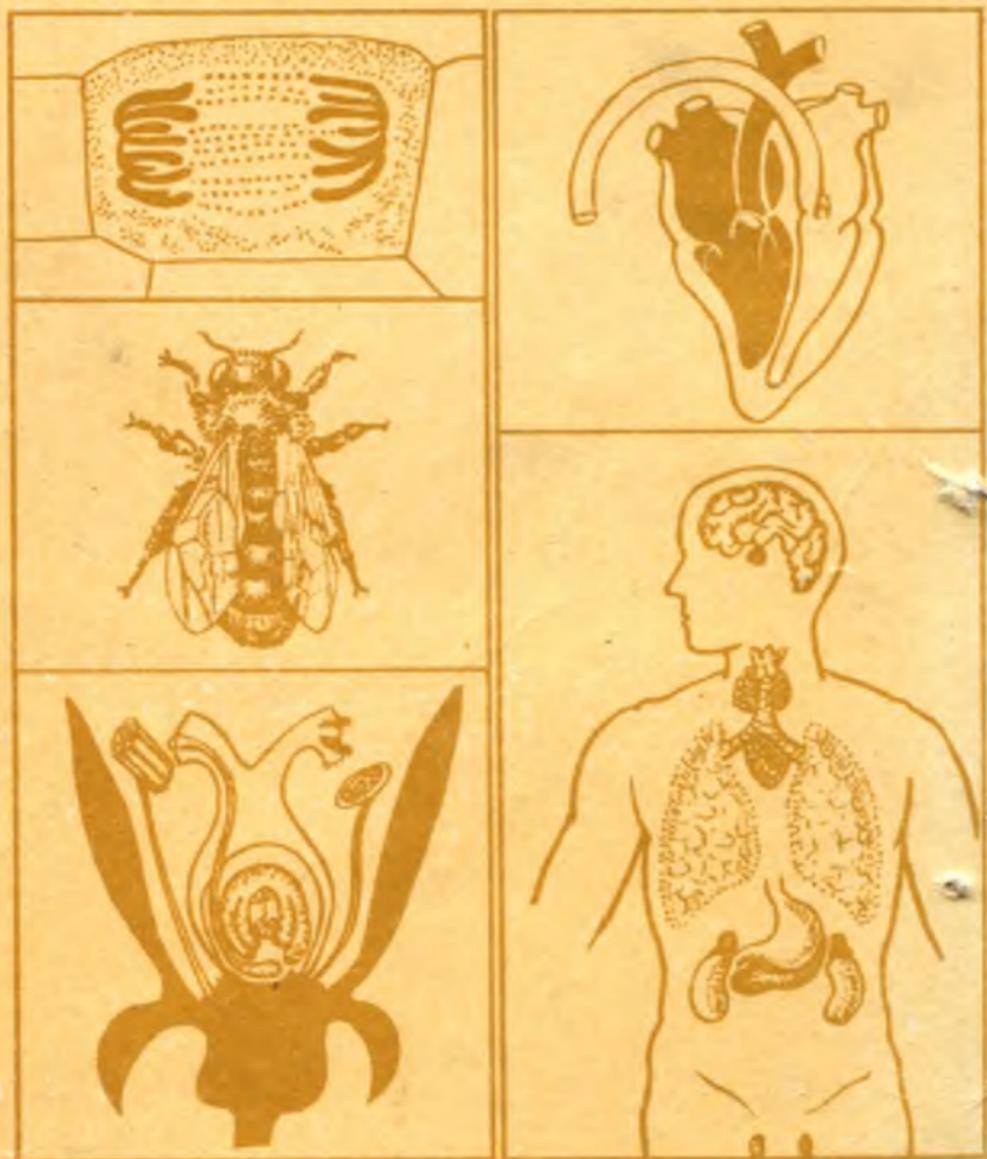


Н. Е. КОВАЛЕВ, Л. Д. ШЕВЧУК, О. И. ЩУРЕНКО

# БИОЛОГИЯ

ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ  
МЕДИЦИНСКИХ ИНСТИТУТОВ



Н. Е. КОВАЛЕВ, Л. Д. ШЕВЧУК, О. И. ЩУРЕНКО

# БИОЛОГИЯ

---

Под общей редакцией Н. Е. КОВАЛЕВА

ИТЬ дог  
ром б  
поста  
обра  
й



Москва · Высшая школа · 1986

ББК 28  
К 56  
УДК 57

Рецензенты:

кафедра биологии Горьковского медицинского института им. С. М. Кирова (зав. кафедрой д-р мед. наук, проф. Б. П. Солопаев); кафедра биологии Московского медицинского стоматологического института им. Н. А. Семашко (зав. кафедрой проф. И. М. Яровая)

Рекомендовано Главным управлением учебных заведений Министерства здравоохранения СССР для использования в учебном процессе подготовительных отделений медицинских институтов

**Ковалев Н. Е., Шевчук Л. Д., Щуренко О. И.**  
К 56 Биология: Пособие для подгот. отд. мед. ин-тов/Под общей ред. Н. Е. Ковалева. — М.: Высш. шк., 1986. — 384 с., ил.

1 р. 10 к.

Пособие написано в соответствии с программой по биологии для поступающих в вузы. В книге изложены основы всех разделов биологии с учетом взаимосвязи отдельных ее дисциплин. Обращено внимание на преемственность многих вопросов биологии и медицины.

4306021000-063  
001(01)-86 КБ-5-29-85

ББК 28  
57

Николай Емельянович Ковалев, Людмила Дмитриевна Шевчук,  
Ольга Ивановна Щуренко

## БИОЛОГИЯ

Заведующий редакцией А. Г. Гаврилов. Научный редактор С. Г. Мамонтов. Редактор Н. А. Соколова. Младшие редакторы Н. А. Белокопытова, Е. И. Попова. Художник Э. А. Марков. Художественный редактор Т. А. Коленкова. Технические редакторы З. В. Нужица и Н. А. Битюкова. Корректор С. К. Завьялова

ИБ № 5296

Изд. № Е-459. Сдано в набор 22.03.85. Подп. в печать 18.11.85. Формат 84 × 108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бум. тип. № 2. Гарнитура таймс. Печать высокая. Объем 20,16 усл. печ. л. 20,37 усл. кр.-отт. 21,59 уч.-изд. л. Тираж 125 000 экз. Зак. № 158. Цена 1 р. 10 к. Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» им. А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Чкаловский пр., 15.

© Издательство «Высшая школа», 1985

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дальнейшем развитии высшей школы и повышении качества подготовки специалистов» (1979 г.) и постановлении Верховного Совета СССР об «Основных направлениях реформы общеобразовательной и профессиональной школы» (1984 г.) предъявляются повышенные требования к подготовке высококвалифицированных специалистов, способных творчески решать повседневные задачи своей профессиональной деятельности, рекомендуется поднять на качественно новый уровень работу высшей, общеобразовательной и профессиональной школ, которая существенно влияет на темпы нашего экономического, социального и духовного прогресса.

Как и выпускники средних школ, слушатели подготовительных отделений должны глубоко изучить достижения современного естествознания, в котором биология занимает одну из ведущих позиций. В постановлении июньского (1983 г.) Пленума ЦК КПСС обращено внимание на необходимость повышения идейной направленности образования, в том числе и биологического.

Значение биологии как науки о жизни определяется тем, что она служит теоретической базой многих медицинских и сельскохозяйственных наук. Знание законов живой природы не только составляет основы понимания биологических аспектов экологии человека, профилактики, распознавания и лечения многих заболеваний, но и необходимо для обоснования рационального вовлечения в хозяйственный оборот новых территорий, расширения масштабов рыбоводства, звероводства, разведения птицы, повышения продуктивности и устойчивости к заболеваниям животных и растительных организмов. Развитие современной биологии обусловлено также развитием физики, химии и других естественных наук. На этих началах стало возможным с позиций молекулярной биологии и генетики, популяционной биологии и теории эволюции объяснить сложнейшие процессы роста, развития, обмена веществ, механизм наследственности и изменчи-

вости организмов, их приспособляемость и саморегуляцию на молекулярном, организменном, популяционном и биоценоотическом уровнях организации жизни.

Процесс развития биологии тесно связан с историей общества, а следовательно, и с развитием общей культуры и науки, историей борьбы основных идеологических направлений. Вот почему как в далеком прошлом, так и в наши дни не прекращается острая борьба материализма и идеализма, науки и религии в объяснении основных свойств жизни, а все успехи биологии на этом пути были всегда следствием преодоления религиозно-идеалистических представлений и взглядов. В связи с этим биология играет важную роль в формировании марксистско-ленинского мировоззрения.

Подготовительные отделения, в том числе и при медицинских институтах, — важный резерв пополнения студенческой молодежи из среды рабочих и колхозников, имеющих производственный стаж и жизненный опыт. Повышенные требования к поступающим в медицинские вузы, в том числе и к слушателям подготовительных отделений, обусловили необходимость создания соответствующих учебных программ и пособий.

При написании книги авторы, опираясь на многолетний опыт преподавания биологии в Кубанском государственном медицинском институте им. Красной Армии и на подготовительном отделении, стремились в краткой и доступной форме изложить фактический материал основных разделов курса биологии (ботаники, зоологии, анатомии и физиологии человека и общей биологии) с учетом требований программы для поступающих в вузы и достижений современной биологии.

В отличие от ранее вышедших учебных пособий по биологии для подготовительных отделений вузов и пособий для поступающих в вузы в нашей книге предпринята попытка приблизить уровень знаний слушателей к уровню, необходимому для обучения в медицинском институте, осуществить преемственность школьного и вузовского преподавания биологии. Поэтому в книге в ходе изложения фактического материала обращено внимание не только на роль живых объектов в природе и народном хозяйстве, но и на их значение как источников лекарственных и ядовитых препаратов, как возможных резервуаров и переносчиков опасных возбудителей заболеваний человека. Кроме того, в пособии даются гигиенические рекомендации для поддержания нормальной жиз-

недеятельности организма человека и сведения о профилактике заболеваний. Предлагаемая книга не подменяет, а лишь дополняет школьные учебники, она преподносит фактический материал в более сжатой форме, дает основы знаний о закономерностях возникновения, развития и существования органического мира, способствуя формированию на этой основе научного, единственно правильного материалистического мировоззрения.

Разделы данного пособия «Основы генетики и селекции», «Эволюционное развитие органического мира», «Происхождение человека», «Организм и среда», «Биосфера и человек», «Анатомия и физиология человека» написаны Н. Е. Ковалевым, остальные — совместно с Л. Д. Шевчук и О. И. Щуренко.

Авторы признательны профессорам И. С. Косенко, А. Б. Ходос, К. М. Быкову, доценту А. П. Тильба, а также профессорам И. М. Яровой, Б. П. Солопаеву за просмотр рукописи и сделанные ими полезные советы и замечания.

*Авторы*

## ВВЕДЕНИЕ

Биология — совокупность наук о живой природе. Ее название происходит от греческих слов «биос» — жизнь и «логос» — учение.

Учение о жизни — часть человеческой культуры. Знание биологии — необходимый элемент общего образования и формирования научного мышления каждого человека, особенно специалиста медико-биологического профиля. Развитие биологии всегда побуждалось интересами практики, потребностями общества. Через комплекс сельскохозяйственных и медицинских дисциплин она активно служит обществу и человеку.

Биология наших дней — составная часть научно-технического прогресса, который за сравнительно небольшой исторический отрезок времени позволил человеку продвинуться далеко вперед в овладении тайнами природы и их практическом использовании.

Достижения квантовой механики, ядерной физики, химии полимеров, кибернетики способствовали возникновению и развитию молекулярной биологии и молекулярной генетики, предопределивших выход биологии на передовые позиции современного естествознания. На основе успехов в области биологии создаются новые направления в науке и технике — бионика, биокибернетика, биотехнология и биоинженерия, медицинская и техническая микробиология. Глубоко научное обоснование получила селекция — выведение новых, улучшенных сортов растений и пород животных.

Биология тесно связана с химией, физикой, математикой, геологией, астрономией. На стыке этих наук получили развитие биохимия, биогеохимия и биофизика. Будучи теоретической основой медицины и сельскохозяйственных наук, биология определила формирование ряда прикладных отраслей знания: паразитологии, иммунологии, общей и медицинской генетики, а также животноводства, растениеводства и др.

Наше общество находится на этапе совершенствования зрелого социализма. Созидательная деятельность

КПСС и советских людей сосредоточена на всестороннем развитии производства, которое включает широкое развертывание инициативы и творчества народных масс. Для того чтобы советское общество уверенно двигалось вперед, каждое новое поколение должно подниматься на более высокий уровень образованности и общей культуры, профессиональной квалификации и гражданской активности.

Биология располагает огромным фактическим материалом, овладение которым — важное условие научного познания мира. Но одних только конкретных знаний недостаточно, существенно важно формирование мировоззрения, осознание человеком на основе данных современного естествознания своего места в окружающей действительности и отношения к окружающему миру. Мировоззрение представляет собой общее понимание мира и определяет научно-теоретическую ориентацию в процессах и явлениях природы. Биология же создает важнейшую естественно-научную предпосылку формирования научно-материалистического мировоззрения.

**Предмет биологии** изучает строение и функции живых существ, их происхождение, развитие и распространение, природные сообщества, их связь друг с другом и окружающей средой. Все организмы, составляющие живую природу, — растения, животные и человек, рассматриваются биологией в их историческом развитии, движении, изменении и усложнении.

Живые объекты отличаются от неживых способностью к обмену веществ, движению, размножению, росту, раздражимости, а также к поддержанию постоянства своего состава и активной регуляции функций.

Жизнь — одна из форм существования материи, закономерно возникающая при определенных условиях в процессе ее развития. Исходя из достижений естествознания второй половины XIX в., Ф. Энгельс дал выразительное по форме и глубокое по содержанию определение жизни: «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>.

Развитие молекулярной биологии и молекулярной генетики, подтвердивших ведущую роль белковых веществ в осуществлении жизненных процессов, выявило значение

---

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 82.

второй основы жизни — нуклеиновых кислот, служащих генетической программой для построения белков, а на их основе — возникновения всего многообразия живого мира.

**Исторический очерк развития биологии.** На протяжении более чем 2000-летнего развития познание биологии последовательно сменяли и дополняли друг друга разные исследовательские подходы: наблюдение, описание и классификация, сравнительно-анатомический, исторический и экспериментальный методы. Каждый из них подвергался существенным преобразованиям под влиянием разнообразных видов биологического эксперимента, использования физико-химических и математических методов, а также моделирования. Накопление фактического материала, его описание и распределение живых форм в систематические группы, расширение методов биологического исследования наполнило конкретным содержанием представления о живой природе, способствовало преодолению религиозно-идеалистических и метафизических взглядов.

Первые систематические попытки познания живой природы были сделаны античными врачами и философами (Гиппократ, Аристотель, Теофраст, Гален). Их труды, продолженные в эпоху Возрождения, положили начало ботанике и зоологии, а также анатомии и физиологии человека (Везалий и др.). В XVII—XVIII вв. в биологию проникают экспериментальные методы. На основе количественных измерений и применения законов гидравлики был открыт механизм кровообращения (У. Гарвей). Важную роль сыграло изобретение микроскопа и использование его в биологических целях. С его помощью открылся поразительный мир скрытой жизни, тонкая структура клетки. Так, Р. Гук в Англии (1665) обнаружил под микроскопом клеточное строение пробки, А. Левенгук в Нидерландах (1674—1677) наблюдал бактерии и простейших, сперматозоиды человека, К. М. Бэр (1826) увидел яйцеклетку млекопитающих, Р. Броун (1828) открыл клеточное ядро. Одним из главных достижений биологии XVIII в. было создание системы классификации растений и животных К. Линнеем (1735).

Т. Шванн (1839), опираясь на данные микроскопии растительных и животных объектов, выполненных им самим и его предшественниками, в том числе М. Шлейденем (1838), сформулировал клеточную теорию. Основное ее положение — признание клетки в качестве элементар-

ной единицы строения всех органов и частей растений и животных, что явилось решающим доказательством единства структурной организации всего живого и общности происхождения растительного и животного царств.

Клеточная теория стимулировала научную разработку теории эволюции и была высоко оценена Ф. Энгельсом, который поставил ее в один ряд с такими открытиями XIX в., как закон сохранения материи и энергии и теория эволюции Ч. Дарвина. На основе клеточной теории Р. Вирховым (1858) было создано учение о клеточной патологии, сыгравшее большую роль в медицине. Он показал, что многие болезни человека сопровождаются специфическими изменениями в клетках и по характеру этих изменений можно судить о самой болезни. Он же установил, что наибольшее значение в жизни клетки имеют не оболочки, как считали ранее, а внутреннее содержимое клетки. Р. Вирхов сформулировал также важнейший принцип «каждая клетка от клетки».

Подлинный переворот в биологии произвело учение Ч. Дарвина (1859), который открыл движущие силы эволюции и дал материалистическое объяснение целесообразности организации живых существ.

Важным этапом развития биологии явилось открытие Г. Менделем закономерностей наследования признаков, положивших начало генетическим исследованиям.

Применение микроскопа стимулировало развитие эмбриологии, а также микробиологии. Во второй половине XIX в. Л. Пастером, И. И. Мечниковым, Р. Кохом в биологическом эксперименте были изучены некоторые инфекционные и паразитарные болезни и разработаны принципы борьбы с ними (получение сывороток и вакцин). И. И. Мечников создал также общебиологические основы учения о клеточном иммунитете (фагоцитозе), дополненного П. Эрлихом теорией о гуморальном иммунитете (защитная функция сывороточных белков крови). Выдающийся русский ученый И. И. Мечников создал в России большую школу микробиологов (Г. Н. Габричевский, А. М. Безредка, И. Г. Савченко, Л. А. Тарасевич, Н. Ф. Гамалея, Д. К. Заболотный, Н. Я. и Ф. Я. Чистовичи), в трудах которых были раскрыты причины многих инфекционных болезней и разработаны принципы научно обоснованной борьбы с ними.

Усовершенствование светового микроскопа и техники микроскопических исследований к концу XIX в. значительно расширило познание тонкой структуры клетки.

Были обнаружены и описаны ее основные органоиды, выяснены закономерности клеточного деления, разгадан механизм оплодотворения и созревания половых клеток, открыты хромосомы и их сложное поведение во время деления клетки. В результате возникла новая отрасль биологии — цитология.

Новый этап (40-е годы XX в.) в изучении строения клетки начинается с введением в практику исследований электронной микроскопии, с помощью которой увеличение объекта достигает 100 тыс. раз и более. В этот период были использованы и другие физико-химические методы исследования: ультрацентрифугирование для разделения клеточных компонентов и выделения отдельных фракций с последующим их химическим и рентгеноструктурным анализом, введение в живые организмы меченых атомов и наблюдение за скоростью и направлением обменных процессов.

Для молекулярно-биологических и молекулярно-генетических исследований все чаще стали использовать бактерии, вирусы, фаги, что помогло изучить материальные основы наследственности клетки, ее ферментные системы, динамику энергетического обмена, механизм генетического контроля биосинтеза белков, нуклеиновых кислот и других биологически активных соединений. Была установлена связь между строением отдельных молекул и клеточных структур и их функцией. С помощью электронного микроскопа удалось рассмотреть и изучить многие органоиды клетки, невидимые в световой микроскоп.

В целом для биологии XX в. характерны две взаимосвязанные тенденции в изучении явлений жизни: во-первых, рассмотрение этих явлений на различных уровнях организации: молекулярном, клеточном, организменном, популяционном; во-вторых, стремление к целостному синтетическому познанию живой природы, приведшее к прогрессу наук, изучающих определенные свойства живой природы на всех структурных уровнях ее организации (генетика, систематика, эволюционное учение и др.). Поразительных успехов начиная с 50-х годов достигла молекулярная биология, вскрывшая химические основы наследственности, оказавшиеся универсальными для всех организмов (строение ДНК, генетический код, матричный принцип синтеза биополимеров).

Учение В. И. Вернадского о биосфере как особой оболочке Земли раскрыло масштабы геохимической деятель-

ности живых организмов и их неразрывную связь с неживой природой. Все возрастающее практическое значение биологических исследований и методов (в том числе генетической инженерии, биотехнологии) для медицины, сельского хозяйства, промышленности, разумного использования природных ресурсов и охраны природы, а также проникновение в эти исследования идей и методов точных наук выдвинули биологию с середины XX в. на передовые рубежи естествознания.

**Биология и медицина.** Биология является теоретической базой медицины. Многие разделы биологической науки и в первую очередь физиология, медицинская генетика, микробиология и иммунология, паразитология и др. непосредственно связаны с медициной.

Научно-технический прогресс, сопровождающийся ростом материальных благ, возрастанием общественного и бытового комфорта, в то же время оказывает и неблагоприятные воздействия на окружающую среду, что выражается в возрастании риска нарушения здоровья и трудоспособности человека. Воздействие человека на биосферу в целом приводит к снижению продукции органического вещества на Земле и нарастанию химических загрязнителей среды. Последние обладают мутагенными и канцерогенными свойствами. Для медицины большое значение имеет использование животных и растений, на которых исследуют мутагенную и канцерогенную активность химических веществ-загрязнителей и устанавливают их предельно допустимые концентрации.

Важную роль для медицины играет селекция микроорганизмов, способных синтезировать ферменты, гормоны, витамины. С использованием бактерий предполагается получить в промышленных масштабах сыворотки против ящура сельскохозяйственных животных и вакцин против некоторых вирусных болезней.

В опытах на животных биологи и врачи раскрывают общебиологические закономерности и реакции организма на действие раздражителей, что позволяет понять сущность болезненного процесса, принципы восстановления поврежденных клеток и тканей, найти способы борьбы с заболеванием, его профилактики и лечения. В ряде случаев на животных моделируются заболевания сердца, кровеносной системы, протекающие с большим сходством тех же состояний у человека; на лабораторных мышках воспроизводятся некоторые наследственные болезни, поражающие человека, изучаются закономерности

злокачественного роста, генетические основы совместимости тканей при пересадке, разрабатываются методы преодоления несовместимости. Многие вопросы медицинской иммунологии получили свое разрешение на основе общебиологических подходов с применением экспериментов на животных.

Изучая биологию паразитических организмов, их круговорот в природе, ставя эксперименты по действию лекарственных препаратов, биологи совместно с врачами разрабатывают научно обоснованные профилактические и лечебные мероприятия в борьбе с паразитарными заболеваниями человека, животных и растений.

# ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

## УЧЕНИЕ О КЛЕТКЕ

Изучение клетки связано с открытием и использованием микроскопа и улучшением техники микроскопирования. В 1665 г. английский физик Р. Гук на тонком срезе пробки рассмотрел крошечные «ячейки», которые он назвал клетками. Позже Н. Грю, М. Мальпиги (1671), изучая анатомию растений, также обнаружили мельчайшие «ячейки», «пузырьки» или «мешочки». В этот период главной частью клетки считалась ее стенка, и лишь спустя двести лет стало ясно, что главное в клетке не стенка, а внутреннее содержимое.

Впервые под микроскопом некоторые клетки животных организмов рассмотрел А. Левенгук (1674). Однако уровень знаний о клетке, достигнутый в XVII в., существенно не изменился до начала XIX в. В дальнейшем по мере усовершенствования микроскопа и техники микроскопирования накапливались и сведения о клетках животных и растений. На их основе складывались представления о клеточной организации всего органического мира.

Опираясь на эти данные и собственные исследования, немецкий ботаник М. Шлейден сделал важный вывод о клеточной организации растений. Зоолог Т. Шванн на основе исследований зоологических объектов и данных его предшественников утвердил важнейшее достижение теоретической биологии: клетка является элементарной единицей строения и развития всех растительных и животных организмов (1839). В последующий период клеточная теория обогатилась новым содержанием. Ее основные положения можно сформулировать так:

- 1) клетка представляет собой основу структурной и функциональной организации растений и животных;
- 2) клетки растений и животных сходны по строению и развиваются аналогично (путем деления исходной клетки);

3) клетки у всех организмов имеют мембранное строение;

4) ядро клетки представляет ее главный регуляторный органоид;

5) клеточное строение живых организмов — свидетельство единства их происхождения.

Клеточная теория, будучи важнейшим достижением естествознания, обосновав единство клеточной организации и общность происхождения растений и животных, сыграла огромную роль в развитии всех разделов биологии, особенно гистологии, эмбриологии, физиологии клетки, эволюционного учения, генетики. На ее основе сложилось и развивалось учение о болезненных процессах у животных, растений и человека. Открытие клетки и создание клеточной теории помогло объяснить основные закономерности живой природы с материалистических позиций.

### СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ

Клетки, образующие ткани животных и растений, значительно различаются по форме, размерам и внутреннему строению (рис. 1). Однако все они обнаруживают сходство в главных чертах процессов жизнедеятельности, обмена веществ, в раздражимости, росте, развитии, способности к изменчивости. На рис. 2 представлена обобщенная схема строения клетки.

Клетки всех типов содержат два основных компонента, тесно связанных между собой, — цитоплазму и ядро. Ядро отделено от цитоплазмы пористой мембраной и содержит ядерный сок, хроматин и ядрышко. Полужидкая цитоплазма заполняет всю клетку и пронизана многочисленными канальцами. Снаружи она покрыта цитоплазматической мембраной. В ней имеются специализированные структуры — *органойды*, присутствующие в клетке постоянно, и временные образования — *включения*.

**Цитоплазматическая мембрана.** У всех клеток растений, многоклеточных животных, у простейших и бактерий клеточная мембрана трехслойна: наружный и внутренний слои состоят из молекул белков, средний — из молекул липидов (рис. 3). Она ограничивает цитоплазму от внешней среды, окружает все органойды клетки и представляет собой универсальную биологическую структуру. В некоторых клетках наружная оболочка образована несколькими мембранами, плотно прилегаю-

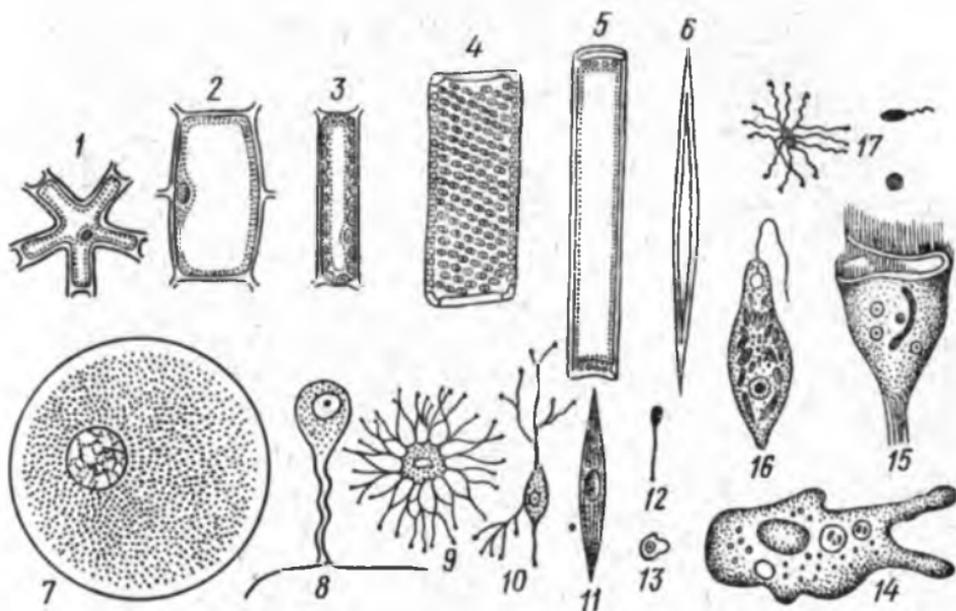


Рис. 1. Разнообразие форм клеток

*Растительные клетки:* 1, 2 – паренхимные, 3 – из палисадной ткани, 4 – клетки сосуда, 5 – клетка ситовидной трубки, 6 – клетка механической ткани (волокну). *Клетки многоклеточных животных:* 7 – яйцеклетка, 8 и 10 – нервные клетки, 9 – костная клетка, 11 – мышечная клетка, 12 – сперматозоид, 13 – лейкоцит. *Одноклеточные животные:* 14 – амеба, 15 – сувойка (тип инфузории), 16 – эвглена, 17 – бактерии

щими друг к другу. В таких случаях клеточная оболочка становится плотной и упругой и позволяет сохранить форму клетки, как, например, у эвглены и инфузории туфельки. У большинства растительных клеток, помимо мембраны, снаружи имеется еще толстая целлюлозная оболочка – *клеточная стенка* (см. рис. 2, 3). Она хорошо различима в обычном световом микроскопе и выполняет опорную функцию за счет жесткого наружного слоя, придающего клеткам четкую форму.

