподобное вещество для смазки волос. Волосянной покров, препятствуя теплоотдаче, играет роль в поддержании постоянной температуры тела. Кожа богата сальными и потовыми железами. Последние секретируют пот, представляющий собой воду с растворенными в ней солями и мочевиной. Потовые железы, выделяя пот, участвуют в терморегуляции. Видоизменением потовых желез являются млечные железы, число которых у разных видов варьирует от 1 до 14 пар.

В скелете млекопитающих отмечается четкое расчленение позвоночника на пять отделов. Между позвонками имеются плоские сочлененные поверхности с хрящевыми дисками между ними. Шейный отдел всегда состоит из 7 позвонков. Грудные позвонки (12—15) сочленены с ребрами и вместе с грудиной образуют грудную клетку. Позвонки поясничного отдела (2—9) имеют лишьrudименты ребер. Крестцовый отдел обычно состоит из 4 сросшихся позвонков, а число хвостовых позвонков бывает различ-

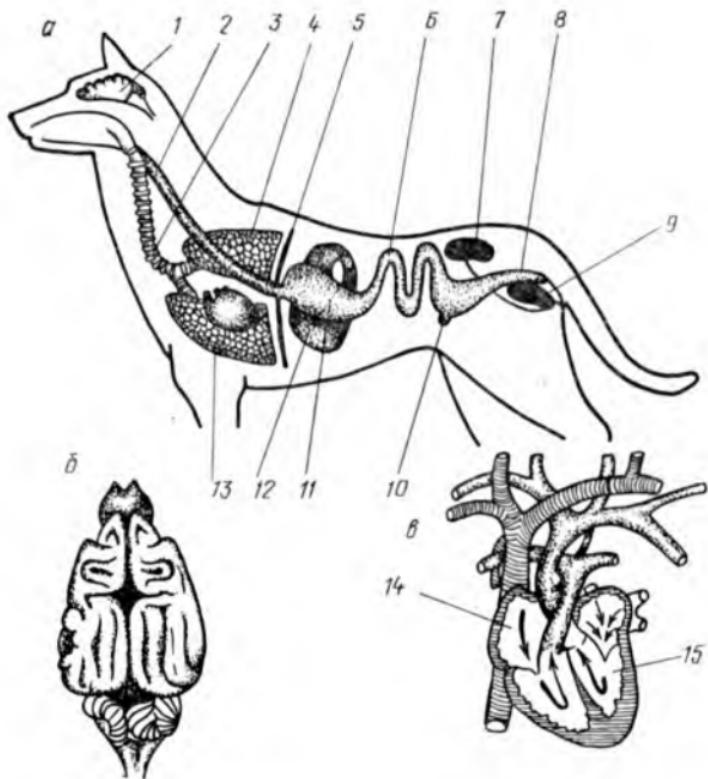


Рис. 48. Внутреннее строение собаки:

а — схема внутреннего строения; б — головной мозг; в — схема строения сердца. 1 — мозг, 2 — пищевод, 3 — трахея, 4 — легкие, 5 — диафрагма, 6 — кишка, 7 — почка, 8 — прямая кишка, 9 — мочевой пузырь, 10 — слепая кишка, 11 — желудок, 12 — печень, 13 — сердце, 14 — предсердие, 15 — желудочек

ным. Пояс передней конечности образуют лопатка и клю-  
чица, задней — три сросшиеся тазовые кости. Передняя  
конечность состоит из плеча, предплечья и костей кисти,  
задняя — из бедра, берцовых костей и костей стопы.  
Череп отличается большой мозговой коробкой. Нижняя  
челюсть образована одной костью, которая крепится  
к височной области черепа.

Мышечная система достигает исключительного разви-  
тия и сложности, насчитывает несколько сот поперечно-  
полосатых мышц. Большого развития у млекопитающих  
достигают подкожные мышцы. У приматов и человека  
они образуют мимическую мускулатуру. Только для млекопитающих характерно наличие грудобрюшной преграды  
(диафрагмы), отделяющей грудную полость от брюшной.  
Диафрагма играет большую роль при дыхании.

Органы пищеварения (рис. 48, а) начинаются ротовой  
полостью, ограниченной челюстями, несущими зубы. По-  
следние дифференцируются на долотообразные резцы,  
крупные клыки и коренные зубы. В ротовой полости рас-

полагается язык и открываются протоки слюнных желез. Язык не только перемешивает пищу, способствует ее смачиванию слюной, но и содержит вкусовые рецепторы. Ротовая полость переходит в глотку, за ней следует желудок с многочисленными железами, двенадцатиперстная, толстая и прямая кишки. Секрет печени и поджелудочной железы, поступающий в двенадцатиперстную кишку, способствует перевариванию пищи. Пищеварительный тракт млекопитающих заканчивается самостоятельным анальным отверстием.

Выделительная система представлена тазовыми почками и мочеточниками, впадающими в мочевой пузырь, который открывается не в клоаку, а в мочеиспускательный канал.

Органы дыхания млекопитающих характеризуются сложностью строения как самих легких, имеющих альвеолярное строение, так и дыхательных путей. Из глотки воздух попадает в гортань, которая состоит из хрящей, образующихся за счет жаберных дуг. Гортань переходит в трахею. Последняя ветвится на бронхи, вплоть до самых мелких — бронхиол, оканчивающихся пузырьками с ячеистыми стенками, называемыми альвеолами, в которых происходит газообмен. Совершенство органов дыхания обеспечивает его интенсивность, что является одной из предпосылок наличия высокой и постоянной температуры тела. Вдох и выдох совершаются за счет диафрагмы и межреберных мышц. Роль кожи в дыхании незначительна.

Нервная система млекопитающих, как и других позвоночных, представлена головным и спинным мозгом. Головной мозг состоит из пяти отделов (рис. 48, б). Особенно сильно развит передний мозг за счет увеличения больших полушарий. Кора переднего мозга млекопитающих по сравнению с пресмыкающимися является новообразованием. В ней располагаются центры высшей нервной деятельности. Кора переднего мозга покрыта у большинства видов многочисленными бороздками, увеличивающими ее поверхность. Средний мозг млекопитающих относительно мал по размерам. Состоит из четырех долей — двух зрительных и двух слуховых. Отмечается также прогрессивное развитие мозжечка. Он состоит из двух полушарий и центральной части (червячка). Мозжечок обеспечивает сложные формы координации движений. От головного мозга отходят 12 пар черепных нервов.

В кровеносной системе млекопитающих, как и у птиц,

сосуды малого круга кровообращения полностью отделены от большого. Сердце четырехкамерное (рис. 48, в), разделено перегородкой на левую артериальную и правую венозную половины. Большой круг кровообращения начинается от левого желудочка сердца левой дугой аорты, которая продолжается в спинную аорту. Она проходит вдоль позвоночника и несет чисто артериальную кровь к органам и тканям. Малый круг кровообращения начинается от правого желудочка легочной артерией, которая делится на правую и левую ветви и несет венозную кровь в легкие. Из легких артериальная кровь идет по легочным венам и впадает в левое предсердие.

Спинной мозг располагается в позвоночном канале. Хвостовой отдел его редуцируется и спинной мозг кончается обычно уже в поясничной области и никогда не заходит далее крестцовой области.

Органы чувств млекопитающих характеризуются высоким развитием обоняния, при помощи которого животные ориентируются в пространстве, добывают пищу, спасаются от врагов и т. д. Органы зрения развиты слабее, чем у птиц, так как аккомодация достигается у них только при изменении формы хрусталика. Ряд млекопитающих не обладает цветовым зрением (например, собака). Наиболее сильно зрение развито у приматов и крупных копытных. Органы вкуса в виде эпителиальных сосочков имеются на языке и мягким нёбе. Органы осязания находятся в коже в виде длинных жестких волос (вибрисы), расположенных на подбородке, губах, бровях и щеках. Сложное строение имеет орган слуха, состоящий из трех отделов: внутреннего, среднего и наружного уха, внутренний конец которого затянут барабанной перепонкой. У большинства имеется хрящевая ушная раковина для сбирания звуковых волн.

Млекопитающие — раздельнополые животные с внутренним оплодотворением. Половые железы парные. Семенники у большинства млекопитающих находятся в кожном мешочке (мошонке), который сообщается с полостью тела специальным каналом. От них отходят семяпроводы, впадающие не в клоаку, а в мочеиспускательный канал. Яичники находятся в брюшной полости. Половые пути представлены яйцеводами, маткой и влагалищем. Парные яйцеводы открываются в матку, где развивается оплодотворенное яйцо. Наличие матки, в которой происходит внутриутробное развитие плода, — одна из характерных особенностей млекопитающих. На ранних

стадиях эмбрионального развития зародыш погружается в слизистую оболочку матки. Вокруг него формируются зародышевые оболочки, образующие детское место (плацента) — богатый кровеносными сосудами губчатый орган, с помощью которого осуществляются газообмен зародыша, его питание за счет питательных веществ организма матери и удаление продуктов распада. Зародыш проходит сложный путь развития. На первых этапах у него закладываются хорда, жаберные щели, которые затем постепенно редуцируются, и зародыш приобретает признаки, характерные для класса. Самка выкармливает детеныша молоком, согревает своим телом, защищает от врагов, учит искать пищу.

Млекопитающие произошли от примитивной малоспециализированной группы палеозойских пресмыкающихся. Первые млекопитающие появились, по-видимому, в триасовом периоде. Это были небольшие зверьки, по ряду признаков близкие к современным насекомоядным млекопитающим. От примитивных млекопитающих еще в триасе появились клоачные животные, а сумчатые и плацентарные обособились позднее. В настоящее время класс включает около 4000 видов и делится на три подкласса — первозвани (клоачные), сумчатые и плацентарные.

*Первозвани*, или *клоачные*, — это древнейшие млекопитающие, откладывающие, как и пресмыкающиеся, яйца. Передний конец черепа у них вытянут в клюв, одетый роговым чехлом. Зубы у взрослых особей отсутствуют. Кишечник и мочеполовые органы открываются в клоаку. Температура тела колеблется от 24 до 34 °С. Детенышей выкармливают молоком.

Млечные железы не имеют сосков и открываются многочисленными отверстиями на железистом (млечном) поле, с которого детеныши слизывают молоко. Представители — ехидны, живущие в Австралии и на Новой Гвинее, и утконос, обитающий в Австралии и Тасмании.

*Сумчатые*, или *низшие звери*, — наиболее примитивные из современных живородящих млекопитающих. Длина тела колеблется у разных видов от 4 до 160 см, у многих хорошо развит хвост. Зубы у сумчатых слабо дифференцированы и, кроме передних коренных, не сменяются. Температура тела не строго постоянная, но выше, чем у клоачных. Плацента у сумчатых отсутствует или развита слабо, в связи с чем детеныши рождаются после короткого срока эмбрионального развития недоразвитыми,

очень малыми (у гигантского кенгуру, например, величиной с грецкий орех). На брюшной стороне тела имеется сумка, где происходит дальнейшее развитие зародыша. Находясь в сумке, детеныши висят на сосках молочной железы. При этом края их рта срастаются вокруг соска. Молоко впрыскивается детенышу в рот за счет сокращения особых мышц желез. Развитие детеныша в сумке может продолжаться до 250 дней. В настоящее время сумчатые сохранились в Австралии и частично в Южной Америке. Типичные представители — кенгуру, сумчатый волк, сумчатый медведь, сумчатая белка, опоссум и др.

*Плацентарные*, или *высшие звери*, — это основная группа современных млекопитающих, возникшая от примитивных млекопитающих независимо от клоачных и сумчатых. Для них характерны длительное внутриутробное развитие зародыша, наличие плаценты, значительное развитие головного мозга, дифференцировка зубов. Современные плацентарные подразделяются на 16 отрядов, характеристика важнейших дана в табл. 17

Роль млекопитающих в природе и жизни человека определяется их огромным экономическим значением как промысловых и домашних животных, так и вредителей сельского хозяйства. Млекопитающие — важный источник мяса, жира, молока, шерсти, пуха, шкур, а также рабочая сила. В настоящее время ценные виды диких животных разводят в неволе (звероводство) для получения меха. В медицине используются панты оленей, эндокринные органы как сырье для получения лекарств. Многие млекопитающие (мыши, крысы, кролики, собаки, обезьяны и др.) применяются как лабораторные животные для изучения функций организма, механизмов действия лекарственных препаратов, моделирования заболеваний.

Млекопитающие могут быть источником заражения человека возбудителями паразитарных болезней. Например, грызуны степей могут распространять возбудителей чумы, туляремии; собаки и шакалы — возбудителей бешенства, лейшманиозов, эхинококкоза; кошки — возбудителей описторхоза, токсоплазмоза; крупный рогатый скот — бычьего цепня; свиньи — свиного цепня, трихинелл.

Под влиянием деятельности человека происходит сокращение численности ряда видов. По данным Международного союза охраны природы и природных ресурсов с лица Земли, начиная с 1600 г., исчезло 63 вида млеко-

Таблица 17 Характеристика основных отрядов плацентарных млекопитающих

Отряды	Признаки	Представители	Значение
1	2	3	4
Рукокрылые	Способны к активному полету; передние конечности видоизменены в крылья; кости прочные, тонкие, легкие; грудина имеет киль; ведут ночной образ жизни; издают и посылают вперед ультразвуковые волны, по возвращении которых ориентируются на местности	Летучие мыши, крыланы, вампиры	Летучие мыши истребляют вредных ночных насекомых; вампиры питаются кровью млекопитающих, могут передавать возбудителя бешенства
Грызуны	Мелкие или средней величины, наземные, реже полуводные растительноядные звери; резцы глубоко погружены в челюсти, не имеют корней, растут в течение всей жизни; клыков нет; кишечник длинный с хорошо развитой слепой кишкой; размножаются по несколько раз в год	Мыши, крысы, суслики, сони, тушканчики, хомяки, белки, ондатра, бобр	Многие виды являются пищевой базой для хищных птиц и млекопитающих; белки, бобры, ондатры, нутрии дают пушину; мышевидные грызуны уничтожают культурные растения, запасы продуктов
Зайцеобразные	Размеры тела небольшие; резцов две пары, не имеют корней и растут в течение всей жизни, вторая пара слабо развита и расположена позади первой; клыки отсутствуют; у многих большие трубкообразной формы уши и относительно длинные конечности; передние конечности пятипалые, задние — четырехпалые	Заяц-беляк, заяц-русак, пищуха, кролик	Мясо зайцев, кроликов употребляют в пищу, а шкурки — как недорогой мех; кролики используются как лабораторные животные в научных целях; зайцеобразные — вредители садов
Хищные	Наземные и полуназемные звери, питающиеся различными позвоночными; резцы	Волк, собака, шакал, лисица, медведь	Многие — ценные пушные звери; хорек, ласка, горностаи

1	2	3	4
	мелкие; клыки большие, конические, острые; коренные зубы остробугорчатые; на каждой челюсти слева и справа имеется по одному хищному зубу с режущими вершинами	ди, соболь, куницы, выдра, кошка, лев, тигр	стай, лисица поедают мышевидных грызунов; волки, шакалы уничтожают диких животных, домашний скот; могут быть носителями вируса бешенства
Ластоногие	Морские хищники; на сушу выходят только для размножения и вскармливания детенышей; конечности имеют вид ластов; под кожей залегает толстый слой жира, который сохраняет внутреннее тепло; ушные раковины отсутствуют; зубы, кроме моржей, конической формы	Тюлени, моржи, сивучи, морские кошки	Моржей и тюленей добывают ради кожи, жира, мяса, огромных клыков (моржовая кость); шкуры молодых котиков — ценный мех
Китообразные	Водные животные; тело торпедообразное, шея не выражена; передние конечности в виде ластов, задние — атрофированы; хвостовой плавник располагается горизонтально, является органом движения; кожа гладкая, под ней лежит толстый слой жира; ушные раковины отсутствуют; зубы конусовидные, имеются только у зубатых китов; во рту находится целиальный аппарат из роговых пластин (китовый ус)	Киты, кашалоты, дельфины	Добывают для получения жира, мяса, китового уса, амбры (для парфюмерной промышленности)
Парнокопытные	Преимущественно крупные растительноядные животные; число пальцев четное, развиты III и IV пальцы, I атрофирован, а II и V короче двух средних или недоразвиты; конечные	Буйволы, корова, лось, олени, горные бараны, антилопы, овцы, свиньи, вер-	Одомашненные виды используются для получения мяса, молока, шерсти, кожи, для тягловой силы; дикие

## Окончание табл. 17

1	2	3	4
Непарнокопытные	фаланги покрыты роговыми чехлами (копытами); нет ключиц; делятся на нежвачных и жвачных	блюды	виды ценные охотничьи животные
Приматы	Крупные растительноядные животные; число пальцев нечетное, сильно развит III; конечные фаланги покрыты копытами; желудок однокамерный	Дикая и домашние лошади, куланы, ослы, зебры, носороги, тапиры	Одомашненные виды используются как тягловая сила, в спорте; молоко лошадей идет в пищу, применяется в лечебных целях (кумыс)
	Обитатели тропических и субтропических лесов; хорошо развиты большие полушария, кора образует извилины и борозды; глаза направлены вперед; конечности хватательного типа, большой палец противопоставлен остальным, пальцы несут плоские ногти; одна пара млечных желез с сосками на груди	Мартышки, гиббоны, горилла, шимпанзе, орангутанг	Используются как лабораторные животные в биологических и медицинских экспериментах

питающих (1,48 % общего количества). Основными причинами уменьшения численности видов являются охота; уничтожение млекопитающих для защиты сельскохозяйственных растений, домашних и промысловых животных; разрушение местообитаний; ухудшение кормовой базы и др. К 1984 г. в Красную книгу СССР было включено 94 вида и подвида млекопитающих. Список редких и находящихся под угрозой исчезновения млекопитающих включает даурского ежа, выхухоль, сурка Мензбира, красного волка, белого медведя, гепарда, атлантического моржа, синего кита, кулана, пятнистого оленя, зубра и другие виды. Проблема охраны животных, как и растений, особенно актуальна сейчас, в эпоху научно-технического прогресса, который дал в руки человека мощные рычаги воздействия на природу. В целях рационального использования и воспроизводства млекопитающих в нашей стране проводится система мероприятий, направленных на охрану редких видов и видов, находящихся на грани исчезновения. Она направлена на запрещение охоты и промысла редких видов, создание национальных парков, заказников и заповедников и т. д. В СССР благодаря заповедникам удалось предотвратить вымирание зубра, кулана, бухарского оленя, амурского тигра, восточного леопарда, горала, восстановить численность сайгака, бобра, соболя.

### **Развитие животного мира на Земле**

*Протерозойская эра*, согласно современным представлениям, характеризовалась возникновением первых эукариот и полового процесса. Эукариоты были одноклеточными организмами — древнейшими жгутиковыми, которые стали родоначальниками не только примитивных растений, но и простейших животных. Простейшие появились после прокариот, водорослей и грибов. Одноклеточные морские животные, особенно имевшие раковину, сыграли большую роль в образовании осадочных горных пород и дали начало многоклеточным животным. Их предками были колониальные жгутиковые, сохранившиеся и по настоящее время (вольвокс, пандорина и др.). Появление многоклеточности сопровождалось усложнением организации живых существ — дифференциацией тканей, органов и их функций. Отмечалось возникновение животных с двусторонней симметрией тела, которое дифференцировалось на передний и задний концы со спинной и брюшной сторонами. На переднем конце тела происхо-

дило развитие органов чувств, нервных узлов, а в последующем головного мозга. В отложениях протерозойской эры найдены остатки губок, червей всех типов и др. Допускается, что наиболее высокоорганизованными животными были примитивные членистоногие. В конце этой эры появились бесчерепные животные, представителем которых в современной фауне считается ланцетник. Бесчерепные дали несколько ветвей, приведших к бесчелюстным позвоночным и рыбам. Животные, как и растения, в протерозойскую эру обитали только в водной среде.

Палеозойская эра в кембрийском периоде оставалась основной средой жизни. В морях жили разнообразные беспозвоночные (губки, кораллы, плеченогие), число видов которых значительно возросло. Плеченогие — древнейшие морские беспозвоночные, в современной фауне их осталось около 200 видов. У самого дна ползали или плавали трилобиты («трехдольные») — древние представители членистоногих, составляющие до 60 % всех видов животных палеозоя. Тело трилобитов было покрыто прочным панцирем, разделено на голову, туловище и хвост. Отдельные виды трилобитов достигали в длину до 75 см. Многообразие их начало уменьшаться в силуре, в девоне они стали еще более редкими и к концу пермского периода вымерли.

Самые крупные беспозвоночные палеозоя — ракоскорпионы, из которых до нашего времени сохранились лишь представители семейства мечехвостов. На подводных скалах и камнях селились колонии археоциат (животные с бокалообразной формой тела длиной 6—8 см и диаметром 2—3 см).

В морях кембрия широко встречались древние иглокожие. В отложениях силурийского периода найдено около 15 000 видов морских беспозвоночных — трилобитов, иглокожих, кораллов, плеченогих, головоногих моллюсков, из них некоторые виды сохранились до настоящего времени. В этом периоде появились низшие позвоночные — бесчелюстные панцирники. У них был хрящевой скелет, головная и передняя части туловища имели костные щиты, а остальная часть тела и хвост были покрыты чешуей. Ближайшими родственниками панцирников являются современные миноги и миксины.

В силурийском периоде началось заселение суши не только растениями, но и животными. Пока точно не установлено, какая группа животных первой вышла на сушу. В девоне и особенно в каменноугольном периоде

появляются наземные членистоногие (многоножки, скорпионы, пауки, стрекозы и др.), а в водах океана — кистеперые рыбы, многообразие видов наблюдалось до конца палеозоя. Отдельные представители этой группы животных (*латимерия*) сохранились до нашего времени. Кистеперые рыбы дали несколько ветвей, одна из которых привела к возникновению первых наземных позвоночных — земноводных. Древние земноводные — стегоцефалы, или панцирноголовые, — соединяли в себе признаки рыб, земноводных и пресмыкающихся и представляли переходную форму. В каменноугольном периоде были наиболее благоприятные условия (теплый влажный воздух, богатый кислородом) для видового многообразия земноводных.

В результате изменения климата в сторону большей сухости в конце каменноугольного периода произошло вымирание многих видов земноводных, а сохранившиеся приобрели в процессе естественного отбора новые приспособления (роговой кожный покров, внутреннее оплодотворение, зародышевое развитие на суше), позволившее им жить почти без воды. Так возник новый класс позвоночных — пресмыкающиеся, которые ведут свое начало от вымерших котилозавров, сочетавших в себе переходные признаки от земноводных к пресмыкающимся. Пресмыкающиеся конца каменноугольного периода отличались еще крайней примитивностью. Среди них наибольшее распространение получили зверообразные ящеры. В конце палеозойской эры в связи с появлением жаркого засушливого климата пресмыкающиеся стали доминирующей группой животных на суше.

Мезозойская эра была временем перехода от старых примитивных к новым прогрессивным формам жизни. Ни четырехлучевые кораллы, ни трилобиты не смогли перейти невидимую границу, пролегавшую между палеозоем и мезозоем, фауна которого, как и флора, значительно обновилась. Мезозойские головоногие по особенностям строения тела уже приближались к современным кальмарам и осьминогам. К ним принадлежали аммониты с раковиной, закрученной в «бараний рог», и белемниты, внутренняя раковина которых была покрыта мантией. Последние известны под названием «чертов палец». Аммониты: появились в силуре, достигли расцвета в мезозое, а к концу мезозоя все аммониты и белемниты вымерли. Лишь до наших дней сохранился род *Наутилус*. В мезозойских морях встречались шестилучевые кораллы, колонии которых были активными рифообразователями.

Иглокожие представлены морскими лилиями, ежами, звездами. По сравнению с палеозоем сильно распространились двустворчатые моллюски.

В ходе юрского периода вновь пережили расцвет раковинные простейшие, дошедшие до настоящего времени. В меловом периоде быстро развивались новые виды губок, членистоногих (насекомые, десятиногие раки). Отмечалось неудержимое развитие позвоночных. Морские акулы населяли моря мезозоя. Лучеперые рыбы первоначально обитали в пресноводных водоемах, затем в пермском периоде заселили моря, где и до наших дней сохранили господствующее положение.

К концу триасового периода панцирные земноводные вымирают, но некоторые из них дали начало предкам современных бесхвостых земноводных (лягушки), достигших наибольшего развития в палеогене и в настоящее время. В юрском периоде появляются хвостатые земноводные, к которым относят современных тритонов и саламандр. В конце триасового периода от древних зверообразных пресмыкающихся взяли начало первые млекопитающие — мелкие хищные животные, напоминающие сумчатых крыс, землероек. Сумчатые и плацентарные млекопитающие появились лишь в конце мелового периода.

Наибольшее распространение в мезозое получили пресмыкающиеся, которые, не встречая конкурентов, заняли первое место среди наземных животных и достигли большого видового многообразия. Они стали в юрском периоде безраздельными властителями суши, воды и воздуха. В этом же периоде появились первые древние птицы (археоптерикс) — переходные формы между пресмыкающимися и птицами. В меловом периоде от лазающих древесных пресмыкающихся произошли настоящие птицы. В связи с образованием горных хребтов климат в конце мезозойской эры стал холоднее, что оказалось губительным для пресмыкающихся, и они начали вымирать, тогда как млекопитающие и птицы стали быстро расселяться на Земле.

*Кайнозойская эра* характеризовалась дальнейшими климатическими изменениями, которые привели к вымиранию огромного количества видов беспозвоночных, древних групп костных рыб, пресмыкающихся. В начале палеогена отмечается развитие двустворчатых (устрицы, гребешки), брюхоногих и головоногих (каракатицы, осьминоги, гигантские кальмары) моллюсков, многие виды

которых распространены и в наше время. Значительно размножились морские членистоногие (крабы, омары) и насекомые — опылители растений. Отдельные экземпляры последних прекрасно сохранились и дошли до нас в кусках янтаря. Сформировавшееся многообразие видов членистоногих (более 1,5 млн) свидетельствует об их широком расселении на Земле и господствующем положении среди беспозвоночных в кайнозое. Этому способствовало развитие трахейной системы дыхания, ротового аппарата жующего типа, расчлененных конечностей, твердого хитинового покрова и нервной системы. Значительное распространение получили также иглокожие (морские ежи, в меньшей степени морские лилии). Для палеогена характерно стремительное развитие высших костных рыб, а также земноводных (саламандры, лягушки). Из пресмыкающихся лишь немногие смогли выжить и сохраниться до наших дней (черепахи, крокодилы, гаттерия, змеи и ящерицы). В то же время птицы быстро развивались и получили широкое распространение, чему способствовало повсеместное расселение покрытосеменных растений и насекомых. Отмечалось бурное развитие млекопитающих, особенно плацентарных, чему способствовало исчезновение пресмыкающихся и освобождение различных экологических ниш.

В начале палеогена появляются первые грызуны (полевики), непарнокопытные (носороги, тапиры, лошади), парнокопытные (свиньи, верблюды, олени, быки, антилопы, жирафы, буйволы), хоботные (мастодонты, мамонты, слоны), хищные (саблезубый тигр, пещерный лев, медведь и др.). С начала палеогена известны вторично ушедшие в водную среду млекопитающие и возникают все группы морских млекопитающих, большинство из которых существует и поныне (китообразные, ластоногие и др.). В конце палеогена появляются и достигают своего расцвета приматы — хвостатые лемуры, долгопяты, а также гоминоидная группа, давшая начало человекообразным обезьянам. Из них на рубеже неогена и антропогена выделились древнейшие люди. В антропогене завершается формирование вида Человек разумный, а животный мир принимает современный облик.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите типичные признаки организации хордовых. Дайте классификацию типа хордовых на подтипы. 2. Назовите характерные признаки оболочников, перечислите их представителей. 3. Назовите признаки ланцетника, типичные для хордовых, и признаки, характер-

ные для беспозвоночных. 4. Укажите типичные признаки и дайте классификацию позвоночных. 5. На основании каких признаков позвоночных делят на низших (анамний) и высших (амниот) животных? 6. Перечислите характерные признаки класса рыб. 7. Укажите отделы скелета рыб, опишите их строение. 8. Какие признаки рыб указывают на их водный образ жизни? 9. Строение кровеносной и дыхательной систем рыб. 10. Назначение плавательного пузыря у рыб. 11. Какие отделы головного мозга имеются у рыб и каково их функциональное назначение? 12. Перечислите органы чувств у рыб. 13. Охарактеризуйте основные отряды рыб, укажите их значение. 14. Перечислите мероприятия, направленные на сохранение видового многообразия рыб и увеличение рыбных богатств страны. 15. Типичные признаки класса земноводных. 16. Перечислите черты сходства земноводных и рыб. 17. Опишите особенности строения скелета земноводных. 18. В чем особенности систем дыхания и кровообращения у земноводных? 19. Особенности строения головного и спинного мозга земноводных. 20. Какие изменения произошли в органах чувств у земноводных в связи с их выходом на сушу? 21. Опишите особенности размножения и развития земноводных. 22. Дайте сравнительную характеристику головастика и взрослой лягушки по среде обитания, форме тела, способу передвижения, строению дыхательной и кровеносной систем органов. 23. Перечислите характерные признаки класса пресмыкающихся. 24. Особенности строения скелета пресмыкающихся. 25. В чем сходство и различие в строении пресмыкающихся и земноводных? 26. Укажите признаки, обеспечивающие выход пресмыкающихся на сушу. 27. Особенности организации кожных покровов пресмыкающихся, относящихся к разным отрядам. 28. Дайте сравнительную характеристику отрядов чешуйчатых, черепах и крокодилов. Их значение в природе и жизни человека. 29. Назовите основные признаки класса птиц. 30 Охарактеризуйте основные черты приспособления птиц к полету. 31. Опишите строение контурного и пухового пера. 32. Чем отличается кровеносная система птиц от таковой у пресмыкающихся? 33. Суть феномена двойного дыхания у птиц. 34. Какие птицы относятся к птенцовым, а какие — к выводковым? Дайте примеры. 35. Охарактеризуйте бескилевых птиц. Назовите их представителей. 36. Перечислите черты организации плавающих птиц. Назовите их представителей. 37. Характерные представители птиц лесов, степей и пустынь, парков и лугов, болот и берегов водоемов. 38. Значение птиц в природе и жизни человека. 39. Типичные признаки класса млекопитающих. 40. Опишите строение кожи и ее придатков у млекопитающих. 41. Перечислите особенности строения органов пищеварения и опишите дифференцировку зубов у млекопитающих. 42. Особенности кровеносной и дыхательной систем млекопитающих. 43. Признаки прогрессивного развития головного мозга млекопитающих. 44. Роль коры головного мозга млекопитающих. 45. Опишите особенности размножения млекопитающих. 46. Дайте классификацию млекопитающих. Укажите особенности строения клоачных, сумчатых и плацентарных млекопитающих. 47. Перечислите основные отряды высших зверей, дайте их характеристику. 48. Значение млекопитающих в природе и жизни человека. 49. Назовите меры, направленные на сохранение видового многообразия млекопитающих. 50. Дайте сравнительную характеристику кожи, скелета, дыхательной и кровеносной систем, размножения у рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. 51. Основные направления эволюции животного мира в протерозойскую эру. 52. Охарактеризуйте животный мир по эрам.

## **Раздел четвертый. ЧЕЛОВЕК И ЕГО ЗДОРОВЬЕ**

Организм человека представляет сложную саморегулирующуюся и самовоспроизводящую систему, которой присущи различные уровни организации материи (молекулярно-генетический, клеточный, тканевый или органный). Он состоит из органов и систем органов, взаимодействие которых обеспечивает жизнь особи. Знания о строении и функциях организма позволяют каждому человеку сознательно соблюдать правила личной и общественной гигиены, быть здоровым и физически развитым. Особенности строения и жизнедеятельности организма человека изучают такие науки, как анатомия, физиология и гигиена.

Анатомия человека — наука о строении и форме человеческого организма, его тканей и органов с учетом возрастных, половых и индивидуальных особенностей. Тончайшее строение органов служит предметом изучения микроскопической анатомии — *гистологии* (наука о тканях) и *цитологии* (наука о клетке). *Сравнительная анатомия* описывает строение одних и тех же систем органов у животных, относящихся к различным систематическим группам, на основании чего познаются эволюционные механизмы формирования тела человека. Изменения в строении тела, возникающие в течение жизни от рождения до старости, изучает *возрастная анатомия*. *Патологическая анатомия* описывает изменения в строении органов и их систем, возникающие в результате перенесенных болезней.

Физиология человека — наука о процессах жизнедеятельности (функциях) и механизмах их регулирования в клетках, тканях, органах, системах органов и организме в целом. Физиология как наука включает физиологию клетки, физиологию отдельных групп организмов, сравнительную и специальную. *Физиология клетки* (общая физиология) изучает основные свойства, присущие большинству животных организмов. На клеточном уровне все организмы имеют больше общих черт, чем различий,

и это сходство создает фундамент для эволюционного подхода к изучению физиологии человека. *Физиология отдельных групп организмов* изучает функциональные особенности растений и животных. Под *физиологией животных* по традиции понимают физиологию человека и млекопитающих. *Сравнительная физиология* исследует функции отдельных органов и их систем у разных групп организмов, выявляя общие принципы их функциональной организации. *Специальная физиология* изучает функции отдельных органов и их систем у животных и человека — сердца, печени, систем кровообращения, выделения и т. д.

Гигиена человека — наука о влиянии разнообразных факторов окружающей среды и производственной деятельности на здоровье человека, его работоспособность, продолжительность жизни. Гигиенические знания и навыки необходимы каждому для сохранения физического и психического здоровья, работоспособности и максимальной продолжительности активной жизни. Как биологическая наука гигиена распадается на ряд частных прикладных дисциплин: гигиена сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной, пищеварительной и других систем; гигиена зрения, слуха; гигиена питания, жилища, школьная гигиена.