На поверхности клеток мембрана образует удлиненные выросты – микроворсинки, складки, впячивания и выпячивания, что во много раз увеличивает всасывающую или выделительную поверхность. С помощью мембранных выростов клетки соединяются друг с другом в тканях и органах многоклеточных организмов, на складках мембран располагаются разнообразные ферменты, участвующие в обмене веществ. Отграничивая клетку от окружающей среды, мембрана регулирует направление диффузии веществ и одновременно осуществляет активный перенос их внутрь клетки (накопление)

или наружу (выделение). За счет этих свойств мембраны концентрация ионов калия, кальция, магния, фосфора в цитоплазме выше, а концентрация натрия и хлора ниже, чем в окружающей среде. Через поры наружной мембраны из внешней среды внутрь клетки проникают ионы,

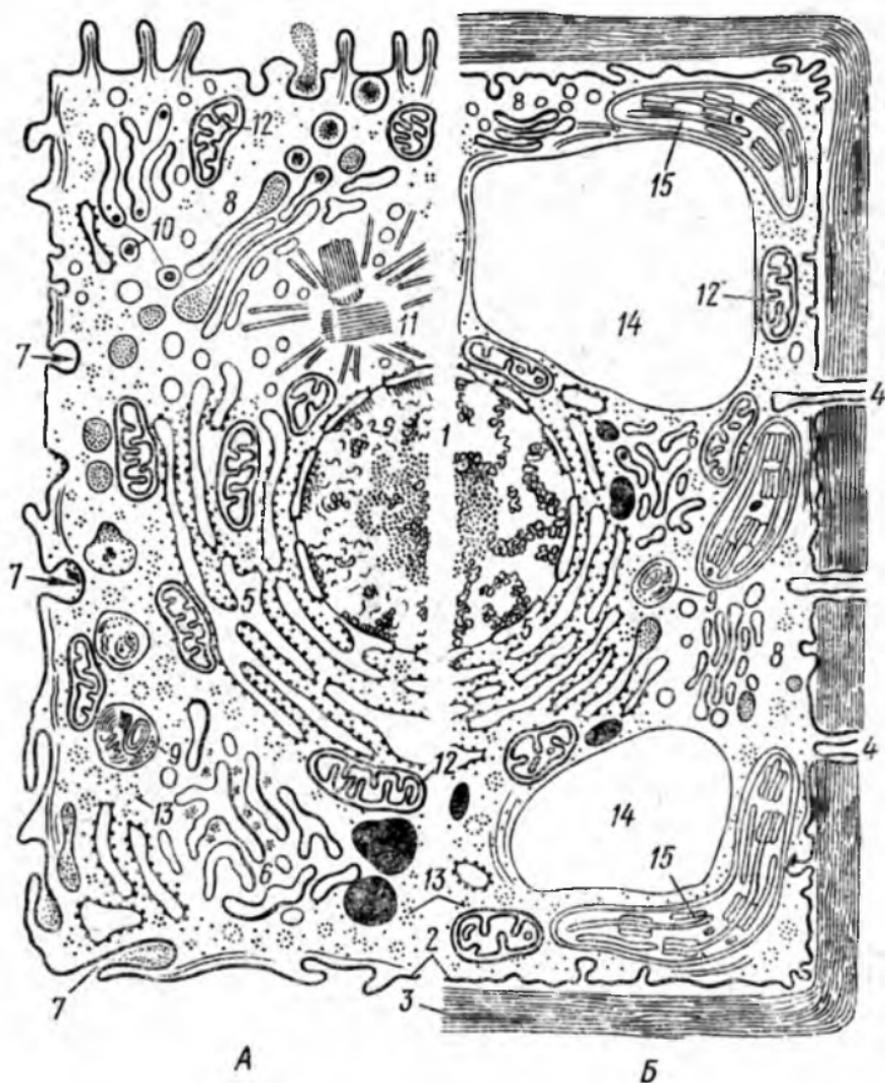
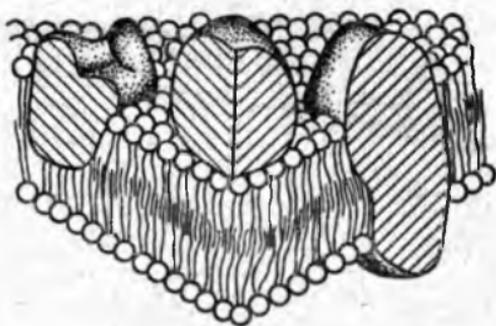


Рис. 2. Схема строения эукариотической клетки. А — клетка животного происхождения; Б — растительная клетка:

1 — ядро с хроматином и ядрышком, 2 — цитоплазматическая мембрана, 3 — клеточная стенка, 4 — поры в клеточной стенке, через которые сообщается цитоплазма соседних клеток, 5 — шероховатая эндоплазматическая сеть, 6 — гладкая эндоплазматическая сеть, 7 — пиноцитозная вакуоль, 8 — аппарат (комплекс) Гольджи, 9 — лизосома, 10 — жировые включения в каналах гладкой эндоплазматической сети, 11 — клеточный центр, 12 — митохондрия, 13 — свободные рибосомы и полирибосомы, 14 — вакуоль, 15 — хлоропласт

Рис. 3. Строение цитоплазматической мембраны (схема). Образования с двумя «хвостами» и шаровидной головкой — молекулы липидов. Белки заштрихованы



вода и мелкие молекулы других веществ. Проникновение в клетку относительно крупных твердых частиц осуществляется путем *фагоцитоза* (от греч. «фаго» — пожираю, «цитос» — клетка). При этом наружная мембрана в месте контакта с частицей прогибается внутрь клетки, увлекая частицу в глубь цитоплазмы, где она подвергается ферментативному расщеплению. Аналогичным путем в клетку попадают и капли жидких веществ; их поглощение называется *пиноцитозом* (от греч. «пино» — пью, «цитос» — клетка). Наружная клеточная мембрана выполняет и другие важные биологические функции.

**Цитоплазма** на 85% состоит из воды, на 10% — из белков, остальной объем приходится на долю липидов, углеводов, нуклеиновых кислот и минеральных соединений; все эти вещества образуют коллоидный раствор, близкий по консистенции глицерину. Коллоидное вещество клетки в зависимости от ее физиологического состояния и характера воздействия внешней среды имеет свойства и жидкости, и упругого, более плотного тела. Цитоплазма пронизана каналами различной формы и величины, которые получили название *эндоплазматической сети*. Их стенки представляют собой мембраны, тесно контактирующие со всеми органоидами клетки и составляющие вместе с ними единую функционально-структурную систему для осуществления обмена веществ и энергии и перемещения веществ внутри клетки.

В стенках канальцев располагаются мельчайшие зернышки — гранулы, называемые *рибосомами*. Такая сеть канальцев называется гранулярной. Рибосомы могут располагаться на поверхности канальцев разрозненно или образуют комплексы из пяти—семи и более рибосом, называемые *полисомами*. Другие канальцы гранул не содержат, они составляют гладкую эндоплазматическую сеть. На стенках располагаются ферменты, участвующие в синтезе жиров и углеводов.

Внутренняя полость канальцев заполнена продуктами жизнедеятельности клетки. Внутриклеточные каналы, образуя сложную ветвящуюся систему, регулируют перемещение и концентрацию веществ, разделяют различные молекулы органических веществ и этапы их синтеза. На внутренней и внешней поверхности мембран, богатых ферментами, осуществляется синтез белков, жиров и углеводов, которые либо используются в обмене веществ, либо накапливаются в цитоплазме в качестве включений, либо выводятся наружу.

**Рибосомы** встречаются во всех типах клеток — от бактерий до клеток многоклеточных организмов. Это округлые тельца, состоящие из рибонуклеиновой кислоты (РНК) и белков почти в равном соотношении. В их состав непременно входит магний, присутствие которого поддерживает структуру рибосом. Рибосомы могут быть связаны с мембранами эндоплазматической сети, с наружной клеточной мембраной или свободно лежать в цитоплазме. В них осуществляется синтез белков. Рибосомы кроме цитоплазмы встречаются в ядре клетки. Они образуются в ядрышке и затем поступают в цитоплазму.

**Комплекс Гольджи** в растительных клетках имеет вид отдельных телец, окруженных мембранами. В животных клетках этот органоид представлен цистернами, канальцами и пузырьками. В мембранные трубки комплекса Гольджи из канальцев эндоплазматической сети поступают продукты секреции клетки, где они химически перестраиваются, уплотняются, а затем переходят в цитоплазму и либо используются самой клеткой, либо выводятся из нее. В цистернах комплекса Гольджи происходит синтез полисахаридов и их объединение с белками, в результате чего образуются гликопротеиды.

**Митохондрии** — небольшие тельца палочковидной формы, ограниченные двумя мембранами (рис. 4). От внутренней мембраны митохондрии отходят многочисленные складки — кристы, на их стенках располагаются разнообразные ферменты, с помощью которых осуществляется синтез высокоэнергетического вещества — аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). В зависимости от активности клетки и внешних воздействий митохондрии могут перемещаться, изменять свои размеры, форму. В митохондриях найдены рибосомы, фосфолипиды, РНК и ДНК. С присутствием ДНК в митохондриях связывают способность этих органоидов к размножению путем образования перетяжки (рис. 5) или почкованием

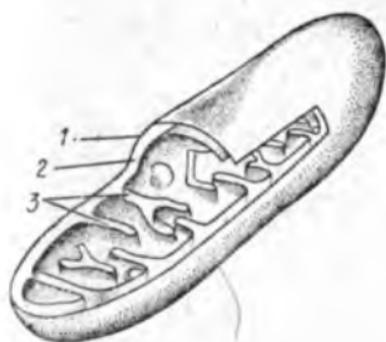


Рис. 4. Строение митохондрии (схема):

1 — наружная мембрана, 2 — внутренняя мембрана, 3 — перегородки (кристы)

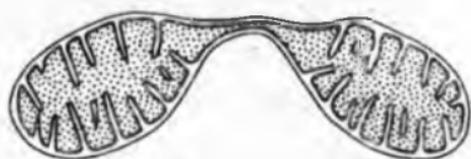


Рис. 5. Деление митохондрии

в период деления клетки, а также синтез части митохондриальных белков.

**Лизосомы** — мелкие овальные образования, ограниченные мембраной и рассеянные по всей цитоплазме. Встречаются во всех клетках животных и растений. Они

возникают в расширениях эндоплазматической сети и в комплексе Гольджи, здесь заполняются гидролитическими ферментами, а затем обособляются и поступают в цитоплазму. В обычных условиях лизосомы переваривают частицы, попадающие в клетку путем фагоцитоза, и органоиды отмирающих клеток. Продукты лизиса выводятся через мембрану лизосомы в цитоплазму, где они включаются в состав новых молекул. При разрыве лизосомной мембраны ферменты поступают в цитоплазму и переваривают ее содержимое, вызывая гибель клетки.

**Пластиды** есть только в растительных клетках и встречаются у большинства зеленых растений; их лишены клетки грибов, бактерий, слизевиков и синезеленых водорослей. В пластидах синтезируются и накапливаются органические вещества. Различают пластиды трех видов: хлоропласты, хромопласты и лейкопласты.

**Хлоропласты** — зеленые пластиды, содержащие зеленый пигмент хлорофилл. Они находятся в листьях, молодых стеблях, незрелых плодах. Хлоропласты окружены двойной мембраной. У высших растений внутренняя часть хлоропластов заполнена полужидким веществом, в котором параллельно друг другу уложены пластинки. Парные мембраны пластинок, сливаясь, образуют стопки, содержащие хлорофилл (рис. 6). В каждой стопке хлоропластов высших растений чередуются слои молекул белка и молекул липидов, а между ними располагаются молекулы хлорофилла. Такая слоистая структура обеспечивает максимум свободных поверхностей и облегчает захват и перенос энергии в процессе фотосинтеза.

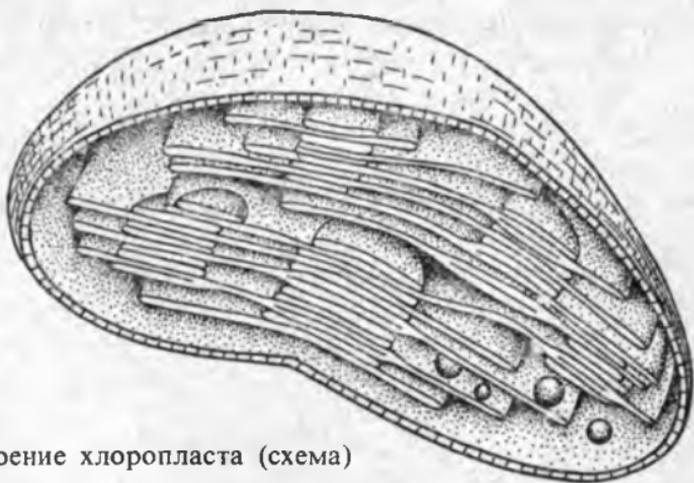


Рис. 6. Строение хлоропласта (схема)

*Хромопласты* — пластиды, в которых содержатся растительные пигменты (красный или бурый, желтый, оранжевый). Они сосредоточены в цитоплазме клеток цветков, стеблей, плодов, листьев растений и придают им соответствующую окраску. Хромопласты образуются из лейкопластов или хлоропластов в результате накопления пигментов *каротиноидов*.

*Лейкопласты* — бесцветные пластиды, располагающиеся в неокрашенных частях растений: в стеблях, корнях, луковицах и др. В лейкопластах одних клеток накапливаются зерна крахмала, в лейкопластах других клеток — масла, белки.

Все пластиды возникают из своих предшественников — пропластид. В них выявлена ДНК, которая контролирует размножение этих органоидов.

**Клеточный центр**, или центросома, играет важную роль при делении клетки и состоит из двух центриолей (рис. 2, 11). Он встречается у всех клеток животных и растений, кроме цветковых, низших грибов и некоторых простейших. Центриоли в делящихся клетках принимают участие в формировании веретена деления и располагаются на его полюсах. В делящейся клетке первым делится клеточный центр, одновременно образуется ахроматиновое веретено, ориентирующее хромосомы при расхождении их к полюсам. В дочерние клетки отходит по одной центриоле.

У многих растительных и животных клеток имеются органоиды специального назначения: *реснички*, выполняющие функцию движения (инфузории, клетки дыхательных путей), *жгутики* (простейшие одноклеточные, мужские половые клетки у животных и растений и др.).

**Включения** — временные элементы, возникающие в клетке на определенной стадии ее жизнедеятельности в результате синтетической функции. Они либо используются, либо выводятся из клетки. Включениями являются также запасные питательные вещества: в растительных клетках — крахмал, капельки жира, белки, эфирные масла, многие органические кислоты, соли органических и неорганических кислот; в животных клетках — гликоген (в клетках печени и мышцах), капли жира (в подкожной клетчатке). Некоторые включения накапливаются в клетках как отбросы — в виде кристаллов, пигментов и др.

**Вакуоли** — это полости, ограниченные мембраной; хорошо выражены в клетках растений и имеются у простейших. Возникают в разных участках расширений эндоплазматической сети и постепенно отделяются от нее. Вакуоли поддерживают тургорное давление, в них сосредоточен клеточный или вакуолярный сок, молекулы которого определяют его осмотическую концентрацию. Считается, что первоначальные продукты синтеза — растворимые углеводы, белки, пектины и др. — накапливаются в цистернах эндоплазматической сети. Эти скопления и представляют собой зачатки будущих вакуолей.

**Ядро** клетки играет основную роль в ее жизнедеятельности, с его удалением клетка прекращает свои функции и гибнет. В большинстве животных клеток одно ядро, но встречаются и многоядерные клетки (печень и мышцы человека, грибы, инфузории, зеленые водоросли). Эритроциты млекопитающих развиваются из клеток-предшественников, содержащих ядро, но зрелые эритроциты утрачивают его и живут недолго. Не имеют оформленного ядра бактерии и синезеленые водоросли.

Ядро окружено двойной мембраной, пронизанной порами, посредством которых оно тесно связано с каналами эндоплазматической сети и цитоплазмой. Внутри ядра находится хроматин — спирализованные участки хромосом. В период деления клетки они превращаются в палочковидные структуры, хорошо различимые в световой микроскоп. Хромосомы — это сложный комплекс белков с ДНК, называемый *нуклеопротеидом*.

Функции ядра состоят в регуляции всех жизненных отправлений клетки, которую оно осуществляет при помощи ДНК и РНК — материальных носителей наследственной информации. В ходе подготовки к делению клетки ДНК удваивается, в процессе митоза хромосомы

расходятся и передаются дочерним клеткам, обеспечивая преемственность наследственной информации у каждого вида организмов.

**Ядрышко** — обособленная, наиболее плотная часть ядра. В состав ядрышка входят сложные белки и РНК, свободные или связанные фосфаты калия, магния, кальция, железа, цинка, а также рибосомы. Ядрышко исчезает перед началом деления клетки и вновь формируется в последней фазе деления.

Таким образом, клетка обладает тонкой и весьма сложной организацией. Обширная сеть цитоплазматических мембран и мембранный принцип строения органоидов позволяют разграничить множество одновременно протекающих в клетке химических реакций. Каждое из внутриклеточных образований имеет свою структуру и специфическую функцию, но только при их взаимодействии возможна гармоничная жизнедеятельность клетки. На основе такого взаимодействия вещества из окружающей среды поступают в клетку, а отработанные продукты выводятся из нее во внешнюю среду — так совершается обмен веществ. Совершенство структурной организации клетки могло возникнуть только в результате длительной биологической эволюции, в процессе которой выполняемые ею функции постепенно усложнялись.

Простейшие одноклеточные формы представляют собой и клетку, и организм со всеми его жизненными проявлениями. В многоклеточных организмах клетки образуют однородные группы — ткани. В свою очередь ткани формируют органы, системы, и их функции определяются общей жизнедеятельностью целостного организма.

Помимо организмов с типичной клеточной организацией (*эукариотические клетки*) существуют относительно простые, доядерные, или *прокариотические, клетки* — бактерии и синезеленые водоросли, у которых отсутствуют оформленное ядро, окруженное ядерной мембраной, и высокоспециализированные внутриклеточные органоиды. Особую форму организации живого представляют *вирусы* и *бактериофаги (фаги)*. Их строение крайне упрощено: они состоят из ДНК (либо РНК) и белкового футляра. Свои функции обмена веществ и размножения вирусы и фаги осуществляют только внутри клеток другого организма: вирусы — внутри клеток растений и животных, фаги — в бактериальных клетках как паразиты на генетическом уровне. Перечисленные низшие формы жизни имеют важное значение в круговороте веществ

в природе, а также как возбудители болезней человека, животных и растений (оспа, корь, бешенство, ящур, мозаичная болезнь табака и др.).

### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ

Растительные и животные клетки, обладая общностью строения, сходны и по химическому составу. Это свидетельствует о материальном единстве и общности происхождения растительного и животного мира.

В клетках обнаружено около 90 элементов периодической системы Д. И. Менделеева. Больше всего в них кислорода — 70%, углерода — 18, водорода — 10, азота — до 3%. Десятые доли процента составляет содержание железа, калия, серы, фосфора, хлора, магния, натрия; еще меньше — цинка, меди, йода, фтора, брома, никеля, серебра, молибдена и др.

**Неорганические соединения.** Изучение химического состава клеток показывает, что в живых организмах нет никаких особых химических элементов, свойственных только им: именно в этом проявляется единство химического состава живой и неживой природы.

Велика роль химических элементов в клетке: N и S входят в состав белков, P — в ДНК и РНК, Mg — в состав многих ферментов и молекулу хлорофилла, Cu — компонент многих окислительных ферментов, Zn — гормона поджелудочной железы, Fe — молекулы гемоглобина, I — гормона тироксина и т. д. Наиболее важны для клетки анионы  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  и катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ .

Содержание катионов и анионов в клетке отличается от их концентрации в среде, окружающей клетку, вследствие активной регуляции переноса веществ мембраной. Так обеспечивается постоянство химического состава живой клетки. С гибелью клетки концентрация веществ в среде и в цитоплазме выравнивается. Из неорганических соединений важное значение имеют вода, минеральные соли, кислоты, основания.

**Вода** в функционирующей клетке занимает до 80% ее объема и находится в ней в двух формах: свободной и связанной. Молекулы связанной воды прочно соединены с белками и образуют вокруг них водные оболочки, изолирующие белки друг от друга. Полярность молекул воды, способность образовывать водородные связи объясняет ее высокую удельную теплоемкость. След-

ствие этого в живых системах предотвращаются резкие колебания температуры, происходит распределение и отдача тепла в клетке. Благодаря связанной воде клетка способна выдерживать низкие температуры. Ее содержание в клетке составляет примерно 5%, и 95% приходится на свободную воду. Последняя растворяет многие вещества, вовлекаемые клеткой в обмен.

В высокоактивных клетках, например в ткани головного мозга, на долю воды приходится около 85%, а в мышцах — более 70%; в менее активных клетках, например в жировой ткани, вода составляет около 40% ее массы. В живых организмах вода не только растворяет многие вещества; с ее участием происходят реакции гидролиза — расщепления органических соединений до промежуточных и конечных веществ.

Из органических соединений в клетке содержатся белки, углеводы, жиры, нуклеиновые кислоты, жироподобные вещества (липоиды) и др. Таким образом, отличия живого от неживого в химическом отношении проявляются уже на молекулярном уровне.

**Белки.** Из всех органических веществ в клетке ведущая роль принадлежит белкам. Белки — это полимеры, их составными единицами (мономерами) являются аминокислоты. На долю белков в клетке приходится 50–80% сухой массы. Молекулярная масса белков огромна; например, у белка яйца — яичного альбумина — она составляет 36 000, у гемоглобина — 65 000, у сократительного белка мышц (актомиозин) — 1 500 000, в то время как у молекул глюкозы она равна 180.

Любая аминокислота состоит из карбоксила (COOH), аминогруппы (NH<sub>2</sub>) и радикала (R). Различаются они только радикалами, которые крайне разнообразны по структуре. Аминогруппа придает аминокислоте щелочные свойства, карбоксил — кислотные; этим определяются амфотерные свойства аминокислот. Каждая аминокислота может соединиться с другой посредством пептидных связей (—CO—NH—). В этом случае от аминогруппы одной аминокислоты отделяется ион H<sup>+</sup>, а от карбоксила другой — радикал OH с образованием молекулы воды. Соединение, возникающее из двух и большего числа аминокислотных остатков, называется *полипептидом*. В нем между мономерами существуют самые прочные ковалентные связи. Таким образом, природный белок состоит из нескольких десятков или сотен аминокислот, структура же белковой молекулы зависит от вида

аминокислот, их количества и порядка расположения в полипептидной цепи.

Последовательность аминокислот в полипептидной цепи определяет *первичную структуру* молекулы белка, от которой в свою очередь зависят последующие уровни пространственной организации и биологические свойства белка. Следующий уровень организации белка — *вторичная структура*. Она имеет вид спирали. Между изгибами спирали возникают водородные связи, которые слабее ковалентных, но, повторенные многократно, создают довольно прочное сцепление. Витки спирали могут сворачиваться в клубочки, образуя более сложное разветвление, в котором отдельные звенья спирали соединяются более слабыми бисульфидными связями. В этих пунктах в радикалах аминокислот располагаются атомы серы, и соединение между ними создает бисульфидную связь:  $-S-S-$ . Так возникает *третичная структура* молекулы белка. Объединяясь в агрегаты, молекулы белка могут образовывать *четвертичную структуру*.

Под влиянием термических, химических и других факторов в белке нарушаются бисульфидные и водородные связи. Это приводит к нарушению сложной структуры — денатурации. При этом третичная структура переходит во вторичную и далее — в первичную. Если первичная структура не разрушается, то весь процесс оказывается обратимым, что имеет исключительно важное значение в восстановлении функциональных свойств белковой молекулы после повреждающих воздействий.

Биологическая роль белков в клетке и во всех жизненных процессах очень велика. На первом месте стоит их *каталитическая функция*. Поскольку многие внутриклеточные вещества в химическом отношении инертны и их концентрация в клетке незначительна, реакции в клетках должны бы протекать очень замедленно. Однако благодаря присутствию в клетке биокатализаторов реакции проходят исключительно быстро. Все биокатализаторы (они называются *ферментами* или *энзимами*) — вещества белковой природы. Каждую химическую реакцию обуславливает свой биокатализатор. Всевозможных реакций в цитоплазме клетки осуществляется очень много, столь же много и биокатализаторов, контролирующих ход этих реакций.

*Строительная функция* белков сводится к их участию в формировании всех клеточных органоидов и мембраны. Следующая функция белка — *сигнальная*. Иссле-

дования показывают, что факторы внешней и внутренней среды — температурные, химические, механические и другие — способны вызвать обратимые изменения структуры, а значит, и свойств белков. Их способность к обратимым изменениям структуры под влиянием раздражителей лежит в основе важного свойства живого — *раздражимости*. Восприятие любого раздражителя связано с изменением пространственной упаковки белковой молекулы.

*Сократительная функция* белка состоит в том, что все виды двигательных реакций клетки выполняются особыми сократительными белками (актин и миозин в мышцах высших животных, сократительные белки в жгутиках и ресничках простейших и др.). При этом, взаимодействуя с АТФ, белки разрушают ее, а сами укорачиваются, вызывая эффект движения.

*Транспортная функция* белков выражается в способности специфических белков крови обратимо соединяться с органическими и неорганическими веществами и доставлять их в разные органы и ткани. Так, гемоглобин соединяется с кислородом и диоксидом углерода. Сывороточный белок альбумин связывает и переносит вещества липидного характера, гормоны и др.

Белки выполняют и *защитную функцию*. В организме в ответ на проникновение в него чужеродных веществ вырабатываются антитела — особые белки, которые нейтрализуют, обезвреживают чужеродные белки.

Белки могут служить *источником энергии*. Расщепляясь в клетке до аминокислот и далее до конечных продуктов распада — диоксида углерода, воды и азотосодержащих веществ, они выделяют энергию, необходимую для многих жизненных процессов в клетке.

*Углеводы* встречаются как в животных, так и в растительных клетках, причем в последних их значительно больше — до 80% сухой массы. В живых клетках углеводы могут быть представлены простыми сахарами (моносахаридами), например глюкозой, фруктозой, и сложными соединениями (полисахаридами), такими, как крахмал, клетчатка, гликоген. Глюкоза и фруктоза хорошо растворимы в воде и встречаются в клетках плодов, которым придают сладкий вкус.

По числу атомов углерода простые углеводы делятся на две группы: пентозы (включают 5 атомов углерода), например рибоза, дезоксирибоза (в составе нуклеиновых кислот и АТФ), и гексозы (6 атомов углерода), например галактоза, глюкоза, фруктоза. Молекулы моносахаридов,

объединяясь друг с другом, образуют дисахариды, например сахарозу (состоит из глюкозы и фруктозы), лактозу (состоит из глюкозы и галактозы). Все они хорошо растворимы в воде. Более сложные полисахариды в воде нерастворимы и сладким вкусом не обладают: например, крахмал и клетчатка в растительных клетках, гликоген — в животных клетках.

Углеводы участвуют в построении ряда клеточных структур — клеточной стенки растений, а в сложном сочетании с белками входят в состав костей, хрящей, связок, сухожилий. Кроме того, углеводы служат источником энергии, которая расходуется на движение клеток, секрецию, синтез белков и любые другие формы деятельности клетки.

**Жиры** представляют собой соединение трехатомного спирта глицерина с жирными кислотами. Их содержание в клетках составляет 5—15% от сухой массы, а в некоторых клетках — до 90%. Наряду с жирами в клетках встречаются жироподобные вещества — *липоиды*, представляющие собой эфиры жирных кислот и спиртов, но не глицерина. Подобно жиру, они нерастворимы в воде и обычно присутствуют в клетке в соединении с белками, образуя с ними комплексы — *липопротеиды*. Жиры и жироподобные вещества содержатся в клеточных мембранах и ядре, входят в состав оболочек нервных волокон, регулируют поступление жирорастворимых веществ внутрь клетки и за ее пределы. Жиры служат источником воды, которая выделяется при их окислении. Они плохо проводят тепло и могут поэтому выполнять функцию теплоизоляции. Некоторые липоиды входят в состав гормонов половых желез и надпочечников, провитамина D, желтка яйцеклеток и др. Жиры — источник энергии.

**Нуклеиновые кислоты** — это высокомолекулярные органические соединения, имеющие первостепенное биологическое значение. Впервые они были обнаружены в ядре клеток (в конце XIX в.), отсюда и получили соответствующее название (нуклеус — ядро). Нуклеиновые кислоты хранят и передают наследственную информацию.

Существует два вида нуклеиновых кислот: *дезоксирибонуклеиновая* (ДНК) и *рибонуклеиновая кислота* (РНК). Основное местоположение ДНК — ядро клетки. ДНК обнаружена также в некоторых органоидах (пластиды, митохондрии, центриоли). РНК встречаются в ядрышках, в рибосомах и цитоплазме клеток.

Молекула ДНК состоит из двух спирально закру-

ченных друг возле друга нитей. Ее мономерами служат *нуклеотиды*. Каждый нуклеотид — химическое соединение, состоящее из трех веществ: азотистого основания, пятиатомного сахара дезоксирибозы и остатка фосфорной кислоты. Существуют четыре вида азотистых оснований: аденин (А), тимин (Т), гуанин (Г) и цитозин (Ц), которые в молекуле ДНК образуют четыре вида нуклеотидов: адениловый, тимидиловый, гуаниловый и цитидиловый.

Азотистые основания в молекуле ДНК соединены между собой неодинаковым количеством водородных связей. Аденин — тимин соответствуют друг другу по пространственной конфигурации и образуют две водородные связи. Точно так же соответствуют по своей конфигурации молекулы гуанина и цитозина, они соединяются тремя водородными связями. Способность к избирательному взаимодействию аденина с тимином, а гуанина с цитозином, основанная на особенностях расположения в пространстве атомов этих молекул, называется *комплементарностью* (*дополнительностью*). В полинуклеотидной цепочке соседние нуклеотиды связаны между собой через сахар (дезоксирибозу) и остаток фосфорной кислоты. В молекуле ДНК последовательно соединены многие тысячи нуклеотидов. Молекулярная масса этого соединения достигает десятков и сотен миллионов.

ДНК называют веществом наследственности. Биологическая наследственная информация зашифрована (закодирована) в молекулах ДНК с помощью химического кода. В клетках всех живых существ один и тот же код. В его основе лежит последовательность соединения в нитях ДНК четырех азотистых оснований: А, Т, Г, Ц. Различные комбинации трех смежных нуклеотидов образуют *триплеты*, называемые *кодонами*. Последовательность кодонов в нити ДНК в свою очередь определяет (кодирует) последовательность расположения аминокислот в полипептидной белковой цепи. Для каждой из 20 аминокислот, из которых клетки строят все без исключения белки данного организма, существует свой специфический кодон, причем соседние триплеты не перекрываются: в процессе считывания информации с молекулы ДНК азотистые основания одного кодона никогда не включаются в состав другого — считывается тройка тех нуклеотидов и в той последовательности, в какой они представлены в данном конкретном кодоне. Каждому триплету соответствует одна из 20 аминокислот.

Из четырех азотистых оснований (Г, Ц, А, Т) в каждый триплет входят только три в различном сочетании: Г—А—Т, Ц—Г—А, А—Ц—Т, Г—Ц—Г, Т—Ц—Т и т. д. Таких неповторяющихся сочетаний может быть  $4^3 = 64$ , а число аминокислот равно 20.