Гигиенические аспекты окружающей среды следующие. Окружающая среда оказывает постоянное воздействие на организм человека. Между организмом и внешней средой в каждый момент устанавливается подвижное равновесие. Факторы среды не вызывают заболеваний, если их изменения находятся в пределах выносливости. Заболевание возникает в случае, если какой-либо фактор имеет необычное по силе или качеству воздействие, а также в случае неблагоприятного взаимодействия факторов. Большое значение для решения задач по охране окружающей среды имеет разработка генеральных планов размещения промышленных предприятий и их комплексов. Эти планы в обязательном порядке предусматривают рациональное использование территории и природных ресурсов, а также улучшение условий труда, быта и отдыха людей. Человек не только подвергается воздействию факторов окружающей среды, но и способен сам влиять на нее. Эти воздействия, с одной стороны, могут быть вредными, а с другой — способствовать сохранению здоровья, улучшению условий труда, питания и быта.

Впервые в истории человечества вопросы охраны окружающей среды были включены в Конституцию СССР

(1977). В ней определены принципы рационального научно обоснованного использования природных ресурсов и задачи по сохранению окружающей среды. В нашей стране разрабатываются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в окружающей среде, превышение которых может причинить вред здоровью человека.

Анатомия, физиология и гигиена человека составляют основу современной медицины. Развитие этих наук способствует разработке эффективных методов лечения нарушений деятельности жизненно важных органов человеческого организма и организации борьбы с инфекционными заболеваниями. Знания по анатомии, физиологии и гигиене необходимы также для создания оптимальных условий труда на производстве и разработки системы физических и спортивных упражнений.

## Глава 18. ОБЩИЙ ОБЗОР ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Структурной единицей организма человека как любого живого существа является клетка. В основе жизнедеятельности человеческого организма лежат такие важные функции клеток, как обмен веществ, рост, развитие, движение, раздражимость, размножение.

Клетки, сходные по строению, имеющие общее происхождение и выполняющие одинаковые функции, объединяются в ткани. В большинстве тканей между клетками располагается особое межклеточное вещество различного строения. По выполняемым функциям ткани подразделяют на четыре группы: эпителиальные, соединительные, мышечные и нервные (табл. 18).

Эпителиальные ткани образуют наружные покровы тела и выстилают многие полости внутренних органов. В них клетки плотно прилегают друг к другу, поэтому межклеточного вещества очень мало. Такое строение ткани затрудняет проникновение в организм микробов, вредных веществ. Часто клетки эпителиальной ткани расположены многочисленными слоями, надежно защищая расположенные под ними органы. Сами же эпителиальные клетки, подвергаясь вредным воздействиям, в большинстве случаев погибают. В связи с этим они способны к быстрому размножению. Наглядным примером могут служить поверхностные клетки кожи: они постепенно отмирают, слущиваются и заменяются новыми за счет размножения клеток более глубокого слоя. Следует отметить,

Таблица 18. Ткани человека

Тип	Разновидность	Основные функции	Место расположения
Эпителиальная	Однослоистая	Защитная	Слизистая оболочка внутренних органов
	Многослойная	Защитная	Кожный эпителий
	Железистая	Секреторная	Железы внешней и внутренней секреции
	Костная	Защитная, опорная, кроветворная и др.	Скелет
	Хрящевая	Защитная, опорная	Скелет, гортань, трахея, бронхи и др.
	Волокнистая	Опорно-защитная	Скелет, дерма кожи, сухожилия, связки, фасции, внутренние органы
	Жировая	Запасающая	Подкожная клетчатка, внутренние органы
Соединительная	Кровь	Защитная, дыхательная, транспортная	Полости сердца, кровеносные сосуды
	Лимфа	Защитная, транспортная	Лимфатические сосуды
	Поперечно-полосатая	Возбуждение, сокращение	Опорно-двигательный аппарат тела и некоторых внутренних органов (язык, глотка, начальная часть пищевода, сердце)
	Гладкая	Возбуждение, сокращение	Мускулатура пищеварительного тракта, кровеносных и лимфатических сосудов и других внутренних органов
Нервная	—	Возбуждение, проведение	Головной и спинной мозг, нервные узлы, периферические нервы

что эпителиальные ткани, образующие железы, выделяют различные секреты: слюнные железы — слюну, потовые — пот и т. д.

Соединительные ткани образованы рыхло расположеными клетками, между которыми находится межклеточное вещество различного строения. Так, в костной ткани оно имеет вид пластинок, состоящих из аморфного вещества, образованного белком осseinом, и волокон из

белка коллагена. Между волокнами располагаются кристаллы минеральных солей (преимущественно соли кальция). Они придают костной ткани особую прочность. Клетки хрящевой ткани заключены в овальные капсулы и лежат среди плотного однородного межклеточного вещества, включающего коллагеновые волокна. Волокнистая соединительная ткань состоит из рыхло или плотно расположенных клеток и межклеточного вещества, которое образовано волокнами из белка эластина. Клетки жировой ткани содержат запасы жира. Особым видом соединительной ткани является кровь, межклеточным веществом которой служит плазма, а клеточными компонентами — эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.

**Мышечные ткани** составляют основную массу мышц и обеспечивают их сократительную функцию. Различают поперечнополосатые мышцы и гладкие.

**Поперечнополосатые мышцы** представляют собой скелетную мускулатуру. Они состоят из мышечных волокон длиной от нескольких миллиметров до 10—12 см. Каждое волокно содержит цитоплазму с многочисленными овальными ядрами и миофибриллами. Имеют поперечную исчерченность, обусловленную чередованием в миофибриллах участков с разными физико-химическими и оптическими свойствами. В функциональном отношении они относятся к произвольным мышцам, т. е. сокращаются по воле человека.

**Гладкие мышцы** являются мускулатурой внутренних органов (стенки сосудов, кишечника, бронхов, мочевого пузыря, мочеточников и т. д.). Они представлены веретенообразными клетками, в цитоплазме которых имеются палочковидное ядро и миофибриллы, состоящие из нитей сократительных белков — актина и миозина. Гладкие мышцы сокращаются произвольно, однако скорость и сила их сокращения меньше, чем у скелетных мышц. Гладкие мышцы могут длительное время находиться в состоянии сокращения.

Основные свойства мышечной ткани — возбудимость (способность воспринимать действие раздражителей и отвечать на них) и сократимость (способность совершать работу или изменять форму за счет сократимых белков).

**Нервная ткань** образована особыми клетками — нейронами и расположенными между ними клетками соединительной ткани (нейроглия), выполняющей питательную, опорную и защитную функции. **Нейрон** состоит из тела и цитоплазматических отростков. В цитоплазме

тела нейрона находится ядро с ядрышком. Отростки бывают двух видов: *дendриты* (короткие, древовидно ветвящиеся, обеспечивающие восприятие раздражения и передачу возбуждения в тело нейрона) и *аксоны* (длинные, мало ветвящиеся, проводящие возбуждение от тела нейрона). Тела нейронов расположены главным образом в спинном и головном мозге, т. е. в центральной нервной системе, и образуют серое вещество. Длинные отростки нейронов остаются в центральной нервной системе и образуют белое вещество. Аксоны, покрытые особыми оболочками, образуют нервные волокна. Одни из них с помощью периферических окончаний — *рецепторов* — воспринимают раздражение и называются *чувствительными (центро-стремительными) волокнами*; другие при помощи окончаний передают возбуждение на рабочие органы и называются *двигательными (центробежными) волокнами*. Места, где происходит передача нервного импульса с одного нейрона на другой или на соответствующий орган, называются *синапсами*.

Нервные волокна, выходящие за пределы спинного и головного мозга, при помощи соединительной ткани собираются в пучки — нервы, дающие многочисленные ответвления ко всем органам. В зависимости от образующих нервы волокон они могут быть чувствительными, двигательными и смешанными.

Основные свойства нервной ткани — возбудимость (способность воспринимать раздражения) и проводимость (способность проводить возбуждение)

Все ткани тесно взаимосвязаны и образуют *органы* — обособленные части организма, имеющие определенное строение и функции. Каждый орган состоит из нескольких видов тканей, одна из которых преобладает. Например, печень образована в основном эпителиальной тканью, хотя в ней имеются соединительная, мышечная и нервная ткани. Органы, обеспечивающие выполнение определенных функций, объединяются в *системы органов*. Так, пищеварительная система образована ротовой полостью с языком и зубами, глоткой, пищеводом, желудком, кишечником, а также пищеварительными железами (слюнными, поджелудочной и др.). Кроме пищеварительной, в организме человека имеются опорно-двигательная, дыхательная, кровеносная, нервная, выделительная, половая и эндокринная системы.

Следует отметить, что целостность организма обеспечивается двумя механизмами регуляции — нервным и

гуморальным. *Нервная регуляция* осуществляется центральной и периферической нервной системой. *Гуморальная регуляция* обеспечивается кровью, тканевой жидкостью и лимфой, в которой содержатся различные биологически активные вещества — гормоны и витамины.

Нервный и гуморальный механизмы регуляции взаимосвязаны и дополняют друг друга. Нервная система иннервирует все системы органов, включая эндокринную. Поэтому нервная регуляция функций — ведущая. В то же время гормоны влияют на нервную систему, в результате чего в процессе эволюции сформировался единый нервно-гуморальный механизм регуляции жизнедеятельности организма. Благодаря этому механизму обеспечивается непрерывная адаптация человека к изменяющимся условиям среды.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Что изучают анатомия, физиология и гигиена человека? 2. Почему анатомия, физиология и гигиена тесно связаны между собой и составляют основу медицины? 3. Роль гигиены в сохранении здоровья человека и общества в целом. 4. Что такое ткань? Перечислите ткани организма человека. 5. Строение, функции и расположение всех видов тканей. 6. Что такое орган и система органов? 7. Перечислите системы органов человека. 8. Дайте понятие о нервной и гуморальной регуляции жизнедеятельности организма человека.

### Глава 19. НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Нервная система представлена морфофункциональной совокупностью нервных клеток (нейронов), их отростков и других структур нервной ткани организма. Она объединяет и согласовывает деятельность всех органов и систем, обеспечивая единство организма в целом, осуществляет связь человека в процессе его постоянного взаимодействия с окружающей средой.

Нервная регуляция органов и систем организма является более совершенной, чем гуморальная (через тканевые жидкости), поскольку взаимодействие клеток через нервную систему осуществляется быстрее, чем через кровь и лимфу, и нервные импульсы по отросткам нейронов направляются лишь к определенным клеткам.

Нервная система подразделяется на центральную, периферическую и органы чувств, или периферические анализаторы. Главную функцию центральной нервной системы составляет высшая нервная деятельность.

## Центральная нервная система

Это основной отдел нервной системы человека, представленный спинным и головным мозгом, главной и специфической функцией которого является осуществление сложных и высокодифференцированных реакций — рефлексов.

Рефлексы — это реакции организма, реализуемые нервной системой в ответ на воздействие внешних или внутренних раздражителей. Реализация рефлекса происходит с помощью совокупности нервных образований, составляющих *рефлекторную дугу*. В состав рефлекторной дуги (рис. 49) входят нервные окончания, воспринимающие раздражение (рецепторы); чувствительное (центро-стремительное) нервное волокно, несущее возбуждение к центральной нервной системе; нервный центр, который состоит из системы нейронов, воспринимающих и передающих возбуждение; вставочный нейрон, передающий возбуждение из нервного центра на двигательный (центробежный) нейрон; двигательный нейрон, передающий возбуждение к рабочему органу. Для осуществления любого рефлекса необходима целостность всех звеньев рефлекторной дуги. Нарушение хотя бы одного из них ведет к исчезновению рефлекса.

Между центральной нервной системой и рабочими органами имеются как прямые, так и обратные связи, определяющие процессы саморегуляции функций организма. В реализации рефлекторного акта участвуют не только процессы возбуждения, вызывающие или усиливающие

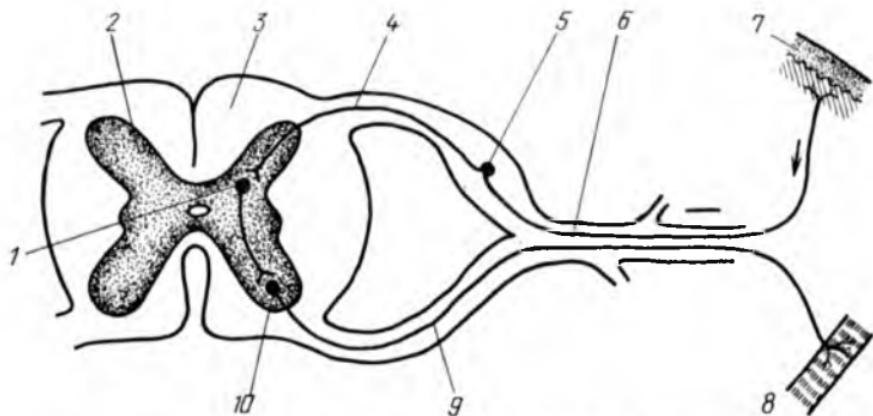


Рис. 49. Схема рефлекторной дуги:

1 — вставочный нейрон; 2 — серое вещество спинного мозга, 3 — белое вещество спинного мозга, 4 — аксон чувствительного нейрона; 5 — тело чувствительного нейрона, 6 — дендрит чувствительного нейрона, 7 — рецептор в коже; 8 — мышцы; 9 — аксон двигательного нейрона, 10 — тело двигательного нейрона

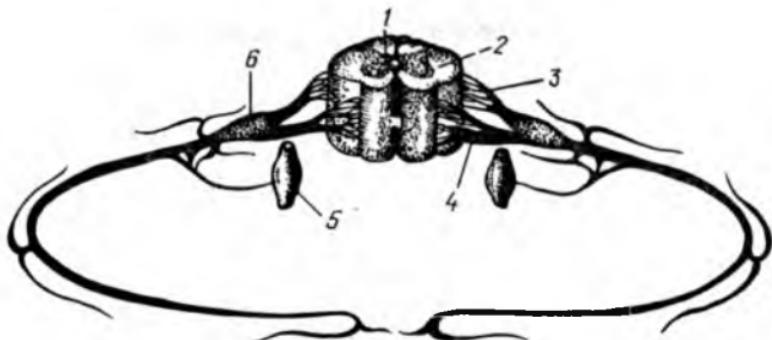


Рис. 50. Строение спинного мозга:  
 1 — серое вещество; 2 — белое вещество; 3 — задние корешки смешанного спинномозгового нерва; 4 — передние корешки; 5 — симпатический узел; 6 — спинномозговой узел

ответную реакцию, но и процессы торможения, выключающие те нервные центры, которые могут мешать осуществлению этой реакции организма. И. М. Сеченов в книге «Рефлексы головного мозга» (1863) доказал, что «все акты сознательной и бессознательной жизни по способу происхождения суть рефлексы». На основе этих идей И. П. Павлов (1849—1936) разработал учение об условных и безусловных рефлексах.

Деятельность центральной нервной системы достигает у человека наибольшей сложности и совершенства по сравнению с другими млекопитающими.

Спинной мозг представляет филогенетически древнюю часть центральной нервной системы, расположенную в позвоночном канале. Он имеет вид сплошной мозговой трубки цилиндрической формы с полостью внутри (спинномозговой канал).

Вверху спинной мозг переходит в продолговатый мозг, а внизу заканчивается на уровне первых поясничных позвонков.

На поперечном срезе видно, что спинной мозг состоит из серого и белого вещества (рис. 50). Серое вещество расположено внутри и имеет вид бабочки. От него отходят два задних и два передних рога. В передних рогах находятся двигательные нейроны, от которых отходят двигательные нервы. В задние рога через задние корешки входят аксоны чувствительных нейронов. Белое вещество лежит снаружи серого вещества. Оно образует шесть столбов: два передних, два боковых и два задних. В них расположены проводящие пути, по которым возбуждение передается от всех частей тела в головной мозг (восходящие пути) и от головного мозга на периферию (ниходящие пути).

Спинной мозг разделен на сегменты (шейные, грудные, поясничные, крестцовые), число которых равно количеству позвонков. Каждый сегмент содержит две пары нервов, получивших название передних и задних корешков, которые образуют 31 пару смешанных спинномозговых нервов. Каждая пара иннервирует определенный участок кожи и определенную группу мышц. Между II шейным и II грудным и между X и XII грудными позвонками спинной мозг имеет два утолщения — шейное и поясничное, от которых отходят нервы к верхним и нижним конечностям.

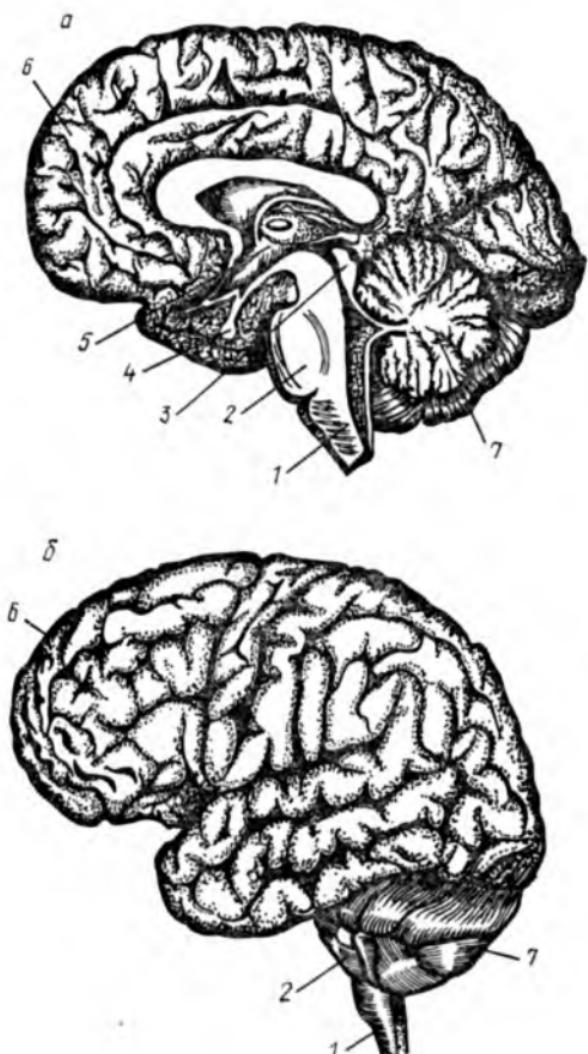
Главные функции спинного мозга — проводниковая и рефлекторная. По задним столбам белого вещества проходит передача возбуждений от рецепторов кожи, мышц, сухожилий, суставов. По боковым столбам передается возбуждение от спинного мозга к мозжечку. В передних столбах находятся пути, передающие импульсы от коры больших полушарий к двигательным нейронам. В спинном мозге лежат рефлекторные центры сгибательного, разгибательного, сухожильного и других рефлексов, а также сосудодвигательный центр, центры потоотделения, дыхания, мочеотделения, дефекации и половой функции.

Головной мозг — это расширенная передняя часть спинного мозга, чрезвычайно сложная по строению. Еще на ранних этапах эмбрионального развития из передней части спинного мозга образуются пять мозговых пузьрей, из которых затем формируются пять отделов головного мозга (рис. 51): продолговатый, задний, средний, промежуточный и передний (конечный). Каждый отдел мозга имеет различное строение и функциональное значение (табл. 19).

*Продолговатый мозг* — самый нижний отдел головного мозга, расположенный над спинным мозгом. Он состоит из серого вещества в виде скоплений нервных клеток и белого вещества, представленного пучками нервных волокон. Стенки продолговатого мозга толстые и состоят из нервных волокон, идущих к высшим отделам головного мозга. Они ограничивают полость, называемую четвертым мозговым желудочком. В продолговатом мозге находятся нервные центры, регулирующие дыхание, кровообращение, обмен веществ.

*Задний мозг* включает расположенный между продолговатым и средним мозгом мозжечок и варолиев мост. Мозжечок состоит из двух полушарий и средней части —

червя. Снаружи полушария покрыты серым веществом, а внутри находится белое вещество. Мозжечок анатомически и функционально тесно связан со спинным и продолговатым мозгом и с вышележащими отделами головного мозга. Он участвует в координации движений, регуляции мышечного тонуса, в сохранении позы и равновесия тела. Варолиев мост (назван по имени итальянского анатома К. Варолия) расположен под самым мозжечком. Он образован нервными клетками и толстыми пучками волокон, соединяющими продолговатый и средний мозг. Варолиев мост обеспечивает двустороннюю связь между головным



*Рис. 51. Строение головного мозга:*  
 а — срединный разрез; б — вид сбоку. 1 — продолговатый мозг; 2 — варолиев мост; 3 — средний мозг; 4 — гипофиз; 5 — промежуточный мозг; 6 — большое полушарие переднего мозга; 7 — мозжечок

Таблица 19. Функции различных отделов головного мозга человека

Отделы мозга	Основные функции
Продолговатый мозг	Проведение возбуждения из спинного мозга в вышележащие отделы головного мозга. Регуляция деятельности дыхательной, сердечно-сосудистой, пищеварительной систем. Находятся центры слюноотделения, жевания, глотания, чихания, кашля, рвоты
Задний мозг	Координация движений, регуляция мышечных сокращений, мышечного тонуса, равновесия тела
Средний мозг	Регуляция ориентировочных рефлексов на зрительные и слуховые раздражители, регуляция мышечного тонуса и позы
Промежуточный мозг	Восприятие сигналов от внешней и внутренней среды, регуляция функций внутренних органов. Зрительные бугры служат центром переключения импульсов, поступающих к ним из спинного мозга, и от них передаются к различным участкам больших полушарий. В гипоталамусе находятся высшие центры вегетативной нервной системы, участвует в регуляции сна и бодрствования. Надбуторная область связана с обонянием, забугорная — с регуляцией зрения и слуха
Передний мозг (большие полушария мозга)	Восприятие и анализ сигналов внешней и внутренней среды. Участие в образовании рефлексов. Обеспечение высших психических функций
Лобная доля	Регуляция произвольных мышечных движений, координация механической речи, участие в критическом мышлении
Теменная доля	Регуляция телесной чувствительности, пространственной ориентации организма; связь с памятью, относящейся к речи и обучению
Височная доля	Восприятие и анализ слуховых раздражений, контроль речи; участие в оценке пространства и в функции памяти
Затылочная доля	Восприятие и анализ зрительных раздражений

и спинным мозгом, принимает участие в регуляции сложных двигательных актов, мышечного тонуса и равновесия тела.

*Средний мозг* расположен между варолиевым мостом и промежуточным мозгом и состоит из четверохолмия и ножек мозга. В толще тела среднего мозга проходит канал, соединяющий полости III и IV мозговых желудочков. В нем расположены центры ориентировочных реф-

лексов, мышечного тонуса, позы тела, состояний бодрствования и сна, а также проходят проводящие пути к вышележащим отделам головного мозга и к продолговатому и спинному мозгу.

*Промежуточный мозг* включает зрительные бугры, подбуторную область (гипоталамус), надбуторную и забуторную области. Он расположен над средним мозгом, непосредственно под корой больших полушарий, и функционирует под ее контролем. Является коллектором всех видов чувствительности, поскольку здесь находятся центры, осуществляющие регуляцию функций внутренних органов, желез внутренней секреции, температуры тела, сна, памяти, инстинктивного поведения, психических реакций.

*Передний мозг* представлен большими полушариями (правым и левым) головного мозга, которые разделены глубокой продольной бороздой. Большие полушария состоят из серого и белого вещества. Серое вещество лежит снаружи, образует кору больших полушарий и подкорковые узлы. На поверхности каждого полушария выделяют следующие доли: лобную, теменную, височную и затылочную, которые отличаются по клеточному составу и строению. Кора обеспечивает взаимодействие организма с внешней средой, регулирует и координирует его функции. Отдельные ее доли осуществляют контроль различных функций организма. Белое вещество образовано отростками нейронов, которые формируют проводящие пути мозга. В больших полушариях переднего мозга находятся первый и второй боковые желудочки, которые вместе с полостями других отделов мозга формируют единую систему сообщающихся полостей центральной нервной системы, где образуется и циркулирует спинномозговая жидкость.

Таким образом, головной мозг — это главный регулятор всех жизненных функций организма человека и материальный субстрат его высшей нервной деятельности.

### **Периферическая нервная система**

Это часть нервной системы, которая включает нервы, нервные узлы, или ганглии (скопления нервных клеток вне спинного и головного мозга), и нервные окончания (рецепторы). Она состоит из черепных (отходящих от головного мозга) и спинномозговых нервов, а также расположенных по их ходу узлов. С физиологической точки зрения периферическую нервную систему подразделяют на соматическую (телесную) и вегетативную.

Соматическая нервная система представлена чувствительными и двигательными нервными волокнами спинномозговых нервов. Она иннервирует кожу, скелетные мышцы, суставы, сухожилия.

Вегетативная нервная система образована скоплениями нервных клеток в среднем, продолговатом и спинном мозге, а также нервными узлами и нервными волокнами, лежащими вне центральной нервной системы у иннервируемых рабочих органов. Передача нервного импульса в синапсах осуществляется с помощью медиаторов — любых физиологически активных веществ (адреналин, ацетилхолин и др.). Вегетативная нервная система регулирует деятельность органов кровообращения, дыхания, пищеварения, выделения, размножения, а также обмен веществ и рост организма. На основании анатомических и функциональных особенностей она подразделяется на симпатическую и парасимпатическую части.

*Симпатическая нервная система* анатомически связана со спинным мозгом, где находятся тела первых нейронов. Их отростки заканчиваются в нервных узлах, располагающихся двумя цепочками по обе стороны позвоночника, где находятся тела вторых нейронов, отростки которых иннервируют рабочие органы. Симпатическая иннервация вызывает повышение обмена веществ, учащение сокращения мышцы сердца, сужение сосудов, расширение зрачков, мобилизует силы организма на активную деятельность.

*Парасимпатическая нервная система* образована скоплениями нервных клеток в среднем и продолговатом мозге, крестцовом отделе спинного мозга, отходящими от них нервами, а также нервными узлами, расположенными или около иннервируемого органа или в его стенке. Она иннервирует слезные и слюнные железы, сердце, бронхи, желудочно-кишечный тракт, мочевой пузырь, половые органы, способствует восстановлению израсходованных запасов энергии, регулирует жизнедеятельность организма во время сна.

Симпатическая и парасимпатическая части вегетативной нервной системы иннервируют одни и те же органы, но вызывают противоположный эффект (табл. 20).

### Органы чувств

Органы чувств представляют собой специализированные образования, состоящие из чувствительных нервных клеток (рецепторов) и вспомогательных нервных волокон,

Таблица 20. Действие вегетативной нервной системы на работу органов

Орган	Влияние симпатической части	Влияние парасимпатической части
Сердце	Учащает ритм и увеличивает силу сокращений	Урежает ритм и уменьшает силу сокращений
Артерии	Сужает, повышает артериальное давление	Расширяет, понижает артериальное давление
Пищеварительный тракт	Уменьшает перистальтику и секрецию органов пищеварения	Усиливает перистальтику и секрецию органов пищеварения
Печень	Расслабляет желчные протоки и желчный пузырь, сужает сфинктер, что способствует накоплению желчи	Сокращает желчные протоки и расслабляет сфинктер, что способствует выходу желчи из желчного пузыря
Мочевой пузырь	Расслабляет пузырь и сокращает сфинктер	Сокращает пузырь и расслабляет сфинктер
Мышечные волокна радужной оболочки глаза	Расширяет зрачок	Сужает зрачок
Бронхи	Расширяет бронхи, облегчает дыхание	Сужает бронхи, усиливает секрецию бронхиальных желез
Потребление кислорода организмом	Увеличивает	Уменьшает
Количество сахара в крови	Увеличивает	Уменьшает

которые воспринимают и первично анализируют различные раздражения из внешней и внутренней среды и передают информацию о них в центральную нервную систему. Возбуждение от рецептора по нервам поступает в кору головного мозга, где в соответствующей зоне происходит различение раздражителей и возникают зрительные, звуковые и другие ощущения. Совокупность нервных образований, воспринимающих и анализирующих раздражение, И. П. Павлов (1909) назвал анализатором.

В анализаторе различают периферическую, проводниковую и центральную части. Периферической частью анализатора является воспринимающий раздражение рецептор, проводниковой — чувствительные нервы, передающие возбуждение от рецептора в центральную нервную систему, центральной частью — определенная зона коры больших полушарий, где происходит анализ возбуждения.

Все части анализатора функционируют как единое целое. Поэтому повреждение любой из них приводит к утрате функции анализатора.

К органам чувств относятся анализаторы зрения, слуха, равновесия, осязания, вкуса и обоняния. Они обеспечивают человека информацией, что позволяет ему ориентироваться в постоянно изменяющихся условиях окружающей среды.

Орган зрения представлен глазом, имеющим шаровидную форму; расположен в глазнице черепа. От стенок глазницы к наружной поверхности глазного яблока подходят мышцы, с помощью которых оно двигается. Сверху и снизу глазное яблоко защищено веками, по краю которых имеются ресницы. Веки и ресницы защищают глаза от пыли, брови отводят в стороны стекающий со лба пот. Слезная железа, расположенная у наружного угла глаза, выделяет жидкость, которая увлажняет поверхность глазного яблока, согревает глаз, смывает посторонние частицы.

Стенки глазного яблока образованы тремя оболочками: наружной — белочной, средней — сосудистой и внутренней — сетчаткой (рис. 52). *Белочная оболочка (склеры)* плотная, непрозрачная, придает форму глазному яблоку. В передней части глаза она переходит в прозрачную выпуклую роговицу. *Сосудистая оболочка* пронизана густой сетью капилляров, ее внутренняя поверхность покрыта клетками, содержащими пигмент. В передней части глаза сосудистая оболочка переходит в *радужку*, имеющую различную окраску в зависимости от количества содержащегося в ней пигмента. В центре радужки есть

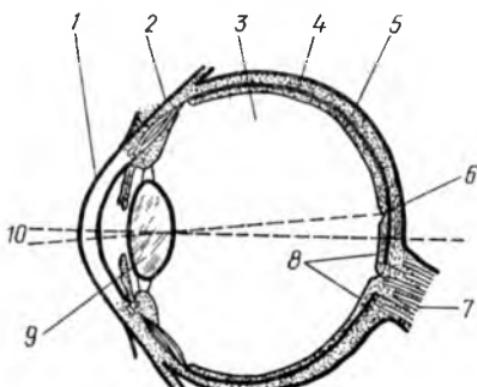


Рис. 52. Схема строения глаза:

1 — роговица; 2 — белочная оболочка; 3 — стекловидное тело; 4 — сосудистая оболочка; 5 — сетчатка; 6 — желтое тело; 7 — зрительный нерв; 8 — слепое пятно; 9 — хрусталик; 10 — оптическая и зрительная ось глаза

небольшое отверстие — зрачок, который, рефлекторно расширяясь или суживаясь, пропускает внутрь глаза световые лучи. Сетчатка содержит светочувствительные рецепторы — палочки и колбочки, представляющие собой периферический отдел зрительного анализатора. Палочки ответственны за восприятие света, сумеречное зрение, колбочки — за цветовосприятие, дневное зрение. Место наибольшего скопления колбочек называется желтым пятном или местом наилучшего видения. От светочувствительных рецепторов отходят нервные волокна, образующие зрительный нерв (проводниковая часть анализатора). Место выхода его из глаза называется слепым пятном, так как здесь отсутствуют рецепторы. По зрительному нерву возбуждение передается в зрительные центры, расположенные в затылочной доле коры больших полушарий (центральная часть анализатора), где и происходит различие раздражения.

Непосредственно за роговицей расположена передняя камера глаза — пространство, заполненное жидкостью, по химическому составу близкой к спинномозговой жидкости. Задней стенкой этой камеры является радужка, позади которой находится прозрачный, эластичный хрусталик в форме двояковыпуклой линзы. Кривизна его регулируется при помощи ресничной мышцы. Пространство между хрусталиком и сетчаткой заполнено прозрачной бессосудистой студенистой массой (стекловидное тело). Палочки и колбочки сетчатки воспринимают световые раздражения. При этом сначала лучи света проходят через светопреломляющие среды глаза — роговицу, хрусталик и стекловидное тело, после чего на сетчатке образуется обратное уменьшенное изображение объекта. Из всех светопреломляющих сред только хрусталик может изменять свою кривизну, при этом меняется угол проходимых через него лучей, что позволяет получать на сетчатке четкое изображение объектов, находящихся на разных расстояниях от глаза.

Способность глаза к видению разноудаленных предметов называется аккомодацией. При нарушении аккомодации могут развиться близорукость или дальнозоркость. При сильном преломлении световых лучей они фокусируются перед сетчаткой вследствие увеличения кривизны хрусталика либо удлинения глазного яблока, что и вызывает близорукость. Дальнозоркость обусловлена слабым преломлением световых лучей и фокусировкой их позади сетчатки. Она возникает из-за укороченности глазного

яблока или уплощения хрусталика. Нарушение зрения как при близорукости, так и при дальнозоркости исправляется подбором оптических линз.

Для сохранения нормального зрения разработан комплекс гигиенических правил. Глаз следует оберегать от механических воздействий, читать в хорошо освещенном помещении, держа книгу на определенном расстоянии (до 33—35 см от глаз). Свет должен падать слева. Для профилактики близорукости не рекомендуется читаемый текст близко подносить к глазам, так как хрусталик не может долго находиться в выпуклом положении. При работе в условиях яркого освещения необходимо пользоваться светозащитными стеклами, так как яркий свет разрушает световоспринимающие клетки. Нельзя читать в движущемся транспорте, так как при этом быстро меняется фокусное расстояние, что приводит к изменению кривизны хрусталика, уменьшению его эластичности. При недостатке витамина А нарушается сумеречное зрение и развивается так называемая «куриная слепота». Факторами, нарушающими зрение, являются также никотин, алкоголь, наркотики и другие ядовитые вещества. Они вызывают слезоточивость, покраснение век, выпадение ресниц, при тяжелом отравлении (например, метиловым спиртом) наблюдается поражение зрительного нерва и потеря зрения.

Орган слуха представлен наружным, средним и внутренним ухом.

*Наружное ухо* состоит из хрящевого образования, покрытого кожей (ушная раковина), и наружного слухового прохода, ведущего от раковины к среднему уху. Ушная раковина помогает человеку улавливать звуковые волны и направлять их в слуховой проход. Этому способствуют мышцы, приводящие в движение ушную раковину. Наружный слуховой проход имеет вид трубы длиной 30 мм, выстланной кожей. В месте соединения слухового прохода и среднего уха натянута тонкая соединительнотканная мембрана, получившая название барабанной перепонки. Последняя обладает упругостью, вибрирует под действием звуковых волн, не исказя эти колебания.

*Среднее ухо* — это небольшая камера, получившая название барабанной полости. Полость среднего уха отделена от наружного уха барабанной перепонкой. В полости содержатся три последовательно соединенных косточки: молоточек, наковальня и стремечко, которые так названы благодаря их форме. Слуховые косточки передают звуковые колебания через полость среднего уха. Молоточек

соприкасается с барабанной перепонкой, наковальня — с молоточком и со стремечком. Стремечко соединяется с перепонкой, закрывающей отверстие, называемое овальным окном и ведущее во внутреннее ухо. Среднее ухо соединено с носоглоткой слуховой (евстахиевой) трубой, служащей для уравнивания давления по обе стороны барабанной перепонки. По евстахиевой трубе в среднее ухо могут проникать микробы и вызывать воспаление, приводящее к сращению слуховых косточек и глухоте.

Внутреннее ухо представлено костным и перепончатым лабиринтом, расположенным в глубине височной кости. В нем различают слуховую часть и орган равновесия. Слуховая часть (улитка) состоит из спирально закрученной костной трубы, полость которой разделена на три канала костным выступом, и перепончатой перегородки, или основной мембранны (рис. 53). Каналы заполнены жидкостью. Основная мембрана образована волокнистой соединительной тканью. На ней находится рецепторный аппарат слухового анализатора (кортиев орган), который содержит особые слуховые нервные рецепторы (волосковые клетки).

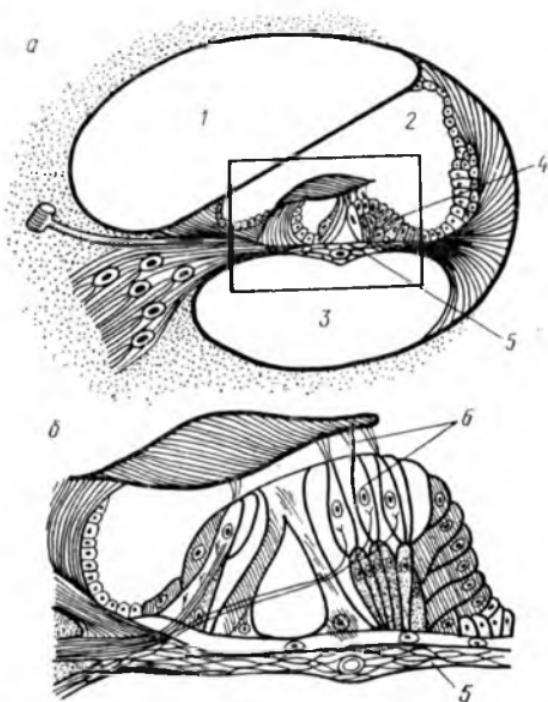


Рис. 53. Разрез улитки (а) и кортиева органа (б) человека:  
1 — вестибулярный канал; 2 — средний канал; 3 — барабанный канал; 4 — кортиев орган;  
5 — основная мембрана; 6 — волосковые клетки (слуховые нервные рецепторы)

Звуковые раздражители, улавливаемые ушной раковиной, вызывают колебания барабанной перепонки, которые через слуховые косточки передаются к улитке. Звуковые волны приводят в движение жидкость в каналах улитки и воспринимаются рецепторным аппаратом слухового анализатора. Возбуждение с рецепторов по слуховому нерву передается в слуховой центр.

Таким образом, периферической частью слухового анализатора является ухо, проводниковой — слуховой нерв, центральной — слуховая зона, находящаяся на наружной поверхности височной доли коры больших полушарий. С помощью органа слуха человек воспринимает и различает все многообразие звуков. Благодаря слуху люди общаются между собой, обучаются речи.

Орган равновесия расположен во внутреннем ухе, состоит из преддверия и трех полукружных каналов, заполненных жидкостью и размещенных в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. В преддверии находятся два мешочка — круглый и овальный со специальными известковыми камешками — *отолитами*, которые при изменении положения тела перемещаются и своим давлением раздражают рецепторы (волосковые клетки). Жидкость, находящаяся в полостях трех полукружных каналов, при изменении положения тела также раздражает волосковые клетки, возбуждение от которых передается по нерву в соответствующие отделы головного мозга. Таким образом, периферической частью анализатора равновесия являются волосковые клетки, проводниковой — вестибулярный нерв и центральной — височная доля коры больших полушарий. Орган равновесия обеспечивает контроль за положением тела в пространстве, его перемещением и скоростью движения. Поскольку он также связан с продолговатым мозгом и мозжечком, при раздражении анализатора рефлекторно изменяется тонус мышц.

Нормальное функционирование органов слуха и равновесия может быть обеспечено содержанием в чистоте слуховых проходов, защитой их от воздействия резких и продолжительных звуков, исключением влияния никотина, алкоголя, наркотиков и других токсических веществ. Длительное воздействие вредных факторов приводит к потере слуха, нарушению контроля за равновесием.

Органы осязания объединяют несколько видов чувствительности, так как в коже находятся различные рецепторы (периферическая часть анализатора), воспринимающие температурные раздражения, прикосновение и

давление, болевые раздражения. Возбуждение от рецепторов по чувствительным нервам (проводниковая часть анализатора) передается в центральную часть анализатора, находящуюся в теменной доле коры.

Орган мышечного чувства представлен рецепторами, находящимися в мышцах, сухожилиях, связках и на суставных поверхностях (периферическая часть анализатора), чувствительными нервами (проводниковая часть), передающими возбуждение в переднюю центральную извилину лобной доли коры больших полушарий (центральная часть анализатора). Орган мышечного чувства контролирует положение тела и его частей в пространстве (даже при закрытых глазах).

Орган вкуса образован рецепторами, находящимися на сосочках языка, слизистой оболочке ротовой полости, нёба, глотки (периферическая часть анализатора). Рецепторы способны воспринимать вкусовые ощущения кислого, горького, сладкого, соленого. Возбуждение с рецепторов передается по чувствительным нервам (проводниковая часть) во вкусовую зону, расположенную в височной доле коры (центральная часть анализатора). У людей существуют наследственные различия в чувстве вкуса.

Орган обоняния образован рецепторами, расположеннымися в эпителии верхней части носовой полости (периферическая часть анализатора). По отросткам обонятельных клеток, входящих в состав обонятельного нерва (проводниковая часть), возбуждение передается в обонятельную зону височной доли коры (центральная часть анализатора). Раздражителями обонятельных клеток являются пахучие вещества, находящиеся в воздухе. Во время приема пищи обонятельные ощущения дополняют вкусовые.

Все богатство ощущений, которое воспринимает человек при контакте с окружающей средой, обеспечивается функцией не одного, а многих органов чувств одновременно.

### **Высшая нервная деятельность**

Это деятельность высших отделов центральной нервной системы, обеспечивающая наиболее совершенное приспособление животных и человека к окружающей среде. Структурную основу высшей нервной деятельности у человека составляет кора больших полушарий вместе с

подкорковыми образованиями переднего и промежуточного мозга. Термин «высшая нервная деятельность» ввел в науку И. П. Павлов, который творчески развил и расширил теоретические положения о рефлекторном принципе деятельности головного мозга и создал учение о физиологии высшей нервной деятельности животных и человека. Высшая нервная деятельность обеспечивает индивидуальное поведенческое приспособление человека и млекопитающих к изменяющимся условиям окружающей среды, носит рефлекторный характер, осуществляется безусловными и условными рефлексами.

Безусловные рефлексы — это врожденные, стереотипные реакции организма, генетически закрепленные и осуществляемые с помощью нервной системы. Они сформировались в процессе эволюции вида. Примерами безусловных рефлексов могут быть мигание, сосание у новорожденных, выделение слюны при попадании пищи в рот, отдергивание руки при уколе пальца и др. При безусловном рефлексе возбуждение от рецептора передается по рефлекторной дуге в центральную нервную систему (спинной мозг, ствол головного мозга и др.) и обратно к рабочему органу (рис. 54, а).

Совокупность безусловных рефлексов, обеспечивающих сложные формы поведения животных, называется **инстинктом**. Например, перелеты птиц, забота о потомстве,

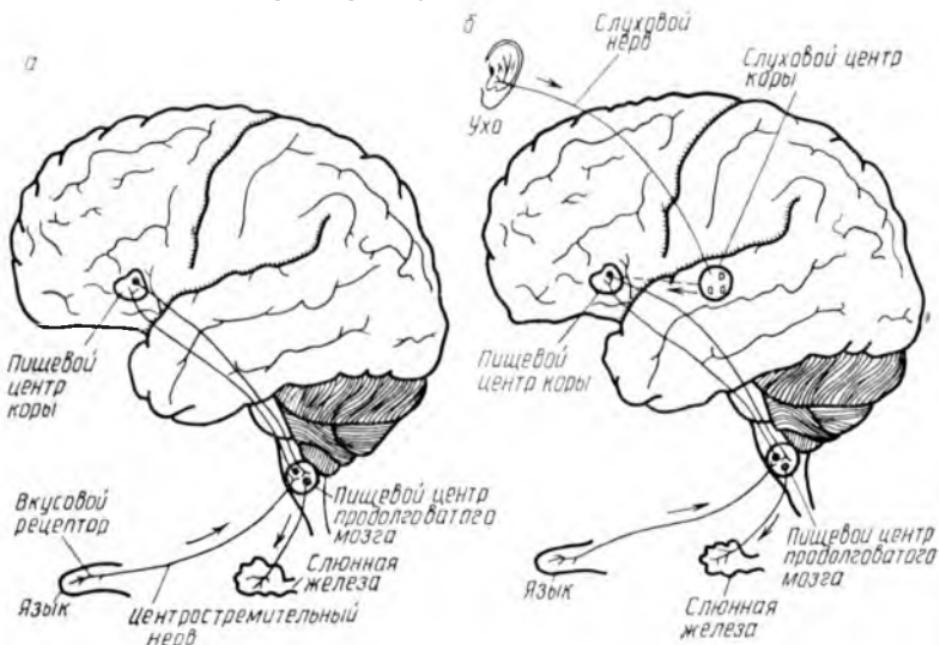


Рис. 54 Схема образования безусловного (а) и условного (б) рефлексов

постройка сот пчелами, плотин бобрами и др. Однако только одних безусловных рефлексов организму недостаточно, чтобы приспособиться к изменяющимся условиям окружающей среды. Для этого необходима выработка условных рефлексов.

Условные рефлексы — это индивидуальные приобретенные системные приспособительные реакции организма, формирующиеся на основе образования временной связи между условным раздражителем и безусловным рефлекторным актом. Термин «условные рефлексы» был впервые предложен И. П. Павловым в 1903 г. при изучении работы головного мозга. Условный рефлекс образуется на основе безусловного (рис. 54, б). Для образования условного рефлекса необходимо наличие двух раздражителей — безусловного (например, мясо) и безразличного (свет или звук), причем вначале должен действовать безразличный раздражитель, а затем безусловный. Между безразличным и безусловным раздражителями необходим определенный временный интервал. Сила обоих раздражителей должна быть оптимальной, условный раздражитель должен быть слабее безусловного по своей активности. Для выработки условного рефлекса необходимо многократное сочетание воздействия обоих раздражителей. И. П. Павлов назвал условный рефлекс временной связью, так как он проявляется только в условиях, при которых образовался. Биологическая роль его заключается в расширении диапазона приспособительных возможностей организма к самым разнообразным условиям. Условные рефлексы составляют основу обучения, воспитания, развития речи и мышления у ребенка, навыков трудовой, общественной и творческой деятельности человека. Образование условных рефлексов возможно благодаря особому свойству мозга — памяти.

Память — это процесс сохранения образовавшихся в процессе обучения временных связей. Различают два вида памяти — кратковременную и долговременную. Кратковременная память хранит информацию от долей секунды до десятков минут и затем разрушается. Долговременная память позволяет хранить информацию долго, в течение жизни человека.

В естественной обстановке у человека вырабатывается множество условных рефлексов. Если же окружающие условия меняются, тот или иной условный раздражитель не подкрепляется безусловным, то условный рефлекс угасает, т. е. не проявляется. Таким образом, в коре голов-

ного мозга наряду с процессами возбуждения протекают и процессы торможения.

Торможение — это активный нервный процесс, направленный на ослабление или подавление процесса возбуждения. И. П. Павлов выделил три вида торможения: внешнее (безусловное), внутреннее (условное) и охранительное. Внешнее торможение проявляется угнетением условного рефлекса в результате действия нового достаточно сильного постороннего раздражителя. Так, у человека при острой зубной боли «перестает» болеть ушибленная рука. Внешнее торможение развивается не только в коре головного мозга, но и в низших отделах нервной системы. Поэтому его также называют и безусловным торможением. Внутреннее торможение — это форма торможения условнорефлекторной деятельности, возникающая при неподкреплении условного раздражителя безусловным. Оно развивается в коре головного мозга постепенно, вследствие чего внутреннее торможение называют также условным. Внутреннее торможение — приобретенное свойство, оно вырабатывается в процессе индивидуального развития путем регулирования поведения соответственно условиям окружающей среды. Угасание условного рефлекса — один из видов внутреннего торможения, которое возникает в случае неподкрепления условного раздражителя безусловным. Открытие внутреннего торможения позволило разделить все условные сигналы на положительные, вызывающие физиологическую реакцию, и отрицательные, вызывающие условное внутреннее торможение. Благодаря внутреннему торможению осуществляется тончайшее приспособление организма к внешней среде, при этом тормозятся биологически нецелесообразные реакции. Охранительное торможение предохраняет нервные центры от воздействия чрезмерно сильных раздражителей и переутомления.

Рассмотренные закономерности рефлекторной деятельности являются общими как для высших животных, так и для человека, поскольку они рефлекторно отвечают на конкретные сигналы внешней среды (звук, свет, температуру и др.). Для животных — это единственная сигнальная система, а для человека — только первая. Высшая нервная деятельность человека принципиально отличается от высшей нервной деятельности животных благодаря труду и членораздельной речи. Слово для человека приобрело значение сигнала и составило специфически человеческую вторую сигнальную систему.

Оно стало таким же условным раздражителем, как и все другие, составляющие первую сигнальную систему. И. П. Павлов писал: «Слово заменяет все внешние раздражители, а также и все раздражители, идущие со стороны внутренней среды: оно становится сигналом каждого из них». Речь значительно повысила способность мозга человека отражать действительность и обеспечила высшие формы анализа и синтеза: сознание и мышление.

*Сознание* — это высшая, свойственная лишь человеку форма отражения объективной деятельности. Оно представляет единство психических процессов, активно участвующих в осмыслиении человеком объективного мира и своего бытия. Сознание возникает в процессе трудовой, общественно-производственной деятельности людей и неразрывно связано с речью.

*Мышление* — это активный процесс отражения объективного мира в понятиях и суждениях, высший продукт особым образом организованной материи — мозга. Поэтому физиологические механизмы мышления исследуются физиологией высшей нервной деятельности. Находясь в неразрывной связи с мозгом, мышление не может быть полностью объяснено деятельностью только этого органа. Оно связано не только с биологической эволюцией человека, но и с его общественным развитием.

В различных религиозных учениях сознательная деятельность человека объясняется наличием души, которая трактуется как бестелесная, бессмертная нематериальная сила, существующая независимо от тела в «потустороннем мире». Научное объяснение человеческого сознания на основе данных современного естествознания было сделано И. П. Павловым, а также крупнейшими советскими физиологами Л. А. Орбели (1882—1958), П. К. Антониным (1898—1974) и другими в работах по высшей нервной деятельности человека, которые показали несостоятельность идеалистических представлений.

### **Гигиена физического и умственного труда**

Деятельность организма зависит от состояния центральной нервной системы, переутомление которой ведет к расстройству жизненно важных функций организма — восприятия, памяти, работоспособности. Чтобы избежать переутомления, полезно во время перерывов проводить производственную гимнастику, при выполнении которой включаются разные группы мышц. Это ведет к возбужде-

нию новых участков коры головного мозга, торможению ранее работавших участков, их отдыху и восстановлению работоспособности. Умственный труд также вызывает утомление центральной нервной системы. Поэтому наиболее полный отдых центральной нервной системе дает сон.

Сон — это периодически возникающее физиологическое состояние организма, характеризующееся значительной обездвиженностью, почти полным отсутствием реакций на внешние раздражители и одновременно особой организацией активности нейронов головного мозга. В основе сна лежит возникновение и развитие торможения, которое по своей природе может быть безусловным и условным. Во время сна в высших отделах головного мозга идет обработка поступившей за период бодрствования информации, изменяются функции организма, отмечается падение тонуса скелетной мускулатуры, замедление дыхания и сердечных сокращений, понижение кровяного давления. Сон создает оптимальные условия для деятельности головного мозга и предотвращает его перенапряжение. Продолжительность сна для новорожденного составляет около 22 часов, для школьников — 9—12 и для взрослого человека — 7—8 часов.

Курение оказывает вредное воздействие на нервную систему, так как никотин, всасываясь в малых дозах, действует возбуждающе на нервную систему, а в больших — вызывает ее паралич. Длительное поступление в организм никотина небольшими дозами при курении вызывает хроническое отравление.

Алкоголь является высокотоксичным веществом для всех клеток организма, к нему чувствительны клетки нервной ткани, особенно коры головного мозга. Накапливаясь в них, он вызывает тяжелые нарушения их функции. При этом наблюдается ослабление памяти, нарушение координации движений, речи, мышления, сна. Человек становится развязным, грубым, теряет самоконтроль. Хроническое употребление алкоголя приводит к деградации личности.

Употребление наркотиков оказывает наиболее разрушающее действие на нервную систему, в связи с чем у наркоманов очень быстро проявляются нарушения нервной и психической деятельности. В ряде случаев использование наркотиков приводит человека к преждевременной смерти.

## Вопросы для самоконтроля

1. Изложите общие представления о строении нервной системы и ее значении в жизни организма. 2. Дайте определение центральной нервной системы, укажите образующие ее органы. 3. Что такое рефлекс? Каково строение рефлекторной дуги? 4. Строение спинного мозга и его функции. 5. Строение головного мозга и функции, выполняемые его отделами. 6. Какие зоны различают в коре головного мозга и какие центры в них располагаются? 7. Дайте определение периферической нервной системы, перечислите образующие ее структуры. 8. Дайте определение вегетативной нервной системы, укажите выполняемые ею функции. 9. Строение и функции симпатической и парасимпатической нервной системы. 10. Покажите на примерах, какие эффекты могут вызывать симпатические и парасимпатические нервы в одном и том же органе. 11. Дайте определение и перечислите органы чувств человека. 12. Дайте определение анализатора, опишите его строение. 13. Строение и функции органа зрения, строение зрительного анализатора. 14. Что такое аккомодация? Причины развития близорукости и дальнозоркости. 15. Основные требования гигиены зрения. 16. Опишите строение органа слуха. Укажите структуру слухового анализатора и значение слуха. 17. Охарактеризуйте строение и функции органа равновесия. 18. Основные требования гигиены органов слуха и равновесия. 19. Опишите строение органов осязания, мышечного чувства, вкуса, обоняния и структуру их анализаторов. 20. Дайте определение высшей нервной деятельности и укажите образующие ее структуры. 21. Как определяется безусловный рефлекс? Что такое инстинкт? 22. Дайте определение условного рефлекса и укажите условия его образования. 23. Что такое торможение? Укажите его виды. 24. Что понимается под первой и второй сигнальными системами? 25. Дайте определение сознания, мышления. 26. Значение сна для нормальной функции центральной нервной системы. 27. Каково влияние никотина, алкоголя, наркотиков на нервную систему?

## Глава 20. Железы внутренней секреции

Железы внутренней секреции — это специализированные органы позвоночных животных и человека, не имеющие выводных протоков и выделяющие вырабатываемые вещества (гормоны) непосредственно в кровь или лимфу. Для них характерно обильное кровоснабжение, обеспечивающее быстрое поступление гормонов в кровь и доставку их к органам и тканям.

Гормоны — биологически активные вещества, выделяемые железами внутренней секреции. Они оказывают целенаправленное действие на другие органы и ткани. Процесс выделения гормонов в тканевые жидкости называется внутренней секрецией.

По химическому строению гормоны делятся на три группы: производные аминокислот (тироксин, триiodтиронин, адреналин, норадреналин); белки и полипептиды

(инсулин, гормон роста, вазопрессин, меланотропин и др.) и жироподобные вещества, или стероиды (кортикостероиды, андрогены, эстрогены). Все гормоны физиологически активны даже в минимальных количествах, обладают избирательным воздействием на определенные органы и ткани. Например, для адренокортикотропного гормона передней доли гипофиза тканью-мишенью является корковое вещество надпочечников. Гормоны очень неустойчивы и быстро разрушаются. Наряду с нервной системой они обеспечивают регуляцию процессов жизнедеятельности организма. Координация биохимических и физиологических процессов в организме с помощью гормонов через жидкую среду (кровь, лимфу) называется *гуморальной регуляцией*.

Поскольку все железы внутренней секреции иннервируются нервами и их деятельность находится под контролем центральной нервной системы, гуморальная регуляция подчинена нервной регуляции, вместе с которой она составляет единую систему нейрогуморальной регуляции. Последняя обеспечивает нормальное функционирование организма в меняющихся условиях окружающей среды.

### Строение желез внутренней секреции

Железами внутренней секреции считаются гипофиз, щитовидная и паращитовидная железы, надпочечники. К железам смешанной секреции относят поджелудочную железу, семенники, яичники, вилочковую железу (тимус) и плаценту, сочетающих выработку гормонов с неэндокринными функциями (рис. 55).

*Гипофиз*, или *нижний мозговой придаток*, расположен на основании черепа. В нем различают три доли: переднюю, среднюю и заднюю. Передняя доля продуцирует несколько гормонов, важнейшими из которых являются гормон роста, тиреотропный и адренокортикотропный гормоны. Гормон роста стимулирует рост организма. Если в детском возрасте количество этого гормона недостаточное, возникает резкая задержка роста, и человек на всю жизнь остается карликом. Избыток гормона роста в детском возрасте, наоборот, приводит к гигантизму, а в зрелом — к увеличению размеров костей лица, кистей рук, стоп, языка (заболевание акромегалия). Тиреотропный гормон стимулирует работу щитовидной железы, а адренокортикотропный влияет на кору надпочечников, увеличивая синтез кортикостероидов. Средняя доля гипофиза выделя-

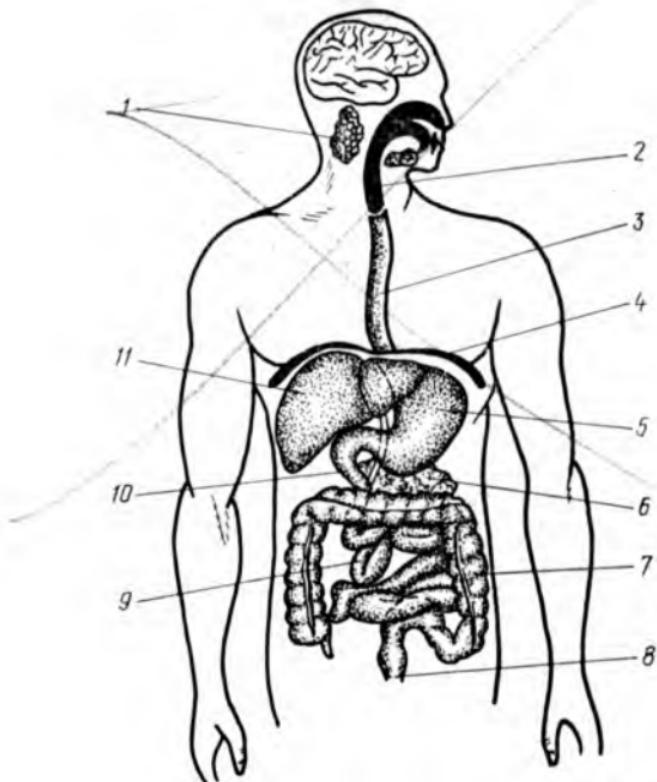


Рис. 55. Схема расположения желез внутренней секреции в организме человека:

1 — эпифиз; 2 — гипофиз; 3 — щитовидная железа; 4 — вилочковая железа (тимус); 5 — печень; 6 — двенадцатиперстная кишка; 7 — поджелудочная железа; 8 — семенник; 9 — яичник; 10 — надпочечник; 11 — желудок

ет только один гормон — меланотропин, который стимулирует синтез пигмента меланина в клетках кожи. Интенсивность его образования регулируется гормонами гипоталамуса, а также действием света. Задняя доля гипофиза накапливает два гормона — вазопрессин и окситоцин. Вазопрессин поддерживает обратное всасывание воды в почечных канальцах на определенном уровне и является одним из факторов, определяющих постоянство водно-солевого обмена в организме. Окситоцин вызывает сокращение гладких мышц матки, кишечника, желчного и мочевого пузыря.

Щитовидная железа расположена впереди от щитовидного хряща, перед гортанью. Продуцирует иодсодержащие гормоны тироксин и трииодтиронин, участвующие в регуляции процессов роста, развития, дифференцировки тканей, интенсивности основного обмена веществ. Повышение содержания тироксина в организме сопровождается увеличением размеров железы, пучеглазием, учащением пульса,

раздражительностью, резким похудением несмотря на обильное потребление пищи (заболевание базедова болезнь). Недостаток тироксина в детском возрасте приводит к задержке роста, полового созревания, развития психики (заболевание кретинизм). У взрослых недостаток тироксина приводит к снижению основного обмена, отечности, понижению температуры тела, замедлению речи, мышления, общей апатии (заболевание микседема).

*Надпочечники* — парные железы, прилегающие к верхним концам почек, состоят из мозгового вещества и коры. Мозговое вещество выделяет гормоны адреналин и норадреналин, оказывающие влияние на сердце, мелкие артерии, кровяное давление, основной обмен, мускулатуру бронхов и желудочного тракта. Кора надпочечников выделяет три группы гормонов: минералокортикоиды (альдостерон, кортикостерон), регулирующие минеральный обмен; глюкокортикоиды (гидрокортизон, кортизон), регулирующие белковый, жировой и углеводный обмен; половые гормоны (андрогены, эстрогены), регулирующие деятельность половых органов. Нарушение секреции кортикостероидов приводит к изменению работы сердца, исхуданию, повышенной утомляемости, изменению окраски кожи (заболевание «бронзовая болезнь»).

*Поджелудочная железа* относится к числу смешанных желез. Внутрисекреторная ее функция осуществляется скоплениями специальных клеток (островки Лангерганса), производящих гормоны инсулин и глюкагон, которые поступают в кровь и влияют на углеводный обмен. Повышение количества инсулина ведет к увеличению потребления глюкозы клетками тканей, отложению гликогена в печени и мышцах, снижению концентрации глюкозы в крови. Он необходим для расщепления гликогена до глюкозы. Поражение внутрисекреторной части поджелудочной железы вызывает повышение в крови количества сахара, он начинает выделяться с мочой (сахарная болезнь, или диабет). Постоянным введением экзогенного инсулина диабет лечат, благодаря чему поддерживается близкий к норме уровень сахара в крови на протяжении многих лет.

### **Роль гормональной регуляции в организме**

Гормоны вызывают физиологические реакции (табл. 21). Они могут возбуждать или угнетать функцию какого-либо органа, оказывать влияние на процессы

Таблица 21. Физиологическое действие гормонов

Железа	Гормон	Физиологическое действие
Гипофиз: передняя доля	Гормон роста	Регулирует рост костей и общий рост организма; действует на белковый, жировой и углеводный обмены
	Тиреотропный гормон	Стимулирует рост щитовидной железы и образование тироксина
	Адренокортикотропный гормон	Стимулирует рост коры надпочечников и образование в ней гормонов
средняя доля	Меланотропин	Регулирует образование пигмента меланина в клетках кожи
задняя доля	Вазопрессин	Синтезируется гипоталамусом, выделяется нейрогипофизом; поддерживает обратное всасывание воды в почечных канальцах, вызывает также сужение сосудов и повышение кровяного давления
	Окситоцин	Синтезируется гипоталамусом, выделяется нейрогипофизом; стимулирует сокращение гладких мышц матки, в меньшей степени кишечника, желчного и мочевого пузыря
Щитовидная железа	Тироксин, три-иодтиронин	Оказывает многообразное влияние на организм, его рост, дифференцировку тканей и обмен веществ
Надпочечники	Адреналин	Усиливает действие симпатических нервов; стимулирует расщепление гликогена печени и мышц
	Альдостерон, кортикостерон	Регулирует обмен натрия и калия
	Гидрокортизон	Стимулирует превращение белков в углеводы
Поджелудочная железа (инкреторная часть)	Инсулин	Увеличивает использование глюкозы клетками; понижает концентрацию сахара в крови; увеличивает запасы гликогена
	Глюкагон	Стимулирует превращение гликогена печени в глюкозу крови

обмена веществ, рост и дифференцировку тканей и органов, умственное, физическое и половое развитие. Гормоны обеспечивают адаптацию человека к меняющимся условиям внутренней и внешней среды. Недостаток или избыток

хотя бы одного из гормонов вызывает серьезные расстройства в организме. Например, увеличение количества гормона щитовидных желез в крови вызывает снижение прочности костей. Гипофиз рассматривается как центральная железа внутренней секреции, поскольку контролирует деятельность других эндокринных желез за счет секреции тропных гормонов. Например, усиленное образование тиреотропного гормона гипофиза стимулирует секрецию тироксина щитовидной железой. Подобным образом адренокортикотропный гормон регулирует выработку гормонов корой надпочечников и т. д.

В ряде случаев несколько гормонов могут оказывать на клетку или орган совокупное или противоположное действие. Например, распад гликогена стимулируется глюкагоном, но аналогичным действием обладает и адреналин. Инсулин снижает уровень сахара в крови, а адреналин повышает. Следует отметить, что конечный биологический результат биологической реакции или процесса зависит не от одного, а от многих гормональных влияний. Эндокринная регуляция жизнедеятельности организма является комплексной и строго сбалансированной.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Особенности строения и функции желез внутренней секреции.
2. Что такое гормоны и каковы особенности их действия?
3. Сущность гуморальной регуляции жизнедеятельности организма.
4. Какие гормоны вырабатывает гипофиз и каково их физиологическое действие?
5. Роль инсулина и глюкагона в регуляции обмена веществ в организме.
6. Какую роль в организме играют гормоны коркового и мозгового вещества надпочечников?
7. Какие болезни вызываются нарушением функции щитовидной железы, гипофиза, надпочечников, инкреторной части поджелудочной железы?

## **Глава 21. ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ**

Опорно-двигательный аппарат объединяет скелет и поперечнополосатые (скелетные) мышцы и представляет одну из важнейших систем человеческого организма. Он выполняет опорную и защитную функции и играет решающую роль в движении.

#### **Строение скелета человека**

Скелет состоит из костей и связывающих их образований. В организме человека насчитывается свыше 200 ко-

стей, которые составляют до 18 % массы тела у мужчин и 16 % — у женщин.

Ткань, образующая кость, является разновидностью соединительной ткани. Она представлена костными клетками и минерализованным межклеточным веществом. Костные клетки бывают трех типов: остеоциты, остеобласти и остеокласти. *Остеоциты* замурованы в межклеточном веществе, контактируют друг с другом островками и обеспечивают обмен веществ в ткани. *Остеобласти* находятся в зонах костеобразования. *Остеокласти* участвуют в рассасывании кости. Совместное действие всех типов клеток обеспечивает перестройку кости при росте и изменении функциональной нагрузки. Межклеточное вещество представлено коллагеновыми волокнами и основным веществом. Минеральный компонент кости образован кристаллами апатита, сульфата и карбоната кальция.

Кости бывают длинные с полостью внутри (трубчатые), плоские (широкие) и короткие. В трубчатых костях различают среднюю часть — диафиз и два конца — эпифизы. Диафизы образованы компактным веществом, а эпифизы — губчатым. Внутри диафиза в полости находится желтый костный мозг, а в ячейках губчатого вещества и в плоских костях — красный костный мозг. Снаружи и со стороны костномозговой полости кость покрыта *надкостницей*. Это тонкая соединительнотканная оболочка, богатая нервами и сосудами, проникающими в кость через особые отверстия. Через надкостницу осуществляются питание и иннервация кости. К надкостнице прикрепляются сухожильные связки, мышцы.

В скелете человека различают три отдела — скелет туловища, скелет конечностей и скелет головы.

Скелет туловища, или осевой скелет, подразделяется на позвоночник и грудную клетку (рис. 56).