В результате некоторые аминокислоты кодируются несколькими триплетами. Эта *избыточность* кода имеет большое значение для повышения надежности передачи генетической информации. Например, аминокислоте аргинину соответствуют триплеты ГЦА, ГЦГ, ГЦТ, ГЦЦ. Понятно, что случайная замена третьего нуклеотида в этих триплетах никак не отразится на структуре синтезируемого белка. В приведенной ниже схеме условно показана последовательность пяти триплетов—кодонов на небольшом участке нити ДНК. Чередование отдельных нуклеотидов в одной нити ДНК может варьировать как угодно, но последовательность их в другой нити должна быть комплементарна ей, например:

1-я нить	ГАТ	ЦГА	АЦТ	ГЦГ	ТЦТ	и т. д.
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
2-я нить	ЦТА	ГЦТ	ТГА	ЦГЦ	АГА	и т. д.

Клетка обладает необходимым механизмом самоудвоения (ауторепродукции) *генетического кода*. Процесс самоудвоения идет поэтапно: вначале с помощью ферментов разрываются водородные связи между азотистыми основаниями. В результате этого одна нить ДНК отходит от другой, затем каждая из них синтезирует новую путем присоединения комплементарных нуклеотидов, находящихся в цитоплазме. Поскольку каждое из оснований в нуклеотидах может присоединить другое основание только комплементарное себе, то воспроизводится точная копия «материнской» молекулы ДНК (рис. 7). Иными словами, каждая нить ДНК служит матрицей, а ее удвоение называется *матричным синтезом*. Матричный синтез напоминает отливку на матрице монет, медалей, типографского шрифта и т. п., при котором затвердевшая отливка должна быть точной копией исходной формы. Поэтому в живых клетках в результате удвоения новые молекулы ДНК имеют ту же структуру, что и первоначальные: одна нить была исходной, а вторая собрана заново.

Так как новые молекулы ДНК имеют ту же структуру, что и исходные, в дочерних клетках сохраняется та

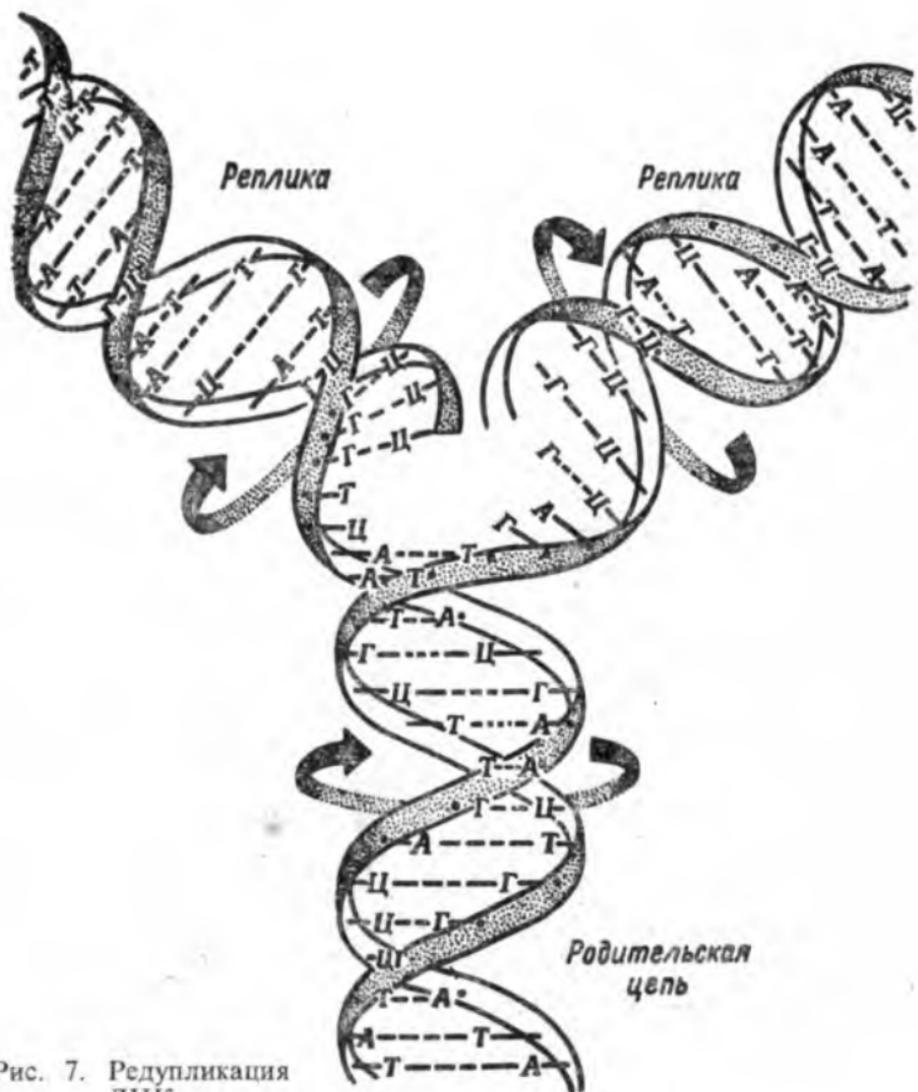


Рис. 7. Редупликация ДНК

же наследственная информация. Однако в случае перестановки или замены нуклеотидов на другие либо полного их выпадения в любом участке ДНК возникшее искажение будет в точности скопировано в дочерних молекулах ДНК. В этом и заключается *молекулярный механизм изменчивости*: любое искажение наследственной информации на участке ДНК в процессе самокопирования будет передаваться от клетки к клетке, из поколения в поколение.

Другое важное свойство молекул ДНК — способность синтезировать на отдельных участках разъединенных нитей рибонуклеиновые кислоты (рис. 8). Для этого используются ферменты (РНК-полимераза) и требуются за-

траты энергии. ДНК передает на нить РНК свой порядок чередования нуклеотидов по принципу матричного синтеза. Этот процесс называется *транскрипцией* (рис. 9). РНК — однонитевая молекула, она значительно короче ДНК. Каждый нуклеотид в ней состоит из пятиатомного сахара рибозы, остатков фосфорной кислоты и азотистого основания. Их здесь также четыре: аденин, гуанин, цитозин, но вместо тимина присутствует близкий ему по строению урацил (У), комплементарный аденину.

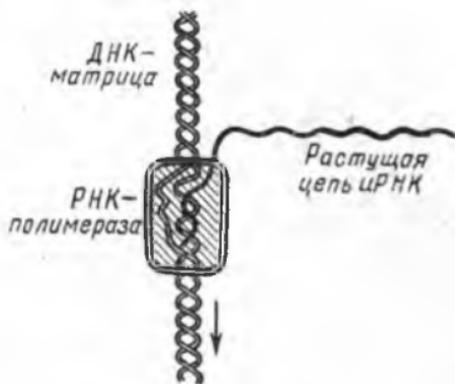


Рис. 8. Синтез информационной РНК. В месте синтеза иРНК цепи ДНК расходятся (расплетаются)

Выделяют РНК *информационную* (иРНК), *транспортную* (тРНК) и *рибосомную* (рРНК). При этом иРНК снимает информацию с участка молекулы ДНК и затем мигрирует к рибосомам, расположенным в цитоплазме клетки, а тРНК доставляет аминокислотные остатки к рибосомам. Нить тРНК короткая и состоит всего лишь из 70—80 нуклеотидов. Один из участков тРНК содержит триплет, к которому присоединяется одна из 20 аминокислот. Для каждой аминокислоты имеется своя тРНК. Присоединение аминокислоты активируется специфическим ферментом, благодаря чему тРНК «узнает» ту или иную аминокислоту. Второй участок тРНК имеет триплет, комплементарный одному из триплетов иРНК; этот триплет на тРНК называется *антикодоном*. В конечном счете аминокислота занимает свое место в полипептидной цепочке в соответствии с информацией на иРНК,

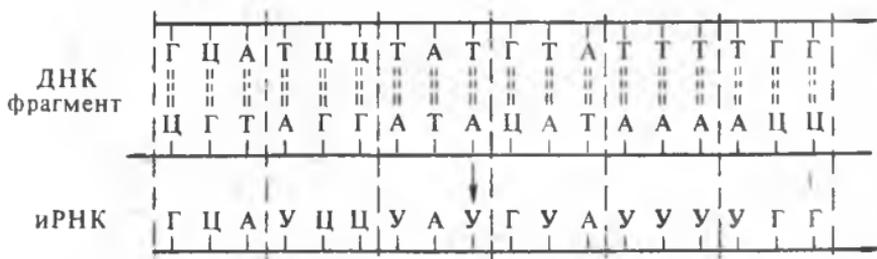


Рис. 9. Соотношение последовательности нуклеотидов в цепях ДНК и синтезируемой на ней иРНК

которая распознается благодаря комплементарности антикодона тРНК кодону иРНК.

рРНК входит в состав рибосом, образуя с белками рибосомные тельца, являющиеся местом синтеза белка. Она вступает также в связь с иРНК, и этот комплекс осуществляет синтез белка.

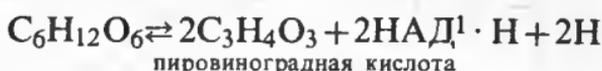
**Аденозинтрифосфорная кислота – АТФ** – обязательный энергетический компонент любой живой клетки. АТФ также нуклеотид, состоящий из азотистого основания аденина, сахара рибозы и трех остатков молекулы фосфорной кислоты. Это неустойчивая структура. В обменных процессах от нее последовательно отщепляются остатки фосфорной кислоты путем разрыва богатой энергией, но непрочной связи между вторым и третьим остатками фосфорной кислоты. Отрыв одной молекулы фосфорной кислоты сопровождается выделением около 40 кДж энергии. В этом случае АТФ переходит в аденозиндифосфорную кислоту (АДФ), а при дальнейшем отщеплении остатка фосфорной кислоты от АДФ образуется аденозинмонофосфорная кислота (АМФ).

Следовательно, АТФ – своеобразный аккумулятор энергии в клетке, который «разряжается» при ее расщеплении. Распад АТФ происходит в процессе реакций синтеза белков, жиров, углеводов и любых других жизненных функций клеток. Эти реакции идут с поглощением энергии, которая извлекается в ходе расщепления веществ.

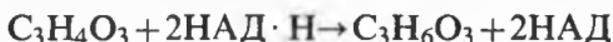
АТФ синтезируется в митохондриях в несколько этапов. Первый из них – *подготовительный* – протекает ступенчато, с вовлечением на каждой ступени специфических ферментов. При этом сложные органические соединения расщепляются до мономеров: белки – до аминокислот, углеводы – до глюкозы, нуклеиновые кислоты – до нуклеотидов и т. д. Разрыв связей в этих веществах сопровождается выделением небольшого количества энергии. Образовавшиеся мономеры под действием других ферментов могут претерпеть дальнейший распад с образованием более простых веществ вплоть до диоксида углерода и воды.

Второй этап энергетического обмена – *бескислородный*, или анаэробный, – можно показать на примере расщепления глюкозы, называемого гликолизом. Он характеризуется ступенчатостью, участием 13 различных ферментов и образованием большого числа промежуточных продуктов.

Суммарное выражение гликолиза:

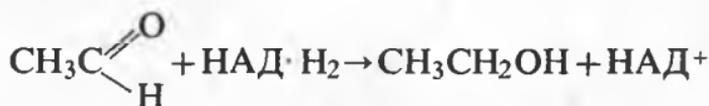
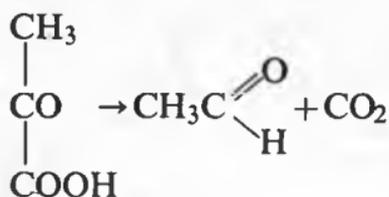


В мышечных клетках и у молочнокислых бактерий пировиноградная кислота восстанавливается в молочную кислоту:



В ходе расщепления выделяется около 200 кДж. Часть этой энергии (около 80 кДж) расходуется на синтез двух молекул АТФ, оставшиеся около 120 кДж рассеиваются в форме теплоты. Процесс этот малоэффективный. У растительных клеток и у некоторых дрожжевых грибов распад глюкозы идет путем спиртового брожения, представляющего собой окислительно-восстановительные реакции. В этом процессе также принимают участие фосфорная кислота и АДФ.

При спиртовом брожении пировиноградная кислота, образованная в процессе гликолиза, декарбоксилируется с образованием уксусного альдегида, а затем восстанавливается ферментами до этилового спирта:



Эти реакции не сопровождаются образованием АТФ, поэтому выход энергии (АТФ) здесь такой же, как и при гликолизе. Процесс брожения — источник энергии для анаэробных (бескислородных) организмов.

Последующее расщепление органических веществ до конечных продуктов — третий этап — протекает с участием кислорода и называется *кислородным* этапом энергетического обмена.

В результате ряда ферментных превращений пировиноградной кислоты аэробный этап завершается образованием  $CO_2$  и  $H_2$ , причем  $H_2$  окисляется до воды. Энергети-

<sup>1</sup> НАД — никотинамидадениндинуклеотид.

ческий эффект данного этапа очень велик: в результате ступенчатого распада промежуточных веществ до конечных продуктов выделяется около 2600 кДж энергии. За счет выделившейся энергии синтезируется 36 молекул АТФ.

Общий энергетический баланс в этих реакциях таков: на втором и третьем этапах расщепления глюкозы освобождается энергия 2800 кДж, из них на синтез 38 молекул АТФ ( $2 + 36 = 38$ ) расходуется 1520 кДж ( $80 + 1440$ ). Таким образом, 55% всей энергии, освобождаемой при расщеплении глюкозы, сберегается клеткой в форме АТФ, а 45% (1280 кДж) рассеивается в форме теплоты.

Все ферментативные реакции, связанные с синтезом органических веществ или с их расщеплением, являются звеньями единого процесса обмена веществ и энергий (ассимиляции и диссимиляции) и получили название «клеточного дыхания». Синтезированная в митохондриях АТФ по каналам эндоплазматической сети поступает во все части клетки, где расходуется на поддержание жизни клетки и всех ее проявлений (транспорт, биосинтез, секреция, движение, обмен веществ и др.).

#### СИНТЕЗ БЕЛКА В КЛЕТКЕ

Важнейшие функции организма — обмен веществ, рост, развитие, передача наследственности, движение и др. — осуществляются в результате множества химических реакций с участием белков, нуклеиновых кислот и других биологически активных веществ. При этом в клетках непрерывно синтезируются разнообразные соединения: строительные белки, белки-ферменты, гормоны. В ходе обмена эти вещества изнашиваются и разрушаются, а вместо них образуются новые. Поскольку белки создают материальную основу жизни и ускоряют все реакции обмена веществ, жизнедеятельность клетки и организма в целом определяется способностью клеток синтезировать специфические белки. Их первичная структура предопределена генетическим кодом в молекуле ДНК.

Молекулы белков состоят из десятков и сотен аминокислот (точнее, из аминокислотных остатков). Например, в молекуле гемоглобина их около 600, и они распределены в четыре полипептидные цепочки; в молекуле рибонуклеазы таких аминокислот 124 и т. д.

Главная роль в определении первичной структуры

белка принадлежит молекулам ДНК. Разные ее участки кодируют синтез разных белков, следовательно, одна молекула ДНК участвует в синтезе многих индивидуальных белков. Свойства белков зависят от последовательности аминокислот в полипептидной цепи. В свою очередь чередование аминокислот определяется последовательностью нуклеотидов в ДНК, и каждой аминокислоте соответствует определенный триплет. Экспериментально доказано, что, например, участок ДНК с триплетом ААЦ соответствует аминокислоте лейцину, триплет АЦЦ — триптофану, триплет АЦА — цистеину и т. д. Распределив молекулу ДНК на триплеты, можно представить, какие аминокислоты и в какой последовательности будут располагаться в молекуле белка. Совокупность триплетов составляет материальную основу генов, а каждый ген содержит информацию о структуре специфического белка (ген — это основная биологическая единица наследственности; в химическом отношении ген есть участок ДНК, включающий несколько сотен пар нуклеотидов).

Поскольку ДНК находится в ядре клетки, а синтез белка происходит в цитоплазме, существует посредник, передающий информацию с ДНК на рибосомы. Таким посредником служит и РНК, на которую нуклеотидная последовательность переписывается в точном соответствии с таковой на ДНК — по принципу комплементарности. Этот процесс получил название *транскрипции* и протекает как реакция матричного синтеза. Он характерен только для живых структур и лежит в основе важнейшего свойства живого — самовоспроизведения (см. рис. 7). Биосинтезу белка предшествует матричный синтез иРНК на нити ДНК. Возникшая при этом иРНК выходит из ядра клетки в цитоплазму, где на нее нанизываются рибосомы, сюда же с помощью тРНК доставляются аминокислоты.

Синтез белка — сложный многоступенчатый процесс, в котором участвуют ДНК, иРНК, тРНК, рибосомы (рис. 10), АТФ и разнообразные ферменты. Вначале аминокислоты в цитоплазме активируются с помощью ферментов и присоединяются к тРНК (к участку, где расположен нуклеотид ЦЦА). На следующем этапе идет соединение аминокислот в таком порядке, в каком чередование нуклеотидов с ДНК передано на иРНК. Этот этап называется *трансляцией*. На нити иРНК размещается не одна рибосома, а группа их — такой комплекс на-

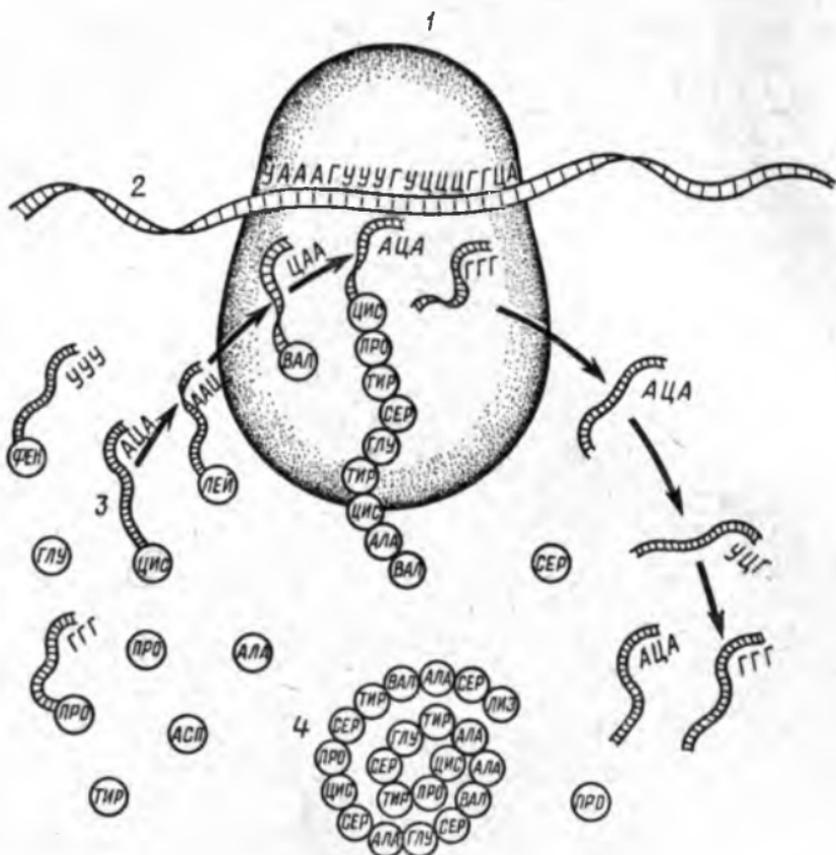


Рис. 10. Схема синтеза белка в рибосоме:  
 1-рибосома, 2-информационная РНК, 3-транспортные РНК с аминокислотами, 4-белок

зывается *полисомой* (число рибосом, входящих в полисому, определяется длиной молекулярной цепи иРНК). После установки первой аминокислоты рибосома продвигается на один триплет, а тРНК, оставив аминокислоту, мигрирует в цитоплазму, затем на цепь иРНК надвигается очередная рибосома. Из окружающей цитоплазмы к рибосомам непрерывным потоком подходят новые молекулы тРНК с аминокислотами и на основе иРНК в полисомах одна аминокислота связывается с другой, с нею — третья, и так триплет за триплетом по нити иРНК продвигаются рибосомы и звено за звеном растет полипептидная цепь белковой молекулы. Достигнув концевго участка иРНК, комплекс рибосом отделяется, и в цитоплазму выходит синтезированная молекула белка. В каждой рибосоме в составе полисомы идет синтез одних и тех же участков молекул белка, разница между ними заключается лишь в количестве собранных

аминокислот. Завершив один цикл, полисомы могут принять участие в синтезе новых молекул белка.

Отделившаяся от рибосомы молекула белка имеет вид нити, которая биологически неактивна. Биологически функциональной она становится после того, как молекула приобретает вторичную, третичную и четвертичную структуру, т. е. определенную пространственно специфическую конфигурацию. Вторичная и последующие структуры белковой молекулы предопределены в информации, заложенной в чередовании аминокислот, т. е. в первичной структуре белка. Иначе говоря, программа образования глобулы, ее уникальная конфигурация определяются первичной структурой молекулы, которая в свою очередь строится под контролем соответствующего гена.

Скорость синтеза белка обусловлена многими факторами: температурой среды, концентрацией водородных ионов, количеством конечного продукта синтеза, присутствием свободных аминокислот, ионов магния, состоянием рибосом и др.

#### ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ

Как видно из рис. 1, клетки многоклеточного организма чрезвычайно разнообразны по форме. Так же разнообразны они и по выполняемым функциям. В соответствии со специализацией клетки имеют разную продолжительность жизни. Например, нервные и мышечные клетки после завершения эмбрионального периода развития перестают делиться и функционируют на протяжении всей жизни организма. Клетки же других тканей — костного мозга, эпидермиса, эпителия тонкого кишечника — в процессе выполнения своей функции быстро погибают и замещаются новыми в результате непрерывного клеточного размножения.

Таким образом, жизненный цикл клеток обновляющихся тканей включает функционально активную деятельность и период деления. Деление клеток лежит в основе развития и роста организмов, их размножения, а также обеспечивает самообновление тканей на протяжении жизни организма и восстановление их целостности после повреждения.

Наиболее широко распространенная форма воспроизведения клеток у живых организмов — не прямое деление, или *митоз*. Для митоза характерны сложные преобразования ядра клетки, сопровождающиеся формированием

специфических структур — хромосом. Хромосомы постоянно присутствуют в клетке, но в период между двумя делениями — интерфазе — находятся в деспирализованном состоянии и потому не видны в световой микроскоп. В интерфазе осуществляется подготовка к митозу, заключающаяся главным образом в удвоении (редупликации) ДНК (см. рис. 7). Совокупность процессов, происходящих в период подготовки клетки к делению, а также на протяжении самого митоза, называется *митотическим циклом* (рис. 11, 12). На рисунке видно, что после завершения деления клетка может вступить в период подготовки к синтезу ДНК, обозначаемый символом  $G_1$ . В это время в клетке усиленно синтезируются РНК и белки, повышается активность ферментов, участвующих в синтезе ДНК. Затем клетка приступает к синтезу ДНК. Две спирали старой молекулы ДНК расходятся, и каждая становится матрицей для синтеза новых цепей ДНК (см. рис. 7). В результате каждая из двух дочерних молекул обязательно включает одну старую спираль и одну новую. Новая молекула абсолютно идентична старой. В этом заключается глубокий биологический смысл: таким путем в бесчисленных клеточных поколениях сохраняется преемственность генетической информации.

Продолжительность синтеза ДНК в разных клетках неодинакова и колеблется от нескольких минут у бактерий до 6—12 ч в клетках млекопитающих. После завершения синтеза ДНК — фазы *S* митотического цикла — клетка не сразу начинает делиться. Период от окончания синтеза ДНК и до начала митоза называется фазой  $G_2$ . В этот период клетка завершает подготовку к митозу: накапливается АТФ, синтезируются белки ахроматинового веретена, удваиваются центриоли.

Процесс собственно митотического деления клетки состоит из четырех фаз: профазы, метафазы, анафазы и телофазы (см. рис. 11).

В *профазе* увеличивается объем ядра и клетки в целом, клетка округляется, снижается или прекращается ее функциональная активность (например, амебоидное движение у простейших и у лейкоцитов высших животных). Часто исчезают специфические структуры клетки (реснички и др.). Центриоли попарно расходятся к полюсам, хромосомы спирализуются и вследствие этого утолщаются, становятся видимыми. Считывание генетической информации с молекул ДНК становится невозможным:

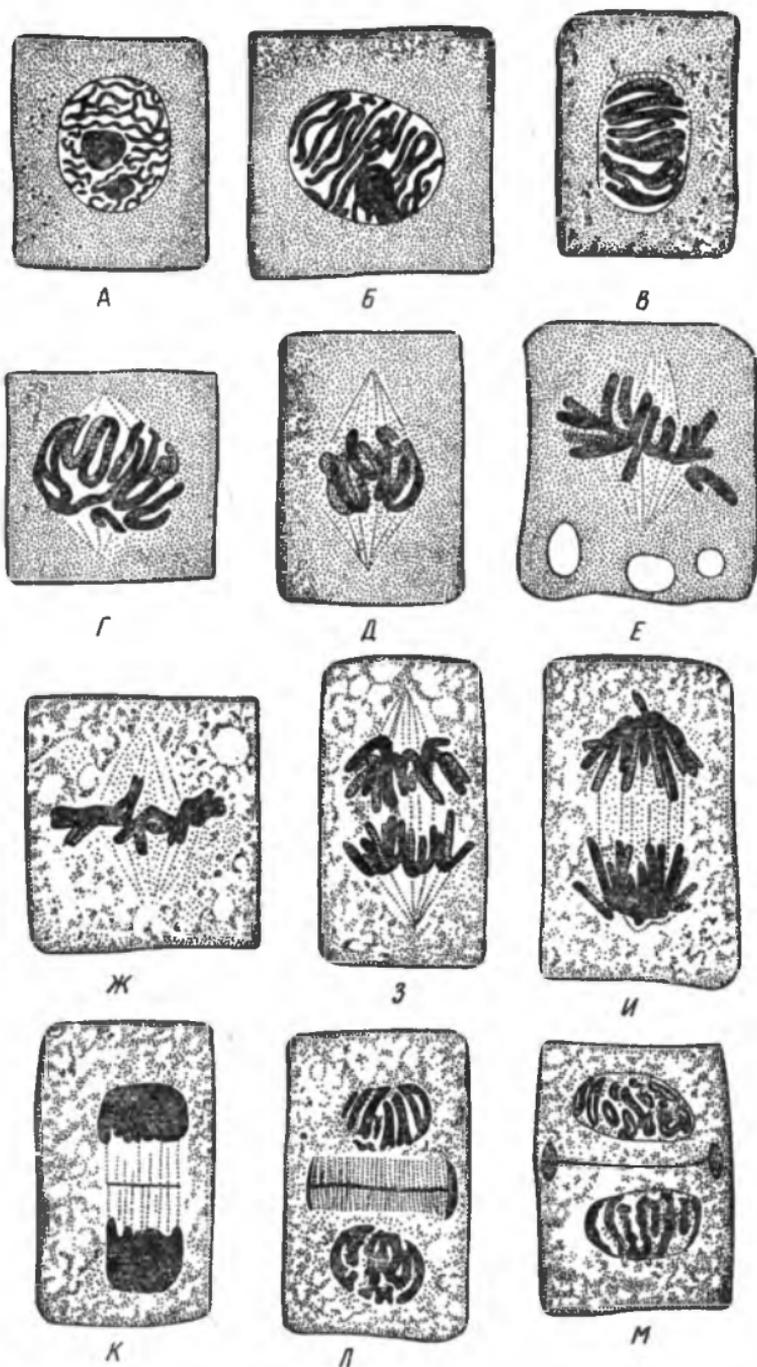


Рис. 11. Митоз растительной клетки. А — интерфаза; Б, В, Г, Д — профаза; Е, Ж — метафаза; З, И — анафаза; К, Л, М — гелофаза

синтез РНК прекращается, ядрышко исчезает. Между полюсами клетки протягиваются нити веретена деления — формируется аппарат, обеспечивающий расхождение хро-

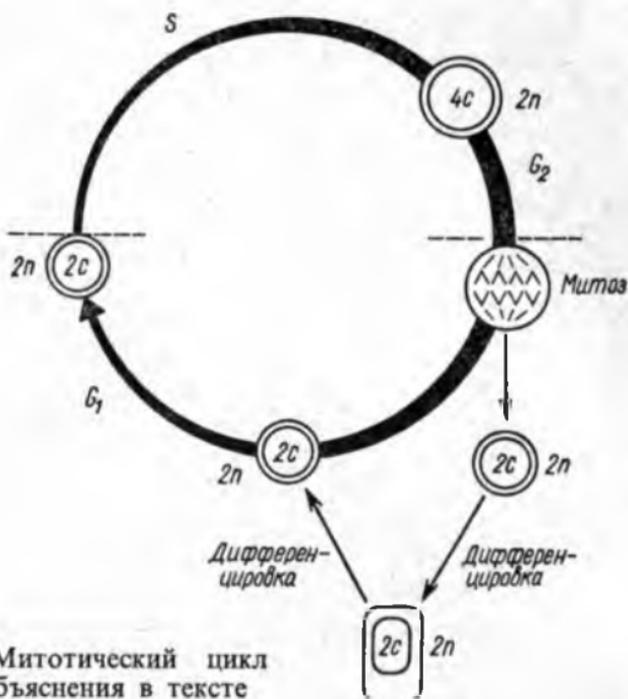


Рис. 12. Митотический цикл клетки. Объяснения в тексте

мосом к полюсам клетки. На протяжении всей профазы продолжается спирализация хромосом, которые становятся толстыми и короткими. В конце профазы ядерная оболочка распадается и хромосомы оказываются беспорядочно рассеянными в цитоплазме.

В *метафазе* спирализация хромосом достигает максимума, и укороченные хромосомы устремляются к экватору клетки, располагаясь на равном расстоянии от полюсов. Образуется экваториальная, или метафазная, пластинка. На этой стадии митоза отчетливо видна структура хромосом, их легко сосчитать и изучить их индивидуальные особенности.

В каждой хромосоме имеется область первичной перетяжки — центромера, к которой во время митоза присоединяются нить веретена деления и плечи. На стадии метафазы хромосома состоит из двух хроматид, соединенных между собой только в области центромеры.

Во всех соматических клетках любого организма содержится строго определенное число хромосом. У всех организмов, относящихся к одному виду, число хромосом в клетках одинаково: у домашней мухи — 12, у дрозофилы — 8, у кукурузы — 20, у земляники садовой — 56, у рака речного — 116, у человека — 46, у шимпанзе, таракана и перца — 48. Как видно, число хромосом не зави-

сит от высоты организации и не всегда указывает на филогенетическое родство. Число хромосом, таким образом, не служит видоспецифическим признаком. Но совокупность признаков хромосомного набора (кариотип) — форма, размеры и число хромосом — свойственна только одному какому-то виду растений или животных.

Число хромосом в соматических клетках всегда парное. Это объясняется тем, что в этих клетках находятся две одинаковые по форме и размерам хромосомы: одна происходит от отцовского, другая — от материнского организма. Хромосомы, одинаковые по форме и размерам и несущие одинаковые гены, называются гомологичными. Хромосомный набор соматической клетки, в котором каждая хромосома имеет себе пару, носит название *двойного*, или *диплоидного набора*, и обозначается  $2n$ . Количество ДНК, соответствующее диплоидному набору хромосом, обозначают как  $2c$ . В половые клетки из каждой пары гомологичных хромосом попадает только одна, поэтому хромосомный набор гамет называется *одинарным* или *гаплоидным*.

Изучение деталей строения хромосом метафазной пластинки имеет очень большое значение для диагностики заболеваний человека, обусловленных нарушениями строения хромосом.

В *анафазе* вязкость цитоплазмы уменьшается, центромеры разъединяются, и с этого момента хроматиды становятся самостоятельными хромосомами. Нити веретена деления, прикрепленные к центромерам, тянут хромосомы к полюсам клетки, а плечи хромосом при этом пассивно следуют за центромерой. Таким образом, в анафазе хроматиды удвоенных еще в интерфазе хромосом точно расходятся к полюсам клетки. В этот момент в клетке находятся два диплоидных набора хромосом ( $4n4c$ ).

В заключительной стадии — *телофазе* — хромосомы раскручиваются, деспирализуются. Из мембранных структур цитоплазмы образуется ядерная оболочка. У животных клетка делится на две меньших размеров путем образования перетяжки. У растений цитоплазматическая мембрана возникает в середине клетки и распространяется к периферии, разделяя клетку пополам. После образования поперечной цитоплазматической мембраны у растительных клеток появляется целлюлозная стенка. Так из одной клетки формируются две дочерние, в которых наследственная информация точно копи-

рует информацию, содержащуюся в материнской клетке. Начиная с первого митотического деления оплодотворенной яйцеклетки (зиготы) все дочерние клетки, образовавшиеся в результате митоза, содержат одинаковый набор хромосом и одни и те же гены. Следовательно, митоз — это способ деления клеток, заключающийся в точном распределении генетического материала между дочерними клетками.

В результате митоза обе дочерние клетки получают диплоидный набор хромосом.

Митоз тормозится высокой температурой, высокими дозами ионизирующей радиации, действием растительных ядов. Один из таких ядов — колхицин — применяют в цитогенетике: с его помощью можно остановить митоз на стадии метафазной пластинки, что позволяет подсчитать число хромосом и дать каждой из них индивидуальную характеристику, т. е. провести кариотипирование.

## РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

Свойство организмов воспроизводить себе подобных, обеспечивающее непрерывность жизни, называется **размножением**. Размножение бывает бесполом и половым. В *бесполом размножении* участвует только одна исходная особь. В этом случае организм может развиваться из одной клетки, а возникшие потомки по своим наследственным признакам идентичны материнскому организму. Бесполое размножение широко распространено среди растений и значительно реже встречается у животных. У одноклеточных оно происходит путем деления материнской клетки пополам (бактерии, эвглены, амебы, инфузории); у дрожжевых грибов — путем почкования, у малярийного плазмодия — множественным делением, при котором клетка сразу распадается на большое число особей; у грибов, водорослей, мхов и папоротникообразных — путем формирования спор и зооспор, причем споры у них образуются в специальных органах — спорангиях и зооспорангиях.

Формой бесполого размножения служит *вегетативное размножение*, которое осуществляется путем отделения участков слоевища (у водорослей, грибов, лишайников); с помощью корневища (у папоротникообразных и цветковых); участками стебля (усы у земляники, черники, у плодовых кустарников, отводки у крыжовника, вино-

града); корнями (корневые отпрыски у малины); листьями (у бегонии). В процессе эволюции у растений образовались специальные органы вегетативного размножения: видоизмененные побеги (луковица, клубень картофеля), видоизмененные корни — корнеплоды (свекла, морковь) и корневые клубни (георгины). Вегетативное размножение у низших многоклеточных животных происходит путем почкования (у губок и кишечнополостных) или делением тела на два или несколько участков (у кольчатых червей).

*Половое размножение* существует почти у всех растений и животных. Оно связано с образованием высокоспециализированных половых клеток — гамет: женских — яйцеклеток и мужских — сперматозоидов. Созревшие половые клетки при слиянии образуют зиготу, из которой развивается новый дочерний организм. По достижении половой зрелости новый организм в свою очередь производит гаметы, которые дают начало следующим потомкам. Так осуществляется преемственность поколений.

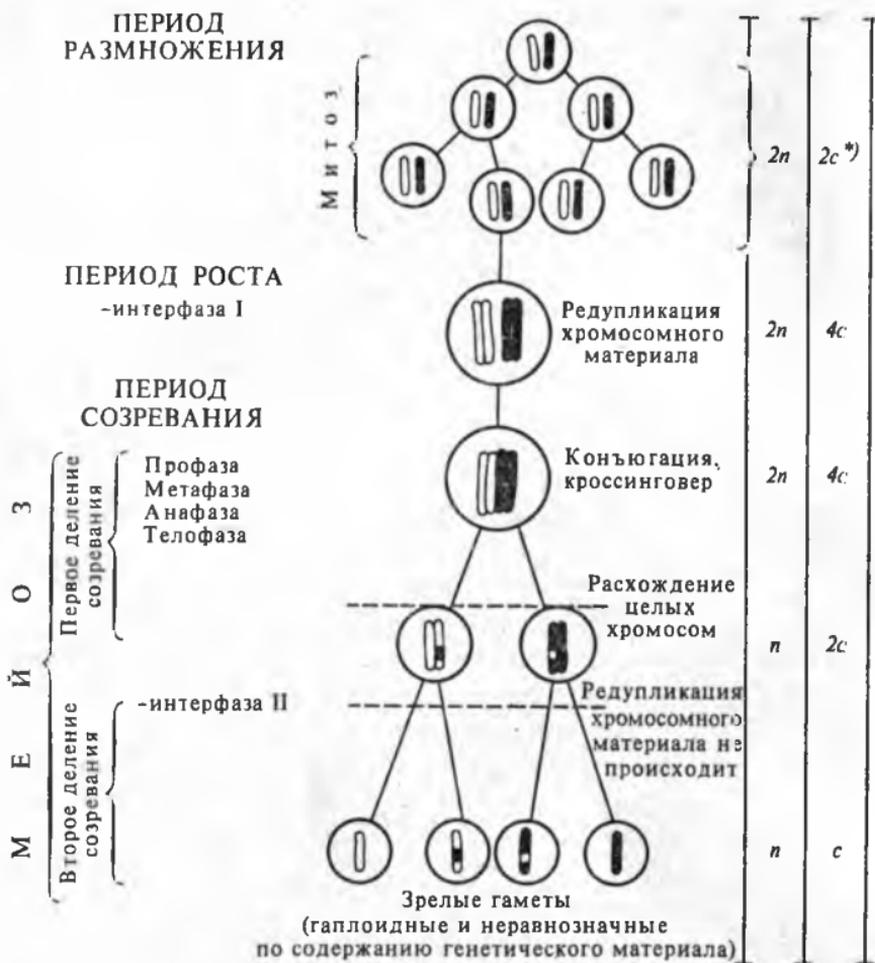
Гаметы формируются из диплоидных клеток путем специального типа клеточного деления — *мейоза*, в результате которого в клетках исходное число хромосом уменьшается вдвое (из диплоидного становится гаплоидным) (рис. 13).

Несмотря на принципиальное сходство гаметогенеза у самых различных видов организмов, конкретные формы мейоза чрезвычайно разнообразны.

Мужские гаметы созревают в мужских половых железах — семенниках; этот процесс называется *сперматогенезом*. Женские гаметы созревают в яичниках в процессе *овогенеза*. В половых железах различают: зону размножения, зону роста и зону созревания; в зоне созревания гаметы окончательно формируются путем мейоза.

Мейоз происходит в результате двух последовательных делений родоначальной диплоидной клетки (рис. 13). Каждое из них включает четыре фазы. Все фазы первого мейотического деления обозначают цифрой I, а все фазы второго деления — цифрой II. Перед профазой I в клетках удваивается ДНК и в мейоз клетки вступают с хромосомным набором  $2n4c$ .

В *профазе I* хромосомы вначале имеют вид тонких нитей, а затем утолщаются. Гомологичные хромосомы сближаются, в пунктах касания они перекрещиваются и обмениваются гомологичными участками (рис. 14) — этот процесс называется *кроссинговером* (и представляет



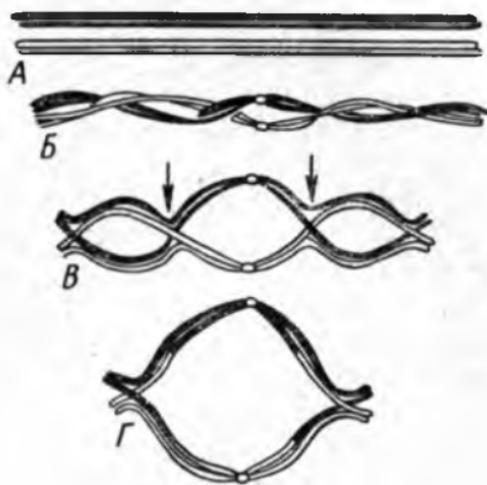
\*)  $n$ —число хромосом  
 $c$ —количество хромосомного материала

Рис. 13. Схема образования половых клеток. Объяснения в тексте

один из источников генотипической комбинативной изменчивости). Каждая хромосома в результате самоудвоения состоит из двух хроматид и называется *унивалентой*, а после сближения двух гомологичных хромосом (двух унивалент) образуются *тетрады* (*биваленты*). Как и в профазе митоза, в клетке в этот период формируется веретено деления, центриоли отходят к полюсам, оболочка ядра распадается, а тетрады движутся к центру клетки.

В *метафазе I* тетрады выстраиваются в плоскости экватора, гомологичные хромосомы в области центромер отходят друг от друга, оставаясь соединенными в области плеч. Нити веретена прикрепляются к центромерам

Рис. 14. Схема кроссинговера в профазе мейоза. *А* — две гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид; *Б* — гомологичные хромосомы сплелись друг с другом; *В* — начинают проявляться силы отталкивания — каждая хромосома рашепляется на хроматиды, хромосомы разъединяются в области центромер и расходятся, оставаясь соединенными в некоторых точках (на рисунке — в четырех) в области плеч (точки, где возможен кроссинговер, показаны стрелками); *Г* — хроматиды обменялись участками



гомологичных хромосом. Клетка вступает в третью фазу — *анафазу I*, во время которой нити веретена увлекают униваленты к противоположным полюсам. При этом одна из двух гомологичных хромосом случайно оказывается на одном полюсе, вторая — на другом. Именно в этот период происходит уменьшение вдвое (редукция) числа хромосом и их случайное перераспределение в будущих гаметах. В заключительной фазе клетка вступает в *телофазу I*. Таким образом, в итоге мейоза образуются две клетки, содержащие лишь по одной из двух гомологичных хромосом, каждая из которых состоит из двух хроматид. Хромосомы в результате кроссинговера обмениваются своими участками и несут, таким образом, перекомбинированный наследственный материал. Телофаза I длится недолго, и клетка переходит в интерфазу (краткую по времени), после которой наступает второе мейотическое деление. Во время интерфазы в отличие от митоза в клетках не происходит синтеза ДНК.

В *профазе II* по периферии ядра располагаются нитевидные хромосомы — униваленты, образуется веретено деления, хромосомы приближаются к плоскости экватора и клетка вступает в *метафазу II*. В *анафазе II* хроматиды расходятся и увлекаются нитями веретена от плоскости экватора к противоположным полюсам. Вслед за этим наступает *телофаза II*, во время которой хромосомы истончаются, образуя нити, и у полюсов формируются ядра дочерних клеток. В итоге из двух клеток мейоза I в телофазе мейоза II образуются четыре дочер-

ние зрелые гаметы, каждая из которых несет гаплоидное число хромосом. Описанный процесс типичен для формирования мужских гамет. Образование женских половых клеток идет аналогично, но при овогенезе развивается лишь одна зрелая яйцеклетка, а три мелких редуцированных тельца впоследствии отмирают.

*Биологическое значение мейоза* состоит в том, что: 1) образуются хромосомы обновленного генетического состава благодаря кроссинговеру между гомологичными хромосомами; 2) достигается наследственная разнородность гамет, так как во время первого мейотического деления из пары гомологичных хромосом в одну из двух гамет отходит материнская хромосома, в другую — отцовская; 3) после оплодотворения гаплоидные гаметы (1n1c) от отца и матери создают диплоидное ядро зиготы с числом хромосом, присущим данному виду.

Процессы сперматогенеза и овогенеза в принципе сходны, но между ними имеются и различия. В результате сперматогенеза образуется четыре сперматозоида, а овогенез завершается образованием одной яйцеклетки. Это обусловлено тем, что при первом и втором делениях созревания яйцеклетки не делятся пополам, а отделяют маленькие направительные, или редуцированные, тельца. Направительные тельца несут полноценные хромосомные наборы, но практически лишены цитоплазмы и вскоре погибают. Биологический смысл образования этих телец заключается в необходимости сохранения в цитоплазме яйцеклетки максимального количества желтка, потребного для развития будущего зародыша.

*Яйцеклетка* имеет оболочку и цитоплазму с запасом питательного вещества — желтком. Его количество зависит от того, где будет в дальнейшем развиваться зигота. У млекопитающих и человека зародыш развивается в матке, и питательные вещества он получает от материнского организма через плаценту, поэтому их яйцеклетки бедны желтком. У рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц и моллюсков зародыш развивается вне тела матери, поэтому в яйцеклетке желтка много, и он сконцентрирован на одном из полюсов яйца — вегетативном. Яйцеклетка не имеет органоидов движения.

*Сперматозоиды* имеют малые размеры и состоят из головки, шейки, хвостовой части. Ядро и небольшой слой цитоплазмы сконцентрированы в головке, в цитоплазме шейки находятся центросома, АТФ. Хвостовая часть служит для передвижения. Мужские половые клет-

ки, лишённые хвостовой части, называются спермиями. Они характерны только для покрытосеменных растений.

Созревшие половые клетки способны к оплодотворению, которое состоит в слиянии мужской и женской гамет с образованием диплоидной зиготы; каждая пара хромосом в ней представлена одной отцовской и другой материнской. Сущность оплодотворения заключается в восстановлении диплоидного набора хромосом и в объединении наследственного материала обоих родителей, в результате чего потомство, соединяющее в себе полезные признаки отца и матери, более жизнеспособно.

Особенность оплодотворения у цветковых растений в отличие от животных состоит в том, что в нем участвует не один, а два спермия, в связи с чем оно получило название *двойного оплодотворения* (подробнее см. с. 100). Одна из форм полового процесса — конъюгация (инфузория). При этом две особи сближаются, образуют цитоплазматический мостик и через него обмениваются наследственным материалом. Количество особей при этом не увеличивается, но организмы-партнеры расходятся качественно обновленными. Их обновленный генетический материал передается затем потомству при бесполом размножении. Другая форма полового процесса — *копуляция*: слияние в одну двух равных (либо неравных) по размерам клеток (свободноживущие одноклеточные и колониальные жгутиковые). У некоторых животных организмов (плоские черви, членистоногие) яйцеклетки могут развиваться без оплодотворения. Такой вид размножения называют *партеногенетическим*.

В природе широко распространено размножение с *чередованием полового и бесполого поколений* у растений и некоторых животных (кишечнополостные). Этот тип размножения изложен в разделе «Ботаника» на примере папоротникообразных и в разделе «Зоология» на примере сцифоидных медуз.

## ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

Индивидуальное развитие животных включает два периода: эмбриональный и постэмбриональный. *Эмбриональное развитие* начинается с дробления образовавшейся после оплодотворения зиготы, которое осуществляется путем митоза с сохранением диплоидного набора хромосом. Дробление зиготы сопровождается образованием бластомеров, которые не растут (отсюда его назва-

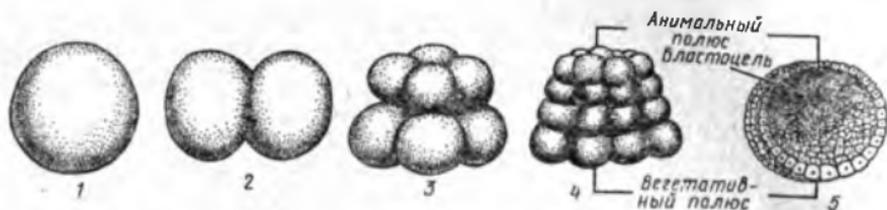


Рис. 15. Дробление и образование бластулы у ланцетника: 1- зигота, 2-4- стадии дробления, 5- бластула в разрезе

ние — дробление) и в дальнейшем становятся все меньше. Дробление оплодотворенной яйцеклетки может происходить по-разному.

Яйцо ланцетника дробится полностью и имеет равные по размеру бластомеры. Такой тип дробления называется *полным, равномерным*. У рыб, земноводных и некоторых других животных дробление также полное, но *неравномерное*: бластомеры на вегетативном полюсе (где сконцентрирован желток) более крупные, чем на противоположном анимальном полюсе (где располагается ядро в окружении цитоплазмы) (рис. 15, 16).

Третий тип дробления характерен для яйцеклеток птиц, рептилий, у которых желтка много, и называется *дискоидальным*. Здесь в дробление вовлекается только ядро и тонкий участок цитоплазмы, в результате образуется зародышевый диск (желток яйца при этом не дробится). У яиц членистоногих (желток сосредоточен в центре яйцеклетки) дробление *поверхностное* — бластомеры располагаются по периферии яйца, где узкой полоской залегает цитоплазма, покрывающая желток.

При полном дроблении (например, у ланцетника на

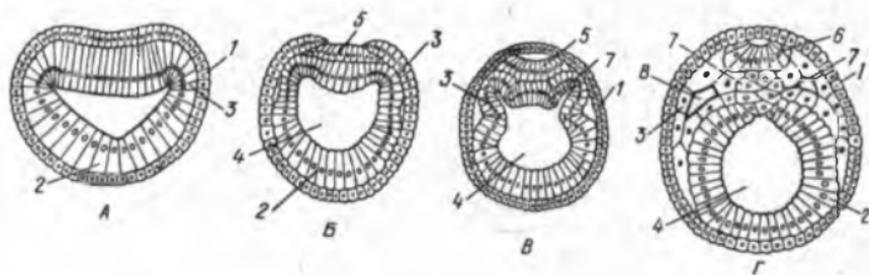


Рис. 16. Гастрюляция и образование комплекса осевых органов у ланцетника (поперечный разрез). А, Б, В — стадии гастрюлы; Г — формирование зачатков осевых органов — нервной трубки, хорды, кишечной трубки:

1 — эктодерма, 2 — энтодерма, 3 — зачаток мезодермы, 4 — полость кишки, 5 — нервная пластинка, 6 — нервная трубка, 7 — хорда, 8 — полость тела

стадии 32 бластомеров) зародыш имеет вид тутовой ягоды и называется *морулой*. Приблизительно на стадии 64 бластомеров в нем формируется полость, а бластомеры располагаются в один слой, образуя стенку зародыша. Эта стадия зародыша называется *бластулой*. Вскоре начинается процесс возникновения двухслойного зародыша — *гастроуляция*. При этом имеют место перемещение и дифференцировка клеток.

Существует несколько способов гастроуляции. Первый — *иммиграция* — наблюдается у кишечнополостных: после образования бластулы некоторые клетки стенки тела зародыша иммигрируют в глубь полости и постепенно заполняют ее. Потом они примыкают изнутри к наружному слою клеток и возникает двухслойный зародыш — *гаструла*. Гастроуляция у ланцетника и некоторых других животных протекает путем *инвагинации*. Вслед за образованием бластулы весь вегетативный полюс впячивается внутрь, прилегает к анимальному полюсу, и зародыш становится двухслойным: наружный зародышевый листок называется *эктодермой*, внутренний — *энтодермой*. Эта стадия зародыша имеет первичный рот — бластопор, ведущий в первичную кишку. Двухслойные животные — губки и кишечнополостные — на этом заканчивают свое зародышевое развитие. В последующем клетки их эктодермы и энтодермы дифференцируются и возникает несколько клеточных типов.

У амфибий гаструла образуется по-другому: более мелкие бластомеры со стороны анимального полюса наползают поверх крупных бластомеров вегетативного полюса, так что двухслойный зародыш получается путем *обрастания* мелкими бластомерами крупных. У членистоногих бластомеры в ходе дробления отделяют от себя дочерние клетки внутрь полости, где они образуют второй слой зародыша — энтодерму. Этот способ возникновения гаструлы называется *расщеплением*. Различные способы формирования двухслойного зародыша у разных видов животных обусловлены количеством и характером распределения желтка в яйце. Однако строго обособленных типов гастроуляции не наблюдается, их подразделение условно.

Начиная с плоских червей в эволюции животного мира наступило крупное усложнение: в зародыше закладывается третий зародышевый листок — *мезодерма*. У хордовых это происходит путем отшнуровывания от энтодермы мезодермальных карманов, которые вырастают

между первым и вторым зародышевыми листками, формируя вторичную полость тела.

По завершении закладки зародышевых листков из их клеток начинается сложный процесс развития органов — *органогенез*. У хордовых вскоре после гаструляции небольшой участок спинной эктодермы в виде пластинки погружается в глубь зародыша, прогибается и образует нервную трубку с полостью внутри, заполненной жидкостью. Из клеток эктодермы развиваются кожные покровы с их производными (волосы, ногти, перья, копыта) и органы чувств. Из верхней части энтодермы образуется хорда, из нижней части — эпителий, выстилающий средние отделы кишечника, пищеварительные железы и органы дыхания. Из эктодермы, расположенной над хордой, развивается нервная трубка. Из мезодермы образуются мышцы, скелет, кровеносная система, половые железы, органы выделения и собственно кожа — дерма.

Эмбриональное развитие животных происходит или в материнском организме, или во внешней среде. После выхода из яйца или рождения начинается *постэмбриональное развитие*. Оно может быть либо прямым, либо непрямым (с метаморфозом). При прямом развитии организм, вышедший из яйца или рождающийся, сходен со взрослым (пауки, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие). У организмов с малым содержанием желтка в яйце не прямое развитие сопровождается образованием личиночной стадии. При этом у насекомых появившаяся из зародыша личинка многократно линяет и формирует куколку, а затем превращается во взрослый организм, теряя личиночные органы и приобретая органы взрослой особи. У некоторых насекомых и клещей вместо куколки развивается нимфа, а у амфибий личинка сразу преобразуется во взрослую форму. Личиночная стадия служит для накопления клеточного материала, используемого при формировании органов взрослого организма, а также для расселения вида в пространстве.

Вопрос о том, как из одной оплодотворенной яйцеклетки возникает множество специализированных типов клеток взрослого организма, различных по форме, строению, функциям и химическим особенностям, окончательно не выяснен. Молекулярная генетика рассматривает специализацию клеток в процессе развития как реализацию генетической информации развивающегося организма, как выражение регуляции синтеза белков. Клетки-близнецы, возникшие из зиготы, на определенных этапах

эмбрионального развития начинают синтезировать разные белки, придающие разнокачественность клеткам и тканям. Следовательно, активность одних и тех же генов в различных клетках на разных стадиях неодинакова. Существуют «работающие» и «молчащие» гены, и в тех пунктах, где участки ДНК активны, начинается синтез иРНК, а затем синтез определенных белков—строительных и функциональных, в результате чего клетки специализируются. Но вопрос о том, почему одни гены активны, а другие «молчат», остается открытым. Экспериментальные данные показывают, что активаторами тех или иных участков хромосом могут быть гормоны, нейросекреты. По аналогии с этим полагают, что и продукты, выделяемые эмбриональными клетками (их называют индукторами), вызывают активацию определенных генов и преобразование соседних тканей, которые в свою очередь, выделяя индукторы, стимулируют формирование других групп тканей и органов, т. е. имеет место *координация обмена веществ* развивающегося зародыша, смена форм обмена: *одни зачатки* (группа клеток) *вливают на направление развития других.*

В культуре тканей разобщенные клетки эктодермы в обычной питательной среде «узнают» друг друга и вновь объединяются, образуя многослойный плоский эпителий. Но в присутствии витамина А те же разобщенные клетки, воссоединяясь, образуют не плоский, а цилиндрический эпителий и бокаловидные клетки, которые выделяют слизь: здесь витамин А резко меняет направление дифференцировки клеток. Вероятно, аналогично действуют и другие биологически активные вещества, последовательно возникающие по мере формирования отдельных тканей и органов развивающегося зародыша.

Дифференцировка клеток в эмбриональном развитии обусловлена последовательной активацией различных групп генов в разных тканях. Поэтому, хотя во всех клетках организма все гены одинаковы, клетки имеют неодинаковые признаки.

## РАЗДРАЖИМОСТЬ И ДВИЖЕНИЕ КЛЕТОК

Под раздражимостью и возбудимостью понимают присущую всему живому способность реагировать на действие какого-либо раздражителя: на изменения химического состава среды, температуры, на действие света,

звука, электрического тока, на механическое воздействие и другие факторы. Способность живого отвечать на раздражение называется *возбудимостью*. Свойство возбудимости позволяет организмам приспосабливаться к изменяющимся условиям среды.

Раздражения воспринимаются или всей цитоплазмой, или специализированными рецепторами (светочувствительные глазки, хеморецепторы, терморецепторы и др.); у более высокоорганизованных животных возникают специализированные органы чувств (глаз, ухо, орган обоняния и др.). По отношению к раздражителю ответные реакции могут быть положительными (движение к раздражителю) и отрицательными (движение от него).

Формы ответных реакций различны, но на всякое раздражение организмы отвечают движением, поэтому раздражимость и движение взаимосвязаны. И то и другое обязательно связано с расходом энергии. Подвижные одноклеточные растения и простейшие животные отвечают на раздражение низшими формами раздражимости — *таксисами* (хемотаксисы, термотаксисы, фототаксисы и др.). У высших растений реакции на внешние раздражения проявляются в форме *тропизмов* — направленного движения в сторону раздражителя или от него. Например, корень по отношению к центру тяжести Земли проявляет положительный геотропизм, а стебель — отрицательный.

У некоторых растений и неподвижных животных, лишенных нервной системы, раздражимость проявляется в виде ненаправленных действий по отношению к раздражителю, называемых *настиями*: например, открывание и закрывание венчиков у цветков, ловчего аппарата у росянки, опускание листьев у стыдливой мимозы. Различают еще ростовые движения, лежащие в основе тропизмов; тургорные движения на основе ряда настий, которые сопровождаются изменением тургорного состояния клеток (например, венчиков цветков); амебоидные движения, происходящие путем переливания цитоплазмы (амебы, лейкоциты); мерцательные — с помощью жгутиков и ресничек (мерцательный эпителий дыхательных путей, одноклеточные жгутиковые, инфузории). У других клеток ответная реакция проявляется путем образования мембран, у третьих — путем активации биосинтеза.

Высшая форма раздражимости — *рефлекс*: это сложная ответная реакция живого организма на действие раздражителя с участием нервной системы. В основе рефлекс-

са лежит рефлекторная дуга, включающая рецептор, центростремительный нейрон, центральную нервную систему, центробежный нейрон, рабочий орган. Рефлекс завершается мышечным движением, обусловленным способностью мышечных белков к сокращению.

## ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ

### Генетика

Генетика — наука, изучающая закономерности и материальные основы наследственности и изменчивости организмов, а также механизмы эволюции живого. *Наследственностью* называется свойство одного поколения передавать другому признаки строения, физиологические свойства и специфический характер индивидуального развития. Свойства наследственности реализуются в процессе индивидуального развития.

Наряду со сходством с родительскими формами в каждом поколении возникают те или иные различия у потомков, как результат проявления изменчивости.

*Изменчивостью* называется свойство, противоположное наследственности, заключающееся в изменении наследственных задатков — генов и в изменении их проявления под влиянием внешней среды. Отличия потомков от родителей возникают также вследствие возникновения различных комбинаций генов в процессе мейоза и при объединении отцовских и материнских хромосом в одной зиготе. Эти и другие формы изменчивости подробнее изложены на с. 67. Здесь надо отметить, что выяснение многих вопросов генетики, особенно открытие материальных носителей наследственности и механизма изменчивости организмов, стало достоянием науки последних десятилетий, выдвинувших генетику на передовые позиции современной биологии. Основные закономерности передачи наследственных признаков были установлены на растительных и животных организмах, они оказались приложимы и к человеку. В своем развитии генетика прошла ряд этапов.

**Первый этап** ознаменовался открытием Г. Менделем (1865) дискретности (делимости) наследственных факторов и разработкой гибридологического метода изучения наследственности, т. е. правил скрещивания организмов и учета признаков у их потомства. Дискретность наследственности состоит в том, что отдельные свойства и при-

знаки организма развиваются под контролем наследственных факторов (генов), которые при слиянии гамет и образовании зиготы не смешиваются, не растворяются, а при формировании новых гамет наследуются независимо друг от друга.