*Позвоночник* образован 33—34 позвонками, расположенными друг над другом, между телами которых находятся прослойки из хрящевой ткани, придающие ему гибкость и упругость. Позвоночник состоит из 7 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых и 4—5 копчиковых позвонков. Крестцовые позвонки срастаются, образуя крестец. Каждый позвонок содержит тело и дугу, от которой отходит несколько отростков. Между телами и дугами позвонков находятся позвоночные отверстия, образующие позвоночный канал, в котором располагается спинной мозг. Позвоночник формирует четыре изгиба. В шейном и поясничном отделах они обращены выпуклостью вперед,

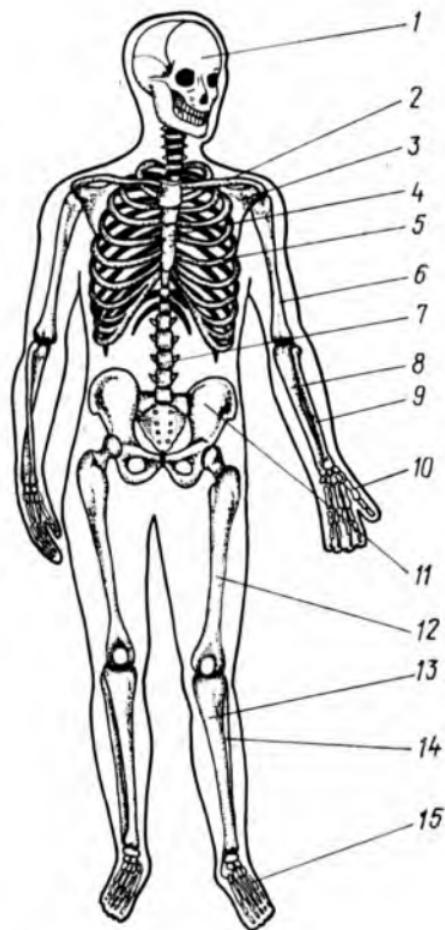


Рис. 56. Скелет человека:

1 — череп; 2 — ключица; 3 — лопатка; 4 — грудина; 5 — ребра; 6 — плечевая кость; 7 — позвоночник; 8 — локтевая кость; 9 — лучевая кость; 10 — кости кисти; 11 — кости таза; 12 — бедренная кость; 13 — большая берцовая кость; 14 — малая берцовая кость; 15 — кости стопы

а в грудном и крестцовом — назад. Изгибы имеют важное физиологическое значение, поскольку увеличивают размеры грудной и тазовой полостей, облегчают сохранение телом равновесия, смягчают толчки при ходьбе, прыжках, беге.

Грудная клетка образована грудиной, 12 парами ребер и 12 грудными позвонками. Семь пар верхних ребер спереди соединены с грудиной, восьмая — десятая пары — друг с другом хрящами и две нижние пары ребер лежат свободно, фиксируясь мягкими тканями. Форма и величина грудной клетки зависят от пола, степени развития мышц, а также от профессии и образа жизни человека. Грудная клетка является вместилищем для легких, трахеи, пищевода, сердца, кровеносных сосудов. Она участвует в дыхании.

тельных движениях благодаря ритмичному поднятию и опусканию ребер за счет сокращения мышц, участвующих в дыхании.

Скелет конечностей (верхний и нижний) принято делить на скелет свободной конечности (руки, ноги) и скелет пояса (плечевого, тазового), который укрепляет конечность на туловище.

Скелет плечевого пояса состоит из двух парных костей — лопатки и ключицы. Скелет руки образуют плечевая кость, кости предплечья (лучевая и локтевая) и кости кисти (мелкие запястья, длинные пясти и фаланги пальцев).

Скелет тазового пояса состоит из двух массивных тазовых костей, сзади прочно сращенных с крестцом, а спереди почти жестко соединенных между собой в лонном сочленении. Они имеют круглые впадины, куда входят головки бедренных костей. Скелет нижней конечности образуют бедренная кость, кости голени (большая и малая берцовые) и кости стопы (короткие предплюсны, длинные плюсны и фаланги пальцев).

Скелет головы, или череп, состоит из мозгового и лицевого отделов. *Мозговой отдел (черепная коробка)* защищает мозг от повреждений. Он образован неподвижно соединенными друг с другом плоскими костями: спереди — непарной лобной, сверху — парными теменными, с боковых сторон — височными и сзади — непарной затылочной костью с отверстием, через которое соединяются головной и спинной мозг. В состав *лицевого отдела* черепа входят нижняя и верхняя челюсти, скуловые, носовые и другие кости, которые, кроме нижней челюсти, неподвижно соединены друг с другом. Верхняя и нижняя челюсти содержат по 16 ячеек, в которых помещаются корни зубов.

В скелете наблюдаются три типа соединения костей: неподвижное, полуподвижное и подвижное (табл. 22).

Таким образом, скелет человека имеет в основном опорное значение, образуя структурную основу тела и определяя его размер и форму. Некоторые части скелета (череп, грудная клетка, таз) служат вместилищем и защитой жизненно важных органов — мозга, легких, сердца и т. д. Скелет является также пассивным органом движения, так как к нему прикрепляются мышцы. Кроме того, кости скелета представляют депо соединений кальция, фосфора и других элементов и участвуют в минеральном обмене. Внутри многих костей содержится красный костный мозг, где образуются форменные элементы крови.

Таблица 22. Способы соединения костей в скелете человека

Соединение	Способ соединения	Примеры
Неподвижное	Швами или срастанием	Соединение костей черепа (кроме нижней челюсти), костей таза с крестцом
Полуподвижное	Хрящами	Соединение тел шейных, грудных и поясничных позвонков
Подвижное	Суставы	Коленный сустав, локтевой сустав, плечевой сустав, тазобедренный сустав

### Скелетные мышцы, их строение и функции

Мышцы, или мускулы, представляют собой органы тела человека и животных, состоящие из поперечнополосатой мышечной ткани, способной сокращаться под влиянием нервных импульсов. Каждая мышца заключена в соединительнотканную оболочку, имеющую гладкую поверхность. При сокращении она движется относительно соседних мышц с минимальным трением. Волокна на концах скелетной мышцы постепенно переходят в сухожилия. Сухожильные концы мышц прикрепляются чаще всего к разным костям, только мимические мышцы прикреплены одним концом к коже. Обычно при движении сокращается не одна, а целая группа мышц. Мышцы, выполняющие аналогичные функции, называются *синергистами*, а противоположные — *антагонистами*. Почти каждая мышца имеет своего антагониста (например, сгибатели — разгибатели, вращающие — поднимающие, сжимающие — разжимающие и т. д.). По форме различают длинные, короткие, широкие и круглые мышцы. Общее число их в теле человека достигает 600 (рис. 57). На долю мышц приходится 28—32 % массы тела у женщин и 35—45 % у мужчин. По выполняемым в организме функциям выделяют мышцы головы, шеи, груди, живота, спины, поясов конечностей.

К мышцам головы относят затылочно-лобную, височные, мимические, жевательные и другие, к мышцам шеи — грудино-подъязычную, грудино-ключично-сосцевидную и другие, которые обеспечивают движение головы.

Мышцы груди (наружные и внутренние межреберные), диафрагма принимают участие в акте дыхания, движении рук (большая грудная мышца).

Мышцы живота участвуют в образовании стенок

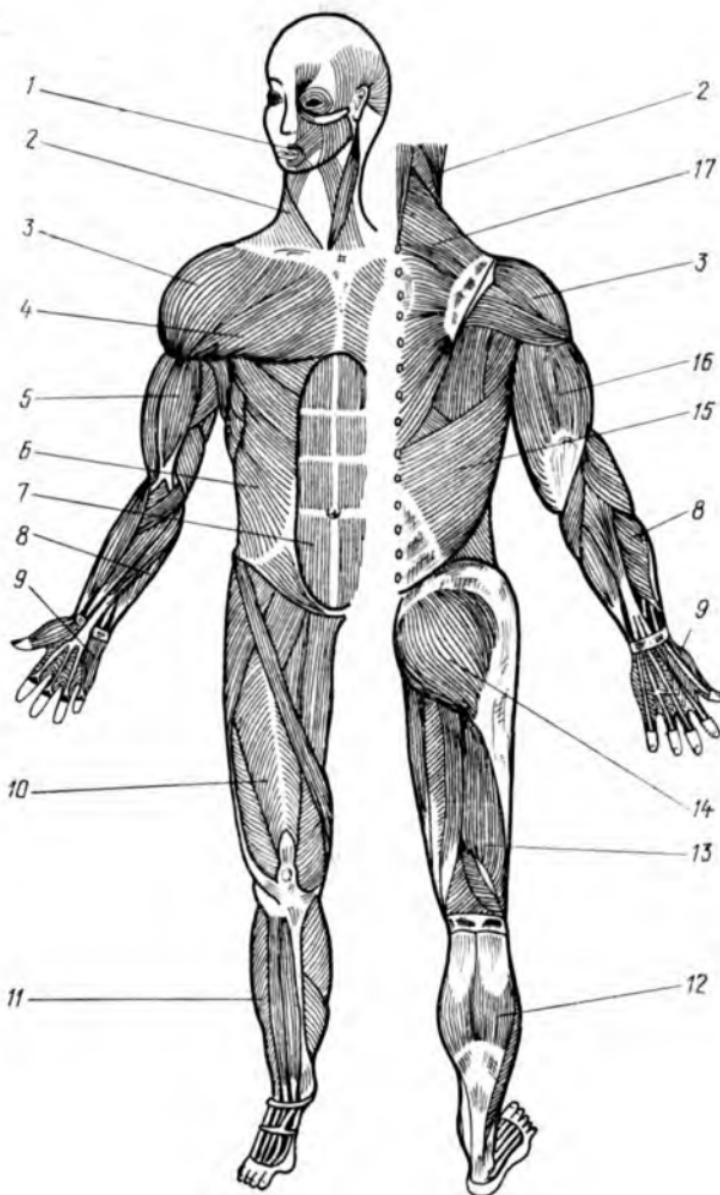


Рис. 57. Мышечная система человека:

1 — мышцы лица; 2 — мышцы шеи; 3 — дельтовидная мышца; 4 — большая грудная мышца; 5 — двуглавая мышца плеча; 6 — наружная косая мышца живота; 7 — прямая мышца живота; 8 — мышцы предплечья; 9 — мышцы кисти; 10 — прямая мышца бедра; 11 — мышцы голени; 12 — икроножная мышца; 13 — двуглавая мышца бедра; 14 — большая ягодичная мышца; 15 — широчайшая мышца спины; 16 — трехглавая мышца плеча; 17 — трапециевидная мышца

брюшной полости. При их сокращении происходит также наклон туловища вперед и в стороны.

Мышцы спины образуют несколько слоев и участвуют в движении позвоночника, сохранении вертикального положения тела.

*Мышцы верхней конечности* подразделяются на мышцы плечевого пояса (дельтовидная мышца и др.) и свободной конечности. Двуглавая мышца сгибает плечо и предплечье в плечевом и локтевом суставах, а трехглавая разгибает их в этих же суставах. На передней поверхности предплечья лежат сгибатели кисти и пальцев, на задней — разгибатели.

*Мышцы нижней конечности* образуют тазовый пояс и мышцы свободной конечности. К мышцам таза относят подвздошно-поясничную и три ягодичные, обеспечивающие сгибание и разгибание в тазобедренном суставе, а также сохранение тела в вертикальном положении. К мышцам, приводящим в движение бедро и голень, относятся четырехглавая и двуглавая. Стопу и пальцы приводит в движение ряд мышц, из которых самая крупная икроножная. Она также принимает участие в поддержании тела в вертикальном положении.

Работа мышц связана со способностью мышечной ткани сокращаться и определяется произведением массы поднятого груза на высоту поднятия. При расслаблении мышца работу не производит. Для работы мышц необходима энергия, источником которой является АТФ, образующаяся в процессе гликолиза. Работа мышц зависит от интенсивности их кровоснабжения. Током крови в мышцы поступает глюкоза и уносятся продукты ее неполного расщепления.

Длительная работа мышц приводит к их утомлению. Утомление мышц обусловлено накоплением в них молочной кислоты, углекислоты и других продуктов распада. Утомление — это нормальная физиологическая реакция мышечной ткани, оно исчезает после отдыха. Впервые механизмы утомления были изучены И. М. Сеченовым в 1903 г. Он установил, что на скорость утомления влияют ритм работы и величина нагрузки. При среднем ритме работы и нагрузки отмечается наиболее высокая работоспособность и медленное развитие утомления. И. М. Сеченов показал, что восстановление работоспособности утомленной правой руки происходит быстрее, если в период отдыха работать левой рукой. Это явление он назвал активным отдыхом. Неинтересная работа вызывает утомление быстрее, чем интересная.

Мышцы являются активной частью опорно-двигательного аппарата. К опорной функции мышц относится защита внутренних органов, которая осуществляется мышцами, окружающими полости тела. Напряжение, поддерживае-

мое мышцами даже в состоянии покоя, называют их *тонусом*. При помощи мышц усиливается опорная роль скелета и осуществляются двигательные акты. Изменение степени напряжения мышц происходит рефлекторно под влиянием импульсов нервной системы. Поэтому мышцы являются и исполнительным аппаратом, поскольку в них находятся рецепторы двигательного аппарата. При всяком изменении состояния мышц рецепторы раздражаются и сигнализируют об этих изменениях в центральный отдел нервной системы.

### **Значение физических упражнений для формирования скелета и мышц**

Регулярные физические упражнения способствуют формированию у человека правильного телосложения, гармоничного развития мускулатуры. Степень развития мышц, их мощность и величина зависят от разнообразия выполняемых упражнений и частоты тренировок. Труд, регулярные тренировки способствуют усилению кровообращения костей и мышц, росту мышечных и нервных волокон, увеличению массы костного скелета и мускулатуры.

Малоподвижный образ жизни (гипокинезия), наоборот, не способствует развитию опорно-двигательного аппарата. При гипокинезии человек становится малоподвижным, сократительная способность мышц снижается. Слабость мышц спины, конечностей вызывает изменение осанки, появляется склонность, нарушается координация движений. У людей, не занимающихся физкультурой, чаще отмечаются сердечно-сосудистые, легочные и другие заболевания. В настоящее время широко используются и пропагандируются занятия физкультурой для воспитания и правильного развития подрастающего поколения.

Вредное влияние на формирование опорно-двигательного аппарата оказывают никотин, алкоголь, наркотики. Нарушая работу нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, они ухудшают кровоснабжение мышц, снижают в них интенсивность обменных процессов, в результате чего изменяется мышечная сила, падает работоспособность, возрастает бытовой и производственный травматизм.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте определение и укажите назначение опорно-двигательного аппарата. 2. Опишите клеточное строение костей и укажите их

химический состав. 3. Приведите классификацию костей в зависимости от их размеров, формы, наличия внутренней полости. 4. Что такое надкостница? Какова ее функция? 5. Опишите строение осевого скелета. 6. Что собой представляет скелет плечевого и тазового поясов? 7. Особенности строения скелета головы. 8. Укажите способы соединения костей. 9. Дайте определение скелетной мышцы, опишите ее строение. 10. Какие мышцы считаются синергистами и антагонистами? 11. Укажите основные группы мышц человека. 12. Чем характеризуются работа и утомление мышц? 13. Значение физических упражнений для развития опорно-двигательного аппарата

## Глава 22. КРОВООБРАЩЕНИЕ

Движение крови по сосудам, обеспечивающее обмен веществ между организмом и внешней средой, называется кровообращением. Оно осуществляется при помощи специальных органов, объединенных в единую функциональную систему.

### Система органов кровообращения

Система органов кровообращения включает сердце и кровеносные сосуды (артерии, капилляры, вены), пронизывающие все органы тела человека.

Сердце — главный орган системы кровообращения (рис. 58). Оно представляет собой полый мышечный орган, состоящий из четырех камер: двух предсердий (правого и левого), разделенных межпредсердной перегородкой, и двух желудочков (правого и левого), разделенных межжелудочковой перегородкой. Правое предсердие сообщается с правым желудочком через трехстворчатый, а левое предсердие с левым желудочком — через двустворчатый клапан. Масса сердца взрослого человека в среднем около 250 г у женщин и около 330 г у мужчин. Длина сердца 10—15 см, поперечный размер 8—11 см и переднезадний — 6—8,5 см. Объем сердца у мужчин в среднем равен 700—900 см<sup>3</sup>, а у женщин — 500—600 см<sup>3</sup>. Наружные стенки сердца образованы сердечной мышцей, которая по структуре сходна с поперечнополосатыми мышцами. Однако сердечная мышца отличается способностью автоматически ритмично сокращаться благодаря импульсам, возникающим в самом сердце независимо от внешних воздействий (автоматия сердца).

Функция сердца состоит в ритмичном нагнетании в артерии крови, приходящей к нему по венам. Сердце сокращается около 70—75 раз в минуту в состоянии покоя орга-

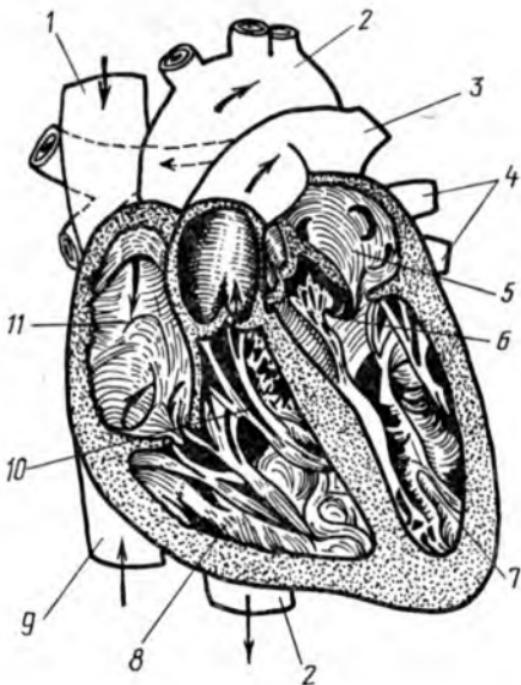


Рис. 58. Строение сердца:

1 — верхняя полая вена; 2 — аорта; 3 — легочная артерия; 4 — легочные вены; 5 — левое предсердие; 6 — двустворчатый клапан; 7 — левый желудочек; 8 — правый желудочек; 9 — нижняя полая вена; 10 — трехстворчатый клапан; 11 — правое предсердие

низма (1 раз за 0,8 с). Более половины этого времени оно отдыхает — расслабляется. Непрерывная деятельность сердца складывается из циклов, каждый из которых состоит из сокращения (систолы) и расслабления (диастолы).

Различают три фазы сердечной деятельности: сокращение предсердий, сокращение желудочков и пауза (одновременное расслабление предсердий и желудочков). Систола предсердий занимает 0,1 с, желудочков — 0,3, общая пауза — 0,4 с. Таким образом, в течение всего цикла предсердия работают 0,1 с и отдыхают 0,7 с, желудочки работают 0,3 с и отдыхают 0,5 с. Этим объясняется способность сердечной мышцы работать, не утомляясь, в течение всей жизни. Высокая работоспособность сердечной мышцы обусловлена усиленным кровоснабжением сердца. Примерно 10 % крови, выбрасываемой левым желудочком в аорту, поступает в отходящие от нее артерии, которые питают сердце.

*Артерии* — кровеносные сосуды, несущие обогащенную кислородом кровь от сердца к органам и тканям (лишь легочная артерия несет венозную кровь) (рис. 59). Стенка артерии представлена тремя слоями: наружной соединительной тканью оболочкой; средней, состоящей из эластиче-

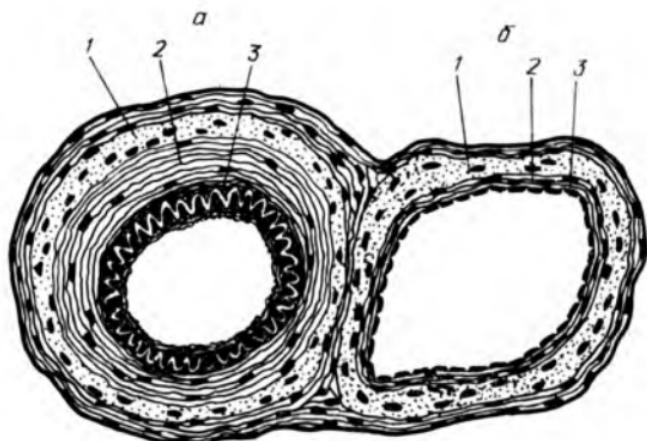


Рис. 59. Строение стенок сосудов:  
а — артерия; б — вена. 1 — наружный соединительнотканый слой; 2 — средний мышечный слой; 3 — внутренний слой

ских волокон и гладких мышц; внутренней, образованной эндотелием и соединительной тканью. У человека диаметр артерий колеблется от 0,4 до 2,5 см. Общий объем крови в артериальной системе составляет в среднем 950 мл. Артерии постепенно древовидно ветвятся на все более мелкие сосуды — *артериолы*, которые переходят в капилляры.

*Капилляры* — мельчайшие сосуды (средний диаметр около 7 мкм), пронизывающие органы и ткани животных и человека, имеющих замкнутую кровеносную систему. Они соединяют мелкие артерии с мелкими венами. Через стенки капилляров, состоящие из клеток эндотелия, происходит обмен газов и других веществ между кровью и различными тканями.

*Вены* — кровеносные сосуды, несущие насыщенную углекислым газом, продуктами обмена веществ, гормонами и другими веществами кровь от тканей и органов к сердцу (исключение легочные вены, несущие артериальную кровь). Стенка вены значительно тоньше и эластичнее стенки артерии. В некоторых венах есть клапаны, препятствующие обратному току крови. У человека объем крови в венозной системе составляет в среднем 3200 мл.

Сердце иннервируется вегетативной нервной системой. Симпатические нервы учащают ритм и усиливают силу сокращений, парасимпатические — замедляют ритм и ослабляют силу сокращений сердца. Гуморальная регуляция осуществляется с помощью имеющихся в крупных сосудах специальных хеморецепторов, которые возбуждаются под влиянием изменений состава крови. Повышение концентрации углекислого газа в крови раздражает эти

рецепторы и рефлекторно усиливает работу сердца. Адреналин также усиливает деятельность сердца, ацетилхолин, наоборот, замедляет (табл. 23).

Таблица 23. Нейрогуморальная регуляция деятельности сердечно-сосудистой системы

Фактор	Сердце	Сосуды	Уровень кровяного давления
Симпатическая нервная система	учащает ритм и усиливает сокращения	суживает	повышает
Парасимпатическая нервная система	замедляет ритм и ослабляет сокращения	расширяет	понижает
Адреналин	учащает ритм и усиливает сокращения	суживает (кроме сосудов сердца)	повышает
Ацетилхолин	замедляет ритм и ослабляет сокращения	расширяет	понижает
Тироксин	учащает ритм	суживает	повышает
Ионы кальция	учащают ритм и ослабляют сокращения	суживают	понижают
Ионы калия	замедляют ритм и ослабляют сокращения	расширяют	понижают

### Движение крови по сосудам

Движение крови по сосудам впервые было описано в 1628 г. английским врачом У. Гарвеем. У человека и млекопитающих кровь движется по замкнутой сердечно-сосудистой системе, состоящей из большого и малого кругов кровообращения (рис. 60).

Большой круг кровообращения начинается от левого желудочка и заканчивается правым предсердием. Из левого желудочка сердца кровь поступает в самый крупный артериальный сосуд — аорту. От аорты отходят многочисленные артерии, которые, войдя в орган, делятся на более мелкие сосудики и наконец переходят в капилляры. Из капилляров кровь собирается в небольшие вены, которые, сливаясь, образуют сосуды большего калибра. Две самые крупные вены — верхняя полая и нижняя полая несут кровь в правое предсердие. Через капилляры большого круга кровообращения клетки тела получают кислород и питательные вещества, а также уносят углекислый

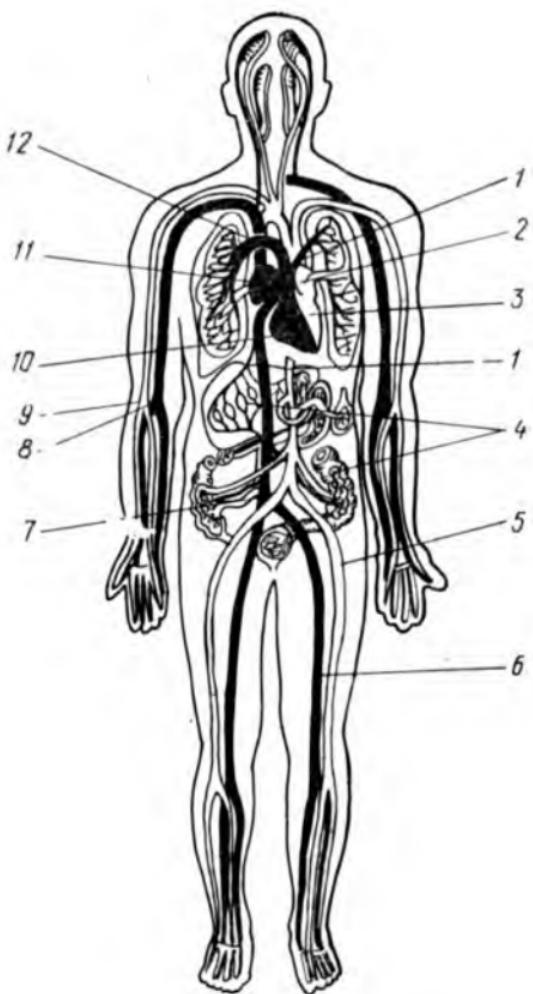


Рис. 60. Схема кровообращения:

1 — аорта; 2 — левое предсердие; 3 — левый желудочек; 4 — капиллярная сеть; 5 — бедренная артерия; 6 — бедренная вена; 7 — нижняя полая вена; 8 — плечевая вена; 9 — плечевая артерия; 10 — правый желудочек; 11 — правое предсердие; 12 — верхняя полая вена

газ и другие продукты распада. Во всех артериях этого круга течет артериальная кровь, а в его венах — венозная.

Малый круг кровообращения начинается от правого желудочка и заканчивается левым предсердием. Из правого желудочка сердца венозная кровь поступает в легочную артерию, которая вскоре делится на две ветви, несущие кровь к правому и левому легкому. В легких артерии разветвляются на капилляры, где происходит обмен газов: кровь отдает углекислый газ и насыщается кислородом. Насыщенная кислородом артериальная кровь поступает по легочным венам в левое предсердие. Следо-

вательно, в артериях малого круга кровообращения течет венозная кровь, а в его венах — артериальная.

Движение крови по сосудам возможно благодаря разности давлений в начале и в конце каждого круга кровообращения, которая создается работой сердца. В левом желудочке и аорте давление крови выше, чем в полых венах и в правом предсердии. Разность давлений в этих участках обеспечивает движение крови в большом круге кровообращения. Высокое давление в правом желудочке и легочной артерии и низкое в легочных венах и левом предсердии обеспечивают движение крови в малом круге кровообращения.

Основной причиной движения крови по венам служит разность давлений в начале и конце венозной системы, поэтому движение крови по венам происходит в направлении к сердцу. Этому способствуют присасывающее действие грудной клетки («дыхательный насос») и сокращение скелетной мускулатуры («мышечный насос»). Во время вдоха давление в грудной клетке уменьшается. При этом разность давлений в начале и в конце венозной системы увеличивается, и кровь по венам направляется к сердцу. Скелетные мышцы, сокращаясь, сжимают вены, что также способствует передвижению крови к сердцу.

Движение крови в капиллярах осуществляется за счет изменения просвета подводящих мелких артерий: их расширение усиливает кровоток в капиллярах, а сужение — уменьшает.

*Пульс* — периодическое толчкообразное расширение стенок артерий, синхронное с сокращением сердца. У взрослого человека частота пульса в среднем составляет 70—80 ударов в минуту. При физической нагрузке частота пульса может возрастать до 150—200 ударов. В местах, где артерии расположены на кости и лежат непосредственно под кожей (лучевая, височная), пульс легко прощупывается. По пульсу можно определить количество сокращений сердца в минуту.

*Кровяное давление* — это давление крови на стенки кровеносных сосудов и камеры сердца, возникающее в результате сокращения сердца, нагнетающего кровь в сосудистую систему, и сопротивления сосудов. Наиболее важным медицинским и физиологическим показателем состояния кровеносной системы является величина давления в аорте и крупных артериях — артериальное давление. Различают *максимальное*, или *систолическое, давление крови* — уровень давления в артериях во время систолы

сердца у человека составляет около 120 мм ртутного столба, и *минимальное*, или *диастолическое*, — уровень давления в артериях во время диастолы сердца составляет около 80 мм ртутного столба. На величину артериального давления влияют: 1) работа сердца и сила сердечного сокращения; 2) величина просвета сосудов и тонус их стенок; 3) количество циркулирующей в сосудах крови; 4) вязкость крови. Уровень кровяного давления регулируется нервными и гуморальными факторами (см. табл. 23).

Скорость потока крови в сосудах составляет 0,5 м/с в аорте и всего лишь 0,5 мм/с в капиллярах. Замедление тока крови в капиллярах объясняется их огромным количеством и большим суммарным просветом (в 800 раз больше просвета аорты). В венах, с их укрупнением по мере приближения к сердцу, суммарный просвет кровяного русла уменьшается и скорость тока крови увеличивается.

Нормальная деятельность человеческого организма возможна лишь при наличии хорошо развитой сердечно-сосудистой системы. Скорость кровотока будет определять степень кровоснабжения органов и тканей и скорость удаления продуктов жизнедеятельности. При физической работе потребность органов в кислороде возрастает одновременно с усилением и учащением сердечных сокращений. Такую работу может обеспечить только сильная сердечная мышца. Чтобы быть выносливым к разнообразной трудовой деятельности, важно тренировать сердце, увеличивать силу его мышцы. Физический труд, физкультура развивают сердечную мышцу. Для обеспечения нормальной функции сердечно-сосудистой системы человек должен начинать свой день с утренней зарядки, особенно люди, профессии которых не связаны с физическим трудом. Для обогащения крови кислородом физические упражнения лучше выполнять на свежем воздухе.

На функцию сердечно-сосудистой системы оказывают вредное влияние алкоголь, никотин, наркотики. У людей, употребляющих алкоголь, курящих, чаще, чем у других, возникают спазмы сосудов сердца, чаще развивается атеросклероз — болезнь, связанная с изменением стенки кровеносных сосудов.

### **Внутренняя среда организма**

Работа органов кровообращения осуществляет непрерывную транспортировку к тканям и органам питательных

веществ и удаление из них конечных продуктов обмена. Тем самым обеспечивается сохранение постоянства внутренней среды, в результате чего в организме поддерживаются на относительно постоянном уровне температура тела, величина артериального давления, частота дыхания, содержание ионов натрия, калия, кальция, хлора, водорода, белков, сахара, осмотическое давление крови и тканевой жидкости и т. д. В сохранении параметров внутренней среды важная роль принадлежит нервным и эндокринным механизмам. Внутреннюю среду организма составляют тканевая жидкость, лимфа и кровь.

*Тканевая жидкость* заполняет пространства между кровеносными капиллярами и клетками тканей. Она характеризуется специфичным составом для отдельных органов, почти лишена белков. Ее объем у человека составляет до 26,5 % массы тела. Тканевая жидкость обеспечивает переход аминокислот, глюкозы, гормонов, жиров, кислорода и других биологически активных веществ из крови в клетки тканей и удаление углекислого газа и других продуктов распада. Оттекая от органов в лимфатические сосуды, тканевая жидкость превращается в лимфу.

*Лимфа* — жидкость, циркулирующая по лимфатической системе человека и млекопитающих; по составу солей близка плазме крови, характеризуется низким содержанием белков. Циркулируя по лимфатическим сосудам, лимфа способствует возвращению белков из межклеточных пространств в кровь, перераспределению воды и поддержанию нормального обмена в тканях. В лимфатические сосуды кишечника всасываются жиры. Лимфа медленно движется по лимфатическим сосудам, по ходу которых располагаются лимфатические узлы, где лимфа обогащается лимфоцитами. В лимфатических узлах происходит путем фагоцитоза уничтожение микробов, чужеродных веществ и образование антител.

*Кровь* — важнейший компонент внутренней среды организма. У взрослого человека ее количество составляет 5—6 л (7—8 % массы тела). Кровь циркулирует по сосудам, но часть ее (до 40 %) находится в кровяных депо (селезенка, печень, легкие, кожа и др.). Выход крови из депо происходит при мышечной работе, кровопотерях, понижении атмосферного давления. За счет движения крови поддерживается непрерывная циркуляция жидкостей внутренней среды организма.

## Кровь

Это жидккая соединительная ткань, так как ее клетки (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты) разделены жидким межклеточным веществом (плазмой). Кровь на 55—60 % состоит из плазмы и на 40—45 % — из форменных элементов.

*Плазма крови* — полупрозрачный водный раствор органических (белки, жиры, углеводы, аминокислоты, витамины, гормоны и др.) и неорганических (минеральные соли) соединений. Растворенные в плазме белки (альбумины, глобулины, фибриноген), минеральные соли и другие вещества создают определенное осмотическое давление, благодаря которому вода через клеточные мембранные выходит в кровь и совершают обмен воды между тканями и кровью. Концентрация различных солей в плазме относительно постоянна и соответствует содержанию их в клетках и тканях, что имеет большое значение для поддержания постоянства внутренней среды. В почках плазма крови освобождается от избытка минеральных солей, воды и продуктов обмена. Белки плазмы придают крови необходимую вязкость, имеющую значение в поддержании артериального давления на постоянном уровне.

*Эритроциты*, или *красные кровяные клетки*, — это мелкие (7—8 мкм в диаметре) безъядерные клетки, имеющие форму двояковогнутого диска. Отсутствие ядра позволяет эритроциту вмещать большое количество гемоглобина, а форма способствует увеличению его поверхности. В 1 мм<sup>3</sup> крови насчитывается 4—5 млн эритроцитов. Количество эритроцитов в крови непостоянно. Оно увеличивается при подъеме в высоту, больших потерях воды и т. д. Образуются эритроциты в красном костном мозге, а разрушаются в селезенке и печени. Длительность жизни эритроцитов человека составляет около 120 дней.

*Гемоглобин* — красный железосодержащий пигмент, состоящий из железопорфириновой группы (гема) и белка глобина. В легочных капиллярах гемоглобин, соединяясь с кислородом, образует оксигемоглобин за счет двухвалентного железа гема. В капиллярах тканей оксигемоглобин распадается с освобождением кислорода, чему способствует высокое содержание диоксида углерода. Из капилляров тканей гемоглобин переносит к легким углекислый газ. В организме, помимо гемоглобина, в скелетных мышцах содержится миоглобин, который может присоединять до 14 % кислорода, находящегося в тканях. Это ре-

зерв на случай дефицита кислорода при интенсивной мышечной работе.

*Лейкоциты* — бесцветные клетки крови, имеющие ядро; разнообразны по функции и способны к активному амебоидному движению. По особенностям строения различают зернистые (нейтрофилы, базофилы, эозинофилы) и незернистые (лимфоциты и моноциты) лейкоциты. Их процентное соотношение в крови называют *лейкоцитарной формулой*. Количество лейкоцитов в 1  $\text{мм}^3$  крови взрослого человека колеблется в пределах 4000—9000. Уменьшение их числа в крови вызывает лейкопению. Она наблюдается при различных заболеваниях из-за угнетения выработки лейкоцитов. Увеличение количества лейкоцитов называют лейкоцитозом. Он может быть физиологическим из-за перераспределения крови после приема пищи или возникать при воспалительных заболеваниях. Срок жизни лейкоцитов различен и может колебаться от нескольких часов (нейтрофилы) до 100—200 и более суток (лимфоциты). Зернистые лейкоциты образуются в красном костном мозге, моноциты — в печени и селезенке, лимфоциты — в вилочковой железе, костном мозге, а затем размножаются в селезенке, лимфатических узлах.

Главная функция лейкоцитов состоит в их способности защищать организм от инфекции. Каждый вид лейкоцитов выполняет определенные функции. Нейтрофилы и моноциты способны активно захватывать и поглощать бактерии, фрагменты клеток, твердые частицы. Это явление получило название *фагоцитоза* или *внутриклеточного переваривания*. Эозинофилы поглощают и нейтрализуют аллергены и токсины паразитов (вирусов, бактерий, простейших, плоских и круглых червей). Лимфоциты вырабатывают антитела, которые делают организм невосприимчивым к инфекционным заболеваниям.

*Тромбоциты* — это безъядерные кровяные образования круглой или овальной формы диаметром 2—5 мкм. Они образуются в красном костном мозге и живут 8—11 дней. В 1  $\text{мм}^3$  крови взрослого человека содержится 180—320 тыс. тромбоцитов. В них выявляются специфические гранулы, содержащие вещества, участвующие в свертывании крови.

*Группы крови* — это иммунологические признаки крови, обусловленные специфическими антигенами, позволяющими делить кровь особей одного вида на группы. Впервые группы крови у человека описал К. Ландштейнер (1900). В эритроцитах содержатся особые белковые веще-

ства (агглютиногены) двух видов, которые принято обозначать символами А и В. В плазме крови содержатся антитела (агглютинины)  $\alpha$  и  $\beta$ . Агглютинины  $\alpha$  способны склеивать агглютиногены А, а агглютинины  $\beta$  — агглютиногены В. В крови человека никогда одновременно не встречаются агглютинин  $\alpha$  и агглютиноген А или  $\beta$  и В. В зависимости от содержания агглютиногенов и агглютининов кровь человека делят на четыре группы (табл. 24).

Таблица 24. Характеристика групп крови человека по системе АВ0

Группа	Ген	Генотип	Агглютинины плазмы	Агглютиногены эритроцитов
I	0	00	$\alpha, \beta$	—
II	A	AA, A0	$\beta$	A
III	B	BB, B0	$\alpha$	B
IV	A, B	AB	—	A, B

Группы крови детерминированы определенными генами: I группа — геном 0, II — геном А, III — геном В и IV — генами А и В. Этим объясняется появление названия «Группы крови по системе АВ0», поскольку есть и другие системы (по резус-фактору и др.). Определяют группы крови по реакции склеивания эритроцитов (гемагглютинация). Переливание крови проводят с учетом совместимости групп крови. Человек, отдающий кровь, называется донором, а тот, кому ее переливают, — реципиентом. Переливание крови получило широкое распространение в лечебных целях.

*Свертывание крови* представляет биологический процесс, сопровождающийся превращением жидкой крови в эластичный сгусток в результате перехода растворенного в плазме крови белка фибриногена в нерастворимый фибрин. Это защитная реакция организма, предотвращающая потерю крови при нарушении целостности кровеносных сосудов. Процесс свертывания крови регулируется нервной и эндокринной системами и обусловлен взаимодействием компонентов сосудистой стенки, тромбоцитов и ряда белков плазмы, называемых факторами свертывания крови. При осуществлении этого процесса тромбоциты

начинают прилипать к поврежденной сосудистой стенке и освобождают ферменты, которые в присутствии солей кальция превращают белок протромбин, синтезирующийся в печени при участии витамина К, в тромбин. Последний способствует переходу растворенного в плазме белка фибриногена в фибрин, который, полимеризуясь, образует тонкие нити, удерживающие эритроциты. В результате формируется сгусток, закупоривающий пораженное место сосуда, и кровотечение останавливается. Время свертывания крови у человека колеблется от 5 до 12 минут.

Изучение защитных свойств белых клеток крови было начато И. И. Мечниковым, который сделал в 1883 г. первые сообщения о фагоцитозе. Важная роль в защите организма от инфекции принадлежит также особым белкам плазмы (антителам), которые вырабатываются плазматическими клетками (видоизмененными в процессе иммунного ответа лимфоцитами). Антитела содержатся в глобулиновой фракции белков крови (иммуноглобулины) и свободно циркулируют с током плазмы. Они обеспечивают способность организма защищать собственную целостность и биологическую индивидуальность от повреждающих агентов, или иммунитет. Повреждающими факторами, или антигенами, являются вещества, которые воспринимаются организмом как чужеродные и вызывают специфический иммунный ответ — реакцию антиген — антитело, направленную на обезвреживание болезнетворных микроорганизмов, продуктов их жизнедеятельности (токсины) и др.

Различают врожденный и приобретенный иммунитет. *Врожденный иммунитет* является наследственным признаком данного вида. Так, человек невосприимчив к возбудителям чумы рогатого скота, куриной холеры и т. д. Если иммунитет вырабатывается после перенесенного инфекционного заболевания, то называется *приобретенным*.

Современная медицина располагает мощными средствами, позволяющими создавать иммунитет искусственно — путем предохраниительных прививок, лечебных сывороток. После введения вакцины (ослабленная или убитая культура возбудителя инфекционного заболевания) в организме образуются соответствующие антитела к антигенам возбудителя и человек становится невосприимчивым к определенному заболеванию. Это *активный приобретенный иммунитет*. В настоящее время созданы активные вакцины против оспы, бешенства, столбняка, туберкулеза,

дифтерии, коклюша, полиомиелита и других инфекционных болезней, что позволило снизить число заболевавших ими людей.

Лечебная сыворотка представляет препарат из сыворотки крови людей или животных, переболевших каким-либо инфекционным заболеванием. В ней имеются готовые антитела против конкретного возбудителя. При введении лечебной сыворотки в организме человека создается *пассивный приобретенный иммунитет*. Лечебные сыворотки получают главным образом от лошадей, которых иммунизируют соответствующим токсином. Пассивно приобретенный иммунитет появляется сразу же при введении лечебной сыворотки и позволяет успешно лечить ряд тяжелых инфекционных заболеваний, например корь, дифтерию.

Алкоголь, наркотики оказывают угнетающее действие на формирование иммунитета человека против возбудителей инфекционных заболеваний.

## **Лимфатическая система**

Лимфатическая система представлена совокупностью сосудов, собирающих лишнюю жидкость из тканей и органов и отводящих ее в венозную систему. Она образована лимфатическими капиллярами, лимфатическими сосудами и лимфатическими узлами.

*Лимфатические капилляры* начинаются слепыми окончаниями в межклеточных пространствах, их диаметр в несколько раз больше диаметра кровеносных капилляров. По ним лимфа направляется в сосуды.

*Лимфатические сосуды* пронизывают все ткани и органы. Они образуются за счет слияния капилляров, в результате чего их диаметр постепенно нарастает. В стенке сосудов имеется мышечный слой, благодаря чему они обладают определенным тонусом, способностью к сокращению и расслаблению. В крупных лимфатических сосудах находятся клапаны, препятствующие обратному току жидкости.

*Лимфатические узлы* располагаются по ходу лимфатических сосудов. Это овальные образования из особой лимфоидной ткани, в них формируются лимфоциты, выполняющие защитную функцию (фагоцитоз, образование антител). У человека насчитывается до 460 лимфатических узлов диаметром 2—30 мм. Особенно много их в области шеи, подмышечных и паховых областях.

Движение лимфы происходит за счет сдавления лимфатических сосудов при сокращении скелетных мышц и стенок лимфатических сосудов, а также за счет присасывающего действия грудной клетки при вдохе. Самые крупные лимфатические сосуды объединяются в грудные протоки, открывающиеся в вены, благодаря чему тканевая жидкость возвращается в кровеносную систему.

Лимфатическая система обеспечивает проведение лимфы по организму, поддержание нормального обмена в тканях, осуществляя транспортировку питательных веществ, особенно жиров, возвращение белков из тканевой жидкости в кровь, участвует в иммунных механизмах защиты организма.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение кровообращения и укажите его значение.
2. Чем образована система органов кровообращения? 3. Опишите строение сердца, назовите свойства сердечной мышцы. 4. Почему в сердце сокращения чередуются с расслаблениями? Какие фазы включает сердечный цикл? Какова их длительность? 5. Роль вегетативной нервной системы в регуляции сердечной деятельности. 6. Чем определяется гуморальная регуляция сердечной деятельности? 7. Какие различия отмечаются в строении артерий и вен? С чем они связаны? 8. Какие процессы происходят в капиллярной сети? 9. Перечислите сосуды большого и малого кругов кровообращения. 10. Чем определяется движение крови по сосудам, в капиллярах? 11. Что такое пульс? Какова его частота у человека? 12. Значение физических упражнений для работы сердечно-сосудистой системы. 13. Чем образована внутренняя среда организма? 14. Опишите состав плазмы крови, назовите ее функции. 15. Дайте характеристику форменных элементов крови, перечислите выполняемые ими функции. 16. Охарактеризуйте группы крови по системе АВ0. 17. Как происходит свертывание крови? Каково его значение? 18. Кто впервые изучил защитные свойства лейкоцитов? Как называется этот процесс? 19. Что такое иммунитет? С чем он связан? 20. Дайте характеристику врожденного и приобретенного иммунитета. 21. Что понимают под вакцинами, лечебными сыворотками? Какие виды иммунитета они определяют? 22. Дайте определение лимфатической системе, расскажите о ее строении и функциях.

### Глава 23. ДЫХАНИЕ

Дыхание — это совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и удаление углекислого газа (внешнее дыхание), а также использование кислорода клетками и тканями для окисления органических веществ с освобождением энергии, необходимой для их жизнедеятельности (клеточное или тканевое дыхание). При дыхании из организма удаляются также конечные продукты окисления некоторых органических соединений и вода.

## Органы дыхания

Специализированные органы для газообмена между организмом и внешней средой образуют систему органов дыхания, которая у человека представлена легкими, расположенными в грудной полости, и воздухоносными путями, носовой полостью, носовой гортанью, трахеей, бронхами (рис. 61).

Во время вдоха воздух через ноздри входит в *носовую полость*, разделенную на две половины костно-хрящевой перегородкой. Носовая полость выстлана реснитчатым эпителием, который очищает воздух от пыли. В слизистой оболочке имеются густая сеть капилляров, благодаря которой вдыхаемый воздух согревается, а также рецепторы обонятельного анализатора, обеспечивающие различение запахов. Левая и правая половины носовой полости содержат по три раковины (верхняя, средняя и нижняя), образующие *носовые ходы*. В нижний носовой вход открывается выводящий канал слезной железы. Сзади носовая полость через внутренние ноздри (хоаны) сообщается с носоглоткой.

*Носоглотка* — это верхняя часть глотки, где перекрещиваются пути пищеварительной и дыхательной систем. Пища проходит из глотки по пищеводу в желудок, а воздух — через гортань в трахею. При проглатывании пищи вход в гортань закрывается особым хрящом (надгортанником).

*Гортань* имеет вид воронки, образованной щитовидным, перстневидным, двумя черпаловидными хрящами и надгортанником. Между черпаловидным и щитовидным хрящами протягиваются голосовые связки (парные эластичные складки слизистой оболочки), которые ограничивают голосовую щель. Колебания голосовых связок во время выдоха вызывают звук. У человека в воспроизведении членораздельной речи, кроме голосовых связок, принимают участие также язык, губы, щеки, мягкое нёбо, надгортанник.

Воздух из гортани на уровне VI — VII шейных позвонков поступает в *трахею* (или *дыхательное горло*), имеющую вид трубы длиной 10—13 см и состоящую из хрящевых полуколец, соединенных плотной соединительной тканью перепонкой. Трахея внутри выстлана слизистой оболочкой из многорядного мерцательного эпителия.

На уровне прикрепления первого ребра к грудине трахея делится на два хрящевых *бронха*, идущих в легкие.

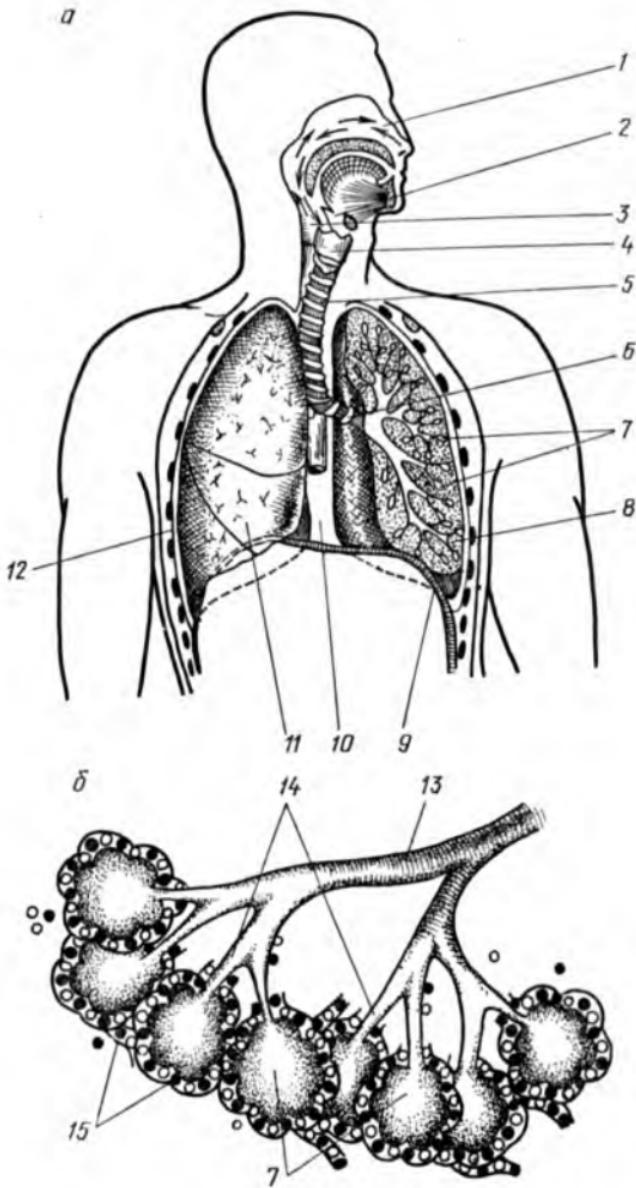


Рис. 61. Схема дыхательной системы человека (а — общий план строения; б — строение альвеол):

1 — носовая полость; 2 — надгортанник; 3 — глотка; 4 — гортань; 5 — трахея; 6 — бронхи; 7 — альвеолы; 8 — левое легкое (в разрезе); 9 — диафрагма; 10 — область, занимаемая сердцем; 11 — правое легкое (наружная поверхность); 12 — плевральная полость; 13 — бронхиола; 14 — альвеолярные ходы; 15 — капилляры

Внутри легких каждый бронх разветвляется на бронхиолы. Последние переходят в более мелкие трубочки, ведущие к альвеолярным мешочкам, состоящим из многочисленных альвеол (соединительнотканые пузырьковидные образования, выстланные изнутри однослойным плоским эпителием и покрытые тонкой пленкой вещества, препятствую-

шего спадению). Альвеолы оплетены густой сетью капилляров, их диаметр колеблется от 15 до 0,25 мм, общее количество превышает 700 млн, а суммарная поверхность у взрослого человека составляет около 100 м<sup>2</sup>. Альвеолы служат конечной частью дыхательного пути и составляют основную массу легких.

Легкие занимают  $\frac{4}{5}$  грудной клетки, оставляя место для сердца, крупных сосудов, трахеи и пищевода. Масса каждого легкого колеблется от 0,5 до 0,6 кг. Легкие имеют губчатое строение, богаты эластичными волокнами и кровеносными капиллярами. Правое легкое чуть больше левого, состоит из трех долей, а левое — из двух. Каждое легкое, а также внутренняя поверхность стенки грудной полости покрыты *плеврой* (тонкий слой гладкого эпителия), которая образует легочный и пристеночный листки. Между ними находится *плевральная полость* с небольшим количеством (1—2 мл) плевральной жидкости, облегчающей скольжение листков плевры при дыхании.

Внешнее дыхание обеспечивается вдохом и выдохом. Вдох осуществляется за счет сокращения межреберных мышц и диафрагмы, которые, растягивая грудную клетку, увеличивают ее объем, что способствует уменьшению давления в плевральной полости. При глубоком вдохе, кроме того, участвуют мышцы плечевого пояса, спины, живота и др. Легкие при этом растягиваются, давление в них понижается ниже атмосферного и воздух поступает в орган. При выдохе дыхательные мышцы расслабляются, объем грудной клетки уменьшается, давление в плевральной полости увеличивается, в результате чего легкие частично спадаются и воздух из них выталкивается во внешнюю среду. При глубоком выдохе сокращаются также внутренние межреберные мышцы, мышцы брюшной стенки, которые сжимают брюшные органы. Последние начинают давить на диафрагму и дополнительно ускоряют сжатие легких. В результате объем грудной полости уменьшается интенсивнее, чем при нормальном выдохе.

Человек в спокойном состоянии вдыхает и выдыхает около 0,5 л воздуха (*дыхательный объем*). После спокойного вдоха человек может еще вдохнуть до 1,5 л воздуха (*дополнительный объем воздуха*). Приблизительно столько же он может выдохнуть после спокойного выдоха (*резервный воздух*). Совокупность дыхательного, дополнительного и резервного объемов воздуха составляет *жизненную емкость легких*. Она отражает наибольший объем воздуха, который человек может выдохнуть после

самого глубокого вдоха. Жизненная емкость легких у разных людей неодинакова, ее величина зависит от пола, возраста человека, его физического развития и составляет 3,5—4,0 л. При медицинских обследованиях ее определяют специальным прибором — спирометром.

Дыхательный обмен легких зависит от частоты дыхания, уровня концентрации кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе и поддерживает нормальную концентрацию газов в крови.

Содержание газов во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе неодинаково. Во вдыхаемом содержится 20,94% кислорода, около 79,03% азота, примерно 0,03% углекислого газа, небольшое количество водных паров и инертных газов. В выдыхаемом воздухе остается 16% кислорода, количество углекислого газа увеличивается до 4%, содержание азота и инертных газов не изменяется, количество водных паров увеличивается. Разное содержание кислорода и углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе объясняется обменом газов в альвеолах. Вследствие диффузии кислород переходит из альвеол в кровеносные капилляры, а углекислый газ — обратно. Каждый из этих газов движется из области с более высокой концентрацией в область с более низкой концентрацией. Тонкий альвеолярный эпителий не оказывает сопротивления диффузии газов, и поскольку в альвеолах концентрация кислорода выше, чем в крови капилляров, кислород диффундирует из альвеол в капилляры. Напротив, концентрация углекислого газа в крови выше, чем в легочных альвеолах, и поэтому углекислый газ диффундирует из капилляров в альвеолы.

Газообмен в тканях происходит по тому же принципу. Кислород из капилляров, где его концентрация высокая, переходит в тканевую жидкость с более низкой его концентрацией. Из тканевой жидкости он проникает в клетки и сразу же вступает в реакции окисления, поэтому в клетках свободного кислорода практически нет. По тем же законам углекислый газ из клеток через тканевую жидкость поступает в капилляры, где расщепляет нестойкое соединение кислорода с гемоглобином (оксигемоглобин) и вступает в соединение с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин. В оттекающей от органов венозной крови углекислый газ находится как в связанном, так и в растворенном состоянии в виде угольной кислоты, которая в капиллярах легких легко расщепляется на  $H_2O$  и  $CO_2$ . Угольная кислота может также вступать в соединения

с ионами натрия, калия, плазмы, образуя бикарбонаты. В легких, куда поступает венозная кровь, кислород снова насыщает кровь, а углекислый газ из зоны высокого давления (капилляры) переходит в зону низкого давления (альвеолы).

## Регуляция и гигиена дыхания

*Регуляция дыхания* — это изменение режима работы дыхательной системы, направленное на точное и своевременное удовлетворение потребности организма в кислороде.

Нервная регуляция дыхания контролируется дыхательным центром, находящимся в продолговатом мозге. При вдохе за счет растяжения легких в рецепторах стенок альвеол возникает возбуждение, которое по парасимпатическому нерву поступает в дыхательный центр, происходит торможение центра вдоха и возбуждение центра выдоха. В результате этого дыхательные мышцы расслабляются, грудная клетка опускается, объем ее уменьшается и происходит выдох, т. е. вдох рефлекторно вызывает выдох. В регуляции дыхания участвует также кора головного мозга, обеспечивающая тонкие механизмы приспособления дыхания к изменениям условий среды. С корой головного мозга связаны предстартовые изменения дыхания у спортсменов, произвольное изменение ритма и глубины дыхания у человека.

Гуморальная регуляция дыхания осуществляется, во-первых, за счет прямого воздействия  $\text{CO}_2$  крови на дыхательный центр. Повышенное содержание  $\text{CO}_2$  в крови увеличивает возбудимость дыхательного центра. Во-вторых, при изменении химического состава крови (увеличение концентрации  $\text{CO}_2$ , повышение кислотности крови и т. д.) возбуждаются рецепторы сосудов и импульсы от них поступают в дыхательный центр, соответственно меняя его работу.

*Гигиена дыхания* направлена на создание условий нормальной деятельности дыхательной системы. Прежде всего следует предупредить проникновение болезнетворных микроорганизмов в дыхательные пути. Для этого необходимо содержать помещение в чистоте, проводить влажную уборку, проветривание. При контакте с инфицированными больными рекомендуется использовать марлевые маски. Большой вред органам дыхания наносит курение, так как табачный дым способствует возникновению раз-

личных заболеваний (бронхиты, пневмонии, астмы и др.). Алкоголь, значительная часть которого выделяется из организма через легкие, повреждает альвеолы и бронхи, угнетает дыхательный центр и способствует проявлению заболеваний легких в особо тяжелой форме.

При работе с ядохимикатами или в условиях повышенного загрязнения воздуха необходимо использовать ватно-марлевые повязки или марлевые маски, респираторы, противогазы.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое дыхание? Каково его значение?
2. Расскажите о строении носовой полости, носоглотки, гортани, трахеи, бронхов, легких.
3. Как устроен голосовой аппарат?
4. Макро- и микростроение легких.
5. Что такое внешнее дыхание? Чем оно обеспечивается?
6. Объясните механизм дыхательных движений.
7. Что называют дыхательным объемом и жизненной емкостью легких? От чего они зависят?
8. Что такое клеточное и тканевое дыхание и как оно происходит?
9. Опишите нервную и гуморальную регуляцию дыхания.
10. Каковы требования гигиены дыхания?

## Глава 24. ПИЩЕВАРЕНИЕ

Для нормальной жизнедеятельности организма необходимо регулярное поступление пищи, представляющей совокупность органических и неорганических веществ, получаемых человеком из окружающей среды и используемых им для поддержания жизнедеятельности. С пищей человек получает питательные вещества — жизненно необходимые составные части пищи (белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные соли, вода), которые используются организмом для построения и возобновления клеток, тканей и восполнения расходуемой энергии. Питательные вещества содержатся в пищевых продуктах растительного (мука, крупа, хлеб, фрукты, овощи и др.) и животного (мясо, молоко, яйца, сливочное масло и др.) происхождения.

Пищеварение — это процесс механической и химической (ферментативной) обработки пищи, в результате которого питательные вещества всасываются и усваиваются в пищеварительном канале, а непереваренные остатки и конечные продукты распада выводятся из организма. Химическая обработка пищи осуществляется с помощью ферментов пищеварительных соков (слюна, желудочный, панкреатический, кишечный сок, желчь). Они

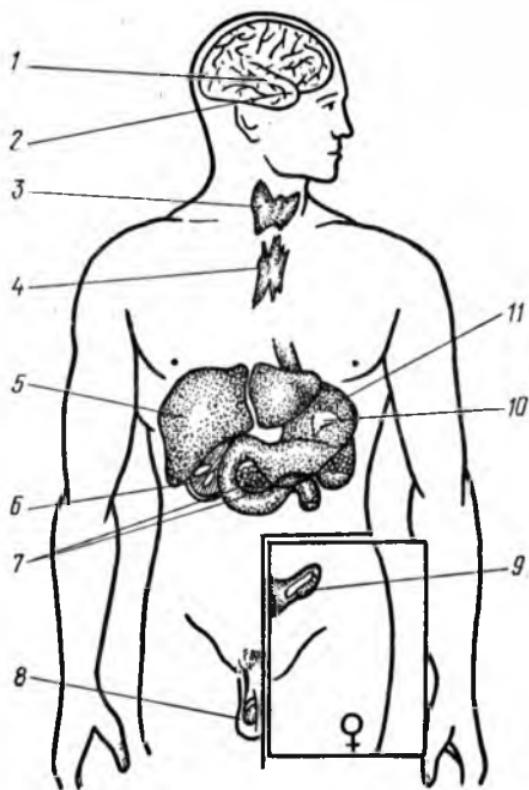


Рис. 62. Схема пищеварительной системы:

1 — слюнные железы; 2 — глотка; 3 — пищевод; 4 — диафрагма; 5 — желудок; 6 — поджелудочная железа; 7 — толстый кишечник; 8 — прямая кишка; 9 — тонкий кишечник; 10 — двенадцатиперстная кишка; 11 — печень

активны лишь при определенной кислотности среды, температуре и способны расщеплять строго определенные вещества. Например, фермент желудочного сока активен в кислой среде и расщепляет только белки, фермент кишечного сока мальтоза активен в щелочной среде и расщепляет углеводы. Различают полостное (внеклеточное), внутриклеточное и мембранные (на границе внеклеточной и внутриклеточной сред) пищеварение. Оно протекает в системе органов пищеварительного тракта.

### Органы пищеварения и их функции

Система органов пищеварения состоит из пищеварительного канала и пищеварительных желез (слюнных, поджелудочной, печени и др.) (рис. 62). Пищеварительный канал дифференцирован на ротовую полость, глотку, пищевод, желудок, двенадцатиперстную кишку, тонкий и толстый кишечник. Общая длина пищеваритель-

ногого канала составляет 8—10 м. Стенка кишечного канала образована наружным, средним и внутренним слоями. Наружный слой образован эпителиальной (серозной) оболочкой, покрывающей желудок и кишечник, и соединительной тканью, окутывающей глотку и пищевод. Наружная оболочка выполняет защитную функцию, по ней к органу подходят сосуды и нервы. Средний слой состоит из двух слоев гладких мышц, которые, сокращаясь, передвигают пищу по кишечной трубке. Внутренний слой представлен железистым эпителием (слизистая оболочка), выполняющим функции секреции и всасывания питательных веществ.

*Ротовая полость* ограничена костями верхней и нижней челюстей и мышцами. Ее верхнюю границу образуют твердое и мягкое нёбо, нижнюю — челюстно-подъязычные мышцы, по бокам располагаются щеки, а спереди — десны с зубами и губы. Твердое нёбо имеет плотную слизистую оболочку, сращенную с надкостницей. Сзади твердое нёбо переходит в мягкое, образованное мышцами, покрытыми слизистой оболочкой. Задний отдел мягкого нёба образует язычок. При глотании мышцы мягкого нёба, сокращаясь, отделяют носовую часть глотки от ротовой. В боковых складках мягкого нёба лежат нёбные миндалины (скопления лимфоидной ткани, выполняющие защитную роль). Миндалины есть также у корня языка и в носоглотке. За счет них образуется лимфоидное глоточное кольцо, которое задерживает проникающие с пищей микробы, участвует в иммунитете. В ротовой полости располагаются язык и зубы.

*Язык* — подвижный мышечный орган, образованный поперечнополосатыми мышцами, покрыт слизистой оболочкой, снабженной сосудами и нервами. В языке различают переднюю свободную часть (тело) и заднюю (корень). В слизистой языка расположены нитевидные, грибовидные и листовидные сосочки, в которых оканчиваются вкусовые рецепторы. Язык участвует в механической обработке пищи, перемешивая ее и образуя пищевой комок, а также в определении вкуса и температуры пищи. Вкусовые рецепторы кончика языка воспринимают ощущение сладкого, корня языка — горького, боковых поверхностей — кислого и соленого. Язык вместе с губами и челюстями участвует в образовании устной речи.

*Зубы*, расположенные в ячейках челюстей, также участвуют в механической обработке пищи. У взрослого человека имеется 32 зуба, которые дифференцированы

на резцы (8), клыки (4), малые коренные (8) и большие коренные (12). Каждый зуб образован коронкой, выступающей из десны, шейкой, находящейся в десне и переходящей в корень, который погружен в ячейку челюсти. Зуб состоит из дентина — разновидности костной ткани. В области коронки дентин покрыт эмалью, а в области шейки — зубным цементом. Внутри зуба имеется полость, заполненная пульпой — рыхлой соединительной тканью с нервами и кровеносными сосудами. Зачатки зубов закладываются в период эмбрионального развития. К двум годам у ребенка имеется 20 зубов, называемых молочными, которые с шестилетнего возраста начинают заменяться постоянными. Этот процесс заканчивается, как правило, к 16 годам.

Слизистая оболочка рта богата железами, выделяющими слизь. В ротовую полость открываются протоки трех пар крупных слюнных желез: околоушных, подъязычных, подчелюстных и множества мелких. *Слюна* — первый пищеварительный сок слабощелочной реакции, действующий на пищу. Она состоит из 98—99 % воды и 1—2 % солей и органических веществ — муцинов, лизоцина, ферментов. *Муцины* — сложные белки слюны, обеспечивающие влажность и эластичность слизистых оболочек. *Лизоцин* — фермент, способствующий заживлению повреждений слизистой оболочки. Фермент слюны *птиалин* расщепляет крахмал до мальтозы, а фермент *мальтаза* расщепляет ее до глюкозы. В ротовой полости измельченная зубами пища смачивается слюной, обволакивается муцином и превращается в пищевой комок, который с помощью мышц языка продвигается к глотке. За счет рефлекторного сокращения мышц глотки происходит акт глотания и пища поступает в пищевод. При этом надгортанник опускается, закрывая вход в гортань, а мягкое небо поднимается, препрятывая путь в носоглотку. По пищеводу пища продвигается в желудок за счет волнообразного сокращения мышц стенки пищевода.

*Желудок* — расширенная толстостенная часть пищеварительного канала, лежащая в брюшной полости под диафрагмой. Состоит из трех частей — верхней (дно), средней (тело) и внутренней (пилорическая область). В слизистой оболочке желудка имеются три основные группы желез: главные, выделяющие ферменты пепсин и химозин, обкладочные, выделяющие соляную кислоту, и добавочные, образующие слизь. В кислой среде фермент пепсин расщепляет белки до пептидов, а химозин —

створаживает белок молока. Железы желудка выделяют за сутки 1,5—2,5 л желудочного сока.

Пища в желудке подвергается дальнейшей механической и химической обработке в течение 4—8 часов и затем проходит в двенадцатiperстную кишку.

**Двенадцатiperстная кишка** — начальный отдел тонкого кишечника длиной около 30 см, где происходит дальнейшее переваривание пищи. Слизистая оболочка двенадцатiperстной кишки выделяет группу ферментов, действующих на белки, жиры, углеводы. Кроме того, сюда поступают сок поджелудочной железы и секрет печени — желчь.

**Поджелудочная железа** — железа смешанной секреции, располагается позади желудка на уровне второго поясничного позвонка. В вырабатываемом ею соке содержатся ферменты, расщепляющие белки (трипсин), жиры (липаза), углеводы (амилаза и мальтаза) и нуклеиновые кислоты (нуклеазы).

**Печень** — самая крупная железа организма человека, расположена в правом подреберье, масса ее до 1,5 кг. В печени осуществляется синтез белков крови, гликогена, жироподобных веществ, протромбина и др. Она служит депо крови и гликогена, обезвреживает находящиеся в крови конечные продукты распада органических веществ (ядовитые вещества). В печени образуется желчь, которая участвует в процессах пищеварения и всасывания. Она не содержит пищеварительных ферментов, но активирует ферменты поджелудочного и кишечного сока, эмульгирует жиры, что облегчает их расщепление и всасывание. Желчь усиливает двигательную активность кишечника и тормозит развитие гнилостных процессов в нем. Она накапливается в желчном пузыре и затем выделяется в двенадцатiperстную кишку рефлекторно при поступлении пищи в желудок.