Значение открытий Г. Менделя оценили после того, как его законы были вновь переоткрыты в 1900 г. тремя биологами независимо друг от друга: де Фризом в Голландии, К. Корренсом в Германии и Э. Чермаком в Австрии. Результаты гибридизации, полученные в первое десятилетие XX в. на различных растениях и животных, полностью подтвердили менделевские законы наследования признаков и показали их универсальный характер по отношению ко всем организмам, размножающимся половым путем. Закономерности наследования признаков в этот период изучались на уровне целостного организма (горох, кукуруза, мак, фасоль, кролик, мышь и др.).

Менделевские законы наследственности заложили основу теории гена — величайшего открытия естествознания XX в., а генетика превратилась в быстро развивающуюся отрасль биологии. В 1901—1903 гг. де Фриз выдвинул мутационную теорию изменчивости, которая сыграла большую роль в дальнейшем развитии генетики.

Важное значение имели работы датского ботаника В. Иоганнсена, который изучал закономерности наследования на чистых линиях фасоли. Он сформулировал также понятие «популяция» (группа организмов одного вида, обитающих и размножающихся на ограниченной территории), предложил называть менделевские «наследственные факторы» словом ген, дал определения понятий «генотип» и «фенотип».

**Второй этап** характеризуется переходом к изучению явлений наследственности на клеточном уровне (цитогенетика). Т. Бовери (1902—1907), У. Сэттон и Э. Вильсон (1902—1907) установили взаимосвязь между менделевскими законами наследования и распределением хромосом в процессе клеточного деления (митоз) и созревания половых клеток (мейоз). Развитие учения о клетке привело к уточнению строения, формы и количества хромосом и помогло установить, что гены, контролирующие те или иные признаки, не что иное, как участки хромосом. Это послужило важной предпосылкой утверждения хромосомной теории наследственности. Решающее значение в ее обосновании имели исследования, проведенные на мушках дрозофилах американским генетиком Т. Г. Мор-

ганом и его сотрудниками (1910—1911). Ими установлено, что гены расположены в хромосомах в линейном порядке, образуя группы сцепления. Число групп сцепления генов соответствует числу пар гомологичных хромосом, и гены одной группы сцепления могут перекомбинироваться в процессе мейоза благодаря явлению кроссинговера, что лежит в основе одной из форм наследственной комбинативной изменчивости организмов. Морган установил также закономерности наследования признаков, сцепленных с полом.

**Третий этап** в развитии генетики отражает достижения молекулярной биологии и связан с использованием методов и принципов точных наук — физики, химии, математики, биофизики и др. — в изучении явлений жизни на уровне молекул. Объектами генетических исследований стали грибы, бактерии, вирусы. На этом этапе были изучены взаимоотношения между генами и ферментами и сформулирована теория «один ген — один фермент» (Дж. Бидл и Э. Татум, 1940): каждый ген контролирует синтез одного фермента; фермент в свою очередь контролирует одну реакцию из целого ряда биохимических превращений, лежащих в основе проявления внешнего или внутреннего признака организма. Эта теория сыграла важную роль в выяснении физической природы гена как элемента наследственной информации.

В 1953 г. Ф. Крик и Дж. Уотсон, опираясь на результаты опытов генетиков и биохимиков и на данные рентгеноструктурного анализа, создали структурную модель ДНК в форме двойной спирали. Предложенная ими модель ДНК хорошо согласуется с биологической функцией этого соединения: способностью к самоудвоению генетического материала и устойчивому сохранению его в поколениях — от клетки к клетке. Эти свойства молекул ДНК объяснили и молекулярный механизм изменчивости: любые отклонения от исходной структуры гена, ошибки самоудвоения генетического материала ДНК, однажды возникнув, в дальнейшем точно и устойчиво воспроизводятся в дочерних нитях ДНК. В последующее десятилетие эти положения были экспериментально подтверждены: уточнилось понятие гена, был расшифрован генетический код и механизм его действия в процессе синтеза белка в клетке. Кроме того, были найдены методы искусственного получения мутаций и с их помощью созданы ценные сорта растений и штаммы микроорганизмов — продуцентов антибиотиков, аминокислот.

В последнее десятилетие возникло новое направление в молекулярной генетике — *генная инженерия* — система приемов, позволяющих биологу конструировать искусственные генетические системы. Генная инженерия основывается на универсальности генетического кода: триплеты нуклеотидов ДНК программируют включение аминокислот в белковые молекулы всех организмов — человека, животных, растений, бактерий, вирусов. Благодаря этому можно синтезировать новый ген или выделить его из одной бактерии и ввести его в генетический аппарат другой бактерии, лишенной такого гена. Подобные пересадки генов пока удаются на микроорганизмах или в культуре клеток, но не на целостном многоклеточном организме. Однако в будущем на этом пути можно ожидать больших результатов в отношении управления свойствами наследственности.

Таким образом, третий, современный этап развития генетики открыл огромные перспективы направленного вмешательства в явления наследственности и селекции растительных и животных организмов, выявил важную роль генетики в медицине, в частности, в изучении закономерностей наследственных болезней и физических аномалий человека.

Придавая важное значение открытиям в области молекулярной биологии и генетики, ЦК КПСС и Совет Министров СССР в принятом постановлении «О мерах по ускорению развития молекулярной биологии и молекулярной генетики и использованию их достижений в народном хозяйстве» (1974) подчеркнули необходимость овладения методами направленного изменения организмов, преобразования их наследственности в соответствии с интересами сельского хозяйства, медицины, отраслей микробиологической промышленности.

### ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ

Основные закономерности передачи наследственных признаков от родителей к потомкам были установлены Г. Менделем во второй половине XIX в. Он скрещивал растения гороха, различающиеся по отдельным признакам, и на основе полученных результатов обосновал идею о существовании наследственных задатков, ответственных за проявление признаков. В своих работах Мендель применил метод гибридологического анализа,

ставшего универсальным в изучении закономерностей наследования признаков у растений, животных и человека.

В отличие от своих предшественников, пытавшихся проследить наследование многих признаков организма в совокупности, Мендель исследовал это сложное явление аналитически. Он наблюдал наследование всего лишь одной пары или небольшого числа альтернативных (взаимоисключающих) пар признаков у сортов садового гороха, а именно: белые и красные цветки; низкий и высокий рост; желтые и зеленые, гладкие и морщинистые семена гороха и т. п. Такие контрастные признаки называются *аллелями*, а термин «аллель» и «ген» употребляют как синонимы.

Для скрещиваний Мендель использовал чистые линии, т. е. потомство одного самоопыляющегося растения, в котором сохраняется сходная совокупность генов. Каждая из этих линий не давала расщепления признаков. Существенным в методике гибридологического анализа было и то, что Мендель впервые точно подсчитал число потомков — гибридов с разными признаками, т. е. математически обработал полученные результаты и ввел для записи различных вариантов скрещивания принятую в математике символику: *A, B, C, D* и т. д. Этими буквами он обозначал соответствующие наследственные факторы.

В современной генетике приняты следующие условные обозначения при скрещивании: родительские формы — *P*; полученные от скрещивания гибриды первого поколения — *F<sub>1</sub>*; гибриды второго поколения — *F<sub>2</sub>*, третьего — *F<sub>3</sub>* и т. д. Само скрещивание двух особей обозначают знаком  $\times$  (например: *AA \times aa*).

Из множества разнообразных признаков скрещиваемых растений гороха в первом опыте Мендель учитывал наследование лишь одной пары: желтые и зеленые семена, красные и белые цветки и т. д. Такое скрещивание называется *моногибридным*. Если прослеживают наследование двух пар признаков, например желтые гладкие семена гороха одного сорта и зеленые морщинистые — другого, то скрещивание называют *дигибридным*. Если же учитывают три и большее число пар признаков, скрещивание именуют *полигибридным*.

Аллели обозначают буквами латинского алфавита, при этом одни признаки Мендель назвал *доминирующими* (преобладающими) и обозначил их заглавными буквами — *A, B, C* и т. д., другие — *рецессивными* (уступающими)

ми, подавляемыми), которые обозначил строчными буквами — *a*, *v*, *c* и т. д. Поскольку каждая хромосома (носитель аллелей или генов) содержит лишь одну из двух аллелей, а гомологичные хромосомы всегда парные (одна отцовская, другая материнская), в диплоидных клетках всегда есть пара аллелей: *AA*, *aa*, *Aa*, *BB*, *bb*, *Bb* и т. д. Особи и их клетки, имеющие в своих гомологичных хромосомах пару одинаковых аллелей (*AA* или *aa*), называются *гомозиготными*. Они могут образовывать только один тип половых клеток: либо гаметы с аллелью *A*, либо гаметы с аллелью *a*. Особи, у которых в гомологичных хромосомах их клеток имеются и доминантный, и рецессивный гены *Aa*, называются *гетерозиготными*; при созревании половых клеток они образуют гаметы двух типов: гаметы с аллелем *A* и гаметы с аллелем *a*. У гетерозиготных организмов доминантная аллель *A*, проявляющаяся фенотипически, находится в одной хромосоме, а рецессивная аллель *a*, подавляемая доминантом, — в соответствующем участке (локусе) другой гомологичной хромосомы. В случае гомозиготности каждая из пары аллелей отражает либо доминантное (*AA*), либо рецессивное (*aa*) состояние генов, которые в обоих случаях проявят свое действие. Понятие о доминантных и рецессивных наследственных факторах, впервые примененное Менделем, прочно утвердилось в современной генетике. Позже были введены понятия генотип и фенотип. *Генотип* — совокупность всех генов, которые имеются у данного организма. *Фенотип* — совокупность всех признаков и свойств организма, которые выявляются в процессе индивидуального развития в данных условиях. Понятие фенотип распространяется на любые признаки организма, начиная от первичных продуктов действия генов — молекул РНК и полипептидов и кончая особенностями внешнего строения, физиологических процессов, поведения и т. д. Фенотипическое проявление признаков всегда реализуется на основе взаимодействия генотипа с комплексом факторов внутренней и внешней среды.

### ЗАКОНЫ МЕНДЕЛЯ

Закономерности наследования признаков Г. Мендель сформулировал на основе анализа результатов моногибридного скрещивания (рис. 17) и назвал их правилами (позже они стали называться законами). Как оказалось,

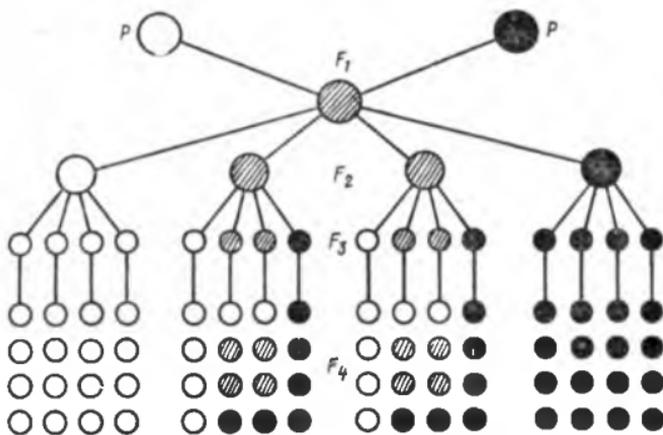
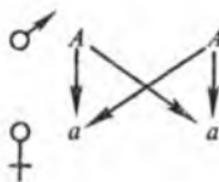


Рис. 17. Схема моногибридного скрещивания. Светлые кружки — гомозиготные особи с доминантным признаком, заштрихованные кружки — гетерозиготные особи с доминантными или промежуточными признаками, черные кружки — особи с рецессивным признаком

при скрещивании растений двух чистых линий гороха с желтыми и зелеными семенами в первом поколении ( $F_1$ ) все гибридные семена имели желтый цвет. Следовательно, признак желтой окраски семян был доминирующим. В буквенном выражении это записывается так:  $P AA \times aa$ ; все гаметы одного родителя  $A, A$ , другого —  $a, a$ , возможное сочетание этих гамет в зиготах равно четырем:



или  $Aa, Aa, Aa, Aa$ , т. е. у всех гибридов  $F_1$  наблюдается полное преобладание одного признака над другим — все семена при этом желтого цвета. Аналогичные результаты получены Менделем и при анализе наследования других шести пар изученных признаков. Исходя из этого, Мендель сформулировал *правило доминирования*, или *первый закон*: при моногибридном скрещивании все потомство в первом поколении характеризуется единообразием по фенотипу и генотипу — цвет семян желтый, сочетание аллелей у всех гибридов  $Aa$ . Эта закономерность подтверждается и для тех случаев, когда нет полного доминирования: например, при скрещивании растения ноч-

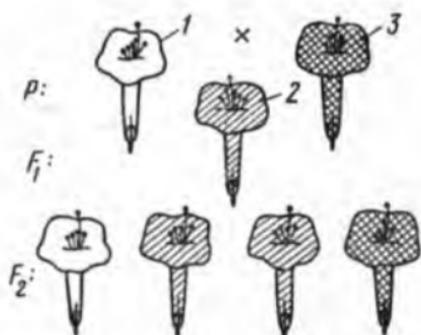
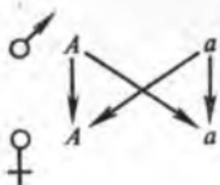


Рис. 18. Пример моногибридного скрещивания растений ночной красавицы при неполном доминировании (скрещивание белой и красной ночных красавиц):

1 – белые цветки, 2 – розовые цветки, 3 – красные цветки

ной красавицы, имеющего красные цветки ( $AA$ ), с растением, имеющим белые цветки ( $aa$ ), у всех гибридов  $F_1$  ( $Aa$ ) цветки оказываются не красными, а розовыми – их окраска имеет промежуточный цвет, но единообразие полностью сохраняется. После работ Менделя промежуточный характер наследования у гибридов  $F_1$  был выявлен не только у растений, но и у животных, поэтому закон доминирования – первый закон Менделя – принято называть также *законом единообразия* гибридов первого поколения (рис. 18).

Из семян, полученных от гибридов  $F_1$ , Мендель выращивал растения, которые либо скрещивал между собой, либо давал им возможность самоопыляться. Среди потомков  $F_2$  выявилось расщепление: во втором поколении оказались как желтые, так и зеленые семена. Всего Мендель получил в своих опытах 6022 желтых и 2001 зеленых семян, их численное соотношение примерно 3 : 1. Такие же численные соотношения были получены и по другим шести парам изученных Менделем признаков растений гороха. В итоге *второй закон Менделя* формулируется так: *при скрещивании гибридов первого поколения их потомство дает расщепление в соотношении 3 : 1 при полном доминировании и в соотношении 1 : 2 : 1 при промежуточном наследовании (неполное доминирование)*. Схема этого опыта в буквенном выражении выглядит так:  $P Aa \times Aa$ , их гаметы  $A$  и  $a$ , возможное сочетание гамет равно четырем:



или  $AA$ ,  $2Aa$ ,  $aa$ , т. е. 75% всех семян в  $F_2$ , имея один или два доминантных аллеля, обладали желтой окраской

и 25% — зеленой. Факт появления в  $F_2$  рецессивных признаков (оба аллеля у них рецессивны —  $aa$ ) свидетельствует о том, что эти признаки, так же как контролирующие их гены, не исчезают, не смешиваются с доминантными признаками в гибридном организме, их активность подавлена действием доминантных генов. Если же в организме присутствуют оба рецессивных по данному признаку гена, то их действие не подавляется и они проявляют себя в фенотипе. Генотип гибридов в  $F_2$  имеет соотношение 1:2:1.

При последующих скрещиваниях потомство  $F_2$  ведет себя по-разному: 1) из 75% растений с доминантными признаками (с генотипами  $AA$  и  $Aa$ ) 50% гетерозиготны ( $Aa$ ) и поэтому в  $F_3$  они дадут расщепление 3:1, 2) 25% растений гомозиготны по доминантному признаку ( $AA$ ) и при самоопылении в  $F_3$  не дают расщепления; 3) 25% семян гомозиготны по рецессивному признаку ( $aa$ ), имеют зеленую окраску и при самоопылении в  $F_3$  не дают расщепления признаков.

Для объяснения существа явлений единообразия гибридов первого поколения и расщепления признаков у гибридов второго поколения Мендель выдвинул гипотезу чистоты гамет: всякий гетерозиготный гибрид ( $Aa$ ,  $Bb$  и т. д.) формирует «чистые» гаметы, несущие только одну аллель: либо  $A$ , либо  $a$  (рис. 19 и схема), что впоследствии полностью подтвердилось и в цитологических исследованиях. Как известно, при созревании половых клеток у гетерозигот гомологичные хромосомы окажутся в разных гаметах и, следовательно, в гаметах будет по одному гену из каждой пары.

**Анализирующее скрещивание** используется для выяснения гетерозиготности гибрида по той или иной паре признаков. При этом гибрид первого поколения скрещивается с родителем, гомозиготным по рецессивному гену ( $aa$ ). Такое скрещивание необходимо потому, что в большинстве случаев гомозиготные особи ( $AA$ ) фенотипически не отличаются от гетерозиготных ( $Aa$ ) (семена гороха от  $AA$  и  $Aa$  имеют желтый цвет). Между тем в практике выведения новых пород животных и сортов растений гетерозиготные особи в качестве исходных не годятся, так как при скрещивании их потомство даст расщепление. Необходимы только гомозиготные особи. Схему анализирующего скрещивания в буквенном выражении можно показать двумя вариантами: 1) гибридная особь гетерозиготная ( $Aa$ ), фенотипически неотличимая

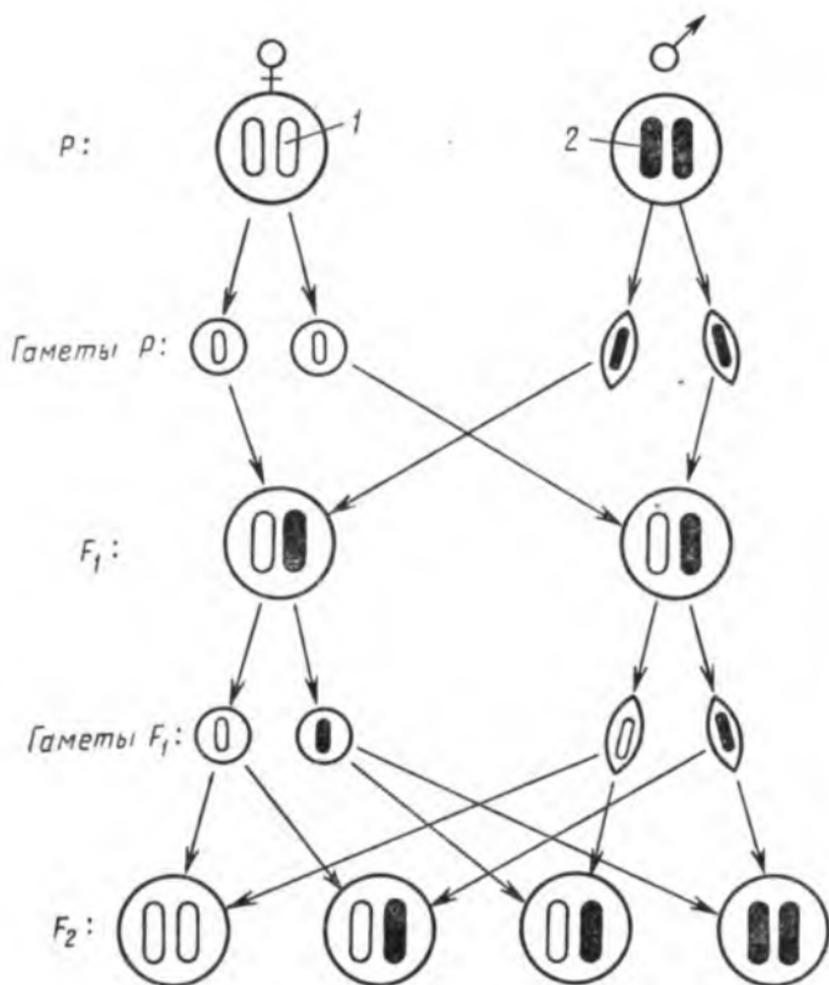
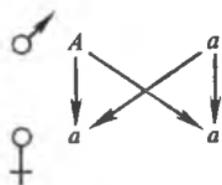


Рис. 19. Цитологические основы моногибридного скрещивания; гаметы любого поколения несут либо «светлую», либо «темную» хромосому и соответственно только один из двух аллельных генов (гипотеза «чистоты» гамет):

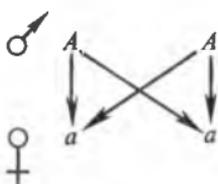
1 – хромосомы, несущие ген доминантного признака; 2 – хромосомы, несущие ген рецессивного признака

от гомозиготной, скрещивается с гомозиготной рецессивной особью ( $aa$ ):  $P Aa \times aa$ ; их гаметы –  $A, a$  и  $a, a$ , распределение в  $F_1$ :



или  $Aa, Aa, aa, aa$ , т. е. в потомстве наблюдается расщепление 2:2 или 1:1, подтверждающее гетерозиготность

испытуемой особи; 2) гибридная особь гомозиготна по доминантным признакам ( $AA$ ):  $P AA \times aa$ ; их гаметы  $A$ ,  $A$  и  $a$ ,  $a$ ; в потомстве  $F_1$  расщепления не происходит:



Цель дигибридного скрещивания — проследить наследование двух пар признаков одновременно. При этом скрещивании Мендель установил еще одну важную закономерность: независимое расхождение аллелей и свободное, или независимое, их комбинирование, впоследствии названное *третьим законом Менделя*. Исходным материалом были сорта гороха с желтыми гладкими семенами ( $AABB$ ) и зелеными морщинистыми ( $aabb$ ); первые доминантные, вторые рецессивные. Гибридные растения из  $F_1$  сохраняли единообразие: имели желтые гладкие семена, были гетерозиготными, их генотип —  $AaBb$ . Каждое из этих растений в мейозе образует гаметы четырех типов:  $AB$ ,  $Ab$ ,  $aB$ ,  $ab$ . Для определения сочетаний этих типов гамет и учета результатов расщепления теперь пользуются *решеткой Пеннета*. При этом генотипы гамет одного родителя располагают над решеткой по горизонтали, а генотипы гамет другого родителя — у левого края решетки по вертикали (рис. 20). Четыре сочетания того и другого типа гамет в  $F_2$  могут дать 16 вариантов зигот, анализ которых подтверждает случайное комбинирование генотипов каждой из гамет того и другого родителя, дающее расщепление признаков по фенотипу в соотношении  $9:3:3:1$ .

Важно подчеркнуть, что при этом выявились не только признаки родительских форм, но и новые комбинации: желтые морщинистые ( $AAbb$ ) и зеленые гладкие ( $aaBB$ ). Желтые гладкие семена гороха фенотипически подобны потомкам первого поколения от дигибридного скрещивания, но их генотип может иметь различные варианты:  $AABB$ ,  $AaBB$ ,  $AABb$ ,  $AaBb$ ; новыми сочетаниями генотипов оказались фенотипически зеленые гладкие —  $aaBB$ ,  $aaBb$  и фенотипически желтые морщинистые —  $AAbb$ ,  $Aabb$ ; фенотипически зеленые морщинистые имеют единственный генотип  $aabb$ . В этом скрещивании форма семян наследуется независимо от их окраски. Рассмотренные 16 вариантов сочетаний аллелей в зиготах иллю-

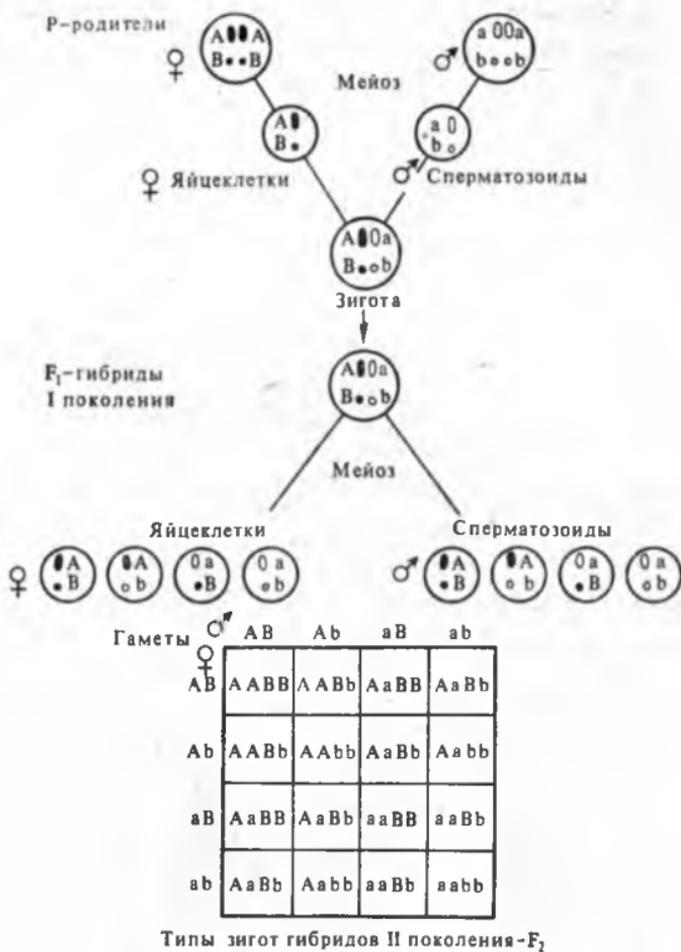


Рис. 20. Схема дигибридного скрещивания на примере гороха

стрируют комбинативную изменчивость и независимое расщепление пар аллелей, т. е.  $(3:1)^2$ .

Независимое комбинирование генов и основанное на нем расщепление в  $F_2$  в соотношении  $9:3:3:1$  в дальнейшем было подтверждено для большого числа животных и растений, но при соблюдении двух условий: 1) доминирование должно быть полным (при неполном доминировании и других формах взаимодействия генов числовые соотношения имеют иное выражение); 2) независимое расщепление приложимо для генов, локализованных в разных хромосомах.

Третий закон Менделя можно сформулировать так: члены одной пары аллелей отделяются в мейозе независимо от членов других пар, комбинируясь в гаметах случай-

но во всех возможных сочетаниях (при моногибридном скрещивании таких сочетаний было 4, при дигибридном — 16, при тригибридном скрещивании гетерозиготы образуют по 8 типов гамет, для которых возможны 64 сочетания, и т. д.).

**Сцепленное наследование генов.** У любого организма число генов во много раз превосходит число хромосом. Поэтому сотни и тысячи генов, локализованных в одной хромосоме, наследуются совместно, сцепленно, образуя группы сцепления. Число групп сцепления соответствует числу пар хромосом. Так, у мушки дрозофилы 4 пары хромосом и 4 группы сцепления, у кукурузы 10 пар хромосом и 10 групп сцепления генов. Явление сцепленного наследования генов, локализованных в одной хромосоме, получило название *закона Моргана*.

Так, при дигибридном скрещивании дрозофилы, имеющей признаки «серое тело», «нормальные крылья» (*AABB*), с дрозофилой «черное тело», «короткие крылья» (*aabb*) все гибриды первого поколения были с серым телом и длинными крыльями. Следовательно, эти два признака («серое тело» и «длинные крылья») доминантны, а признаки «черное тело» и «короткие крылья» — рецессивны. В этом примере единообразие полученных гибридов первого поколения подчиняется первому закону Менделя. Однако при скрещивании полученных гибридов независимого расщепления в  $F_2$  в отношении 9 : 3 : 3 : 1 не наблюдается, оно составляет 3 : 1. Это можно объяснить тем, что гены, контролирующие цвет тела и форму крыльев, находятся в одной хромосоме и наследуются вместе, сцепленно. Но иногда среди потомства в  $F_2$  появляются мушки с серым телом, короткими крыльями и черным телом, длинными крыльями, т. е. с перекомбинированными признаками. Это свидетельствует о том, что сцепление генов, контролирующих проявление этих признаков и расположенных в одной хромосоме, неполное и в некоторых случаях нарушается. Нарушение сцепленности возникает в результате обмена гомологичными участками хромосом во время мейоза, поэтому и развиваются мушки с перекомбинированными признаками. Явление перекреста (кроссинговер) и обмена участками хромосом доказал Т. Морган. Оно может происходить в любом участке хромосомы. Но чем эти участки дальше друг от друга, тем больше вероятность обмена между ними, а значит, и больше шансов для перекомбинации признаков.

**Генетическое определение пола.** У раздельнополых особей совокупность хромосом, или их кариотип, в соматических клетках представлена аутосомами (хромосомами, одинаковыми у обоих полов) и одной парой половых хромосом (по которым оба пола различаются). Так, у дрозофилы 4 пары хромосом, из них 3 пары — аутосомы и одна пара — половые хромосомы. В связи с этим соматические клетки мужских и женских особей различаются по половым хромосомам: у самок половые хромосомы одинаковы (гомогаметный пол) и обозначаются  $XX$ . У самцов они неодинаковы (гетерогаметный пол) и обозначаются  $XU$ . Легко определить, что пол будущего организма будет зависеть от того, какая из двух типов мужских гамет оплодотворит женскую. В случае сочетания гаметы, несущей  $X$ -хромосому, с гаметой, несущей  $U$ -хромосому, формируется мужской пол. Если в зиготе имеются две  $X$ -хромосомы ( $XX$ ), развитие потомка идет по женскому типу. Соотношение полов в потомстве примерно 1:1.

Буквенно, в соответствии с законом Менделя, это можно выразить так:  $P\ XX \times XU$ ; их гаметы:  $X$ ,  $X$  и  $X$ ,  $U$ ; распределение в  $F_1$ :



или  $XX$ ,  $XU$ ,  $XX$ ,  $XU$ , соотношение 1:1.

У птиц, рыб и пресмыкающихся гетерогаметный пол не мужской, а женский. Половые хромосомы самок имеют сочетание  $XU$ , самцов —  $XX$ . Некоторые животные (насекомые) совсем не имеют  $U$ -хромосомы: в соматических клетках женских особей содержатся две  $X$ -хромосомы, а в соматических клетках мужских — одна  $X$ -хромосома ( $XO$ ).