**Тонкий кишечник** — суженная часть кишечника, расположенная между желудком и толстой кишкой, состоит из двенадцатiperстной и подвздошной кишок. Слизистая оболочка содержит многочисленные железы, производящие кишечный сок, в состав которого входит свыше 20 ферментов, действующих на все пищевые вещества и продукты их неполного расщепления. Слизистая тонкого кишечника покрыта многочисленными ворсинками, за счет чего увеличивается ее всасывающая поверхность, достигая 43,6 м<sup>2</sup>. Каждая ворсинка образована однослойным эпителием и подходящими к ней кровеносными, лимфа-

тическими сосудами и нервами. Аминокислоты всасываются в кровь, поступают в печень и используются для синтеза белков или подвергаются дальнейшим превращениям. Глюкоза также всасывается в кровь и разносится по тканям. Жирные кислоты предварительно соединяются с желчью, образуя соли жирных кислот. Эти соли всасываются вместе с глицерином в эпителиальные клетки ворсинок, где происходит синтез специфических жиров для человека, которые затем в виде мельчайших капель поступают в лимфу.

**Толстый кишечник** — конечная часть кишечника человека, начинающаяся от тонкой кишки и заканчивающаяся анальным отверстием. Слизистая оболочка выделяет кишечный сок, содержащий мало ферментов и не имеющий существенного значения в переваривании пищи. В толстой кишке живут многочисленные бактерии, вызывающие сбраживание углеводов, гниение остатков непереваренных белков, расщепление клетчатки, что сопровождается образованием ядовитых для организма веществ. В толстой кишке происходит интенсивное всасывание воды, формирование каловых масс.

Таким образом, процесс пищеварения происходит поэтапно в различных отделах пищеварительного тракта (табл. 25). Он находится под постоянным контролем нервных и гуморальных механизмов.

Значение центральной нервной системы в регуляции пищеварения было изучено И. П. Павловым, который в опытах на собаках с наложением фистулы выводного протока слюнной железы и фистулы желудка доказал, что отделения слюны, желудочного сока происходят рефлекторно и являются безусловными пищевыми рефлексами. Они связаны преимущественно с непосредственным раздражением пищей рецепторов полости рта, пищевода, желудка. Возникшее в рецепторах возбуждение по чувствительным нервам передается в продолговатый мозг, где оно анализируется, и ответный импульс по центробежным нервам направляется к рабочим органам (происходит отделение слюны, желудочного сока и т. д.). С помощью зрительного, слухового анализаторов на внешние признаки пищи могут вырабатываться и условные рефлексы.

Работа органов пищеварения контролируется вегетативной нервной системой. В частности, парасимпатический ее отдел стимулирует двигательную функцию желудка, кишечника, а симпатический — угнетает.

Гуморальная регуляция обусловлена выделением слизи

Таблица 25. Изменение питательных веществ в пищеварительном тракте

Отдел пищеварительного тракта, его секрет	Характер изменения питательных веществ	Ферменты	pH среды	Продукты расщепления
Ротовая полость, слюна	Механическое измельчение пищи, расщепление полисахаридов (гликоген, крахмал)	Птиалин, мальтаза	Нейтральная	Декстрины (мелкие фрагменты молекул полисахаридов), небольшое количество глюкозы
Желудок, желудочный сок	Расщепление белков, створоживание молока	Пепсин, химозин	Кислая	Пептиды, коагулированный казеин
Двенадцатиперстная кишка, поджелудочный сок	Расщепление: белков, пептидов углеводов	Трипсин, химотрипсин	Щелочная	Пептиды, аминокислоты
	жиров	Амилаза, мальтаза		Дисахарида, глюкоза
	ДНК, РНК	Липаза		
Тонкий кишечник, кишечный сок	Расщепление: пептидов дисахаридов	Нуклеазы Карбоксипептидаза, аминопептидаза, энтерокиназа	Щелочная	Глицерин, жирные кислоты Нуклеотиды Свободные аминокислоты
	жиров	Мальтаза, сахара-за, лактаза		
Толстый кишечник, кишечный сок	Расщепление клетчатки, гниение белков, сбраживание углеводов под действием бактерий Всасывание воды, формирование каловых масс	Липаза —	Щелочная	Глюкоза, фруктоза, галактоза Глицерин, жирные кислоты Ядовитые вещества (индол, скатол и др.)

зистой оболочкой желудка в кровь гормона гастрина, который стимулирует секрецию желудочного сока, желче-выделение, регулирует двигательную активность желудка и кишечника. Кроме того, гормоны передней доли гипофиза, коры надпочечников влияют на синтез пищеварительных ферментов, на процессы всасывания и моторику кишечника.

*Гигиена питания* — это комплекс мероприятий, обеспечивающий условия нормального пищеварения. Она включает соблюдение режима питания, употребление разнообразной, достаточно калорийной, богатой витаминами пищи и направлена на предупреждение желудочно-кишечных заболеваний, вызванных пищевыми токсинами, болезнетворными микробами, болезнетворными простейшими, плоскими и круглыми червями. Человек должен соблюдать правила личной гигиены, следить за чистотой посуды, овощей, фруктов; употреблять хорошо проваренную или прожаренную пищу, не пить сырую воду и т. д. Необходимо помнить об отрицательном воздействии алкоголя и никотина на пищеварительную систему.

## Обмен веществ

Обмен веществ в организме человека представляет совокупность всех химических превращений веществ с момента поступления в пищеварительный тракт до образования конечных продуктов распада. Он обеспечивает развитие, жизнедеятельность, самовоспроизведение организма человека, его связь с окружающей средой и адаптацию к факторам внешней среды. В клетках организма с участием специфических ферментов происходят реакции синтеза специфических белков, жиров, углеводов, требующие затраты энергии. Параллельно идет расщепление органических соединений (пептидов, аминокислот, ди- и моносахаридов, жирных кислот и др.) с освобождением энергии и образованием конечных продуктов распада (вода, диоксид углерода, аммиак, мочевина и молочная кислота и др.). Изменение активности ферментов, катализирующих любой этап ассимиляции или диссимиляции, приводит к нарушению отдельных звеньев обмена веществ в организме, что проявляется в виде конкретных заболеваний, связанных с нарушением белкового, углеводного, жирового или минерального обмена.

**Обмен белков.** Основным путем обмена белков является их ферментативное расщепление до аминокислот и

окисление последних. Этот процесс начинается в желудке под действием ферментов пепсина и химозина, продолжается в двенадцатиперстной кишке и заканчивается в тонком кишечнике под влиянием ферментов поджелудочного и кишечного сока (трипсина, химотрипсина, карбоксипептидазы, энтерокиназы и др.). Через эпителиальную стенку ворсинок тонкого кишечника аминокислоты всасываются в кровь и разносятся к тканям. Часть их используется для синтеза тканеспецифических белков, часть расщепляется до конечных продуктов с выделением энергии (1 г белка — 17,6 кДж). Все аминокислоты в зависимости от их значимости для организма делят на незаменимые (валин, лейцин, метиоцин и др.) и заменимые (аланин, глицин, пролин и др.). Незаменимые аминокислоты не образуются в организме человека и поступают только с пищей. Белки пищи, содержащие весь набор аминокислот, называют полноценными (белки бобовых растений, мясо, молоко, рыба, яйца). Распад аминокислот происходит главным образом в печени и частично в почках. В печени аммиак превращается в мочевину, которая выводится из организма через почки, кожу. Белки почти не откладываются в запас. Поэтому при белковом голодании организм расходует белки цитоплазмы клеток, что приводит к тяжелым нарушениям азотистого обмена. При избытке белков в пище, они превращаются в жиры и гликоген. Суточная потребность в белках составляет 80—163 г в зависимости от профессии.

**Обмен углеводов.** Основным источником углеводов для человека являются продукты растительного происхождения, богатые крахмалом, глюкозой, фруктозой (картофель, хлебные злаки, фрукты, ягоды и др.). Продукты животного происхождения содержат меньшее количество углеводов. Углеводы являются основным источником энергии (1 г — 17,6 кДж). В желудочно-кишечном тракте они расщепляются под действием ферментов (амилазы, мальтазы, сахаразы и др.) до глюкозы, которая всасывается в кровь. Расщепление углеводов начинается в ротовой полости и заканчивается в тонком кишечнике. Избыток глюкозы в крови приводит к ее накоплению в виде гликогена в печени, мышцах при участии гормона инсулина. При увеличении потребности организма в энергии гликоген расщепляется до глюкозы при участии гормона глюкагона (см. табл. 21). При избытке углеводов в организме глюкоза может использоваться для синтеза жиров. Суточная потребность человека в углеводах зависит от возра-

ста, выполняемой работы и колеблется от 450 до 630 г.

**Обмен жиров.** Человек получает с пищей жиры животного (масло, говяжий и свиной жир, сало и др.) и растительного (оливковое, подсолнечное, хлопковое и другие масла) происхождения. Жиры, как и углеводы, являются важным источником энергии (1 г — 38,9 кДж). Расщепление жиров начинается в тонком кишечнике с их эмульгирования желчью, и под влиянием фермента липазы они расщепляются до глицерина и жирных кислот, которые всасываются в эпителиальные стенки ворсинок кишечника, где происходит первичный синтез жиров, свойственных человеку. Они всасываются в лимфу и разносятся по тканям. Вместе с жирами в организм поступают растворимые в них витамины (A, D, E и др.). Избыток жира откладывается в подкожно-жировой клетчатке, накапливается в виде включений в клетках тканей. Жиры могут синтезироваться в организме из продуктов распада белков и углеводов. Суточная потребность человека в жирах зависит от этапов его развития, профессии, образа жизни и составляет 100—150 г. При ожирении масса жиров может достигать 50 % массы тела человека.

**Водно-солевой обмен.** Обмен воды и минеральных солей — обязательное условие жизнедеятельности организма, так как они создают внутреннюю среду организма, поддерживают осмотическое давление и кислотно-щелочное равновесие плазмы крови, тканевой жидкости. Вода входит в состав всех тканей организма и составляет до 80 % массы тела взрослого человека. Суточная потребность человека в воде 2,5—3 л. Эта потребность обеспечивается за счет воды пищи (до 1 л), питьевой воды (до 1 л) и воды, образующейся в организме при обмене белков, жиров и углеводов (до 0,5 л). Избыток воды выводится из организма через почки (1,2—1,5 л), потовые железы (0,5—0,7 л), легкие (0,35 л) и кишечник (до 0,15 л). Баланс воды в организме зависит от возраста. Самое высокое ее содержание отмечается в тканях детского организма, а при старении количество воды уменьшается.

Все необходимые минеральные соли человек получает с пищей. Они входят в состав костей, кровеносной, мышечной тканей и др. Одни минеральные соли содержатся в относительно больших количествах (соли кальция, калия, натрия и др.), другие — в небольших (соли железа, магния и др.), трети — в минимальных (соли меди, марганца, кремния, алюминия, серебра и др.). Минеральные соли постоянно выводятся из организма через почки, по-

товые железы, кишечник. При недостаточном поступлении минеральных солей в организме человека могут возникать тяжелые расстройства минерального обмена, иногда приводящие к смерти.

В регуляции водно-солевого баланса в организме важную роль играют гормоны задней доли гипофиза — вазопрессин, коры надпочечников — альдостерон, кортикостерон (см. табл. 21).

## Нормы питания

Для обеспечения всех процессов жизнедеятельности организм должен регулярно получать с пищей питательные вещества в необходимых количествах, обеспечивающие потребность организма в пластических и энергетических веществах. Суточная потребность в пищевых веществах определяется возрастом, полом человека, видом его трудовой деятельности, в связи с чем устанавливаются нормы питания. При их составлении следует учитывать, что количество белков, жиров и углеводов в суточном рационе должно быть в соотношении 1 : 1 : 4. В норме пищевой рацион включает продукты, богатые белками, жирами (мясо, рыба, молочные продукты), углеводами и минеральными веществами (хлеб, овощи, фрукты, ягоды и др.). В среднем суточная норма питания должна обеспечить человека 2500—3000 ккал. При составлении норм питания необходимо учитывать содержание в продуктах витаминов.

*Витамины* — это биологически активные вещества разнообразной химической природы, которые в ничтожно малых количествах оказывают сильное действие на обмен веществ. Роль витаминов для жизнедеятельности организма установили Н. И. Лунин (1853—1937), К. Функ (1884—1967) и другие ученые. Витамины делят на водорастворимые (С, группа В и др.) и жирорастворимые (А, Д, Е, К и др.). Водорастворимыми витаминами богаты растительные (шиповник, черная смородина, крыжовник, крапива, лук, капуста и др.), жирорастворимыми — животные (масло, печень, рыбий жир, яйца и др.) продукты.

В настоящее время известно несколько десятков витаминов, оказывающих специфическое воздействие на организм человека (табл. 26). Большинство из них человек получает с пищей, лишь витамины Д и К синтезируются в организме. Суточная потребность человека в витаминах

Таблица 26. Некоторые витамины, необходимые для человека

Витамин	Суточная потребность	Продукты, содержащие витамин	Заболевание, вызванное недостатком витамина
B <sub>1</sub>	2—3 мг	Мука грубого помола, желток яйца, капуста, лук, морковь, яблоки, дрожжи, печень, почки	Патологические изменения в нервной и сердечно-сосудистой системе (заболевание бери-бери)
B <sub>2</sub>	1—2 мг	Зерна, печень, мясо, молоко, яйца	Нарушение зрения, повреждение слизистой оболочки полости рта
B <sub>6</sub>	1,5—2,8 мг	Дрожжи, молоко, яйца, говядина	Малокровие, заболевание кожи (дерматит), судороги
B <sub>12</sub>	2—3 мкг	Печень, почки	Злокачественное малокровие, повреждение нервной ткани
C	50—100 мг	Плоды черной смородины, клюква, капуста, помидоры, лук, чеснок, картофель, цитрусовые	Цинга (повреждение соединительной ткани), снижается сопротивляемость к факторам среды
A	0,4—0,7 мг	Рыбий жир, яйца, сливочное масло, морковь, шпинат	Куриная слепота, нарушение воспроизведения потомства
D	0,02 мг	Рыбий жир, печень, масло, яйца	Рахит (нарушение фосфорно-кальциевого обмена)

очень мала, но при длительном отсутствии их в пище развиваются заболевания — авитаминозы.

Витамин А необходим для нормального развития эпителия кожи, глаз, кишечника. Дефицит его приводит к нарушению способности видеть в сумерках (куриная слепота). Витамин D необходим для нормального всасывания в кишечнике кальция и фосфора. При его недостатке нарушается развитие костей у растущего организма и проявляется в виде заболевания (ракит). Витамин Е участвует в нормальном размножении животных и человека, дефицит его приводит к бесплодию.

Витамины ускоряют биохимические реакции в организме, повышают активность гормонов и ферментов, участвуют в образовании пищеварительных ферментов. Они широко применяются для повышения сопротивляемости организма к инфекционным заболеваниям, факторам внешней среды.

## Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение пищеварению и составу пищи. 2. Что такое питательные вещества? 3. Назовите виды пищеварения. 4. Опишите органы, образующие систему пищеварения. 5. Особенности пищеварения в ротовой полости, желудке, в двенадцатиперстной кишке, тонком и толстом кишечнике. 6. Роль печени и поджелудочной железы в пищеварении. 7. Значение центральной и вегетативной нервной системы в регуляции пищеварения. 8. Назовите требования гигиены питания. 9. Дайте определение обмена веществ. 10. Как происходит в организме обмен белков, жиров, углеводов, минеральных солей и воды? Назовите конечные продукты распада всех питательных веществ и пути их удаления из организма. 11. Чем определяется суточная потребность организма в пищевых веществах? 12. Укажите соотношение белков, жиров и углеводов в суточном рационе. 13. Дайте определение витаминов. Суточная потребность в них человека. 14. Приведите примеры заболеваний, обусловленных недостатком или отсутствием витаминов.

## Глава 25. ВЫДЕЛЕНИЕ

В процессе обмена веществ в организме образуются продукты распада. Накапливаясь, они нарушают постоянство внутренней среды организма и затрудняют его деятельность.

*Выделение* — процесс удаления из организма конечных продуктов жизнедеятельности, образующихся в результате распада органических веществ (углекислый газ, вода, мочевина, мочевая кислота, соли, ацетоновые тела и др.). При накоплении этих веществ в тканях возникает опасность отравления и гибели организма. Функцию удаления продуктов распада выполняют почки, а также легкие, кишечник, потовые железы.

### Строение почек

Это парные органы бобовидной формы, длиной около 10 см, расположенные по обеим сторонам позвоночника на уровне XII грудного, I и II поясничных позвонков на задней стенке брюшной полости. Правая почка лежит на 2—3 см ниже левой. На внутренней, вогнутой стороне почки расположена воронкообразная полость (*почечная лоханка*), от которой отходит *мочеточник*. Сюда же подходят кровеносные и лимфатические сосуды, нервы, образуя так называемые *ворота почки*. В почке различают наружный (корковый) и внутренний (мозговой) слои. Корковый слой расположен по периферии почки и в виде столбиков делит

мозговое вещество на 15—20 почечных пирамид. Каждая пирамида основанием обращена наружу, а верхушкой — к почечной лоханке. Корковое вещество имеет красно-бурую окраску, а мозговое — более светлую. Структурной и функциональной единицей почки является нефрон.

**Нефрон** (рис. 63) начинается в корковом веществе почки небольшой капсулой, имеющей форму двустенной чаши, внутри которой находится клубочек кровеносных капилляров. Между стенками капсулы имеется полость, от которой начинается мочевой каналец. Он извивается и затем переходит в мозговой слой, получая название извитого канальца первого порядка. В мозговом слое каналец выпрямляется, образует петлю и возвращается в корковый слой. Здесь он вновь извивается, образуя извитой каналец второго порядка, который впадает в выводковый проток или в собирательную трубку. Последние, сливаясь, образуют общие выводные протоки. Эти протоки проходят через мозговой слой почки к верхушкам пирамидок и открываются в полость почечной лоханки. Моча из по-

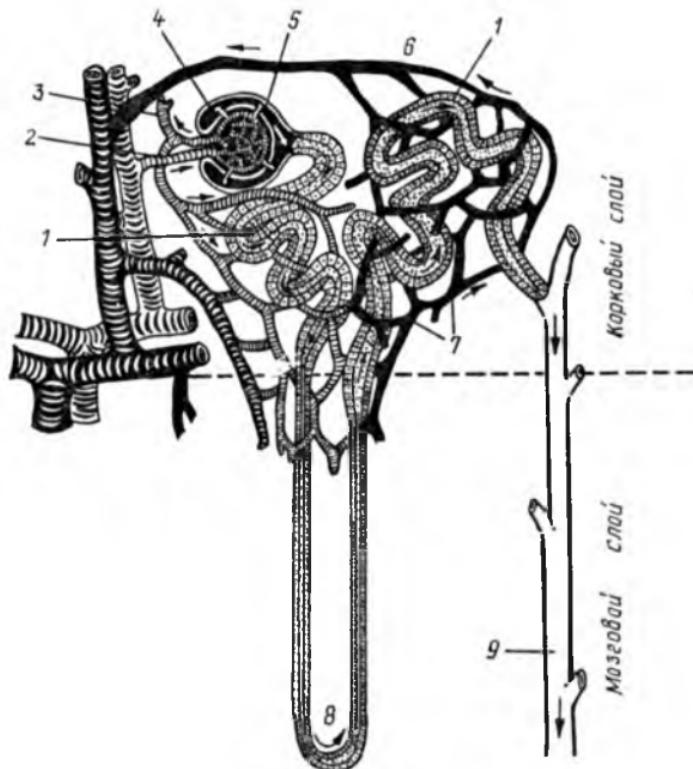


Рис. 63. Схема строения нефрона:

1 — извитые канальцы; 2, 3 — приносящая и выносящая артериолы; 4 — почечный клубочек; 5 — капсула клубочка; 6 — венула; 7 — сеть капилляров; 8 — петля канальца; 9 — собирательная трубка

чечных лоханок поступает в мочеточники и по ним в мочевой пузырь.

Мелкая артерия, подходящая к капсуле, называется *принесящим сосудом*. Он распадается в капсуле на 50 капиллярных петель, образующих клубочек. Капилляры клубочка собираются в *выносящий сосуд*, по которому кровь оттекает от клубочка. Выносящий сосуд, выйдя из клубочка капилляров, вновь разветвляется на капилляры, которые густо оплетают извитые канальцы первого и второго порядка, а затем собираются в мелкие вены. Последние, укрупняясь, образуют почечную вену, впадающую в нижнюю полую вену.

Образование мочи идет в две фазы. *Первая фаза — фильтрационная*, в ней происходит фильтрация приносимых кровью веществ в полость капсулы нефrona. Высокое давление в капиллярах клубочка обеспечивается за счет большего просвета приносящего сосуда, чем выносящего. В полости капсулы из плазмы крови, протекающей через капилляры клубочка, фильтруются вода и все растворимые в плазме вещества (неорганические вещества, мочевина, мочевая кислота, глюкоза, аминокислоты), кроме белков. Жидкость, профильтровавшаяся в просвет капсулы, называется *первичной мочой*. Во *второй фазе* происходит всасывание воды, глюкозы, аминокислот и некоторых других органических веществ из первичной мочи обратно в кровь. Мочевая кислота и мочевина не всасываются и их концентрация в моче по ходу канальцев увеличивается. В результате обратного всасывания в мочевых канальцах формируется *вторичная моча*. В сутки через почки проходит 1500—1700 л крови, образуется 150—170 л первичной и лишь 1—1,5 л вторичной мочи.

Из почек моча выводится через мочеточники (трубы длиной до 30 см и шириной 3—6 мм), открывающиеся в мочевой пузырь. Он представляет собой полый мышечный орган вместимостью до 750 мл.

Регуляция функции почек осуществляется нервными и гуморальными механизмами. Парасимпатические нервы расширяют кровеносные сосуды, а симпатические — сужают. Это отражается на скорости образования первичной мочи, обратного всасывания воды, неорганических веществ из вторичной мочи. Кроме того, почки получают импульсы из высших нервных центров, находящихся в промежуточном мозге. Всасывание воды из первичной мочи усиливается вазопрессином — антидиуретическим гормоном гипофиза, а гормон надпочечников адреналин

вызывает уменьшение образования мочи, так как сужает почечные сосуды. Гормон коры надпочечников альдостерон регулирует обратное всасывание солей натрия и калия в канальцах.

Для обеспечения нормальной функции почек следует избегать употребления алкоголя, острой пищи, соблюдать осторожность при работе с ядовитыми веществами.

### **Значение выделения продуктов обмена веществ**

В процессе обмена веществ образуются продукты распада. Часть этих веществ используется организмом, другие удаляются. Через легкие из организма удаляются углекислый газ, вода, некоторые летучие вещества (алкоголь и др.). Кишечник выделяет неусвоенные остатки принятой пищи, соли кальция, желчные пигменты, частично воду и некоторые другие вещества. Потовые железы удаляют 5—10 % всех конечных продуктов обмена (вода, соль, некоторые аминокислоты, мочевина, мочевая кислота и др.).

Основная роль в выделительных процессах принадлежит почкам, которые удаляют из организма около 75 % конечных продуктов обмена (аммиак, мочевина, мочевая кислота, чужеродные и ядовитые вещества, образующиеся в организме или принятые в виде лекарств, и др.). Почки, выводя из организма излишek воды и минеральных солей, участвуют в регуляции осмотических свойств крови.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте определение понятию «выделение».
2. Какие органы выполняют выделительные функции у человека?
3. Опишите макроскопическое строение почки.
4. Особенности строения нефrona.
5. Как образуется первичная и вторичная моча?
6. Различия в химическом составе первичной и вторичной мочи.
7. Опишите нервную и гуморальную регуляцию функции почек.
8. Какова роль легких, кишечника, потовых желез кожи в выделении?

## **Глава 26. КОЖА**

Кожа представляет наружный покров тела человека, составляющий 1,5—2 м<sup>2</sup>.

## Строение кожи

Кожа образована эпидермисом, собственно кожей (дермой) и подкожной жировой клетчаткой.

Эпидермис — поверхностный слой кожи эктодермального происхождения, образованный многослойным эпителием. В нем различают поверхностный роговой и глубокий ростковый (основной) слои. *Поверхностный слой* состоит из ороговевших клеток, которые под влиянием условий среды постоянно слущиваются в виде чешуек перхоти и заменяются новыми. *Ростковый слой* образован быстро делящимися клетками, содержащими пигмент меланин. Ультрафиолетовые лучи усиливают его образование и отложение, обусловливая возникновение загара. Биосинтез меланина регулируется гормоном средней доли гипофиза меланотропином (см. табл. 21). Производными эпидермиса являются ногти, образованные элементами рогового слоя. Ногти растут непрерывно, розовый цвет их зависит от подногтевых сосудов.

Собственно кожа — это соединительная ткань мезодермального происхождения, лежащая под эпидермисом. В ней имеется много эластических волокон, придающих коже упругость. В дерме расположены волосяные луковицы, потовые и сальные железы, кровеносные и лимфатические сосуды, различные рецепторы (холодовые, тепловые, болевые, тактильные).

Волосы — роговые производные дермы, состоящие из стержня, корня, волосянной луковицы. Корень и луковица окружены волосянной сумкой. За счет луковицы происходит рост волос. Цвет волос зависит от количества пигмента меланина, прекращение образования которого приводит к поседению волос. Волосы растут по всей поверхности кожи, кроме ладоней и стоп.

Потовые железы — это трубчатые железы, образованные железистыми клетками, секреирующими пот — водянистую жидкость, содержащую соли, мочевину, мочевую кислоту, аммиак и другие вещества. Выводные протоки желез открываются на поверхности кожи, а их тела, имеющие вид клубочков, находятся в дерме. Больше всего потовых желез на ладонях, подошвах, подмыщечных впадинах. Объем выделяемого пота колеблется от 0,5 л в прохладную погоду, до 2—3 л в жаркий день.

Сальные железы образованы многослойным эпителием, имеют вид пузырьков, выводные протоки которых открываются в волосянные сумки. Кожное сало состоит из

жирных кислот, витаминов (A, D, E) и служит для смазывания волос и кожи.

Подкожная жировая клетчатка образована рыхлой соединительной тканью, между волокнами которой располагаются жировые дольки. Накапливающийся в подкожной клетчатке жир смягчает механические воздействия на ткани и органы, защищает организм от переохлаждения.

### Роль кожи в терморегуляции

Терморегуляция — это физиологическая реакция организма, направленная на поддержание оптимальной температуры тела человека в условиях непрерывно меняющейся температуры окружающей среды. Кожа активно участвует в поддержании постоянной температуры тела человека. В этом процессе важная роль принадлежит потовым железам, сосудам кожи и подкожно-жировой клетчатке.

Потоотделение происходит рефлекторно. При повышении температуры среды возбуждаются рецепторы кожи, передающие импульсы в центр потоотделения, находящийся в продолговатом мозге. Секреция пота усиливается. При испарении 1 г пота теряется 2,436 кДж.

Кровеносные сосуды кожи при повышении внешней температуры рефлекторно расширяются и теплоотдача возрастает и, наоборот, при понижении температуры внешней среды кровеносные сосуды кожи суживаются. В результате потери тепла организмом уменьшаются.

Подкожно-жировая клетчатка плохо проводит тепло, поэтому от степени ее развития зависит способность организма сохранять тепло. При повышении температуры окружающей среды более 35 °С нарушаются процессы отдачи тепла, что приводит к тепловому или солнечному удару. У пострадавшего учащаются дыхание, пульс, появляются головные боли, тошнота, рвота, возможны обмороки. Тепловой удар происходит при выполнении тяжелого физического труда в жаркие дни при высокой влажности. Солнечный удар может развиться при длительном пребывании на солнце с непокрытой головой за счет чрезмерного воздействия инфракрасных лучей.

При резком воздействии на кожу и прилегающие ткани прямых солнечных лучей либо соприкосновении с горячими или раскаленными предметами, жидкостями возникают ожоги. Ожоги характеризуются покраснением и

припухлением кожи, возникновением волдырей, длительно не заживающих язв. В некоторых случаях ожоги могут привести к смерти человека.

При воздействии на кожу низких температур зимой или при продолжительной работе на холода в промокшей одежде, обуви могут возникать обморожения. Обморожения характеризуются бледностью кожи, отечностью, возникновением пузырей, омертвлением кожи.

Закаливание — это процесс совершенствования механизмов терморегуляции за счет выработки условных рефлексов на охлаждение и перегревание. Закаливание сводится к обязательной повторяемости фактора (холода, тепла и др.) и повышению длительности его воздействия. Основные средства закаливания — вода, воздух и солнце.

Таким образом, кожа выполняет защитную, выделительную, чувствительную и терморегулирующую функции.

Гигиена кожи и одежды представляет совокупность мероприятий, обеспечивающих нормальное функционирование кожи. Основное требование гигиены кожи — содержание ее в чистоте. Накапливающаяся на коже грязь затрудняет функции потовых и сальных желез, что ведет к сухости кожи, ее растрескиванию, нарушению теплоотдачи, развитию заболеваний. Следует оберегать кожу от травмирующих механических воздействий, обморожений, ожогов. Одежда должна быть удобной, хорошо сохранять тепло и не препятствовать теплообмену.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое кожа? Каково ее строение?
2. Укажите производные эпидермиса и дермы кожи.
3. Роль кожи в терморегуляции.
4. Что понимается под тепловым или солнечным ударом?
5. Дайте определение закаливания.
6. Назовите функции кожи.
7. Перечислите основные требования гигиены кожи.

### **Глава 27. ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕКА**

Человеку, как и всем живым организмам, присуща способность самовоспроизведения, т. е. сохранения и продолжения своего вида. Начало новому организму дает зигота, которая образуется в результате слияния яйцеклетки и сперматозоида при оплодотворении. Она дробится, растет и развивается в теле матери. После рождения ребенок нуждается в соответствующем уходе, обес-

печивающем его нормальный рост и развитие. У человека, являющегося раздельнополым организмом, для размножения в процессе эволюции сформировались мужская и женская половые системы.

## Строение половой системы

Мужская половая система представлена двумя семенниками, придаточными половыми железами, семенными пузырьками, предстательной железой, семявыносящими протоками и половым членом.

*Семенники* — железы овальной формы длиной 3—5 см, шириной 2—3 см и массой 15—30 г, находятся вне полости тела в специальном кожно-мышечном образовании — мошонке. Состоят из тонких извитых канальцев, в клетках которых образуются сперматозоиды и половые гормоны (тестостерон, андрогены и др.), оказывающие стимулирующее влияние на рост мужских половых органов и развитие половых признаков.

*Придаточные половые железы* вырабатывают семенную жидкость, которая служит для питания сперматозоидов и их транспорта.

*Семенные пузырьки и предстательная железа* вырабатывают секреты, которые, смешиваясь со сперматозоидами, образуют сперму. В 1 см<sup>3</sup> спермы содержится от 2 до 60 млн сперматозоидов.

*Семявыносящий проток* выходит из мошонки в брюшную полость и впадает в мочеиспускательный канал. Он служит для выведения спермы.

Женская половая система образована двумя яичниками, маточными трубами, маткой и влагалищем, которые располагаются в полости таза.

*Яичник* — железа длиной 3—4 см, шириной 2—2,5 см и массой 6—7 г, состоит из двух слоев. Один из них — корковый — служит местом образования яйцеклеток, половых гормонов (эстрогены, прогестерон), другой — мозговой — представлен соединительной тканью, кровеносными сосудами и нервами. Каждый яичник погружен в бахромчатые воронки, переходящие в *маточные трубы*, или *яйцеводы*, и открывающиеся в матку. Внутренняя поверхность яйцеводов выстлана мерцательным эпителием, реснички которого вместе с сокращениями мышечной стенки маточных труб, мышц живота и таза помогают продвижению яйцеклетки в матку.

*Матка* — полый мышечный орган, имеющий грушевид-

ную форму и выстланный изнутри слизистой оболочкой, богатой кровеносными сосудами. Узким концом матка входит в верхний отдел влагалища, представляющего сплошную мышечную трубку, стенки которой покрыты изнутри нежной, легкоранимой слизистой оболочкой, восприимчивой к различным инфекциям. Вход во влагалище расположена между кожными складками, называемыми половых губами, и закрыт специальной соединительнотканной перегородкой, или девственной плевой, препятствующей до момента ее разрыва инфицированию и загрязнению влагалища. Чуть выше входа во влагалище находится отверстие мочеиспускательного канала.

В корковом слое яичников находятся не зрелые яйцеклетки, а их предшественники, окруженные эпителиальными клетками и получившие название первичных фолликулов (пузырьков). С наступлением половой зрелости в яичниках под влиянием гормона гипофиза созревает один фолликул. Сначала он начинает выпячиваться на поверхности яичника, затем его наружная стенка истончается, лопается и незрелая яйцеклетка выходит из фолликула. Разрыв созревшего фолликула и выход из него в брюшную полость незрелой яйцеклетки называется *овуляцией*. За счет сокращения мышц яйцеводов незрелая яйцеклетка попадает через бахромчатую воронку в маточную трубу, где по мере продвижения к матке завершается ее созревание, которое сопровождается особым видом деления — *мейозом*. Одновременно полость лопнувшего фолликула заполняется клетками, содержащими жировое вещество желтого цвета, и превращается в желтое тело, играющее роль железы внутренней секреции. Оно вырабатывает особые женские половые гормоны, задерживающие созревание следующего фолликула и подготавливающие слизистую матки для принятия зародыша. Если созревшая клетка не оплодотворилась, то через несколько дней она погибает, а желтое тело постепенно перестает выделять гормоны и рассасывается. Слизистая оболочка матки отторгается и ее кусочки вместе с кровью вытекают во влагалище. Это явление получило название менструации. Оно продолжается 3—5 дней и повторяется примерно через каждые 28 дней.

*Оплодотворение* обычно происходит в верхней трети маточной трубы. Сперматозоиды, попавшие во время полового акта во влагалище, благодаря своей подвижности проникают через полость матки в маточные трубы и встречаются со зрелой яйцеклеткой. Один из сперматозоидов

внедряется в яйцеклетку и оплодотворяет ее. В яйцеклетке сразу же после оплодотворения начинается дробление зиготы и развитие зародыша. Через 4—5 дней зародыш, состоящий из бластомеров (128—132), внедряется в слизистую оболочку матки и прикрепляется к ней. Дальнейшее деление клеток зародыша приводит к постепенному увеличению их числа, а затем путем дифференцировки клеток происходит формирование различных тканей и органов, начинается зародышевый период внутриутробного развития.

Из части клеток зародыша формируются *зародышевые оболочки*. Наружная оболочка имеет ворсинки, которые контактируют через стенку матки с организмом матери. Через них осуществляется питание и дыхание зародыша. Внутри ворсинчатой оболочки имеется еще одна, тонкая и прозрачная, получившая название *амниотической*. Она образует пузырь, наполненный жидкостью. В жидкости пузыря плавает зародыш. К концу второго месяца внутриутробного развития ворсинки сохраняются только на той стороне зародышевой оболочки, которая обращена к матке. Эти ворсинки разрастаются и разветвляются, погружаясь в слизистую матки, обильно снабженную кровеносными сосудами. Постепенно образуется особый орган зародыша, получивший название «*детское место*» или «*плацента*». С этого момента начинается плодный период внутриутробного развития. Плацента имеет вид диска, прочно прикрепленного к слизистой матки. Ее капилляры тесно соприкасаются с кровью материнского организма, обильно снабжающего матку. Однако кровь матери и плода никогда не смешивается. Зародыш соединен с плацентой только пупочным канатиком, по сосудам которого его кровь поступает в детское место. В результате зародыш получает из организма матери питательные вещества, кислород и отдает продукты распада и углекислый газ.

Физиологический процесс в организме женщины, связанный с развитием будущего ребенка, называется *беременностью*. Она продолжается в среднем 280 дней, или 9 месяцев. Этому способствует сама плацента, которая с четвертого месяца беременности начинает выполнять роль железы внутренней секреции, выделяя особый гормон, обеспечивающий сохранение плода в матке.

По истечении беременности наступают *роды* — физиологический процесс изгнания плода и последа (плаценты). К моменту родов плод в матке обычно располагается головой вниз. Для его рождения нужно, чтобы шейка

матки достаточно расширилась, пространство между костями, образующими таз женщины, увеличилось, амниотическая оболочка лопнула, а жидкость, находящаяся в ней, вытекла наружу через влагалище. Начало родов связано с выделением гормона гипофиза, вызывающего сильные сокращения мышц матки. Затем сокращаются мышцы брюшного пресса, ребенок проталкивается в малый таз и рождается на свет, после чего врач перевязывает и перерезает пупочный канатик. Признаком начала легочного дыхания является крик ребенка. С этого момента кровь организма ребенка начинает обогащаться кислородом через легкие. Через 15—20 минут плацента вместе с амниотической оболочкой отделяется от матки и выходит наружу.

### Периоды послеутробного развития

Разделяют следующие периоды постэмбрионального развития ребенка: период новорожденности (первые 4 недели после рождения); грудной (от 1 до 12 месяцев); ясельный (с 1 года до 3 лет); дошкольный (с 3 до 6 лет); школьный, или период полового созревания (с 6 до 17—18 лет); период зрелости и период старения.

Наиболее интенсивные рост и развитие ребенка отмечаются в первый год жизни и в период полового созревания. В процессе роста и развития изменяются пропорции тела. Например, соотношение размеров головы и тела у новорожденного 1 : 4, тогда как у взрослого 1 : 8.

Основными особенностями человека, по сравнению с животными, являются наличие мышления, речи и двигательной активности, тесно связанной с трудовой деятельностью. Для становления этих функций очень важно правильное воспитание детей в возрасте от 2 до 4 лет. Промежуток времени от семилетнего до 18-летнего возраста — решающий период для физического, умственного и нравственного развития человека.

В период полового созревания под влиянием половых гормонов развиваются вторичные половые признаки (совокупность особенностей строения тела и функции органов, отличающих один пол от другого). У девушки они проявляются в виде развития грудных желез, увеличения ширины бедер, отложения подкожной жировой клетчатки, появления менструаций и др. У юноши отмечается формирование узкого таза, более сильное развитие скелета, мускулатуры, рост усов и бороды, изменение тембра

голоса, появление выступающего хряща на гортани («адамово яблоко») и др. Формирование человеческого организма заканчивается к 22—25 годам.

В период зрелости человек подготовлен к вступлению в брак и размножению.

Период старения характеризуется постепенным снижением способности клеток к делению, преобладанием процессов диссимиляции над ассимиляцией, увяданием половой функции, нарушением нормальной работы всех систем органов.

Физический и умственный труд, занятия физкультурой, отсутствие вредных привычек (курение, употребление алкоголя или наркотиков), соблюдение правил личной гигиены способствует гармоничному развитию человека и долгой его жизни.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Опишите строение мужской и женской половых систем человека.
2. Как происходит процесс созревания яйцеклетки в яичнике?
3. Дайте определение овуляции.
4. Что такое менструация?
5. Как происходит оплодотворение у человека?
6. Что такое плацента? Какова ее роль в развитии зародыша?
7. Расскажите о периодах внутриутробного развития зародыша.
8. Какие периоды послеутробного развития человека различают и в чем их особенности?
9. Перечислите вторичные половые признаки, характерные для юноши и девушки.

## КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

*Адаптация* — совокупность морфофизиологических, поведенческих и других особенностей вида, обеспечивающая возможность специфического образа жизни особей в определенных условиях внешней среды.

*Аллантоис* — одна из зародышевых оболочек пресмыкающихся, птиц и млекопитающих; орган дыхания и место для продуктов выделения у зародышей. У млекопитающих и человека участвует в образовании плаценты.

*Аллели* — различные формы одного и того же гена, расположенные в одинаковых участках гомологичных хромосом, определяющие варианты развития одного и того же признака. В нормальной диплоидной клетке одновременно может быть не более двух аллелей.

*Аллерген* — вещество, вызывающее повышенную чувствительность организма (аллергию). Различают экзоаллергены, попадающие в организм из внешней среды, и аутоаллергены, образующиеся из собственных тканей организма при определенных условиях.

*Альбинизм* — врожденное отсутствие пигментации покровов или радужной оболочки глаз у животных и человека либо зеленой окраски всего растения или его отдельных частей.

*Амнион* — одна из зародышевых оболочек у пресмыкающихся, птицы и млекопитающих. Образует полость, заполненную жидкостью, которая предохраняет зародыш от механических повреждений и обеспечивает водную среду для его развития.

*Амниоты* — высшие позвоночные (пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие), обитающие в основном на суше, у которых на ранних стадиях эмбрионального развития образуются зародышевые оболочки.

*Анабиоз* — состояние организма, при котором жизненные процессы резко замедляются, что способствует выживанию его в неблагоприятных условиях.

*Анамнии* — низшие первичноводные позвоночные (круглоротые, рыбы, земноводные), у которых в эмбриогенезе не образуются амнион, аллантоис.

*Анаэробные организмы* — организмы, живущие в бескислородной среде (некоторые виды бактерий, дрожжей, простейших, червей).

*Антеридий* — мужской орган полового размножения споровых растений (водоросли, мхи, папоротники) и грибов.

*Антигены* — чужеродные для организма вещества, вызывающие специфический иммунный ответ.

*Антикодон* — участок молекулы тРНК, состоящий из трех нуклеотидов, распознающий в процессе биосинтеза белка кодон на иРНК.

*Антитела* — глобулярные белки, синтезирующиеся в клетках лимфоидной ткани, способные связываться с антигенами.

*Антропогенез* — процесс эволюционно-исторического формирования человека.

*Ареал* — область распространения вида, рода, семейства и других систематических категорий животных и растений.

*Ароморфоз* — усложнение организации и функции организмов в процессе их эволюции, дающее им возможность расширить использование внешней среды.

*Архегоний* — женский орган полового размножения у мхов, плаунов, хвощей, папоротников и голосеменных; представляет собой колбовидное образование, в расширенной части которого помещается яйцеклетка.

*Ассимиляция* — совокупность химических процессов в живом организме, направленных на образование и обновление структурных частей клеток и тканей.

*Атавизм* — проявление у организмов признаков, характерных для их далеких предков.

*Аутосомы* — все хромосомы клеток раздельнополых животных и растений за исключением половых.

*Аэробные организмы* — организмы, способные жить только при наличии в среде свободного кислорода.

*Бентос* — совокупность организмов, обитающих на грунте и в грунте дна водоемов.

*Биогенетический закон* — закон, согласно которому животные в процессе индивидуального развития (онтогенез) как бы повторяют важнейшие этапы развития предковых форм (филогенез). Установлен Ф. Мюллером (1864) и сформулирован Э. Геккелем (1866).

*Биогеография* — наука о закономерностях распространения и распределения по земному шару сообществ живых организмов, их видов, родов и других таксонов. Относится к числу наук о биосфере; в ее состав входят зоогеография и ботаническая география.

*Биогеохимия* — наука, изучающая круговорот химических элементов в биосфере, осуществляющийся при участии живых организмов.

*Биологическая номенклатура* — система научных названий организмов и их групп (таксонов), находящихся в той или иной степени родства. Основы заложил К. Линней в 18 в. Названия таксонов пишут на латинском языке.

*Биологические системы* — живые системы различной сложности организации (клетки, ткани, органы и их системы, организмы, биоценозы, экосистемы, биосфера в целом).

*Биологические часы* — способность живых организмов и человека ориентироваться во времени; основывается на строгой периодичности физических, химических и физиологических процессов в клетках.

*Биомасса* — суммарная масса особей вида, группы видов или сообщества в целом, приходящаяся на единицу местообитания. Выражается в единицах массы сухого или сырого вещества на единицу площади или объема. Биомасса растений называется фитомассой, животных — зоомассой.

*Бионика* — одно из направлений биологии и кибернетики, изучающее принципы строения и жизнедеятельности организмов в целях создания на их основе новых приборов, механизмов, систем.

*Биополимеры* — высокомолекулярные природные соединения (белки, нукleinовые кислоты, полисахариды, а также их производные); составляют структурную основу живых организмов и участвуют во всех процессах жизнедеятельности.

*Биосинтез* — процесс образования органических веществ из более простых соединений, протекающий в живых клетках под действием ферментов.

**Биотехнология** — использование живых организмов и биологических процессов в производстве.

**Бластомеры** — клетки, образующиеся в процессе дробления яйца у многоклеточных животных.

**Бластула** — стадия развития зародыша многоклеточных животных в заключительной фазе периода дробления яйца.

**Брожение** — процесс ферментативного расщепления органических веществ, преимущественно углеводов, протекающий без использования кислорода.

**Вирусы** — мельчайшие неклеточные частицы, состоящие из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки (капсида). Размножаются только в живых клетках. Вызывают болезни растений, животных и человека.

**Включения** — компоненты цитоплазмы, временно образующиеся в процессе внутриклеточного метаболизма. Различают трофические, секреторные, пигментные, экскреторные включения и включения специального назначения.

**Внутренняя секреция** — образование специализированными клетками, железами биологически активных веществ (гормонов) и выделение их непосредственно в кровь или лимфу.

**Вторичноротые** — животные, у которых в период эмбрионального развития первично сформированное ротовое отверстие преобразуется в анальное, а рот возникает вторично на противоположном конце тела (иглокожие, хордовые).

**Гаметогенез** — процесс образования гамет у животных и растений. У позвоночных протекает в гонадах (яичниках, семенниках) и у самцов называется сперматогенезом, у самок — овогенезом.

**Гаметофит** — половое поколение в жизненном цикле растений, развивающихся с чередованием поколений.

**Гаметы** — женские и мужские половые клетки растений и животных, обеспечивающие при слиянии развитие новой особи и передачу наследственных признаков от родителей потомкам.

**Гаплоидный набор хромосом** — одинарный набор хромосом, характерный для зрелых половых клеток. У человека в яйцеклетках содержится 22 аутосомы и одна Х-хромосома, в сперматозоидах — 22 аутосомы и одна Х- или У-хромосома.

**Гаструла** — стадия развития зародыша многоклеточных животных, следующая за бластулой. Вначале имеет двух-, затем трехслойную стенку и полость, сообщающуюся с наружной средой через первичный рот.

**Гаструляция** — процесс в раннем зародышевом развитии многоклеточных животных, заключающийся в сложном перемещении групп клеток, приводящем к образованию двухслойного зародыша, а затем трехслойного.

**Генетический код** — система записи и хранения генетической информации в ДНК (или РНК) в виде определенной последовательности нуклеотидов, носит триплетный характер: каждая аминокислота записывается определенным кодоном, состоящим из трех нуклеотидов. Всего в генетическом коде 64 кодона: 61 из них кодирует аминокислоты, 3 — кодоны, определяющие точки начала или окончания считывания информации.

**Генетическая инженерия** — раздел молекулярной генетики, связанный

ный с целенаправленным конструированием новых, не существующих в природе сочетаний генов с помощью генетических и биохимических методов, способных размножаться в клетке-хозяине и синтезировать конечные продукты обмена.

*Геном* — совокупность генов, характерных для гаплоидного набора хромосом данного вида организмов.

*Генофонд* — совокупность генов особей популяции, группы популяций или вида.

*Гермафродитизм* — наличие признаков мужского и женского пола у одной особи; двуполость.

*Гетерогаметность* — наличие у особей определенного пола двух типов половых клеток, отличающихся половыми хромосомами; у человека гетерогаметность присуща мужскому полу (производит X- и Y-сперматозоиды).

*Гетерозигота* — организм (клетка), у которого гомологичные хромосомы несут различные аллели того или иного гена. Продуцирует два типа гамет по одной паре генов.

*Гетерозис* — явление повышенной жизнеспособности и продуктивности у гибридов первого поколения по сравнению с родительскими формами.

*Гибрид* — особь, родившаяся в результате скрещивания родительских форм, имеющих разный генотип.

*Гликолиз* — процесс расщепления углеводов (в основном глюкозы) в отсутствие кислорода под действием ферментов.

*Гомеостаз* — способность биологических систем противостоять изменениям и сохранять относительное динамическое постоянство внутренней среды (крови, лимфы, тканевой жидкости) и основных физиологических функций (кровообращения, дыхания, терморегуляции, обмена вещества и т. д.).

*Гомозигота* — организм (клетка), у которого гомологичные хромосомы несут одинаковые аллели одного и того же гена. Продуцирует один тип гамет по данной паре генов.

*Группа сцепления* — совокупность генов, локализованных в одной хромосоме.

*Гуморальная регуляция* — один из механизмов координации процессов жизнедеятельности в организме, осуществляемый через его жидкые среды (кровь, лимфу, тканевую жидкость) с помощью биологически активных веществ, которые выделяются клетками, тканями и органами.

*Дегенерация* — 1. Приспособительные изменения организмов, обусловленные изменением уровня общей организации в результате изменения условий существования. 2. Изменения в клетках и тканях, обусловленные общим или местным нарушением обмена веществ.

*Дивергенция* — расхождение признаков у родственных форм, в результате чего возникают новые разновидности и виды.

*Дигибриды* — гибриды, гетерозиготные по двум парам анализируемых генов.

*Диплоидный набор хромосом* — двойной (парный) набор хромосом, имеющийся в соматических клетках.

*Диссимиляция* — совокупность протекающих в живом организме (клетке) ферментативных реакций расщепления сложных органических веществ до воды,  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$ , мочевины и молочной кислоты. К ней относят дыхание, гликолиз, брожение.

*Доминантность* — свойство одного из генов аллельной пары в

той или иной степени подавлять проявление в фенотипе другого гена из этой пары.

**Донор** — живой организм, от которого берется ткань или орган для пересадки другому организму; человек, добровольно сдающий кровь или другую ткань, орган для пересадки в лечебных целях.

**Дыхание** — совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и удаление углекислого газа (внешнее дыхание), а также использование кислорода клетками и тканями для окисления органических веществ с высвобождением энергии для их жизнедеятельности (тканевое дыхание).

**Заказник** — территория (акватория), на которой временно сохраняются определенные виды растений, животных, геологические объекты, элементы ландшафта и другие памятники природы.

**Заповедник** — территория (акватория), на которой сохраняется в естественном состоянии весь природный комплекс (типичные или редкие для данной зоны ландшафты, редкие и ценные виды животных, растений и пр.).

**Заражение** — проникновение возбудителя заболевания (вирусы, микробы, простейшие, черви, членистоногие) в растения, организм человека, животного.

**Зародыш** — организм на ранних стадиях развития у животных и человека. Заключен в яйцевые и зародышевые оболочки. Развивается обычно из оплодотворенного яйца, питается за счет имеющихся в нем запасов питательных веществ или за счет материнского организма.

**Зародышевое развитие** — развитие животного организма в зародышевых оболочках вне материнского организма или внутри него с момента активации яйца или оплодотворения до вылупления или рождения нового организма. Один из периодов онтогенеза многоклеточных животных.

**Зародышевые листки** — слои зародыша многоклеточных животных и человека, образующиеся в процессе гаструляции. У большинства организмов различают три листка: наружный (эктодерма), внутренний (энтодерма) и средний (мезодерма), каждый из которых дает начало определенной группе тканей и органов.

**Зародышевые оболочки** — оболочки, окружающие зародыш некоторых беспозвоночных, всех позвоночных и человека. Образуются из зародышевых листков. Обеспечивают жизнедеятельность зародыша и его защиту от повреждений. Среди них различают амнион, хорион и аллантоис.

**Зигота** — оплодотворенная яйцеклетка с двойным набором хромосом; начальная стадия развития зародыша. Образуется у растений и животных в результате слияния мужской и женской половых клеток.

**Зооспора** — специализированная клетка, служащая для бесполого размножения водорослей и некоторых грибов, способна передвигаться в воде с помощью жгутиков.

**Идиоадаптация** — приспособительное изменение организма, идущее по линии специализации приспособления к частным условиям существования без общего повышения организации и уровня его жизнедеятельности. Один из путей биологического прогресса.

**Инстинкты** — совокупность сложных врожденных реакций (актов поведения) организма, возникающих в ответ на внешние или внутренние раздражения; сложные безусловные рефлексы (пищевой, оборонитель-

ный, половой и др.). Инстинкты человека контролируются его сознанием и в значительной степени подчинены ему.

**Камбий** — образовательная ткань стеблей и корней голосеменных и двудольных растений, дающая начало проводящим тканям и обеспечивающая рост их в толщину.

**Каннибализм** — форма внутривидовых отношений, которая выражается в поедании особей своего вида; является регулятором численности популяции, т. е. одной из форм естественного отбора.

**Кариотип** — набор хромосом в клетках организма, постоянный для каждого вида. Является важным систематическим признаком. Так, у человека кариотип состоит из 23 пар хромосом, из них 22 пары аутосом и одна пара половых хромосом.

**Клоака** — расширенная часть задней кишки у ряда позвоночных (некоторые круглоротые и рыбы, все земноводные, пресмыкающиеся, птицы, клоачные млекопитающие), в которую открываются мочеточники, половые протоки и мочевой пузырь.

**Кодон** — участок иРНК, состоящий из трех последовательных нуклеотидов: кодирует один аминокислотный остаток.

**Конвергенция** — появление в ходе эволюции сходства в строении и функциях у неродственных организмов вследствие их приспособления к одинаковым условиям обитания.

**Консументы** — гетеротрофные организмы, потребители органического вещества. Различают консументы первого (растительноядные животные) и второго (хищники) порядков.

**Копуляция** — 1. Половой акт у животных, имеющих копулятивные органы. 2. Соединение при половом размножении двух особей, не имеющих копулятивных органов (например, гаттерия, дождевые черви).

**Красная книга** — название списков редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных, содержащих краткие данные об их биологии, распространении, причинах сокращения численности и исчезновения отдельных видов. Такие сведения публикуются по каждой союзной республике и по СССР в целом. В частности, к 1983 г. в Красную книгу СССР занесено млекопитающих 94 вида и подвида, птиц — 80, земноводных — 9, пресмыкающихся — 37, рыб — 9, насекомых — 219, моллюсков — 19, ракообразных — 2, червей — 11, высших сосудистых растений — 681, моховидных — 32, лишайников — 29, грибов — 20 видов.

**Кроссинговер** — взаимный обмен гомологичными участками гомологичных хромосом в результате разрыва и соединения в новом порядке их нитей (хроматид). Происходит обычно в профазе мейоза I, иногда — митоза. Является одним из механизмов комбинативной изменчивости.

**Ландшафт** — общий вид местности, пейзаж; совокупность взаимосвязанных экологических и биоценотических компонентов того или иного участка суши или акватории. Различают ландшафт городской, сельский, горный, степной, лесной, озерный и т. д.

**Локус** — местоположение определенного гена в хромосоме или в другом генетическом материале (например, плазмиде бактерий).

**Макроэволюция** — исторический процесс возникновения надвидовых групп — родов, семейств, отрядов, классов и т. д.

**Мальпигиевы сосуды** — выделительные и осморегулирующие органы

у паукообразных, насекомых. Представляют собой слепые выросты кишечника на границе средней и задней кишок.

**Матка** — мешковидный или каналообразный орган женской половой системы у животных и человека, служащий вместилищем яиц или эмбрионов.

**Мезофилл** — основная хлорофиллоносная паренхима листовой пластиинки, располагающаяся между эпидермальными слоями.

**Менструальный цикл** — половой цикл самок приматов, в том числе и человека, проявляющийся кровотечением (менструация). Сопровождается синхронными периодическими изменениями в яичниках и половых проводящих путях.

**Метамерия** — расчленение тела у некоторых групп организмов (кольчатых червей, членистоногих и др.) на сходные (или сходнозакладывающиеся) участки — метамеры вдоль продольной оси или плоскости симметрии. Может быть гомономной (метамеры сходны друг с другом по всей длине тела) и гетерономной (метамеры функционально и структурно разнокачественны).

**Метанефридии** — парные метамерно расположенные выделительные органы у беспозвоночных, главным образом у кольчатых червей. Представляют собой трубчатые каналы, открывающиеся одним концом (ресничной воронкой или нефростомом) во вторичную полость тела (целом) предыдущего сегмента, другим (выделительной порой) — наружу.

**Микроэволюция** — процесс исторического развития органического мира, происходящий на уровне популяций и приводящий к изменению их генофонда и образованию новых видов.

**Мимикрия** — защитное приспособление неядовитых животных, основанное на внешнем сходстве с ядовитыми животными или с несъедобными предметами. Один из видов покровительственной окраски и формы.

**Мутагенез** — процесс возникновения мутаций. Различают индуцированный (вызванный каким-либо мутагеном) и спонтанный (происходящий в естественных условиях).

**Мутагены** — общее название физических, химических или биологических агентов, способных вызвать мутацию.

**Мутация** — внезапно возникшее стойкое изменение наследственного аппарата клеток качественного или количественного характера.

**Наркомания** — резковыраженное болезненное влечение к наркотическим веществам (морфин, кокаин, алкоголь, никотин), вызывающим у человека ложное ощущение благополучия, веселья, опьянения, наркотического сна.

**Настии** — движения (изгибы) органов растений в ответ на изменение факторов внешней среды (свет, температура и др.).

**Национальный парк** — охраняемая территория, где сохранились природные комплексы, представляющие особую экологическую, историческую и эстетическую ценность. В отличие от заповедников вся или значительная часть площади национального парка открыта для посещения.

**Нефронт** — основная структурно-функциональная единица почек позвоночных, представленная мальпигиевым тельцем с отходящими от него извитыми и прямыми канальцами.

**Ноосфера** — новое эволюционное состояние биосфера, при котором разумная деятельность человека становится решающим фактором ее развития.

**Овуляция** — выход яйцевой клетки из фолликула яичника. У млекопитающих

копитающих, животных и человека осуществляются путем разрыва фолликула, при этом незрелая яйцеклетка выходит в брюшную полость, затем попадает в яйцеводы или маточные трубы, где и созревает.

**Онтогенез** — индивидуальное развитие организма с момента оплодотворения до смерти.

**Оплодотворение** — слияние мужской и женской половых клеток у растений, животных и человека, в результате чего образуется зигота, способная развиваться в новый организм.

**Осеменение** — процесс, обеспечивающий контакт мужской и женской гамет и последующее проникновение спермия в ооплазму. Осуществляется естественным или искусственным путем. Естественное осеменение бывает наружным и внутренним. При наружном осеменении контакт гамет осуществляется во внешней среде (рыбы, земноводные), при внутреннем спермии вводятся в половые пути самки (пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие).

**Памятники природы** — уникальные или типичные ценные в научном, культурно-познавательном или эстетическом отношении природные объекты (рощи, озера, водопады, гейзеры, пещеры, скалы, старинные парки и т. д.).

**Первичная полость тела** — пространство между стенкой тела и кишечником у некоторых многоклеточных животных, в котором располагаются внутренние органы. Не имеет собственной клеточной стенки; хорошо развита у первичнополостных круглых червей.

**Пиноцитоз** — активное поглощение клеткой жидких или коллоидных растворов из окружающей среды. Посредством пиноцитоза в клетку поступают макромолекулярные соединения.

**Планктон** — совокупность организмов, населяющих толщу воды континентальных и морских водоемов, более или менее пассивно переносящихся течением.

**Плацента, детское место** — орган, осуществляющий связь и обмен веществ между организмом матери и зародышем в период внутриутробного развития. Представлена зародышевой частью (ворсинчатый участок хориона) и материнской (участок слизистой оболочки матки). Выполняет функции всасывания питательных веществ, выделения, дыхания, защиты от вредных воздействий.

**Плацентарные** — высшие живородящие млекопитающие (за исключением клоачных и сумчатых), у которых зародыш развивается в матке и осуществляет связь с материнским организмом через плаценту.

**Пол** — совокупность генетических и морфофизиологических особенностей, обеспечивающих половое размножение организмов. Мужской и женский пол организма детерминирован генетически половыми хромосомами.

**Половой диморфизм** — различие признаков мужской и женской особей раздельнополых видов.

**Популяционные волны** — колебания численности особей в популяции, происходящие под влиянием факторов неживой и живой природы.

**Постэмбриональное развитие** — развитие животных организмов после выхода из яйцевых оболочек или рождения до естественной смерти. Один из периодов онтогенеза многоклеточных животных.

**Природные ресурсы** — запасы природных богатств, источники энергии, почва, леса, вода, животные, растения и т. п., используемые человеком для удовлетворения материальных и культурных потребностей общества. Делят на невосполнимые (полезные ископаемые и др.) и восполнимые (растительный и животный мир).

*Продуценты* — организмы, способные к фото- или хемосинтезу и являющиеся в пищевой цепи первым звеном создания органических веществ из неорганических, т. е. это автотрофные организмы.

*Прокариоты* — организмы, клетки которых не имеют оформленного ядра (бактерии и синезеленые водоросли).

*Протонефридии* — орган выделения и осморегуляции у большинства плоских, круглых червей, у некоторых кольчепов и моллюсков, у ланцетника. Состоит из одного или нескольких ветвящихся канальцев, концы которых со стороны полости тела замыкаются концевой клеткой, несущей пучок ресничек либо один или несколько жгутиков. Канальцы впадают в главный канал, открывающийся наружу порой.

*Развитие непрямое, метаморфоз* — развитие, при котором у животных из зиготы формируется не взрослая особь, а личинка. Последняя подвергается глубокому преобразованию и постепенно превращается во взрослую особь. Характерно для большинства групп беспозвоночных, мног, ряда рыб (двойкодышащие), земноводных.

*Развитие прямое* — развитие, при котором новорожденное животное имеет общий со взрослым организмом план строения, но отличается меньшими размерами и структурно-функциональной незрелостью некоторых систем, в первую очередь половой системы.

*Размножение* — способность воспроизводить себе подобных и таким образом обеспечивать непрерывность и преемственность жизни. Может осуществляться бесполым и половым путем.

*Раса человеческая* — исторически сложившаяся группа людей, объединенных общностью происхождения, выражающейся в общности наследственных второстепенных внешних физических особенностей (цвет кожи, глаз, волос, очертание головы, рост и т. п.).

*Регенерация* — восстановление организмом утраченных или поврежденных органов и тканей, а также восстановление целого организма из его части. Наблюдается у растений (регенерация отрезками корня, корневища, стеблевыми и листовыми черенками и т. д.), у беспозвоночных (кишечнополостные, плоские черви, иглокожие и др.), у млекопитающих (обновление клеток эпителия кожи, слизистых оболочек, клеток крови и т. д.).

*Редуценты* — организмы, разлагающие органическое вещество (трупы, отбросы) до неорганического. Представляют собой последнее звено пищевой цепи.

*Резус-фактор* — антиген, содержащийся в эритроцитах человека и обезьяны макаки-резуса. По химической природе — липопротеид. Передается по наследству и не изменяется в течение жизни. По наличию или отсутствию резус-фактора выделяют резус-положительные и резус-отрицательные организмы.

*Рекультивация земель* — искусственное воссоздание плодородия почвы и растительного покрова.

*Рецессивность* — свойство одного из генов аллельной пары не проявляться в фенотипе гетерозиготы, а лишь у гомозиготной особи.

*Рецipient* — человек или животное, которому пересаживают орган, ткань или клетки другого организма.

*Роды* — физиологический процесс изгнания плода и последа из матери у плацентарных млекопитающих и человека.

*Рудиментарные органы* — органы, утратившие в процессе эволюции свое основное значение (например, глаза у крота, волосяной покров туловища и аппендицис у человека).

*Смерть* — прекращение жизнедеятельности организма, гибель его как целостной системы. У млекопитающих и человека различают два основных этапа смерти: клиническую (терминальное состояние, наступающее после прекращения сердечной деятельности и дыхания и продолжающееся до наступления необратимых изменений в высших отделах ЦНС) и следующую за ней биологическую смерть (необратимое прекращение физиологических процессов в клетках и тканях).

*Социал-дарвинизм* — идеиное течение в буржуазной социологии конца 19 — начала 20 в., объяснявшее причины исторического развития общества действием биологических законов борьбы за существование и естественного отбора.

*Сперматозоид* — зрелая гаплоидная мужская половая клетка у многих растений и животных; спермий, живчик.

*Спорофит* — бесполое поколение или этап жизненного цикла растений от зиготы до образования споры. Чередуется с гаметофитом; характерен диплоидный набор хромосом.

*Споры* — бесполые репродуктивные образования у некоторых растений и паразитических простейших (споровиков), состоящие из одной или нескольких клеток, покрытых, как правило, плотной, устойчивой к внешним воздействиям оболочкой.

*Спячка* — состояние временного глубокого угнетения всех жизненных процессов животных, в котором они переживают неблагоприятный сезон года.

*Сцепление генов* — связь между генами, исключающая или ограничивающая возможность их независимого наследования и обусловленная определенным расположением генов в одной хромосоме.

*Таксисы* — двигательные реакции одноклеточных животных, некоторых клеток (гаметы, споры, образующие жгутики) и органоидов (лейкопласти, хлоропласти) на внешний раздражитель. По направленности движения к раздражителю бывают положительными и отрицательными.

*Теплокровные животные* — животные, с постоянной температурой тела, почти не зависящей от температуры окружающей среды (птицы, млекопитающие).

*Тропизмы* — направленные ростовые движения (изгибы) органов растений, вызванные односторонним воздействием различных факторов среды (света, земного притяжения, химических веществ).

*Фагоцитоз* — активный захват и поглощение живых клеток и неживых частиц одноклеточными организмами или особыми клетками — фагоцитами. Одна из защитных реакций организма.

*Фауна* — совокупность видов животных, обитающих на определенной территории.

*Филогенез* — процесс исторического развития органического мира, его систематических групп — типов, классов, отрядов, семейств, родов и видов.

*Фитонциды* — биологически активные вещества, образуемые растениями, которые убивают или подавляют рост и развитие других организмов.

*Флора* — исторически сложившаяся совокупность таксонов растений, произрастающих на данной территории.

*Холоднокровные животные* — животные с непостоянной температурой

рой тела, меняющейся в зависимости от температуры окружающей среды (беспозвоночные, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся).

**Хорда** — первичная скелетная ось у хордовых животных и человека. У ланцетника, круглоротых и некоторых рыб сохраняется в течение всей жизни; у зародышей позвоночных сменяется позвоночником.

**Хорион** — наружная зародышевая оболочка у пресмыкающихся, птиц и млекопитающих на ранних стадиях индивидуального развития. У зародышей млекопитающих и человека хорион снаружи покрыт ворсинками, которые врастает в слизистую оболочку матки, образуя плаценту.

**Хроматин** — вещество (нуклеопротеид) клеточного ядра, составляющее основу хромосомы. В процессе клеточного деления конденсируется и образует компактные структуры, различимые под микроскопом.

**Хромосомы** — структурные элементы ядра эукариотической клетки, состоящие из белков и ДНК, в которой заключена наследственная информация организма. В хромосомах в линейном порядке расположены гены. Имеют специфическую форму и размеры. Способны к самоудвоению при клеточном делении, за счет чего обеспечивают передачу наследственных свойств организма из поколения в поколение. В клетках прокариот имеется одиночная молекула ДНК, нередко называемая хромосомой.

**Хромосомы половые** — хромосомы, определяющие пол у раздельнополых организмов. В хромосомном наборе клеток млекопитающих и человека особи женского пола имеют две одинаковые (тип XX), а мужские — две неодинаковые (тип XY) половые хромосомы.

**Царство в биологии** — самая высокая таксономическая категория в системе организмов. Со времен Аристотеля все живые организмы делили на два царства: Растения и Животные. В современной биологии принято выделять таксоны более высокого ранга, чем царство, — надцарство. Их два: Прокариоты и Эукариоты. Надцарство прокариот включает царства Бактерии и Синезеленые водоросли, а надцарство эукариот — царства Грибы, Растения и Животные.