В половых хромосомах женского организма кроме генов, контролирующих пол потомка, находятся еще и другие гены, передающиеся сцепленно с полом. Например, в  $X$ -хромосоме человека сосредоточены доминантные гены, контролирующие свертываемость крови и нормальное цветовосприятие, но такие гены отсутствуют в  $U$ -хромосоме. Если в  $X$ -хромосоме клеток мужского организма содержатся дефектные гены, проявится заболевание гемофилия (кровоточивость) или дальтонизм (неспособность различать красный и зеленый цве-

та), либо обе аномалии вместе. Например, в семье, где отец здоров, а мать скрытая носительница болезни (у нее одна X-хромосома несет дефектный ген, а другая — нормальна), половина сыновей будут наследовать гемофилию, а половина дочерей станут носительницами. От браков больных мужчин со здоровыми женщинами всегда рождаются здоровые сыновья (свою единственную X-хромосому они получают от здоровой матери), но все дочери будут носительницами, так как у каждой из них присутствует одна из X-хромосом, полученная от больного отца. Аналогично идет наследование и других признаков, сцепленных с X-хромосомой (дальтонизм и некоторые другие). Иногда некоторые аномалии сцеплены с Y-хромосомой, которые от отца передаются всем сыновьям (чешуйчатость кожи, перепончатые пальцы, сильное оволосение на ушах и др.).

### ФОРМЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Как было указано выше, изменчивость — это возникновение индивидуальных различий. На основе изменчивости организмов появляется генетическое разнообразие форм, которые в результате действия естественного отбора преобразуются в новые подвиды и виды. Различают изменчивость *модификационную*, или *фенотипическую*, и *мутационную*, или *генотипическую*.

**Модификационная изменчивость** не вызывает изменений генотипа, она связана с реакцией данного, одного и того же генотипа на изменение внешней среды: в оптимальных условиях выявляется максимум возможностей, присущих данному генотипу. Так, продуктивность беспородных животных в условиях улучшенного содержания и ухода повышается (надой молока, нагул мяса). В этом случае все особи с одинаковым генотипом отвечают на внешние условия одинаково (Ч. Дарвин этот тип изменчивости назвал *определенной изменчивостью*). Однако другой признак — жирность молока — слабо подвержен изменениям условий среды, а масть животного — еще более устойчивый признак. Модификационная изменчивость обычно колеблется в определенных пределах. Степень варьирования признака у организма, т. е. пределы модификационной изменчивости, называется *нормой реакции*.

Широкая норма реакции свойственна таким признакам, как удои молока, размеры листьев, окраска у неко-

торых бабочек; узкая норма реакции — жирности молока, яйценоскости у кур, интенсивности окраски венчиков у цветков и др.

Фенотип формируется в результате взаимодействия генотипа и факторов среды. Фенотипические признаки не передаются от родителей потомкам, наследуется лишь норма реакции, т. е. характер реагирования на изменение окружающих условий. У гетерозиготных организмов при изменении условий среды можно вызвать различные проявления данного признака.

**Генотипическая изменчивость** подразделяется на *мутационную* и *комбинативную*. *Мутациями* называются скачкообразные и устойчивые изменения единиц наследственности — генов, влекущие за собой изменения наследственных признаков. Термин «мутация» был впервые введен де Фризом. Мутации обязательно вызывают изменения генотипа, которые наследуются потомством и не связаны со скрещиванием и рекомбинацией генов.

Существуют хромосомные и генные мутации. *Хромосомные мутации* связаны с изменением структуры хромосом. К мутациям относится также изменение числа хромосом. *Полиплоидия* — увеличение числа хромосом, кратное гаплоидному набору. В соответствии с этим у растений различают триплоиды ( $3n$ ), тетраплоиды ( $4n$ ) и т. д. В растениеводстве известно более 500 полиплоидов (сахарная свекла, виноград, гречиха, мята, редис, лук и др.). Все они выделяются большой вегетативной массой и имеют большую хозяйственную ценность.

Большое многообразие полиплоидов наблюдается в цветоводстве: если одна исходная форма в гаплоидном наборе имела 9 хромосом, то культивируемые растения этого вида могут иметь 18, 36, 54 и до 198 хромосом. Полиплоиды получают в результате воздействия на растения температуры, ионизирующей радиации, химических веществ (колхицин), которые разрушают веретено деления клетки. У таких растений гаметы диплоидны, а при слиянии с гаплоидными половыми клетками партнера в зиготе возникает триплоидный набор хромосом ( $2n + 1n = 3n$ ). Такие триплоиды не образуют семян, они бесплодны, но высокоурожайны. Четные полиплоиды образуют семена.

*Гетероплоидия* — изменение числа хромосом, не кратное гаплоидному набору. При этом набор хромосом в клетке может быть увеличен на одну, две, три хромосомы ( $2n + 1$ ;  $2n + 2$ ;  $2n + 3$ ) или уменьшен на одну хро-

мосому ( $2n-1$ ). Например, у человека с синдромом Дауна оказывается одна лишняя хромосома по 21-й паре, и кариотип такого человека составляет 47 хромосом. У людей с синдромом Шерешевского — Тернера ( $2n-1$ ) отсутствует одна X-хромосома и в кариотипе остается 45 хромосом. Эти и другие подобные отклонения числовых отношений в кариотипе человека сопровождаются расстройством здоровья, нарушением психики и телосложения, снижением жизнеспособности и др.

Существуют следующие виды перестроек хромосом: отрыв различных участков хромосомы, удвоение отдельных фрагментов, поворот участка хромосомы на  $180^\circ$  или присоединение отдельного участка хромосомы к другой хромосоме. Подобное изменение влечет за собой нарушение функции генов в хромосоме и наследственных свойств организма, а иногда и его гибель.

*Генные мутации* затрагивают структуру самого гена и влекут за собой изменение свойств организма (гемофилия, дальтонизм, альбинизм, окраска венчиков цветков и т. д.). Генные мутации возникают как в соматических, так и в половых клетках. Они могут быть доминантными и рецессивными. Первые проявляются как у гомозигот, так и у гетерозигот, вторые — только у гомозигот. У растений возникшие соматические генные мутации сохраняются при вегетативном размножении. Мутации в половых клетках наследуются при семенном размножении растений и при половом размножении животных. Одни мутации оказывают на организм положительное действие, другие безразличны, а третьи вредны, вызывая либо гибель организма, либо ослабление его жизнеспособности (например, серповидноклеточная анемия, гемофилия у человека).

При выведении новых сортов растений и штаммов микроорганизмов используют *индуцированные* мутации, искусственно вызываемые теми или иными мутагенными факторами (рентгеновские или ультрафиолетовые лучи, химические вещества). Затем проводят отбор полученных мутантов, сохраняя наиболее продуктивные. В нашей стране этими методами получено много хозяйственно перспективных сортов растений: неполегающие пшеницы с крупным колосом, устойчивые к заболеваниям; высокоурожайные томаты; хлопчатник с крупными коробочками и др.

**Комбинативная наследственная изменчивость** возникает в результате обмена гомологичными участками гомоло-

гичных хромосом в процессе мейоза, а также как следствие независимого расхождения хромосом при мейозе и случайного их сочетания при скрещивании. Сочетание в зиготе рекомбинированных генов может привести к объединению признаков разных пород и сортов.

В селекции важное значение имеет закон гомологических рядов наследственной изменчивости, сформулированный советским ученым Н. И. Вавиловым. Он гласит: *внутри разных видов и родов, генетически близких (т. е. имеющих единое происхождение), наблюдаются сходные ряды наследственной изменчивости.* Такой характер изменчивости выявлен у многих злаков (рис, пшеница, овес, просо и др.), у которых сходно варьируют окраска и консистенция зерна, холодостойкость и иные качества. Зная характер наследственных изменений у одних сортов, можно предвидеть сходные изменения у родственных видов и, воздействуя на них мутагенами, вызывать у них подобные полезные изменения, что значительно облегчает получение хозяйственно ценных форм. Известны многие примеры гомологической изменчивости и у человека; например, альбинизм (дефект синтеза клетками красящего вещества) обнаружен у европейцев, негров и индейцев; среди млекопитающих — у грызунов, хищных, приматов; малорослые темнокожие люди — пигмеи — встречаются в тропических лесах экваториальной Африки, на Филиппинских островах и в джунглях полуострова Малакки; некоторые наследственные дефекты и уродства, присущие человеку, отмечены и у животных. Таких животных используют в качестве модели для изучения аналогичных дефектов у человека. Например, катаракта глаза бывает у мыши, крысы, собаки, лошади; гемофилия — у мыши и кошки, диабет — у крысы; врожденная глухота — у морской свинки, мыши, собаки; заячья губа — у мыши, собаки, свиньи и т. д. Эти наследственные дефекты — убедительное подтверждение закона гомологических рядов наследственной изменчивости Н. И. Вавилова.

### Селекция

Селекция (от лат. *selectio* — выбор, отбор) — это наука о методах создания новых сортов растений и пород животных. По Н. И. Вавилову, селекция — это эволюция, направляемая волей человека. Для успешной селекционной работы учитывают: 1) исходное сортовое и видовое

разнообразии растений и животных — объектов селекционной работы, 2) мутации и роль среды в проявлении и развитии изучаемых признаков, 3) закономерности наследования при гибридизации, 4) формы искусственного отбора (массовый и индивидуальный).

На разработку новых методов селекционной работы большое влияние оказала генетика — теоретическая база селекции. Селекционная работа в нашей стране проводится в специальных хозяйствах, на опытных станциях, в селекционных центрах, в племенных совхозах. Обычно породу или сорт выводят для районов с определенными климатическими условиями, в которых их генотип проявится в наилучшей форме.

**Порода, сорт, штамм** — это популяции организмов, полученных в результате селекции. Они характеризуются сходными наследственными особенностями и определенными внешними признаками, наследственно закрепленной продуктивностью. Например, молочные породы крупного рогатого скота отличаются величиной удоя, процентом жирности и содержанием белка в молоке. Но все их ценные свойства выявляются лишь при хорошем содержании, кормлении, а также в определенных природных условиях.

Совершенствование существующих форм животных, растений и полезных микроорганизмов невозможно без знания исходного материала, без изучения его происхождения и эволюции. Этим целям отвечают работы Н. И. Вавилова по установлению центров происхождения культурных растений в очагах древнейшего земледелия, созданию их коллекции и использованию в качестве исходного материала для выведения новых сортов. Он выделил восемь таких центров: *Индийский* — родина риса, сахарного тростника, цитрусовых; *Среднеазиатский* — родина гороха, бобов, мягкой пшеницы; *Китайский* — хлебных злаков, бобовых; *Средиземноморский* — капусты, клевера; *Абиссинский* — кофе, ячменя; *Переднеазиатский* — пшеницы, ржи, плодовых культур, дыни; *Южно-мексиканский* — хлопчатника, кукурузы, томатов, тыквы, фасоли; *Южноамериканский* — родина картофеля, хинного дерева. Эти центры особенно изобилуют многообразием видов. Н. И. Вавилов со своими сотрудниками собрал из этих мест мировую коллекцию растений, обладающих большим генотипическим разнообразием. Эта коллекция и теперь служит богатым исходным материалом для скрещивания и выведения ценных сортов,

т. е. для селекционной работы. При районировании культурных растений и разведении домашних животных учитывают закономерности, установленные Вавиловым (закон гомологических рядов).

В селекции растений широко применяют гибридизацию и отбор — массовый (без учета генотипа) и индивидуальный. Используют также полиплоидию, благодаря которой выведены высокоурожайные полиплоидные сорта сахарной свеклы, хлопчатника, гречихи и др. Таким путем Г. Д. Карпеченко (1935) получил межвидовой капустно-редечный гибрид. Каждая из исходных форм имела в половых клетках по 9 хромосом. В этом случае клетки полученного от них гибрида имели 18 хромосом. Но некоторые яйцеклетки и пыльцевые зерна содержали все 18 хромосом (диплоиды), а при их скрещивании создано растение с 36 хромосомами, которое оказалось плодовитым. Так была доказана возможность использования полиплоида для преодоления нескрещиваемости и бесплодия при отдаленной гибридизации.

Один из приемов селекции — выведение чистых линий путем многократного принудительного самоопыления растений: потомство такого растения становится гомозиготным по всем генам; в дальнейшем скрещивают особи двух чистых линий, что резко повышает урожайность гибридов первого поколения, их жизнестойкость. Это явление называется *гетерозисом*. Однако в последующих поколениях гетерозис снижается, урожайность уменьшается, и поэтому в практике используют только гибриды первого поколения.

Методами скрещивания и индивидуального отбора П. П. Лукьяненко были выведены высокопродуктивные кубанские сорта пшеницы: Безостая 1, Аврора, Кавказ; В. Н. Ремесло на Украине получил сорт Мироновская 808, а затем более урожайные сорта Юбилейная 50, Харьковская 63 и др. В. С. Пустовойт со своими сотрудниками этими методами создал на Кубани сорт подсолнечника, содержащий до 50—52% масла в семенах.

В селекции растений применяют индуцированные мутации, вызываемые рентгеновским и ультрафиолетовым облучением или воздействием нейтронов. При этом повышается изменчивость организмов, открывающая широкие перспективы для отбора. Радиационным облучением с последующим отбором созданы ценные сорта гороха, фасоли, томатов.

Особое место в практике улучшения плодово-ягодных

культур занимает селекционная работа И. В. Мичурина. Большое значение он придавал подбору родительских пар для скрещивания. При этом он не использовал местные дикорастущие сорта (так как они обладали стойкой наследственностью, и гибрид обычно уклонялся в сторону дикого родителя), а брал растения из других, отдаленных географических мест и скрещивал их друг с другом. Подобными методами вывели такие ценные сорта, как груша Бере зимняя Мичурина (от скрещивания южного сорта груши Бере Рояль и дикой уссурийской груши) и яблоня Бельфлер-китайка (родители: американский сорт Бельфлер желтый и китайская яблоня родом из Сибири).

Важным звеном в работе Мичурина было целенаправленное воспитание гибридных семян: в определенный период их развития создавались условия для доминирования признаков одного из родителей и подавления признаков другого, т. е. эффективное управление доминированием признаков (разные приемы обработки почвы, внесение удобрений, прививки в крону другого растения и т. п.). Использовался и метод *ментора* — воспитание на подвое. В качестве привоя он брал как молодое растение, так и почки от зрелого плодоносящего дерева. Этим методом удалось придать желаемую окраску плодам гибрида вишни с черешней под названием «Краса севера». Мичурин применял также *отдаленную гибридизацию*. Им получен своеобразный гибрид вишни и черемухи — *церападус*, а также гибрид терна и сливы, яблони и груши, персика и абрикоса. Все мичуринские сорта поддерживают путем вегетативного размножения.

Селекция животных отличается от таковой у растений: животные дают мало потомков, у них позднее наступает половозрелость, они не размножаются вегетативно и у них отсутствует самооплодотворение. Однако и в селекции животных используют гибридизацию и отбор, как массовый, так и индивидуальный. Учитывают признаки экстерьера родительских пар, родословную производителей, проверяют чистоту породы. Путем близкородственного скрещивания (инбридинга) получают чистые линии, когда все или большинство генов переходят в гомозиготное состояние.

Создавая белую степную украинскую породу свиней, акад. М. Ф. Иванов в качестве исходных форм для скрещивания брал высокопродуктивного английского хряка и неприхотливую к условиям содержания плодовитую

украинскую свинью (матку). Затем он провел возвратное скрещивание полученных гибридов с тем же хряком. Так был выведен хряк Асканий I превосходного телосложения (масса 479 кг), которого затем он скрещивал с сестрами, с дочерьми, внучками. Параллельно этой инбридной линии были получены другие аналогичные линии. Несмотря на то что в пределах каждой инбридной линии возникли особи с пониженной жизнеспособностью и другими нежелательными признаками, большинство генов было переведено в гомозиготное состояние. Дальнейшим скрещиванием между собой двух чистых линий с последующим многократным индивидуальным отбором была получена порода степной белой украинской свиньи, сочетающая высокую продуктивность, плодовитость и устойчивость.

Гибриды первого поколения, полученные от скрещивания особей двух инбредных линий, как правило, характеризуются выраженным гетерозисом. Этим широко пользуются в животноводстве для получения хозяйственно ценных форм.

Скрещивание неродственных особей называется *аутбридингом*. Его осуществляют между особями разных пород одного вида животных и даже в пределах различных родов и видов, т. е. при отдаленной гибридизации. Этим путем получены бесплодный гибрид осла и лошади — мул, гибрид одногорбого и двугорбого верблюда, гибрид яка и крупного рогатого скота (самцы у них бесплодные, а самки плодовиты). Эти гибриды характеризуются гетерозисом, т. е. повышенной жизненностью, обладают долголетием и большей выносливостью по сравнению с родителями.

**Селекция микроорганизмов.** Продукты биосинтеза одноклеточных организмов с каждым годом все более широко применяют в различных отраслях народного хозяйства, где используется ферментативная деятельность грибов и бактерий: в хлебопечении, пивоварении, виноделии, приготовлении многих молочных продуктов. В связи с этим развивается промышленная микробиология и селекционная работа по выведению новых штаммов микроорганизмов с повышенной продуктивностью. Такие штаммы имеют большое значение для производства кормового белка, ферментных и витаминных кормовых препаратов, используемых в животноводстве.

В пивоваренной промышленности в настоящее время зерновой солод заменяют амилазами микроорганизмов,

при этом вкусовые качества пива сохраняются. Применение ферментных препаратов в виноделии позволяет ускорить созревание и улучшить качество вин. Ферменты микроорганизмов широко используют в медицине и фармацевтической промышленности. Плесневые и лучистые грибы, измененные методами селекции, вырабатывают в сотни раз больше антибиотиков по сравнению с исходными формами. Микроорганизмы применяют в селекции и для производства бактериальных удобрений, аминокислот, витаминов, стимуляторов роста и микробиологических средств защиты растений от вредителей и болезней.

## БОТАНИКА

Ботаника изучает жизнь растений, их строение, жизнедеятельность, условия обитания, происхождение и эволюционное развитие.

Как наука ботаника возникла и развивалась в связи с практическими потребностями человека. С переходом человека к оседлому образу жизни дикие формы растений, будучи малопродуктивными, не могли удовлетворить его запросы. Это и послужило одной из причин зарождения земледелия.

Древнейшими центрами возделывания культурных растений были Египет, Китай, Индия, Вавилония, Центральная Америка, где еще до нашей эры культивировали рис, сорго, просо, пшеницу, чай, хлопчатник, маис и др.; некоторые из них использовали в лечебных целях. Все разнообразие современных культурных растений создано упорным трудом человека в результате последовательного накопления сведений о форме и свойствах растительных организмов, об их жизнедеятельности, распространении, изменчивости и т. д.

В разработку отдельных разделов ботаники большой вклад внесли русские ученые: физиолог К. А. Тимирязев, изучавший процесс фотосинтеза в зеленом листе; цитолог и эмбриолог С. Г. Навашин, открывший двойное оплодотворение у цветковых растений; агрохимик Д. Н. Прянишников; генетик, ботаник и географ Н. И. Вавилов, который обосновал закон гомологических рядов наследственной изменчивости и собрал мировую коллекцию ценных растений.

Современная ботаника — многоотраслевая наука, под-

разделяющаяся на частные дисциплины: *систематику*, которая классифицирует растения на основе общности строения и происхождения; *цитологию* — науку о строении растительной клетки; *морфологию* — науку о внешнем строении органов растений и их видоизменениях; *анатомию*, изучающую строение тканей и органов растений; *физиологию* — науку о процессах, протекающих в растении, закономерностях роста, развития и жизненных отправлениях в зависимости от внешних условий; *биохимию*, изучающую химические процессы, происходящие в растительном организме; *генетику* — науку о наследственности и изменчивости растений; *фитоценологию*, исследующую растительный покров Земли, его видовой состав, структуру, динамику связей со средой, закономерности распределения и развития растительных сообществ; *флористическую географию* — науку о закономерностях распространения видов растений на Земле.

Важнейшие задачи современной ботаники — изучение строения растений в единстве с условиями их жизни, изучение их наследственности для создания новых сортов, повышение их урожайности, устойчивости к заболеваниям, полеганию и т. п. Многие растения способны синтезировать такие сложные органические вещества, как алкалоиды, гликозиды, эфирные масла, витамины и др., из которых готовят лекарственные препараты. Действие их на организм человека различно: одни успокаивают нервную систему, другие способствуют лучшему пищеварению, третьи снижают кровяное давление. Ответственная роль человека в сохранении зеленого покрова Земли, в создании сортов культурных растений — источника пищевых продуктов и лекарственных веществ, широко используемых в медицине и ветеринарии.

**Сходство и различие растений и животных.** Между животными и растениями, несмотря на внешние различия, существует много общего.

Сходство растительных и животных клеток обнаруживается на элементарном химическом уровне. Современными методами химического анализа в составе живых организмов обнаружено около 90 элементов периодической системы. На молекулярном уровне сходство проявляется в том, что во всех клетках найдены белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты, витамины и т. д.

Особенность молекулярной организации растительных клеток состоит в том, что в них находится фотосинтезирующий пигмент — хлорофилл. Благодаря фотосин-

тезу в атмосфере Земли накапливается кислород и ежегодно образуются сотни миллиардов тонн органических веществ.

Растениям, как и животным, присущи такие свойства живого, как рост (деление клеток за счет митоза), развитие, обмен веществ, раздражимость, движение, размножение, причем половые клетки животных и растений формируются путем мейоза и в отличие от соматических имеют гаплоидный ( $n$ ) набор хромосом.

Клетки и растений, и животных окружены тонкой цитоплазматической мембраной. Однако у растений имеется еще толстая целлюлозная клеточная стенка (см. рис. 2,3). Клетки, окруженные твердой оболочкой, могут воспринимать из окружающей среды необходимые им вещества только в растворенном состоянии. Поэтому растения питаются осмотически. Интенсивность же питания зависит от величины поверхности тела растения, соприкасающейся с окружающей средой. Вследствие этого у большинства растений наблюдается значительно более высокая степень расчлененности, чем у животных, за счет ветвления побегов и корней.

Существование у растений твердых клеточных оболочек обуславливает еще одну особенность растительных организмов — их неподвижность, в то время как у животных мало форм, ведущих прикрепленный образ жизни. Именно поэтому распространение животных и растений происходит в разные периоды онтогенеза: животные расселяются в личиночном или во взрослом состоянии; растения осваивают новые местообитания путем переноса ветром или животными зачатков (спор, семян), находящихся в состоянии покоя.

Растительные клетки отличаются от клеток животных особыми органоидами — пластидами (см. с. 19), а также развитой сетью вакуолей, в значительной мере обуславливающих осмотические свойства клеток. Животные клетки изолированы друг от друга, а у клеток растений каналы эндоплазматической сети через поры в клеточной стенке сообщаются друг с другом. В качестве запасных питательных веществ в клетках животных накапливается гликоген, а в растительных — крахмал.

Форма раздражимости у многоклеточных животных — рефлекс, у растений — тропизмы и настии. У растений встречается как половое, так и бесполое размножение и у подавляющего большинства их существует чередование полового и бесполого поколений. У жи-

вотных определяющей формой воспроизводства потомков служит половое размножение.

Низшие одноклеточные растения и одноклеточные простейшие животные трудно различимы не только внешне. Например, у эвглены зеленой — организма, стоящего как бы на границе растительного и животного мира, питание смешанное: на свету она синтезирует органические вещества с помощью хлоропластов, а в темноте питается гетеротрофно, как животное. Рост растений почти непрерывен, а у большинства животных он ограничен определенным периодом онтогенеза, после прохождения которого рост прекращается. Бесспорно то, что у современных растений и животных были общие предки. Именно они и послужили общим корнем для эволюционного развития и дивергенции растений и животных.

## ТКАНИ РАСТЕНИЙ

Многоклеточные растения, особенно цветковые, состоят из разнообразных тканей, обладающих специализированной функцией. 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.

Различают несколько типов растительных тканей: образовательные, покровные, основные, проводящие, механические.

**Образовательные ткани**, или меристема, — это ткани, в которых постоянно происходит деление клеток. Клетки этого типа тканей, специализируясь, дают начало всем другим тканям растений. Клетки меристемы отличаются тонкими целлюлозными стенками, имеют вязкую цитоплазму и крупное ядро. Различают верхушечную меристему (конус нарастания), боковую и вставочную. Первая расположена на кончике корня, верхушке стебля (побега) и обеспечивает рост этих органов в длину. Боковая меристема представлена клетками, которые делятся не постоянно, а периодически. Клетки боковой меристемы обуславливают разрастание органов в толщину и называются *камбием*. Вставочная меристема располагается у основания междоузлий и обеспечивает рост в длину стеблей злаков и других растений.

**Покровная ткань**. Основная функция этой ткани — защита органов растения от неблагоприятных внешних

воздействий. К покровным тканям относятся эпидерма, пробка, корка.

**Эпидерма** (эпидермис, или кожица) образована живыми, сильно вакуолизированными клетками, которые плотно прилегают друг к другу. Она покрывает зеленые органы растений — стебли и листья. Наружные стенки клеток эпидермы покрыты слоем кутикулы, образованной жироподобным веществом кутином, вырабатываемым цитоплазмой. У многолетних растений эпидерма сменяется *пробкой*. Старые клетки пробки, паренхима коры и другие ткани формируют новое покровное образование — *корку*, которая по мере роста растения сдувается.

**Основная ткань — паренхима.** Она составляет наибольшую массу в органах растения. Клетки, образующие эту ткань, различны по своему местоположению в растении и выполняемой функции. Выделяют три разновидности этой ткани: ассимиляционную, поглощающую и запасную. *Ассимиляционная (хлорофиллоносная) ткань* сконцентрирована в мякоти листа, ее клетки осуществляют фотосинтез. *Поглощающая ткань* находится в области всасывающей зоны корня, ее функция состоит в транспортировке почвенного раствора солей от корневого волоска к проводящей системе. Наконец, *запасная паренхима* состоит из толстостенных клеток, накапливающих питательные вещества (клубни, плоды, семена).

**Механическая ткань** включает плотно прилегающие друг к другу клетки с утолщенными, часто одревесневшими стенками. Эта ткань придает растению прочность.

**Проводящая ткань.** 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*. Сосуды (трахеи) формируются из вертикального ряда клеток, у которых разрушаются поперечные стенки и утрачивается живое содержимое, а вертикальные стенки утолщаются в виде колец, спиралей, сеточек. Нисходящий ток жидкости в растении идет по ситовидным трубкам луба (поперечные стенки их продырявлены в виде сита), которые входят в состав *флоэмы*, включающей также основную и механическую ткани. По ним растворенные органические вещества поступают ко всем частям растения. Элементы флоэмы и ксилемы в совокупности образуют сосудисто-волокнистые проводящие пучки.

## ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ

Ткани высших растений образуют более сложные части — органы, которые выполняют жизненно важные функции и, взаимодействуя друг с другом, обеспечивают индивидуальное существование растения. Такими органами являются корень, стебель и лист.

### КОРЕНЬ, ЕГО СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ

**Морфология корня.** Корень — подземная часть растения. Он выполняет функции поглощения водных растворов из почвы, закрепления растения в земле и — во многих случаях — отложения запасных веществ. Корень служит органом вегетативного размножения. Кроме того, он синтезирует и выделяет в почву различные вещества (угольную, яблочную, уксусную кислоты), способствующие усвоению труднорастворимых солей. У бобовых и некоторых других растений в коре корней поселяются клубеньковые бактерии, способные фиксировать недоступный для непосредственного поглощения растением атмосферный азот и превращать его в азотистые соединения, которые растения усваивают. Выделяют *главный корень*, развивающийся из зародышевого корешка семени, *боковые корни*, отходящие от главного (они могут быть первого, второго и более порядков), и *придаточные*, которые образуются на стебле и листьях. Совокупность всех корней растения составляет *корневую систему*. Различают стержневую и мочковатую корневые системы (рис. 21).

*Стержневая корневая система* имеет хорошо выраженный главный корень и присуща в основном двудольным растениям. Длина главного корня различна: у люцерны он проникает вглубь до 10 м, у капусты — до 1,5 м.

*Мочковатая корневая система*, или система придаточных корней, характерна в основном для однодольных растений (пшеница, рожь, рис, ячмень, чеснок и др.). В этой системе главный корень в массе придаточных корней не выделяется. При прорастании семени однодольного растения обычно появляются сразу несколько корней, например, у пшеницы — 3 корешка, у ячменя — 4. Позже у злаков в почве на нижней части стебля образуется узел кущения, от которого отходят побеги, а от их

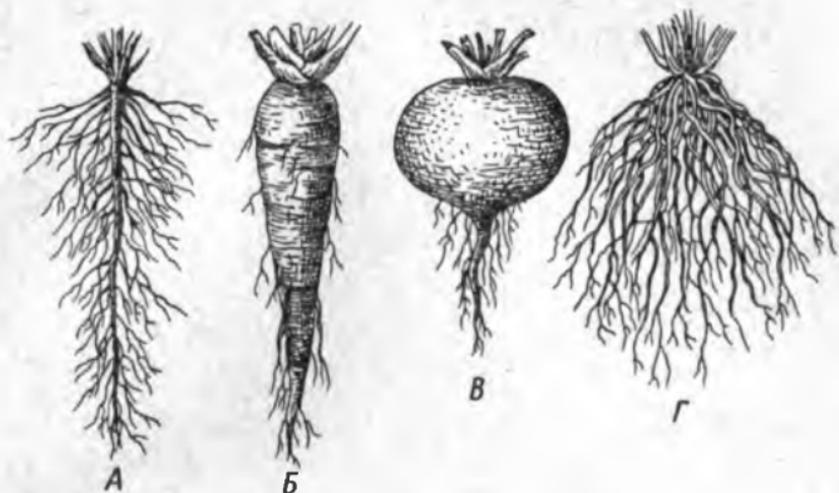


Рис. 21. Формы корней. А–В – стержневые корни (Б, В – корнеплоды); Г – мочковатый корень

основания – придаточные корни, образующие пучок корней (мочки).

**Анатомия корня.** В молодом корне различают зону роста (зону растяжения), зону всасывания и проводящую зону (рис. 22). Кончик корня прикрыт защитным образованием – *корневым чехликом*. Его наружные клетки ослизняются, облегчая продвижение корня в почве.

*Зона роста* состоит из образовательной ткани – меристемы. Ее клетки имеют крупные ядра, тонкие стенки и густую зернистую цитоплазму без вакуолей. Они постоянно делятся, давая начало всем тканям корня. За счет деления и роста клеток корень удлиняется.