**Цепь питания** — ряд видов или групп организмов, где каждое предыдущее звено служит пищей для следующего.

**Циста** — временная форма существования многих одноклеточных организмов, характеризующаяся наличием защитной оболочки. Некоторые простейшие могут существовать в неблагоприятных условиях в форме цисты несколько лет.

**Чистая линия** — генотипически однородное потомство самоопыляющихся растений или самооплодотворяющихся животных, у которых почти все гены находятся в гомозиготном состоянии.

**Экологическая пирамида** — графическое изображение соотношения различных трофических уровней (продуценты, консументы и редуценты) по степени убывания биомассы, энергии и численности особей.

**Экологический кризис** — критическое состояние окружающей среды, угрожающее существованию человека, вызванное хищническим использованием природных ресурсов и загрязнением окружающей среды.

**Экосистема** — единый природный комплекс (пруд, озеро, тайга, бересковая роща и др.), образованный живыми организмами и средой их

обитания, в котором живые и неживые компоненты связаны между собой обменом веществ и энергии. Часто термины «экосистема» и «биогеоценоз» употребляют как синонимы.

**Эмбрион** — то же, что зародыш животных и человека.

**Эукариоты** — организмы, обладающие в отличие от прокариот оформленным клеточным ядром, ограниченным от цитоплазмы ядерной оболочкой. Генетический материал заключен в хромосомах. Клетки эукариот имеют митохондрии, пластиды и другие органоиды.

**Яйцеклетка** — женская половая клетка животных и растений, из которой в результате оплодотворения или партеногенеза может развиваться новый организм. Содержит гаплоидный набор хромосом.

**Ярусность** — расчлененность растительного сообщества на горизонты, слои, пологи и другие структурные и функциональные толщи.

## УЧЕНЫЕ-БИОЛОГИ (краткие сведения)

**Броун Р.** (1773—1858) — английский ботаник, почетный член Петербургской Академии наук. Описал ядро растительной клетки и строение семяпочки. Установил основные различия между голосеменными и покрытосеменными растениями. Открыл броуновское движение.

**Бэр К.** (1792—1876) — основатель эмбриологии. Родился в Эстляндии, работал в России. Один из учредителей Русского географического общества. Иностранный член-корреспондент (1826). Академик Петербургской Академии наук. Открыл яйцеклетку у млекопитающих. Описал стадию бластулы; изучил эмбриогенез цыпленка. Установил сходство эмбрионов высших и низших животных. Обнаружил, что в эмбриогенезе последовательно появляются признаки типа, класса, отряда и т. д. Описал развитие всех основных органов позвоночных.

**Бэтсон У.** (1861—1926) — английский биолог, один из основоположников генетики. Иностранный член-корреспондент Академии наук СССР. Сформулировал гипотезу чистоты гамет (1902). Предложил науку об изменчивости и наследственности называть генетикой (1906), ввел в нее много генетических терминов.

**Вавилов Н. И.** (1887—1943) — советский ученый, основоположник современного учения о биологических основах селекции и о центрах происхождения культурных растений. Академик Академии наук СССР (1929). Организовал ботанико-агрономические экспедиции в страны Средиземноморья, Северной Африки, Северной и Южной Америки. Установил на их территории древние очаги формообразования культурных растений. Собрал крупнейшую в мире коллекцию семян культурных растений. Заложил основы гессортоиспытания полевых культур. Обосновал учение об иммунитете растений (1919). Открыл закон гомологических рядов в наследственной изменчивости организмов (1920).

**Вернадский В. И.** (1863—1945) — советский ученый, основатель геохимии, биогеохимии, радиогеологии. Академик Академии наук СССР. Автор трудов по философии, естествознанию, науковедению. Создатель учения о биосфере и ее эволюции, о мощном воздействии человека на окружающую среду и преобразовании биосферы в ноосферу (сферу разума).

**Вирхов Р.** (1821—1902) — немецкий патолог и общественный деятель. Иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук (1881). Выдвинул теорию целиуллярной патологии, согласно которой патологический процесс представляет собой сумму нарушений жизнедеятельности отдельных клеток. В 1858 г. обосновал принцип преемственности клеток путем деления («каждая клетка из клетки»).

**Геккель Э.** (1834—1919) — немецкий биолог-эволюционист, представитель естественнонаучного материализма, сторонник и пропагандист учения Ч. Дарвина. Составил первое «родословное древо» животного

мира. Вывел теорию происхождения многоклеточных от двуслойного предка — гаструлы. Сформулировал биогенетический закон.

**Дарвин Ч.** (1809—1882) — английский естествоиспытатель, создатель эволюционной теории. Иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук (1867). В основном труде «Происхождение видов путем естественного отбора...» (1859) обобщил результаты собственных наблюдений и достижений современной ему биологии и селекции, вскрыл основные факторы эволюции органического мира. В книге «Происхождение человека и половой отбор» (1871) обосновал гипотезу происхождения человека от обезьяноподобного предка.

**Де Фриз Х.** (1848—1935) — нидерландский ботаник, один из основателей учения об изменчивости и эволюции. Иностранный член-корреспондент Российской Академии наук (1924), иностранный почетный член Академии наук СССР (1932). Провел первые систематические исследования мутационного процесса. Разработал концепцию эволюции посредством мутаций (мутационная теория Де Фриза). Одновременно с К. Э. Корренсом и Э. Чермаком вторично открыл законы Менделя (1900 г.).

**Догель В. А.** (1882—1955) — советский зоолог, основатель научной школы, член-корреспондент Академии наук СССР (1939). Основатель трудов по протозоологии, паразитологии, эмбриологии, сравнительной анатомии беспозвоночных.

**Зильбер Л. А.** (1894—1966) — советский микробиолог и иммунолог, академик Академии медицинских наук (1945). Описал возбудителя дальневосточного клещевого энцефалита. Сформулировал вирусогенетическую теорию происхождения опухолей. Заложил основы иммунологии рака.

**Иванов М. Ф.** (1871—1935) — советский зоотехник, один из основателей зоотехнии в СССР. Академик Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина (1935). Разработал научно обоснованную методику выведения новых и совершенствования имеющихся пород свиней и овец. Автор асканийской породы овец и украинской белой породы свиней.

**Ивановский Д. И.** (1864—1920) — русский ученый, физиолог растений и микробиолог. Один из основоположников вирусологии. Открыл вирус табачной мозаики (1892).

**Карпеченко Г. Д.** (1893—1942) — советский цитогенетик. Доказал возможность преодоления бесплодия отдаленных гибридов путем полипloidии. Получил плодовитый межродовой редечно-капустный гибрид.

**Ковалевский А. О.** (1840—1901) — русский биолог, один из основоположников сравнительной эмбриологии и физиологии, экспериментальной и эволюционной гистологии. Академик Петербургской академии наук (1890). Установил общие закономерности развития позвоночных и беспозвоночных животных. На последних распространил учение о зародышевых листках, чем доказал взаимное эволюционное родство указанных групп животных. Открыл фагоцитарные органы у беспозвоночных и показал их роль в метаморфозе насекомых. Труды Ковалевского легли в основу филогенетического направления в биологии.

**Ковалевский В. О.** (1842—1883) — русский зоолог, основоположник эволюционной палеонтологии. Последователь и пропагандист учения Ч. Дарвина. Первым применил эволюционное учение в решении проблем филогенеза позвоночных. Установил взаимосвязь морфологии и функциональных изменений с условиями существования.

**Кольцов Н. К.** (1872—1940) — советский биолог, основоположник отечественной биологии. Член-корреспондент Академии наук СССР. Разработал гипотезу молекулярного строения и матричной репродукции хромосом («наследственные молекулы»), предвосхитившую главные положения современной молекулярной биологии и генетики. Является автором трудов по сравнительной анатомии позвоночных, экспериментальной цитологии, физико-химической биологии.

**Крик Ф. Х. К.** (р. в 1916 г.) — английский биофизик и генетик. В 1953 г. совместно с Дж. Уотсоном создал модель структуры ДНК, доказав тем самым, что она имеет вид двойной спирали. Это позволило расшифровать генетический код, объяснить многие свойства и биологические функции ДНК и положило начало молекулярной генетике. Совместно с Дж. Уотсоном и М. Уилкинсом является лауреатом Нобелевской премии (1962).

**Ламарк Ж. Б.** (1744—1829) — французский естествоиспытатель, предшественник Ч. Дарвина. Является основоположником зоопсихологии и автором «Философии зоологии» (1809), где излагается первая целостная концепция эволюции живой природы. Она сводится к тому, что виды животных и растений постоянно изменяются, усложняясь в своей организации в результате влияния внешней среды и некоего их внутреннего стремления к усовершенствованию. Однако Ламарк не вскрыл истинных причин эволюционного развития.

**Линней К.** (1707—1778) — шведский естествоиспытатель, создатель системы растительного и животного мира. Иностранный почетный член Петербургской Академии наук (1754). Впервые последовательно применил бинарную номенклатуру и создал наиболее удачную искусственную классификацию растений и животных, описал около 1500 видов растений. Выступал в защиту постоянства видов и креационизма. Является автором «Системы природы» (1735), «Философии ботаники» (1751) и др.

**Лобашев М. Е.** (1907—1971) — советский генетик и физиолог. В основном проводил исследования по изучению мутаций и рекомбинаций, генетике поведения, физиологии высшей нервной деятельности и формированию приспособительных реакций в онтогенезе животных. Является автором одного из фундаментальных учебников по генетике (1963).

**Ломоносов М. В.** (1711—1765) — первый русский ученый естествоиспытатель мирового значения, первый русский академик Петербургской Академии наук, основатель первой химической лаборатории в России. В 1755 г. по инициативе М. В. Ломоносова основан Московский университет. Развивал атомно-молекулярные представления о строении вещества. Сформулировал принцип сохранения материи и движения. Заложил основы физической химии. Установил наличие атмосферы на планете Венера. Описал строение Земли. Объяснил происхождение многих полезных ископаемых и минералов. Явления природы объяснял с материалистических позиций. Является автором трудов по русской истории.

**Мендель Г. И.** (1822—1884) — чешский естествоиспытатель. Является основоположником учения о наследственности. Разработал гибридологический метод, с помощью которого установил закономерности распределения в потомстве наследственных факторов, названных позднее генами. Законы Г. Менделя были полностью подтверждены и объяснены хромосомной теорией наследственности.

**Мечников И. И.** (1845—1916) — русский биолог, основоположник эволюционной эмбриологии и иммунологии. Почетный член Петербургской Академии наук (1902). Совместно с Н. Ф. Гамалеей основал первую

в России бактериологическую станцию в 1886 г. Открыл явление фагоцитоза (1882). Создал теорию происхождения многоклеточных организмов. Является автором трудов по проблеме старения, лауреатом Нобелевской премии (1908).

**Мичурин И. В.** (1855—1935) — советский биолог и селекционер. Почетный член Академии наук СССР (1935). Разработал методы селекции плодово-ягодных растений, главным образом метод отдаленной гибридизации (подбор родительских пар, преодоление нескрещиваемости и др.). Положил начало продвижению на север многих южных культур. Вывел много сортов плодово-ягодных культур.

**Морган Т. Х.** (1866—1945) — американский биолог, один из основоположников генетики. Заложил основы хромосомной теории наследственности. Установил закономерности расположения генов в хромосомах, что способствовало выяснению цитологических механизмов законов Менделя и разработке генетических основ теории естественного отбора. Является лауреатом Нобелевской премии (1933).

**Мюллер Ф.** (1821—1897) — немецкий зоолог. Один из авторов биогенетического закона. Развивал многие положения учения Ч. Дарвина. Является автором трудов по эмбриологии и экологии беспозвоночных.

**Навашин С. Г.** (1857—1930) — советский цитолог и эмбриолог растений. Академик Академии наук СССР. Открыл двойное оплодотворение у покрытосеменных растений (1898). Заложил основы морфологии хромосом и кариосистематики.

**Опарин А. И.** (1894—1980) — советский биохимик, академик Академии наук СССР. Создал материалистическую теорию возникновения жизни на Земле (1922). Разработал основы технической биохимии в СССР. Награжден золотой медалью имени М. В. Ломоносова АН СССР (1980).

**Павлов И. П.** (1849—1936) — советский физиолог, академик Академии наук СССР. Создатель материалистического учения о высшей нервной деятельности. Разработал новые подходы и методы физиологических исследований. Автор классических трудов по физиологии кровообращения и пищеварения. Является лауреатом Нобелевской премии (1904).

**Павловский Е. Н.** (1884—1965) — советский паразитолог, академик Академии наук СССР. Создатель учения о природной очаговости болезней человека, способствовавшего развитию экологического направления в паразитологии. Исследователь циклов развития гельминтов и патогенеза многих гельминтозов, а также фауны летающих кровососущих насекомых. Труды Павловского легли в основу профилактики многих болезней.

**Пастер Л.** (1822—1895) — французский ученый, основоположник микробиологии и иммунологии. Почетный член Петербургской академии наук. Открыл природу брожения. Опроверг теорию самозарождения микроорганизмов. Изучал этиологию многих инфекционных заболеваний. Разработал метод профилактической вакцинации против куриной холеры (1879), сибирской язвы (1881) и бешенства (1885). Ввел методы асептики и антисептики.

**Пуркине Я.** (1787—1869) — чешский естествоиспытатель, иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук (1836). Открыл ядро яйцеклетки (1825), ввел термин «протоплазма». Является автором фундаментальных трудов по физиологии, анатомии, гистологии и эмбриологии.

**Северцов А. Н.** (1866—1936) — советский биолог, основоположник эволюционной морфологии животных, академик Академии наук СССР. Автор теории филэмбриогенеза, а также трудов по проблемам эволюционной морфологии и закономерностей эволюционного процесса.

**Сеченов И. М.** (1829—1905) — русский ученый, создатель физиологической школы, мыслитель-материалист, почетный член Петербургской Академии наук. В классическом труде «Рефлексы головного мозга» (1866) обосновал рефлекторную природу сознательной и бессознательной деятельности и показал, что в основе психических явлений лежат физиологические процессы, которые поддаются изучению объективными методами. Открыл явления центрального торможения и наличие ритмичных биоэлектрических процессов в центральной нервной системе. Определил значение процессов обмена веществ в осуществлении возбуждения. Исследовал дыхательную функцию крови. Заложил основы материалистической психологии, физиологии труда, возрастной, сравнительной и эволюционной физиологии. Труды Сеченова оказали большое влияние на развитие естествознания и материалистической философской мысли в России.

**Скрябин К. И.** (1878—1972) — советский гельминтолог, основатель научной школы, академик Академии наук СССР, автор фундаментальных трудов по морфологии, систематике, экологии гельминтов сельскохозяйственных животных и человека. Описал свыше 200 новых видов гельминтов. Впервые поставил вопрос об их патогенной роли и девастации (ликвидации).

**Тахтаджян А. Л.** (р. в 1910 г.) — советский ботаник, академик Академии наук СССР (1972), автор трудов по систематике, филогении, эволюционной морфологии высших растений, теории эволюции, создатель новой филогенетической системы растений и ботанико-географического районирования Земли.

**Тимирязев К. А.** (1843—1920) — русский естествоиспытатель-дарвинист, один из основоположников русской научной школы физиологов растений. Раскрыл энергетические закономерности фотосинтеза. Разработал ряд методов исследования физиологии растений, биологических основ агрономии, истории науки. Является одним из первых пропагандистов дарвинизма и естественнонаучного материализма в России.

**Уотсон Дж. Д.** (р. в 1928 г.) — американский биохимик, совместно с Ф. Криком в 1953 г. создал модель пространственной структуры ДНК в виде двойной спирали, позволившей объяснить многие ее свойства и биологические функции. Является лауреатом Нобелевской премии совместно с Ф. Криком и М. Уилкинсом (1962).

**Четвериков С. С.** (1880—1959) — советский генетик, один из основоположников эволюционной и популяционной генетики. Одним из первых связал закономерности отбора в популяциях с динамикой эволюционного процесса.

**Шванн Т.** (1810—1882) — немецкий биолог, основоположник клеточной теории. На основании собственных исследований, а также работ М. Шлейдена и других ученых в классическом труде «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений» (1839) впервые сформулировал главные положения о принципах образования клеток и клеточном строении всех организмов. Является автором трудов по физиологии пищеварения, гистологии, анатомии нервной системы. Открыл пепсин в желудочном соке (1836).

**Шлейден М. Я.** (1804—1881) — немецкий ботаник, основоположник онтогенетического метода в ботанике, иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук (1850). Труды Шлейдена сыграли важную роль при разработке Шванном клеточной теории.

**Шмальгаузен И. И.** (1884—1963) — советский биолог, теоретик эволюционного учения, академик Академии наук СССР (1935). Автор трудов по сравнительной анатомии, эволюционной морфологии, закономерностям роста животных, факторам и закономерностям биокибернетики.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

*Агнесс П.* Ключи к экологии. Л., 1982.

*Биологический энциклопедический словарь* / Гл. ред. М. С. Гиляров. М., 1986.

*Вилли К.* Биология. М., 1964.

*Кемп П., Армс К.* Введение в биологию. М., 1988.

*Кочергин Б. Н., Кочергина Н. А.* Задачи по молекулярной биологии и генетике. Мн., 1982.

*Муртазин Г. М.* Задачи и упражнения по общей биологии. М., 1981.

*Реймерс Н. Ф., Яблоков А. В.* Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. М., 1982.

*Сосновская И. П.* О редких животных мира. М., 1987.

*Чухрай Е. С.* Молекула, жизнь, организм: Кн. для внеклассного чтения 8—10 классов. М., 1981.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автотрофы 31, 163, 187, 197  
Агглютинины 326  
Агглютиногены 326  
Агроценоз 125  
Адаптация 283, 307, 342, 359  
Аденозинтрифосфат (АТФ) 22, 24, 26, 314  
Аллели 41, 353  
Альвеолы 213, 264, 331—334  
Аминокислоты 17, 22, 23, 340, 342, 343  
Амитоз 29  
Амнинты 239, 359  
Анабиоз 114, 115, 259  
Анализаторы 283, 291—293, 295—297, 340  
Анамнис 239, 359  
Анаэробы 26, 27, 359  
Антеридии 161, 173, 359  
Антибиоз 120  
Антителы 325, 327, 359  
Антикодон 23, 359  
Антитела 19, 323, 325—328, 359  
Антрапогенез 92, 190, 359  
Ареал 70, 71, 74, 359  
Ароморфоз 85, 86, 250, 360  
Архегоний 171, 173, 360  
Ассимиляция 22, 342, 360  
Атавизм 79, 93, 360  
Аутбридинг 101  
Аутосомы 48, 49, 360  
Аэробы 26, 27, 162, 360  
Аэропоника 126  
  
Бактериофаги 29, 30  
Бентос 127, 128, 360  
Биомасса 127, 360  
Бионика 194, 360  
Биосфера 126, 127, 131  
Биотехнология 109, 110, 361  
Бластомеры 38, 356, 361  
Бластула 38, 39, 361  
Брожение 27, 361  
  
Вакцинация 231
- Видообразование 74, 75  
Вирусы 29, 30, 361  
Витамины 10, 283, 335, 342, 344  
Включения 13, 361  
Внутренняя среда 344  
Вторичноротые 39, 237, 361  
  
Гаметогенез 35, 36, 361  
Гаметофит 138, 161, 172, 361  
Гаметы 36, 37, 44, 45, 48, 361  
Гаструла 38, 39, 361  
Ген 41, 45  
Генная инженерия 110, 361  
Генотип 42, 43, 45, 72  
Генофонд 72, 73, 135, 141, 187, 362  
Гермафродит 203, 205, 208, 217, 219, 221  
Гетерогаметность 48, 49, 362  
Гетерозис 102, 107, 362  
Гетеротрофы 164, 197  
Гиалоплазма 11  
Гидропоника 126  
Гипофиз 241, 252, 304, 308  
Гифы 165  
Гликолиз 27, 314, 362  
Гормоны 283, 303, 306, 308, 318, 342, 354  
Группа сцепления 50, 362  
Группы крови 325  
  
Дегенерация 86, 362  
  
Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) 20—22  
Денатурация 18  
Дерма 351  
Дивергенция 75, 362  
Диссимиляция 22, 232, 240, 342, 362  
Донор 326, 363  
Дробление 38, 39, 356  
Дыхание 27, 329, 332, 334, 363  
  
Желтое тело 355  
Живое вещество 127, 128

- Жизнь 80—82
- Заказник 135, 187, 271, 363
- Закаливание 353
- Законы
- биогенетический 79, 360
  - гомологических рядов 56
  - Менделя 43—47
  - Моргана 49—51
  - Харди — Вайнберга 72
  - чистоты гамет 45
- Заповедник 135, 187, 271, 363
- Зигота 37, 201, 206, 223, 363
- Зооспоры 160, 363
- Идноадаптация** 86, 88, 363
- Изоляция 72, 73
- Иммунитет 327, 328, 337
- Инбридинг 101
- Инстинкты 298, 363
- Камбий 147, 148, 364
- Каннибализм 102, 364
- Кариотип 15, 49, 364
- Клоака 248, 252, 257, 266, 364
- Коацерваты 84
- Кодон 22, 23
- Комплементарность 20, 21
- Конкуренция 119
- Консументы 122, 364
- Конъюгация 34, 199, 200
- Копуляция 34, 35, 364
- Красная книга 133, 236, 244, 250, 255, 259, 271, 364
- Кроссинговер 35, 50, 364
- Ксилема 144, 148
- Лимфа 283, 303, 323, 340, 344
- Локус 41, 364
- Луб 142, 148
- Макроэволюция** 75, 364
- Мальпигиевы трубочки 226, 229, 232, 364
- Малария 200, 201, 202
- Мантия 220, 221, 223
- Матка 210, 265, 354, 365
- Мезодерма 39
- Мезофилл 150, 151, 365
- Мейоз 35, 36; 199, 355
- Метаморфоз 40, 145
- Метанефридии 217, 221, 226, 240, 365
- Микроэволюция 74, 75, 365
- Мимикрия 75, 365
- Митоз 28, 29, 196
- Мицелий 165
- Морула 38, 39
- Мутация 55—58, 72, 73, 365
- Мышление 301
- Набор хромосом** 15, 27, 28
- Надпочечники 241, 252, 304, 306
- Настин 141, 365
- Национальный парк 187, 271, 365
- Нектон 127, 128
- Нерест 244
- Нефрон 348, 365
- Ноосфера 131, 365
- Нуклеотид 20, 21
- Овуляция** 355, 365
- Онтогенез 37, 79, 140, 230, 366
- Оогенез 35, 36
- Опыление 155, 156
- Органоиды 11—13, 196
- Осеменение 36, 37, 241, 366
- Памятники природы** 135, 366
- Память 289, 299, 301, 302
- Паразит 119, 166, 210, 213, 219, 228
- Партеногенез 37
- Пиноцитоз 10, 366
- Планктон 127, 128, 366
- Плацента 266, 304, 356, 366
- Плод 141, 265, 356
- Плоды 141, 150, 259
- Поджелудочная железа 304, 306, 339
- Пол 48, 49, 366
- Полипептиды 17, 18, 24
- Полиплоидия 57, 103
- Полость тела 194, 207, 211, 258
- вторичная 216, 220, 225, 237
  - первичная 211, 225, 366
- Популяционные волны 71, 73, 366
- Популяция 71, 72, 73
- Порода 100, 107
- Природные ресурсы 131, 132, 279, 366
- Пробионты 84
- Продуценты 122, 123, 367
- Прокариоты 30, 31, 162, 271, 367
- Протонефридии 208, 212, 367
- Пульс 321
- Развитие индивидуальное** 37
- непрямое 40, 224, 230, 367
  - постэмбриональное 39, 48
  - прямое 40, 223, 230, 259, 367

- эмбриональное 38, 39, 221, 239, 253, 338  
Раздражимость 195, 279  
Раса человеческая 98, 99, 367  
Растительные сообщества 124  
Регенерация 203, 208, 219, 254, 367  
Редуценты 122, 123, 367  
Резус-фактор 326, 367  
Рецепторы 282, 290, 295, 298, 315, 334  
Реципиент 326  
Рибонуклеиновая кислота 15, 20  
— информационная (иРНК) 21, 23, 24  
— рибосомальная (рРНК) 15, 22  
— транспортная (тРНК) 21, 24  
Ритмы 116, 117  
Роды 356, 357, 367  
Рудименты 79, 93, 262  
  
Семенники 35, 36, 207, 227, 243, 258, 354  
Семядоля 157  
Семязачаток 177  
Симбиоз 120, 194  
Сознание 301  
Сон 289, 302  
Сорт 100, 105  
Сперматогенез 35, 36  
Сперматозоид 36, 205, 228, 244, 353, 368  
Спермий 36, 177  
Спорофит 138, 160, 172, 368  
Споры 34, 173, 176, 200, 368  
Спячка 114, 368  
Сцепление генов 49, 50, 51, 368  
  
Таксисы 115, 116, 195, 196, 368  
Таксон 138  
Таллом 138  
Тканевая жидкость 283, 303, 323, 329, 333, 344  
Транскрипция 23  
Трансляция 24  
Триплет 22, 23  
  
Удобрения 145  
  
Фагоцитоз 10, 323, 325, 327, 368  
Фауна 273, 368  
Фенотип 42, 43, 45  
Ферменты 202, 242, 327, 338, 342  
Филогенез 79, 368  
Финна 211  
Фитонциды 120, 181, 368  
Фитоценоз 124  
Флора 88, 187, 273, 368  
Флоэма 142, 148  
Фотопериодизм 116, 141  
Фотосинтез 24, 150  
  
Хемосинтез 163  
Хищничество 120  
Хорда 194, 237, 240, 266, 369  
Хроматин 14, 369  
Хроматофор 169, 197  
Хромосомы 14, 15, 369  
— половые 48, 49, 369  
— соматические 48  
  
Царство 6, 138, 162, 194, 236, 369  
Циста 195, 200, 369  
  
Чистая линия 102, 369  
  
Штамм 100, 108  
  
Щитовидная железа 241, 252, 304  
  
Эволюция 73  
Экологическая пирамида 123, 369  
Экосистема 122, 126, 369  
Эктодерма 39, 202, 205  
Энтодерма 39, 202, 205  
Эры 87  
— архейская 91, 188  
— кайнозойская 88, 189, 252, 253, 262, 274  
— мезозойская 88, 189, 253, 273  
— палеозойская 89, 188, 272  
— протерозойская 91, 188, 271  
Эукариоты 6, 32, 194, 271, 370  
  
Яичники 35, 36, 207, 239, 354  
Яйцеклетка 36, 153, 205, 244, 353, 370  
Ярусность 124, 370

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
<b>Раздел первый. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ</b>	
Гл а в а 1. Основы цитологии	7
Строение и функции клетки	9
Химическая организация клетки	16
Обмен веществ клетки	22
Жизненный цикл клетки	27
Неклеточные и клеточные формы жизни	29
Гл а в а 2. Размножение и индивидуальное развитие организмов	33
Размножение	33
Индивидуальное развитие	37
Гл а в а 3. Основы генетики	40
Закономерности наследственности	43
Хромосомная теория наследственности	48
Закономерности изменчивости	53
Гл а в а 4. Эволюционное учение	60
Додарвиновский период	61
Учение Дарвина — основа современной теории эволюции	63
Движущие силы эволюции	65
Вид как особый уровень организации живого	69
Генетика и теория эволюции	72
Учение о микро- и макроэволюции	73
Гл а в а 5. Развитие органического мира	77
Доказательства эволюции органического мира	78
Возникновение и развитие жизни на Земле	80
Происхождение человека	92
Гл а в а 6. Основы селекции	100
Селекция растений	102
Селекция животных	105
Селекция бактерий и грибов	107
Гл а в а 7. Экология и биосфера	111
Экологические факторы	112
Биогеоценоз, его характеристика и структура	122
Биосфера как естественноисторическая система	126
Биосфера и научно-технический прогресс	131

## Раздел второй. РАСТЕНИЯ

137

<b>Г л а в а 8. Растение — целостный организм . . . . .</b>	139
Жизненные функции растений . . . . .	139
Строение цветкового растения . . . . .	141
Размножение растений . . . . .	159
<b>Г л а в а 9. Основные группы растений . . . . .</b>	162
Бактерии . . . . .	162
Грибы . . . . .	165
Лишайники . . . . .	167
Водоросли . . . . .	169
Моховидные . . . . .	172
Папоротникообразные . . . . .	174
Голосеменные . . . . .	177
Покрытосеменные . . . . .	181
Влияние хозяйственной деятельности человека на видовое разнообразие растений . . . . .	182
Развитие растительного мира на Земле . . . . .	188

## Раздел третий. ЖИВОТНЫЕ

192

<b>Г л а в а 10. Тип Простейшие . . . . .</b>	195
Класс Корненожки . . . . .	195
Класс Жгутиковые . . . . .	197
Класс Инфузории . . . . .	199
Класс Споровики . . . . .	200
<b>Г л а в а 11. Тип Кишечнополостные . . . . .</b>	202
Класс Гидроидные . . . . .	203
Класс Сцифоидные . . . . .	205
Класс Коралловые полипы . . . . .	206
<b>Г л а в а 12. Тип Плоские черви . . . . .</b>	207
Класс Ресничные черви . . . . .	207
Класс Сосальщики . . . . .	209
Класс Ленточные черви . . . . .	209
<b>Г л а в а 13. Тип Круглые черви . . . . .</b>	211
Представители круглых червей . . . . .	212
Борьба с паразитическими червями . . . . .	213
<b>Г л а в а 14. Тип Кольчатые черви . . . . .</b>	216
Класс Малощетинковые . . . . .	217
Класс Многощетинковые . . . . .	219
Класс Пиявки . . . . .	219
<b>Г л а в а 15. Тип Моллюски . . . . .</b>	220
Класс Брюхоногие . . . . .	221
Класс Двусторчатые . . . . .	223
<b>Г л а в а 16. Тип Членистоногие . . . . .</b>	225
Класс Ракообразные . . . . .	226

381

Класс Паукообразные . . . . .	228
Класс Насекомые . . . . .	231
<b>Г л а в а 17. Тип Хордовые . . . . .</b>	<b>236</b>
Класс Рыбы . . . . .	241
Класс Земноводные . . . . .	247
Класс Пресмыкающиеся . . . . .	250
Класс Птицы . . . . .	255
Класс Млекопитающие . . . . .	262
Развитие животного мира на Земле . . . . .	271
 <b>Раздел четвертый. ЧЕЛОВЕК И ЕГО ЗДОРОВЬЕ</b>	 <b>277</b>
<b>Г л а в а 18. Общий обзор организма человека . . . . .</b>	<b>279</b>
<b>Г л а в а 19. Нервная система . . . . .</b>	<b>283</b>
Центральная нервная система . . . . .	284
Периферическая нервная система . . . . .	289
Органы чувств . . . . .	290
Высшая нервная деятельность . . . . .	297
Гигиена физического и умственного труда . . . . .	301
<b>Г л а в а 20. Железы внутренней секреции . . . . .</b>	<b>303</b>
Строение желез внутренней секреции . . . . .	304
Роль гормональной регуляции в организме . . . . .	306
<b>Г л а в а 21. Опорно-двигательный аппарат . . . . .</b>	<b>308</b>
Строение скелета человека . . . . .	308
Скелетные мышцы, их строение и функции . . . . .	312
Значение физических упражнений для формирования скелета и мышц . . . . .	315
<b>Г л а в а 22. Кровообращение . . . . .</b>	<b>316</b>
Система органов кровообращения . . . . .	316
Движение крови по сосудам . . . . .	319
Внутренняя среда организма . . . . .	322
Кровь . . . . .	324
Лимфатическая система . . . . .	328
<b>Г л а в а 23. Дыхание . . . . .</b>	<b>329</b>
Органы дыхания . . . . .	330
Регуляция и гигиена дыхания . . . . .	334
<b>Г л а в а 24. Пищеварение . . . . .</b>	<b>335</b>
Органы пищеварения и их функции . . . . .	336
Обмен веществ . . . . .	342
Нормы питания . . . . .	345
<b>Г л а в а 25. Выделение . . . . .</b>	<b>347</b>
Строение почек . . . . .	347
Значение выделения продуктов обмена веществ . . . . .	350

<b>Глава 26. Кожа . . . . .</b>	<b>350</b>
Строение кожи . . . . .	351
Роль кожи в терморегуляции . . . . .	352
<b>Глава 27. Особенности размножения и развития человека . . . . .</b>	<b>353</b>
Строение половой системы . . . . .	354
Периоды послеутробного развития . . . . .	357
<b>Краткий словарь терминов . . . . .</b>	<b>359</b>
<b>Ученые-биологи (краткие сведения) . . . . .</b>	<b>371</b>
<b>Дополнительная литература . . . . .</b>	<b>376</b>
<b>Предметный указатель . . . . .</b>	<b>377</b>

Учебное издание

**Бекиш Освальд-Ян Леонович,  
Гурина Наталья Сергеевна**

**ПОСОБИЕ ПО БИОЛОГИИ  
для абитуриентов  
медицинских институтов**

Зав: редакцией В. З. Солоухин  
Редактор Л. В. Рутковская

Художник переплета и  
художественный редактор В. И. Шелк  
Технический редактор И. П. Тихонова  
Корректор Л. А. Еркович

ИБ № 2963

Сдано в набор 26.08.90. Подписано в печать 19.03.91. Формат  
84×108/32. Бумага тип № 2. Гарнитура литературная. Высокая  
печать. Усл. печ. л. 20,16. Усл. кр.-отт. 20,16. Уч.-изд. л. 22,82.  
Тираж 37 000 экз. Заказ 677. Цена 3 р. 20 к.

Издательство «Вышэйшая школа» Государственного комитета Бе-  
лорусской ССР по печати. 220048, Минск, проспект Машерова, 11

Минский ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат  
МППО им. Я. Коласа. 220005, Минск, ул. Красная, 23.