В *зоне всасывания*, или зоне корневых волосков, слой наружных клеток образует особую покровную ткань, которая помимо защитной функции участвует в поглощении воды и минеральных солей. Ее клетки образуют трубчатые выросты – корневые волоски, которые по мере роста вытягиваются. Их полость – продолжение полости клетки, в ней накапливаются продукты поглощения, которые затем поступают в зону всасывания. Тонкие наружные оболочки корневых волосков слизистые, они тесно соприкасаются с частицами почвы. Выделяемая корневыми волосками слизь образует единое целое с коллоидами почвы, что способствует всасывающей функции. Зона корневых волосков у большинства растений имеет длину всего 2–3 см.

*Корневой волосок* – вытянутая живая часть клетки, в нем находится крупное ядро и много митохондрий. Ко-

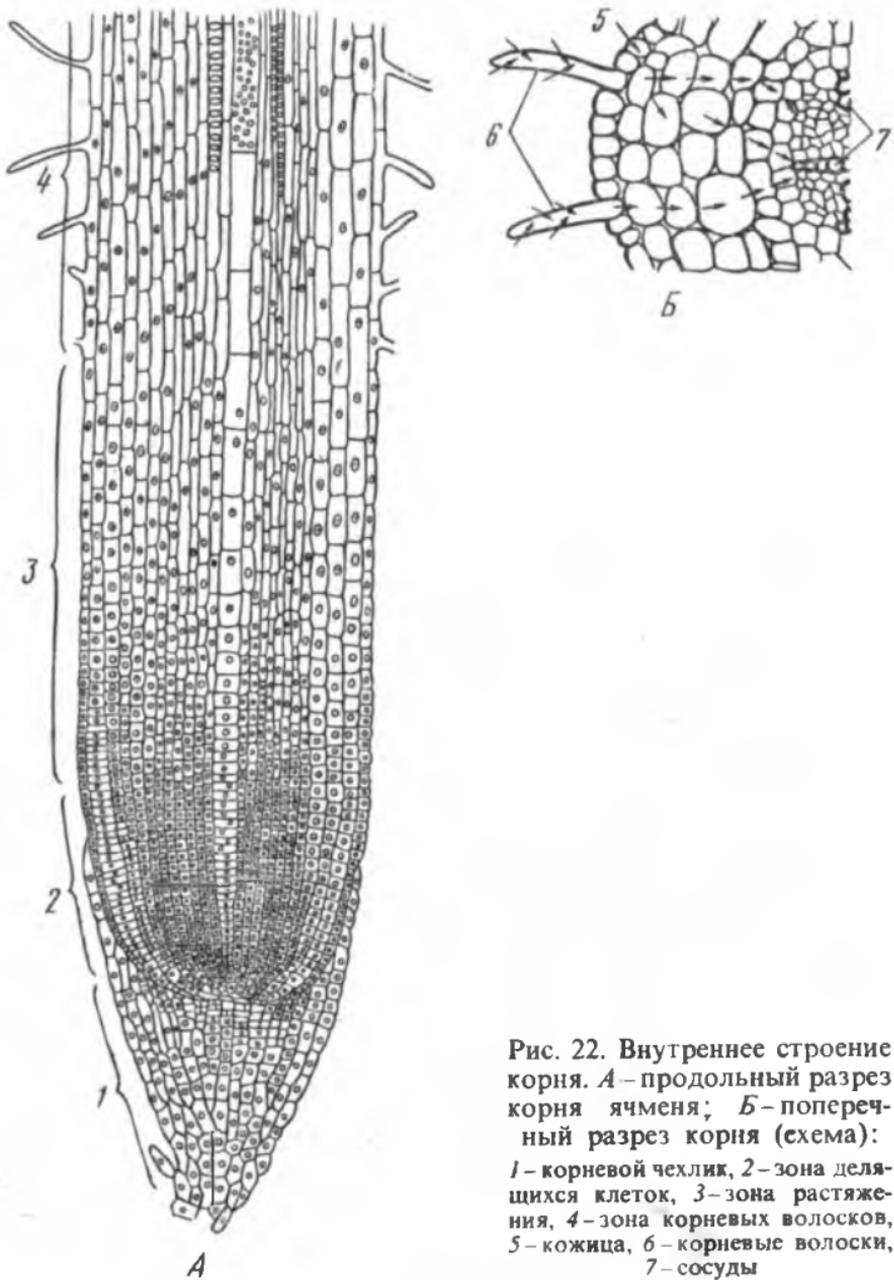


Рис. 22. Внутреннее строение корня. А – продольный разрез корня ячменя; Б – поперечный разрез корня (схема):

1 – корневой чехлик, 2 – зона делящихся клеток, 3 – зона растяжения, 4 – зона корневых волосков, 5 – кожица, 6 – корневые волоски, 7 – сосуды

личество волосков, приходящееся на единицу поверхности корня, очень велико: например, на  $1 \text{ мм}^2$  корня гороха около 230 волосков, у кукурузы – 425. Волоски недолговечны, через 15–20 дней они отмирают и заменяются новыми.

Проводящая зона находится над всасывающей и расположена в центре корня. Она включает первичную флоэму и первичную ксилему. У однодольных растений

такое строение сохраняется в течение всей жизни, у двудольных — на первых этапах развития. Но уже в течение первого года жизни у некоторых двудольных наблюдаются вторичные изменения в корне, связанные с появлением образовательной ткани — камбия. Камбий закладывается между ксилемой и флоэмой, замыкая первичную ксилему в центре и отодвигая первичную флоэму к периферии. В сторону коры камбий откладывает вторичную флоэму, к центру — вторичную ксилему. За счет деления клеток камбия корень двудольных растений растет в толщину.

**Всасывание воды и минеральных веществ корнями растений.** Анатомическое строение корня тесно связано с выполняемыми им функциями: всасыванием, проведением воды и растворенных в ней минеральных солей. Поступление воды из почвы в корень и продвижение ее по стеблю обусловлено разностью осмотического давления. Поскольку концентрация органических и минеральных веществ внутри корневого волоска выше, чем в почве, окружающая среда по отношению к клеточному соку корневых волосков представляет собой гипотонический раствор, и, всасывая воду, клетка волоска разбавляет концентрацию клеточного сока. Постепенно клеточный сок волосков становится гипотоническим по отношению к глубже расположенным клеткам коры, и вода, поступая в них из корневых волосков, также снижает концентрацию веществ в соке. Теперь в следующих группах клеток концентрация сока будет выше, чем в предыдущих, и по мере всасывания воды концентрация сока от клеток коры к сосудам ксилемы будет повышаться. Однако в связи с тем что вода уходит из корневого волоска, концентрация органических веществ в нем снова увеличивается, что обеспечивает дальнейшее поглощение воды из почвы.

Всасывающая сила всех корневых волосков корня создает корневое давление, благодаря которому вода поступает в сосуды и поднимается вверх. Таким образом, продвижению воды и растворенных в ней солей способствуют сосущая сила корневых волосков, корневое давление, сила сцепления между молекулами воды и стенками сосудов, а также сосущая сила листьев, которые, постоянно испаряя воду, притягивают ее из корней.

**Дыхание корней.** Совокупность процессов, обеспечивающих поступление в растение кислорода и удаление диоксида углерода, а также использование кислорода клетками и тканями для окисления органических веществ

с освобождением энергии, необходимой для жизнедеятельности растения, составляет дыхание.

Образующиеся в процессе дыхания промежуточные вещества (органические кислоты, сахара — пентозы и др.) в дальнейшем играют важную роль в синтезе составных частей протопласта клеток растения. Один из конечных продуктов дыхания — вода — может использоваться в случае обезвоживания организма. Выделяемая при дыхании химическая энергия, претерпевая ряд превращений, расходуется на процессы, связанные с ростом, развитием, движением и др.

В основном функцию дыхания выполняет лист и частично корневая система. Корень осуществляет свои функции по обеспечению растения питательными веществами только при достаточном количестве воздуха в почве. Чтобы увеличить аэрацию и тем самым усилить доступ кислорода к корням растения, проводят рыхление. При этом разрушается поверхностная корка, и почвенные капилляры, по которым шло испарение влаги в почве, закрываются, поэтому рыхление называют «сухим поливом».

У ряда тропических болотных растений (мангровый лес) в процессе эволюции развиваются дыхательные корни. Они поднимаются вертикально вверх, на их поверхности имеются отверстия, через которые воздух поступает в корни, а затем в части растения, погруженные в болотистую почву.

### СТЕБЕЛЬ, ЕГО СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ

**Стебель** — вегетативный орган растения, на котором укрепляются листья, цветки, плоды и осуществляется передвижение воды и минеральных солей от корня к листьям и органических веществ, синтезированных в листьях, вниз к корням. В клетках эпидермы зеленых стеблей имеются хлоропласты, в которых осуществляется фотосинтез. У многих растений в стебле накапливаются запасные питательные вещества (мясистые стебли капусты кольраби). Стебель может служить и органом вегетативного размножения.

По направлению и способу роста различают стебли *прямостоячие* (подсолнечник, кукуруза, тополь), *ползучие*, или *стелющиеся* (земляника, лютик ползучий), *лазающие*, или *цепляющиеся*, имеющие различные образования в виде усиков, шипов, щетинок для прикрепления

к опоре (горох, виноград). У некоторых растений стебель *укорочен* (подорожник, одуванчик), и листья образуют прикорневую розетку.

**Побег.** Побегом называется стебель с расположенными на нем листьями и почками. Места прикрепления листьев к стеблю именуется *узлами*, а участки стебля между узлами — *междоузлиями*. Угол между черешком листа и стеблем называется *пазухой листа*, в которой образуются пазушные почки. Кончик стебля представлен верхушечной почкой, в которой находится *конус нарастания*, состоящий из образовательной ткани. В основании конуса нарастания образуются первичные бугорки или зачаточные листья, а в пазухе первичных бугорков — вторичные бугорки; из них формируются почки, дающие начало боковым побегам.

Благодаря делению клеток, их быстрому росту и дифференцировке на ткани осуществляется рост стебля в длину. Вставочный рост наблюдается у злаков и многих двудольных, он происходит за счет вставочной меристемы. В процессе роста стебель проявляет положительный фототропизм — тянется к свету.

**Почки, их строение.** Почка — это укороченный зачаточный побег. В ней находятся зачаточный стебель с конусом нарастания и зачатки листьев или цветков (рис. 23). Снаружи почки зимующих побегов покрыты защитными плотными кожистыми чешуйками (видоизмененными листьями). Почки, из которых развиваются цветки, называются *цветочными*. Они значительно крупнее, имеют округлую форму и сидят на укороченных побегах — плодушках (яблоня). По месторасположению различают почки верхушечные, пазушные и придаточные.

*Придаточные почки* снаружи не видны, они образуются за счет деятельности камбия и других образовательных тканей в разных местах любого органа растения (корня, стебля, листа). На верхушках как главного, так и боковых побегов располагаются *верхушечные почки*, за счет которых стебель растет в длину. В пазухе листьев закладываются *пазушные почки*; из них развиваются боковые побеги, имеющие такое же строение, как и верхушечные. Многие пазушные почки находятся в состоянии покоя, поэтому их называют *спящими*. При удалении верхушечной почки из спящих почек развиваются молодые побеги. Этот прием позволяет сформировать пышную крону у некоторых декоративных деревьев и ку-

старников, а также используется в сельскохозяйственной практике для управления ростом растения (например, для усиления ветвления боковых побегов у помидоров, огурцов).

**Видоизменения побегов.** У многолетних травянистых растений видоизмененными побегами, растущими в земле, являются корневища (пырей, ландыш, ирис), клубни, луковицы (картофель, земляная груша, тюльпан). В них отлагаются запасные питательные вещества.

*Корневище* в почве занимает горизонтальное положение. На нем расположены редуцированные листья в виде бурых или бесцветных чешуек, а в их пазухах находятся почки, из которых вырастают надземные побеги. Корневище имеет узлы и междоузлия, причем из узлов образуются придаточные корни. На верхушке расположена верхушечная почка, за счет которой корневище растет в длину.

*Клубневые утолщения* формируются на концах подземных побегов — столонов. На клубне имеются глазки — углубления, в которых находятся почки. Они располагаются на клубне по спирали (как листья на стебле) и дают начало надземным побегам. Снаружи клубень покрыт эпидермой, которая впоследствии заменяется пробкой. У картофеля клетки мякоти клубня заполнены крахмалом, а у земляной груши — инулином (сложный углевод).

*В луковице* выделяют укороченный стебель — донце с отходящими придаточными корнями. На донце располагаются листья, представленные двумя видами чешуй: сухими, выполняющими защитную функцию, и сочными, мясистыми, в которых откладываются питательные вещества (лук, чеснок). На верхушке донца расположена верхушечная почка, дающая начало надземному побегу — цветonoсной «стрелке» и листьям.

Надземными видоизменениями побега являются цветок, почки, шишки ели и сосны, колючки дикой груши, гледичии, защищающие растения от поедания животными, мясистые и сочные стебли самой причудливой формы (кактусы, капуста кольраби), усики винограда.

**Анатомическое строение стебля** соответствует выполняемым им функциям и имеет ряд особенностей. Проводящая система в стебле представлена сосудисто-волокнистыми пучками. Начало пучкам дает первичная образовательная ткань — меристема. У однодольных растений проводящие пучки *замкнутые*, т. е. между ксилемой

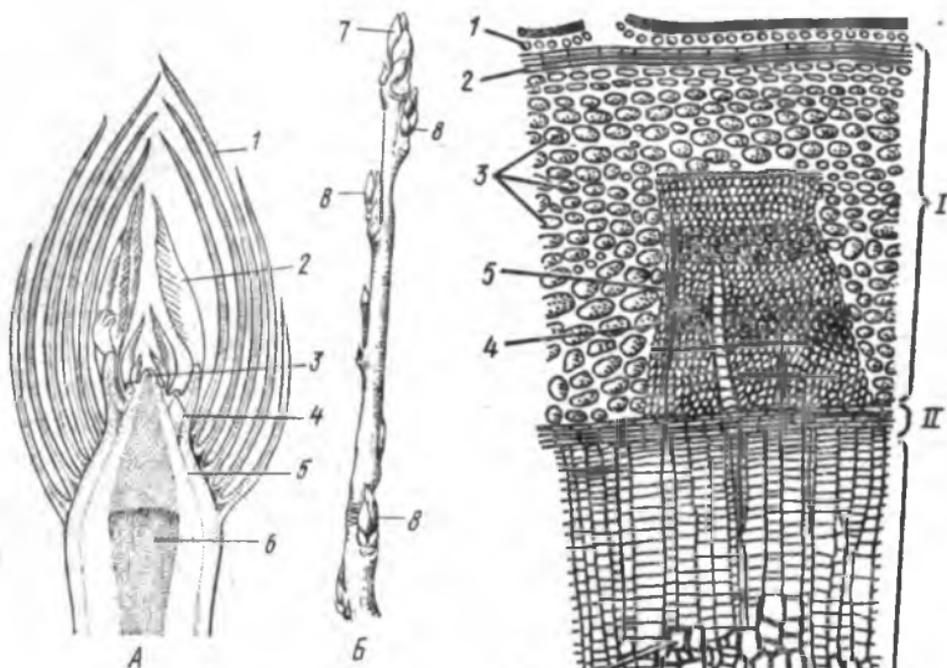


Рис. 23. Развитие побега из почки. *А* – продольный разрез почки; *Б* – побег с почками:

1 – чешуя, 2, 4 – зачаточные листья, 3 – конус нарастания, 5 – зачаточный стебель, 6 – основной стебель, 7 – верхушечная почка, 8 – боковые почки

Рис. 24. Строение стебля древесного растения. *I* – кора; *II* – камбий; *III* – древесина; *IV* – сердцевина:

1 – кожица, 2 – пробка, 3 – клетки коры, 4 – лубяные волокна, 5 – ситовидные трубки, 6 – сосуды, 7 – годовичные кольца

и флоэмой в пучках нет камбия, поэтому новые элементы ксилемы и флоэмы не образуются и стебли у большинства этих растений не утолщаются. Закрытые пучки у однодольных растений расположены по всей поверхности среза стебля. Прочность стеблю придает механическая ткань.

Стебли двудольных растений имеют четко выраженную первичную кору и центральный цилиндр. Первичная кора состоит из паренхимных клеток, механической ткани и эндодермы. К центру от первичной коры расположен центральный цилиндр, включающий проводящие элементы, собранные в сосудисто-волокнистые пучки. В пучках двудольных между ксилемой и флоэмой находится камбий; вследствие деления его клеток образуются элементы флоэмы, откладывающиеся к периферии стебля, и элементы ксилемы, откладывающиеся во внутрь стебля. Камбий, расположенный в пучках, называется пучковым. Пучки, содержащие камбий, называются *открытыми*. Они располагаются по кругу, образуя кольцо. У двудольных (подсолнечник, хлопчатник) клетки паренхимной ткани, расположенной между пучками, образуют межпучковый камбий, который, соединяясь с пучковым, образует сплошное камбиальное кольцо. Это кольцо к периферии откладывает флоэму, к центру — ксилему, в результате чего осуществляется рост стебля в толщину.

**Строение стебля древесного растения.** На распиле древесного растения видны первичная кора, древесина и сердцевина (рис. 24). Первичная кора у молодых деревьев снаружи покрыта эпидермой. С возрастом ее клетки пропитываются жироподобным веществом и образуют пробку. Клетки пробки мертвые, расположены правильными рядами. Значение этой покровной ткани состоит в том, что она защищает стебель от потери воды, от перегрева, переохлаждения и проникновения микроорганизмов. С появлением пробки эпидерма отмирает. Газообмен между внутренними частями стебля и внешней средой осуществляется через щелевидные отверстия — *чечевички*. Они имеют вид бугорков (бузина) или поперечных полосок (береза). Под пробкой расположена первичная кора, за которой находится центральный цилиндр. В паренхиме центрального цилиндра залегают флоэма, камбий и ксилема.

Камбий, образующий камбиальное кольцо, кнаружи откладывает элементы флоэмы (*луба*), к центру — элементы ксилемы (*древесины*), а также паренхимные клетки радиальных лучей. В результате деления клеток камбия и формирования ксилемы камбиальное кольцо отодвигается к периферии. Функцию проведения воды и минеральных солей выполняют элементы молодой древесины, лежащие ближе к камбию. В старых слоях древесины сосуды и другие элементы ксилемы закупориваются смола-

ми, эфирными маслами и выполняют механическую функцию.

В древесине четко выделяются годовичные кольца. Это связано с тем, что камбий активен не круглый год, а только весной и летом. Весной камбий откладывает крупные клетки древесины, а осенью — мелкие, толстостенные. Зимой клетки камбия не делятся, его деятельность начинается с наступлением весны. Ширина годовичных колец зависит от условий жизни: во влажное и теплое лето кольца широкие, в засушливое и холодное лето или в случае поражения вредителями и болезнями толщина колец уменьшается. Средняя часть ствола занята *сердцевиной* и представлена запасующей паренхимой.

### ЛИСТ, ЕГО СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ

Основные функции листа заключаются в осуществлении фотосинтеза и транспирации (испарение воды и газообмен).

Лист развивается из боковых почек стебля. У некоторых видов растений в процессе эволюции листья *видоизменились* и стали выполнять иные функции: в почках и луковицах они превратились в чешуи, у барбариса и кактуса — в колючки, у гороха, вики преобразовались в усики, в цветке — в чашелистики, лепестки, тычинки, плодолистики. У некоторых видов растений (бегония, бриофиллум) листья служат для вегетативного размножения. У большинства растений листья живут в течение одного вегетационного периода, а затем отмирают. Такие растения называются *листопадными*, а сам процесс сбрасывания листьев — листопадом. Сбрасывая листья, растение резко уменьшает транспирацию, а также освобождается от продуктов конечного обмена. В зоне с умеренным климатом листопад обусловлен сезонным ритмом температур, влажности и света и представляет собой приспособление растений к переживанию неблагоприятного периода года.

У большинства растений в листе различают черешок и листовую пластинку. С помощью черешка лист прикрепляется к стеблю. Такие листья называют *черешковыми* (сирень, подсолнечник, береза). Если черешок отсутствует, то такой лист называют сидячим (алоэ, василек). У некоторых черешковых листьев (морковь, рожь, укроп) основание черешка расширено и образует листовое влагалище.

Листья бывают простыми и сложными. Листья с одной листовой пластинкой называются *простыми*; причем листовая пластинка может быть цельная и расчлененная. По форме листовой пластинки листья бывают *овальными* (груша), *яйцевидными* (подорожник), *линейными* (пшеница), *сердцевидными* (сирень), *щитовидными* (настурция), *стреловидными* (стрелолист) и др. (рис. 25). Форма края листовой пластинки бывает *цельной* (сирень, кукуруза), *зубчатой* (бук), *пильчатой* (груша, крапива двудомная).

*Сложным* листом называют лист, у которого листовая пластинка состоит из нескольких листочков, прикрепленных к основному черешку при помощи своих черешков. Сложные листья бывают *тройчато-сложными* (клевер, земляника), *пальчато-сложными* (конский каштан), *перисто-сложными* (роза, акация). Вся листовая пластинка пронизана сетью жилок, которые представляют собой проводящие пучки. Они снабжают лист водой и отводят из него органические вещества ко всем частям растения.

Различное расположение жилок листа определяет следующий характер жилкования: а) *параллельное* (пшеница, осока) и б) *дуговое* (ландыш, аспидистра), характерные для однодольных; в) *сетчатое* (клен, яблоня), характерное для двудольных (рис. 26).

Расположение листьев на стебле бывает очередным, супротивным и мутовчатым. При *очередном* листорасположении листья сидят на стебле по очереди, образуя спи-



Рис. 25. Форма листьев. А — простые листья:

1 — нелопастной (цельный), 2 — перистолопастной, 3 — пальчато-лопастной; Б — сложные листья: 4 — тройчато-сложный, 5 — перисто-сложный, 6 — пальчато-сложный

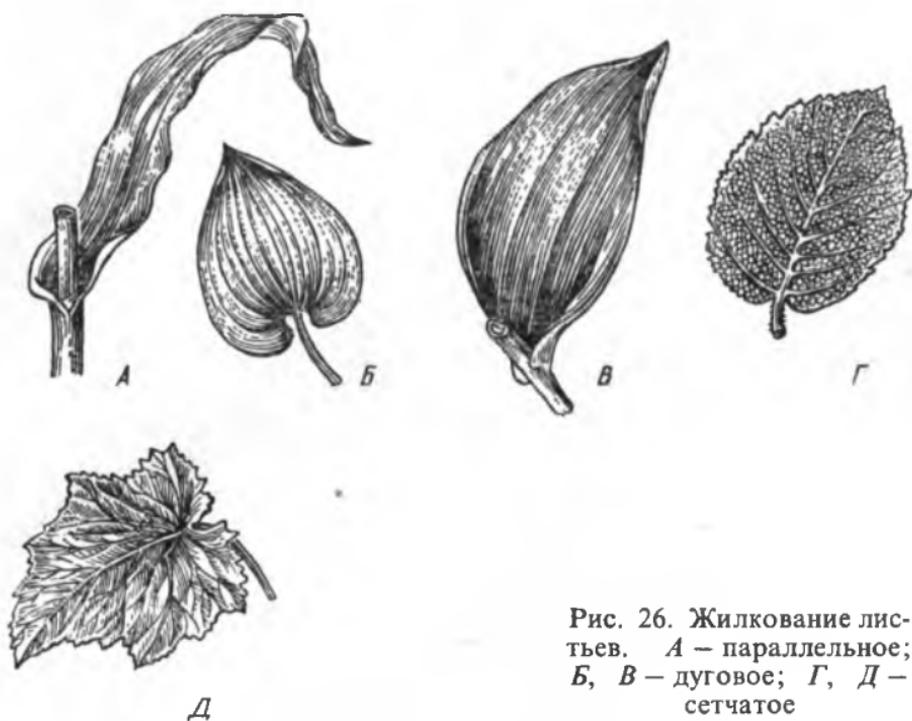


Рис. 26. Жилкование листьев. А — параллельное; Б, В — дуговое; Г, Д — сетчатое

раль. К одному узлу прикрепляется один черешок (тополь, вишня). При *супротивном* листья располагаются друг против друга: при этом на одном узле сидят по два листа (мята, сирень). При *мутовчатом* расположении листьев от одного узла отходят три или более листьев (олеандр, элодея).

Листья размещаются на растении таким образом, чтобы не затенять друг друга — в виде *листовой мозаики*. Это позволяет эффективнее использовать солнечные лучи.

**Анатомическое строение листа.** Снаружи лист покрыт эпидермой, клетки которой плотно прилегают друг к другу. Они прозрачны, хорошо пропускают солнечные лучи внутрь листа и выполняют защитную функцию (рис. 27). Эпидерма может иметь кутикулу, щетинки, сопочки, волоски, выделяющие смолистые вещества, эфирные масла. Эти образования препятствуют проникновению микроорганизмов в лист и защищают его от перегрева и испарения воды.

В эпидерме имеются *устьица*. Устьичный аппарат состоит из двух замыкающих клеток полулунной формы, между которыми находится щель. В отличие от остальных клеток эпидермы эти замыкающие клетки содержат хлоропласты. У большинства растений устьица находят-

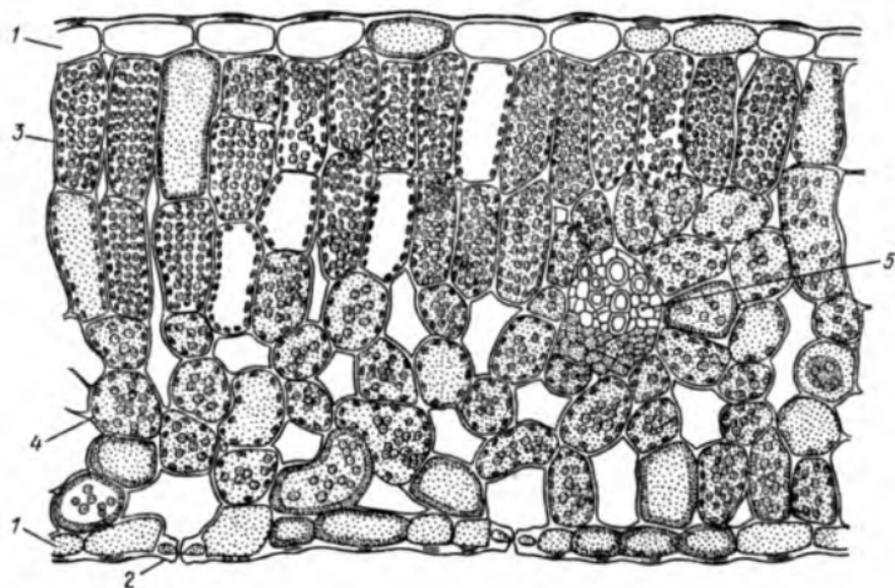


Рис. 27. Внутреннее строение листа:

1 — кожица, 2 — устьице, 3 — столбчатая паренхима, 4 — губчатая паренхима, 5 — жилка

ся на нижней поверхности листьев. У листьев же водных растений (кувшинки) они имеются только на верхней эпидерме. Если листья расположены вертикально, то устьица есть как на нижней, так и на верхней эпидерме (злаки). Через устьица осуществляются газообмен и транспирация.

Между верхней и нижней эпидермой расположены клетки мякоти листа. К верхнему слою примыкают цилиндрические клетки мякоти, плотно прилегающие друг к другу и образующие *столбчатую*, или *палисадную*, *ткань*. Ее клетки в большом количестве содержат хлоропласты. Основная функция столбчатой ткани — фотосинтез. Между столбчатой тканью и нижней эпидермой залегает губчатая ткань. Клетки этой ткани неправильной формы, расположены рыхло и образуют большие межклеточные пространства, заполненные воздухом. В них меньше хлоропластов, поэтому фотосинтез здесь протекает менее интенсивно, чем в столбчатой ткани. Основная функция губчатой ткани — участие в процессах газообмена и испарения.

В толще листа расположены сосудисто-волокнистые пучки. По проводящим сосудам ксилемы каждой жилки в лист поступают вода и минеральные вещества, а по ситовидным трубкам флоэмы из листа отводятся продукты фотосинтеза.

— Через устьица растения испаряют большое количество воды: береза — 50 л в сутки, кукуруза за лето — 150 л, подсолнечник — 200 л. Транспирация имеет большое значение для растений. Вода поглощается корнями из почвы и доставляется в листья. При ее испарении в листьях повышается концентрация веществ. Вода передвигается по межклетникам и через устьица выходит из листа. В процессе испарения поглощается теплота и лист охлаждается, следовательно, испарение предохраняет лист от перегрева. Температура листа при этом понижается на 4—6°С по сравнению с воздухом. Интенсивность испарения зависит от окружающих условий и состояния устьиц: ускоряют транспирацию повышение температуры воздуха, ветер, увеличение влажности почвы и т. д.

Механизм смыкания и расширения устьиц зависит от тургорного состояния устьичных клеток. Если в почве влаги достаточно, корни доставляют ее в вышележащие ткани и клетки листа, повышая их тургор, и устьица открываются. Кроме того, в хлоропластах устьичных клеток идет процесс фотосинтеза с образованием сахара, также повышающего тургор. В жаркую сухую погоду, когда поступление воды от корней к листьям резко сокращается, тургор клеток снижается, устьица закрываются, и испарение воды прекращается. В этом проявляется защитная функция устьиц, предохраняющая растение от обезвоживания (оставшаяся вода в клетках сохраняется). Ночью, с прекращением фотосинтеза, сахар оттекает из устьичных клеток, их тургор падает, и устьица закрываются. Этому способствует и понижение температуры.

Листья видов влажных мест обитания имеют крупные пластинки и много устьиц. Листья растений сухих мест в процессе эволюции приспособились к наименьшему испарению: у одних листовая пластинка небольших размеров, у других — густое опушение, восковой налет и мало устьиц, глубоко погруженных в мякоть листа. У растений пустынь листья превратились в колючки.

**Образование органического вещества в зеленом растении. Фотосинтез.** Отличительная особенность зеленого растения — способность на свету создавать органические вещества из неорганических. Этот процесс называется *фотосинтезом*. Исходные вещества для него — диоксид углерода и вода, энергией служит солнечный свет. Органическое вещество может синтезироваться только в хлоропластах листа и зеленых частях стебля. Ведущая роль

в этом процессе принадлежит зеленому пигменту хлорофиллу, в состав которого входит атом магния. Суммарным выражением фотосинтеза является реакция:  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{энергия} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ .

Получившаяся таким образом глюкоза впоследствии превращается в более сложные углеводы, в том числе в крахмал. Источником энергии для фотосинтеза служат преимущественно красные лучи спектра. Процесс фотосинтеза протекает сложно и многоступенчато. Он складывается из ряда последовательных реакций, часть которых протекает на свету, часть — в темноте.

В световую фазу энергия солнечного света передается в форме фотонов или квантов. Проникая в хлоропласт, они поглощаются хлорофиллом и переводят некоторые его электроны со стабильного энергетического уровня на более высокий. Так возникают возбужденные светом электроны ( $e^-$ ), которые способны отрываться от молекул хлорофилла и попадать на молекулы веществ — переносчиков электронов, а затем по замкнутой цепи возвращаются на свой основной уровень, но отдав энергию, расходуемую на синтез АТФ. Новая порция света вновь возбуждает электроны хлорофилла. Энергия же связей синтезированной и накопленной АТФ тратится в дальнейшем на различные ассимиляционные процессы.

В клетках листа и в межклеточных пространствах всегда есть некоторое количество ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ , образующихся в результате диссоциации воды, которая происходит под влиянием света. Процесс разложения воды и других веществ под влиянием света называется *фотолизом*. Некоторые возвращающиеся на свой стабильный уровень электроны ( $e^-$ ) захватываются ионами водорода и превращаются в атомы:  $\text{H}^+ + e^- = \text{H}$ . Атомы водорода присоединяются к находящемуся в клетке органическому веществу: никотинамидадениндинуклеотидфосфату (НАДФ), переводя его в восстановленное состояние —  $\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2$ . Ионы гидроксила, потеряв свой противоион, отдают электроны молекулам других веществ и превращаются в основной радикал  $\text{OH}$  ( $\text{OH}^- - e^- = \text{OH}$ ). Радикалы  $\text{OH}$  активны и, взаимодействуя между собой, образуют перекись водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) — нестойкое соединение, на свету разлагающееся на воду и атомарный кислород. Атомы кислорода соединяются в молекулы кислорода, который выделяется во внешнюю среду через устьица листа. Следовательно, синтез АТФ, фотолиз воды и вос-

становление НАДФ до НАДФ · Н<sub>2</sub> составляют световую фазу процесса фотосинтеза.

Восстановленные молекулы НАДФ · Н<sub>2</sub> участвуют в карбоксилировании диоксида углерода, поступающего через устьица из воздуха. При этом СО<sub>2</sub>, соединяясь с водородом, образует карбоксильные группы СООН. Из них (с поглощением энергии) получается первичное органическое вещество (например, С<sub>6</sub>Н<sub>12</sub>О<sub>6</sub> — глюкоза). Все эти ферментативные реакции завершаются получением фосfogлицериновой кислоты (ФГК), которая восстанавливается, присоединяя атомы водорода, в фосfogлицериновый альдегид (ФГА); при участии ферментов он образует глюкозу, превращающуюся в первичный крахмал. Днем крахмал накапливается в хлорофилловых зернах, а ночью при действии фермента диастазы первичный крахмал переходит в сахар, который оттекает из листьев по флоэме в корень, стебель, плоды, семена и здесь откладывается в виде запасного питательного вещества — вторичного крахмала. Таким образом, процесс карбоксилирования диоксида углерода и образование органических веществ представляет собой *темновую фазу* фотосинтеза, в которой, как и в световой, используется энергия АТФ. В процессе фотосинтеза кроме углеводов образуются также жиры и белки, но вначале синтезируются мономеры этих соединений — аминокислоты (они формируют полипептидные цепочки), глицерин и жирные кислоты (из них синтезируются жиры) и т. д.

Ежегодно зеленые растения запасают в виде химических связей столько энергии, сколько могли бы выработать 200 000 таких электростанций, как Куйбышевская. Благодаря фотосинтезу растения создают огромный запас питательных веществ в своей вегетативной массе, плодах и семенах, которые используются в пищу человеком и животными. Велика роль зеленого растения как поставщика кислорода на Земле, выделяемого в процессе фотосинтеза. Большой вклад в изучение процесса фотосинтеза внес выдающийся биолог К. А. Тимирязев. Основные положения его книги «Солнце, жизнь и хлорофилл» не утратили своего значения до сих пор.

## ЦВЕТОК, ЕГО СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ

Общий для всех представителей отдела Покрытосеменных (Цветковых) признак — образование цветка. Плоды и семена являются производными цветка. *Цве-*

ток — это неразветвленный видоизмененный укороченный побег, в котором формируются споры, половые клетки — гаметы и происходит опыление и оплодотворение. Видоизмененный стебель в цветке представляют собой цветоножка и цветоложе, а видоизмененные листья — чашелистики, лепестки, тычинки и плодолистики, образующие пестик (рис. 28). *Цветоножка* — часть стебля, несущая цветок. Его расширенная часть называется *цветоложем*. На цветоложе располагаются чашелистики, лепестки, тычинки и пестик. *Чашелистики* образуют чашечку, которая может быть сростнолистной (шалфей, горох) или раздельнолистной (лютик, сурепка). Чашечка защищает внутреннюю часть цветка, может участвовать в процессе фотосинтеза; видоизменяясь, служит приспособлением для распространения плодов (у одуванчика, осота — летучка). *Лепестки* образуют венчик, окрашенный в различные цвета. К центру от венчика располагаются тычинки. *Тычинка* состоит из тычиночной нити и пыльника. Пыльник образован двумя продольными половинками, соединенными между собой связником (уплощенная часть тычиночной нити). Каждая половина содержит два пыльцевых гнезда — полости, в которых образуются микропоры.

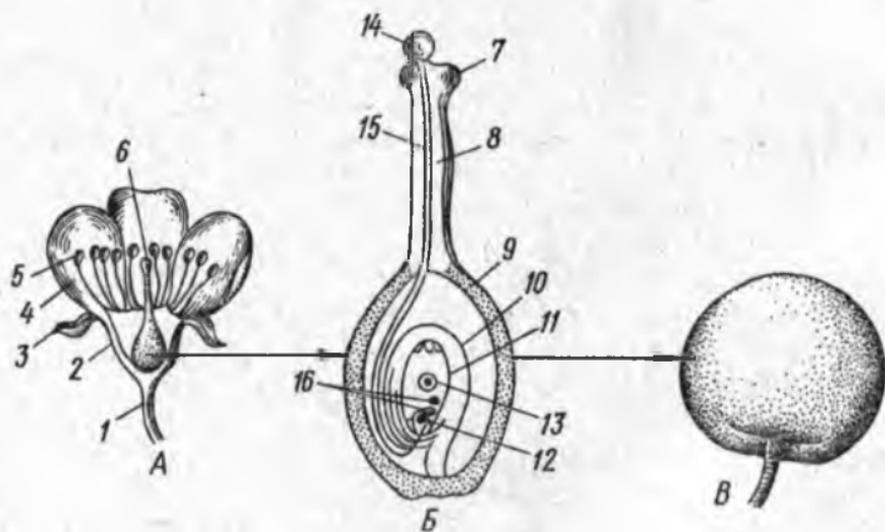


Рис. 28. Цветок, завязь и плод вишни. А — цветок вишни в продольном разрезе; Б — пестик в продольном разрезе; В — плод

1 — цветоножка, 2 — цветоложе, 3 — чашечка, 4 — венчик, 5 — тычинки, 6 — пестик, 7 — рыльце, 8 — столбик, 9 — завязь, 10 — семязпочка, 11 — зародышевый мешок, 12 — яйцеклетка, 13 — вторичная клетка, 14 — проросшая пылинка, 15 — пыльцевая трубка, 16 — спермии

Клетки пыльцевого гнезда, многократно делясь, образуют диплоидные клетки (материнские клетки микроспор), далее в результате мейоза из одной диплоидной клетки образуются четыре гаплоидные микроспоры — тетрады. Каждая микроспора в пыльцевом гнезде превращается в пылинку, или *пыльцевое зерно*. Пылинка имеет две оболочки: наружную — экзину, пористую, утолщенную, пропитанную кутином, часто с шероховатой поверхностью, и внутреннюю тонкую — интину. При формировании пылинки ядро и цитоплазма митотически делятся, образуя две клетки: *вегетативную* и *генеративную*. Из генеративной клетки формируются две мужские гаметы.

В центре цветка, в окружении тычинок, располагается *пестик* (один или несколько). Он имеет рыльце, приспособленное для улавливания пыльцы, столбик и завязь. Внутри завязи располагаются одна (вишня, абрикос) или несколько (мак) семяпочек, из которых после оплодотворения образуются семена. Семяпочка с помощью семяножки прикрепляется к внутренней стенке завязи, имеет покров, под которым находится многоклеточное образование — ядро семяпочки. Через покров к ядру ведет каналец — *пыльцевход*.

Внутри семяпочки формируется восьмиядерный зародышевый мешок. Одна из ее клеток разрастается и делится путем мейоза, образуя четыре гаплоидные клетки, расположенные в один ряд, но развитие получает только одна — материнская, три остальные разрушаются. Ядро этой одной клетки делится и образовавшиеся два ядра расходятся к ее полюсам.

В результате их дальнейшего деления у каждого полюса образуются по четыре ядра. Так формируется восьмиядерный зародышевый мешок, в последующем преобразующийся в семиядерный. От каждой тетрады отделяется по одному ядру, называемому *полярным*; сливаясь, они образуют *вторичное диплоидное ядро* зародышевого мешка. Все ядра окружаются цитоплазмой, покрываются оболочками — формируются клетки. Одна из трех клеток, расположенная ближе к пыльцевходу, представляет собой *яйцеклетку*, рядом расположены две другие клетки — *синергиды*. Три клетки противоположно полюса называются *антиподами*.

Тычинки и пестики, образующие собственно цветок, служат органами полового размножения. Если в цветке есть и тычинки, и пестик, он называется *обоеполым* (вишня, тюльпан). Цветки, имеющие только пестики или

только тычинки, называются *однополыми* (кукуруза, огурцы, ива); цветки, несущие только пестики, называются *пестичными*, а только тычинки — *тычиночными*. У некоторых растений цветки утратили и тычинки, и пестики, такие цветки именуются *бесполоыми* (язычковые цветки подсолнечника, ромашки) и служат для привлечения насекомых. Если тычиночные и пестичные цветки находятся на одном экземпляре, то такие растения называются *однодомными* (кукуруза, огурцы); если на разных — *двудомными* (конопля, ива).

## СОЦВЕТИЯ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

Обычно крупные цветки располагаются поодиночке (мак, тыква), а мелкие собраны в соцветия. Соцветие — это совокупность цветков и осей, сгруппированных в определенном порядке. Различают простые и сложные соцветия. К первым относятся кисть, простой колос, початок, щиток, простой зонтик, корзинка. У этих соцветий выделяется главная ось, на которой расположены мелкие цветки. *Кисть* — соцветие, у которого на главной оси (оси первого порядка) поочередно располагаются цветоножки, несущие мелкие цветки (черемуха, редька). *Простой колос* также имеет главную ось, на которой находятся сидячие цветки без цветоножек (подорожник). *Початок* напоминает простой колос, но главная ось соцветия отличается большой мясистостью (початок кукурузы, аронник). *Щиток* — соцветие, у которого цветоножки последовательно отходят от оси первого порядка, длина их различна, но цветки располагаются в одной плоскости (груша). *Простой зонтик* имеет укороченную ось первого порядка, цветоножки с цветками отходят от верхней части оси (лук, вишня). *Корзинка* состоит из укороченной оси разросшегося общего цветоложа, на котором расположены сидячие цветки (подсолнечник, ромашка).

Сложные соцветия характеризуются тем, что цветки располагаются на осях второго, третьего и более высокого порядка. К ним относятся сложный зонтик, сложный колос, метелка и др. У *сложного зонтика* на верхушках основных осей первого порядка располагаются простые зонтики (морковь, укроп). У *сложного колоса* на главном стержне располагаются простые колоски (пшеница, рожь). *Метелка* представляет собой сложную кисть, у которой вместо цветков имеются маленькие соцветия

кисти (сирень, виноград). Биологическая роль соцветий состоит в том, что мелкие, часто невзрачные цветки, собранные вместе, становятся заметными, дают наибольшее количество пыльцы и лучше привлекают насекомых для перекрестного опыления.

**Опыление и оплодотворение у покрытосеменных растений.** Оплодотворению у цветковых растений предшествует опыление. Опыление — это перенос пыльцы с тычинок на рыльце пестика. Различают два типа опыления: самоопыление и перекрестное. Если пыльца из пыльника тычинок попадает на рыльце пестика того же цветка, то такой перенос пыльцы называется самоопылением. К растениям-самоопылителям относятся горох, пшеница, ячмень. У них тычинки и пестик созревают одновременно. При перекрестном опылении пыльца с тычинок одного цветка попадает на рыльце пестика другого цветка. В ходе длительного эволюционного развития у растений появились приспособления, способствующие перекрестному опылению: тычинки и пестики на одном цветке созревают неодновременно, вследствие чего самоопыление исключается; различная длина тычинок и пестиков также затрудняет попадание пыльцы на рыльце пестика того же цветка.

В зависимости от способа перенесения пыльцы среди перекрестноопыляемых растений выделяют насекомоопыляемые и ветроопыляемые. У *насекомоопыляемых растений* (тыква, яблоня, груша) цветки обычно или ярко окрашены, или издают аромат, что привлекает насекомых. Цветки выделяют особый сладкий сок — нектар, который служит пищей насекомым-опылителям. Пыльца цветков таких растений крупная, липкая, шероховатая и поэтому хорошо прилипает к мохнатому телу насекомого. *Ветроопыляемые растения* (рожь, кукуруза, ива) имеют сухую мелкую пыльцу. Цветки их невзрачные, не издают запаха, собраны в соцветия; пыльца созревает в избытке и переносится ветром на большие расстояния. Некоторые растения опыляются пыльцой, плавающей в водоеме (роголистники, валлиснерия). Обычно ветроопыляемые растения образуют в природе сплошные массивы.

В практике сельского хозяйства применяют искусственное опыление. Оно широко используется в работе по выведению новых сортов растений. У обоеполых цветков удаляют пыльники и на цветки надевают мешочки, а затем пестик опыляют заранее подготовленной

пыльцой другого сорта. Иногда искусственное опыление проводят для повышения урожайности культурных растений.

Попав на рыльце пестика, пыльца прорастает. Этот процесс активируют сахаристые вещества и некоторые ферменты, выделяемые рыльцем. После этого через одну из пор наружной оболочки пылинки (экзины) выпячивается внутренняя оболочка (интина), образуя пыльцевую трубку; в нее в направлении семязпочки вначале продвигается вегетативная клетка, которая создает питательную среду для половых клеток, а за ней — два спермия, возникшие в результате деления генеративной клетки. Пыльцевая трубка с двумя спермиями входит в семязпочку через пыльцевход; в зародышевом мешке один из них сливается с яйцеклеткой, образуя зиготу. В зиготе восстанавливается двойной набор хромосом, сочетающий наследственные задатки отцовского и материнского организмов. Из зиготы развивается зародыш семени. Второй спермий сливается с вторичным ядром зародышевого мешка, в результате чего развивается питательная ткань — *эндосперм*. В этом и состоит сущность *двойного оплодотворения* цветковых растений, которое впервые описал русский ученый С. Г. Навашин (1898). После оплодотворения синергиды и антиподы рассасываются.

**Образование плодов и семян.** В результате двойного оплодотворения в цветке происходит ряд изменений: лепестки, тычинки и чашелистики засыхают, а завязь разрастается, превращаясь в плод. Иногда в образовании плода принимают участие основания тычинок, цветоложе, околоцветник. Из стенки завязи формируется околоплодник, внутренний слой его может одревесневать (вишня, слива). Под защитой околоплодника из оплодотворенной яйцеклетки развивается зародыш, у которого образуются семядоли (у двудольных две, у однодольных одна), корешок, стебелек и почка.

Плоды отличаются большим разнообразием и могут быть классифицированы по разным признакам. Существуют группы настоящих (истинных) и ложных плодов. *Настоящие плоды* развиваются из завязи пестика (слива, вишня). В образовании *ложных* плодов кроме завязи принимают участие другие части цветка (цветоложе, околоцветник). Так, сочная мякоть ложного плода земляники формируется из разросшегося цветоложа, в которое погружены многочисленные плодики — семянки. Ложный плод яблоко образуется из разросшегося цветоложа, ос-

нований тычинок, лепестков, чашечки (айва, груша, яблоня).

Выделяют простые и сложные плоды. Если в цветке только один пестик, то плод, развившийся из него, называют *простым* (зерновка, боб, костянка). Из цветка, имеющего несколько пестиков, формируется *сложный плод* (малина, ежевика). *Соплодие* (шелковица, свекла) образуется из целого соцветия.

Плоды делятся на сухие и сочные в зависимости от строения околоплодника и от содержания в них воды. *Сухие плоды* при созревании высыхают и содержат до 12% воды. Среди них встречаются односеменные (не раскрываются при созревании) и многосеменные (раскрывающиеся). У плода семянки кожистый околоплодник не срастается с кожурой семени (подсолнечник). Семянки бывают с крылаткой (ясень), с двукрылаткой (клен), с прицепками (череда), с летучками (одуванчик). У плода зерновки околоплодник плотно срастается с кожурой семени (кукуруза, пшеница). Орех напоминает семянку, но имеет деревянистый околоплодник (лещина, каштан).

К раскрывающимся плодам относят боб, стручок, коробочку. Это многосеменные плоды. Плод боб (горох, акация) раскрывается двумя створками, к которым прикрепляются семена. Плод стручок (у капусты, редьки) также раскрывается двумя створками, но имеет перегородку с семенами. Плод коробочка раскрывается с помощью зубцов, крышечек, дырочек (мак, дурман).

Сочные плоды имеют сочный околоплодник, содержащий до 85% воды. К ним относятся широко распространенные ягода, костянка. Плод костянка (вишня, слива) односеменной, у него внутриплодник превращен в косточку. Ягода (помидор, паслен, виноград, клюква) — многосеменной плод. По мере созревания в ней накапливаются сахар и красящие пигменты, которые придают ей соответствующий цвет.

**Строение семян однодольных и двудольных растений.** Различия в строении однодольных и двудольных растений отражаются и на строении их семян (рис. 29). У семени однодольного растения пшеницы снаружки от кожуры находится кожистый околоплодник, на одном конце зерновки выступают небольшие волоски, противоположный конец острее, лишен волосков. Вдоль семени пролегает бороздка, на которой находится рубчик. Под кожурой расположены зародыш и эндосперм. Зародыш включает зачаточный корешок, стебелек, почку и семядо-

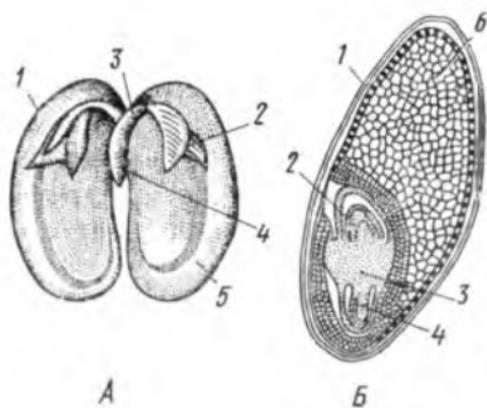


Рис. 29. Строение семени. А — семя фасоли; Б — семя (зерновка) пшеницы:

1 — кожура, 2 — почечка зародыша, 3 — стебелек, 4 — корешок, 5 — семядоля, 6 — эндосперм

прикрепления семени к стенке плода и семявход, через который при набухании семени проходит вода. Под кожурой находится зародыш, состоящий из зачаточного корешка, стебелька, почки и двух мясистых семядолей.

Прорастание семян — сложный физиологический процесс, для которого необходимы определенные внешние условия: доступ воздуха, влажность, тепло. Прорастание семени сопровождается сложными химическими превращениями веществ, в ходе которых при участии ферментов происходит распад крахмала эндосперма и мобилизация других запасных веществ, идущих на питание молодого проростка. При набухании семян увеличивается тургорное давление в клетках и семенная кожура лопается. Появляется корешок, выступающий наружу и постепенно углубляющийся в почву. Питательные вещества семени содержат запас энергии, которая освобождается при их расщеплении и расходуется на развитие проростка. В этом процессе велика роль кислорода как окислителя. В дальнейшем молодое растение для своего роста и развития использует энергию солнечного света, воду и минеральные вещества почвы.

## СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ

По современным представлениям царство растений делится на две группы, каждая из которых включает несколько отделов: *низшие (слоевцовые)* и *высшие (листо-*

лю. Во время прорастания семени из семядоли поступают вещества, идущие на питание корешка и почки зародыша. В наружных клетках эндосперма содержатся белковые зерна. Глубже эндосперма располагаются клетки, содержащие крахмал.

Семя двудольного растения фасоли сверху покрыто толстой кожурой.

На семени выступает рубчик — место

стебельные). К слоевцовым относятся одноклеточные, колониальные и многоклеточные растительные организмы, тело которых представляет собой слоевище и не разделяется на вегетативные органы. К высшим относятся многоклеточные растения, у которых хорошо выражены вегетативные органы. Выделяют следующие основные таксономические единицы: царство, подцарство, отдел, порядок, класс, семейство, род, вид. Элементарной таксономической единицей является вид. Сходные виды объединяются в роды, роды — в семейства, семейства — в порядки, порядки — в классы, сходные классы — в отделы, а последние объединяются в подцарства и царства.

В составе низших растений выделяют отдел Бактерии, группу водорослей, включающую несколько отделов, а также отделы Грибы и Лишайники.

Среди высших растений будут рассмотрены отделы Моховидные, Плауновидные, Хвощевидные, Папоротниковидные, Голосеменные и Покрытосеменные (Цветковые).

#### ОТДЕЛ БАКТЕРИИ

Бактерии — низшие, относительно просто устроенные микроскопические организмы. Тело большинства бактерий состоит из одной клетки, но встречаются и нитевидные формы, включающие несколько клеток.

Бактериальные клетки разнообразны по форме. Округлые, шарообразные бактерии называются кокками. Они бывают одиночными, но чаще объединяются в группы: по две клетки (диплококки), по четыре (тетракокки), цепочками (стрептококки) или в виде гроздей (стафиллококки).

Как и все прокариотические клетки, бактерия ограничена цитоплазматической мембраной, образующей впячивания внутрь цитоплазмы — мезосомы (рис. 30). В ряде случаев такое впячивание приобретает слоистый характер. Мезосомы играют роль митохондрий или выполняют функции эндоплазматической сети или аппарата Гольджи. На мембранах некоторых впячиваний у фотосинтезирующих бактерий располагаются соответствующие пигменты и ферменты.

Кнаружи от цитоплазматической мембраны находится капсула, состоящая из полисахаридов или гликопротеидов. Капсула служит защитным покровом клетки. Не-

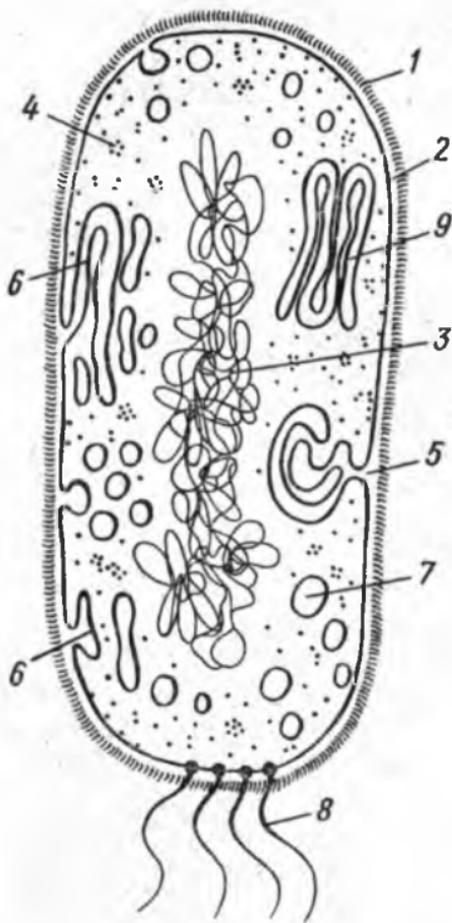


Рис. 30. Схема прокариотической клетки:

1 — клеточная стенка, 2 — цитоплазматическая мембрана, 3 — хромосома (молекула ДНК), 4 — рибосомы, 5 — мезосома, 6 — впячивание цитоплазматической мембраны, 7 — вакуоли, с включениями, 8 — жгутики, 9 — стопки мембран, в которых осуществляется фотосинтез

нием тепла. К ним относятся железобактерии, серобактерии и нитробактерии. Железобактерии поселяются в железистых источниках, в болотной воде, где переводят закисные соли железа в окисные с выделением энергии, которую они используют. Серобактерии поглощают сероводород, выделяющийся при гниении белковых соединений, восстанавливают его в серу, затем в серную кислоту и ее соли. Аммонифицирующие бактерии в ходе хемосинтеза переводят мочевины органических удобрений в карбонат аммония, а нитрифици-

которые бактерии выделяют в окружающую среду слизистые вещества.

По способу дыхания бактерии делятся на *аэробов*, живущих в кислородной среде, и *анаэробов*, живущих в бескислородной среде; факультативные анаэробы способны жить и в кислородной, и в бескислородной среде. Большинство бактерий не содержит хлорофилла и питается готовыми органическими веществами — *гетеротрофно*. Бактерии, использующие мертвые остатки органических веществ, называются *сапрофитами*, а питающиеся содержимым клеток живого организма — *паразитами* (болезнетворные бактерии). Существуют также *автотрофные бактерии*: фото- и хемосинтезирующие. Зеленые и пурпурные фотосинтезирующие бактерии в процессе ассимиляции поглощают энергию Солнца. Хемосинтезирующие бактерии извлекают энергию в ходе химических реакций, окисления неорганических соединений (аммиака, сероводорода), идущих с выделе-

*рующие* азотобактерии превращают его в соли азотистой, а затем азотной кислоты.

Подавляющее большинство бактерий размножается путем простого деления, которое в благоприятных условиях наступает каждые 15–20 мин. У некоторых бактерий наблюдается элементарный половой процесс. При этом две бактериальные клетки сближаются, между ними образуется цитоплазматический мостик, через который часть молекулы ДНК перемещается из одной клетки в другую. После этого клетки разъединяются. Количество особей в результате полового процесса не увеличивается, но происходит обогащение особей наследственным материалом. В неблагоприятных условиях бактерии обезживаются, принимают округлую форму, покрываются плотной оболочкой и превращаются в споры. В таком состоянии они могут сохраняться годами, а попав в благоприятные условия, переходят к активному образу жизни.

Велика роль бактерий, принимающих участие в круговороте химических элементов (железные и марганцевые руды), в почвообразовании. Бактерии-сапрофиты питаются органическими веществами отмерших растений и животных, выполняя важнейшую роль санитаров. Ежегодно на Земле разрушается до диоксида углерода и воды около 1 млрд. т органического вещества. В этом круговороте веществ большая роль принадлежит бактериям гниения и почвенным бактериям. Клубеньковые бактерии, поселяющиеся на корнях бобовых, поглощая азот воздуха, переводят его в усвояемую для растений форму.

В народном хозяйстве широко используются бактерии молочнокислого, уксуснокислого брожения. Молочнокислые бактерии используются в пищевой промышленности для приготовления кисломолочных продуктов, при этом молочный сахар лактоза превращается в молочную кислоту, которая свертывает белок молока казеин в плотную массу, в результате чего образуется простокваша. В основе квашения капусты, огурцов, помидоров, приготовления силоса также лежит молочнокислое брожение. При уксуснокислом брожении под действием бактерий этиловый спирт превращается в уксусную кислоту. При участии маслянокислых бактерий сахар разлагается на масляную кислоту с выделением диоксида углерода и водорода. Если этот процесс происходит в сыре, молоке и других продуктах, то вызывает их порчу.

Паразитические бактерии, проникающие в организм,

быстро в нем размножаются, выделяют токсичные продукты и вызывают заболевания человека и животных. Таковы возбудители брюшного тифа, дизентерии, бруцеллеза, холеры, туберкулеза, чумы, сибирской язвы. Для уничтожения и ослабления жизнедеятельности бактерий проводят дезинфекцию, например с помощью растворов сулемы, карболовой кислоты, формалина, спирта и др., или стерилизацию (при этом бактерии и споры при высокой температуре гибнут), а также пастеризацию, когда пищевые продукты многократно прогревают до температуры 60–70 °С, а затем охлаждают. В практической медицине и ветеринарии широко применяют антибиотики — биомицин, пенициллин, стрептомицин и др., в присутствии которых бактерии либо гибнут, либо резко ослабляют свою жизнедеятельность.

### ВОДОРОСЛИ

Данная группа низших растений включает следующие отделы: Синезеленые, Разножгутиковые, Диатомовые, Зеленые, Бурые, Красные водоросли и др. Среди них встречаются одноклеточные (хлорелла, хламидомонада), колониальные (вольвокс) и многоклеточные (улотрикс, спирогира — рис. 31, Д, Б; многие бурые и красные водоросли).

Наиболее древние из всех водорослей синезеленые. Их остатки находят в докембрийских отложениях, т. е. эти организмы существовали уже 3 млрд. лет назад. Эти водоросли очень неприхотливы и встречаются практически во всех наземных и водных местообитаниях. Клетки этих водорослей живут отдельно, но иногда образуют нити или объединяются в колонии. Прimitивное внутреннее строение клеток синезеленых водорослей и отсутствие оформленного ядра дали основание ботаникам объединить их вместе с бактериями в группу прокариот.

Водоросли — фотосинтезирующие слоевцовые растения. Они населяют морские и пресные водоемы, почву. Стенка большинства клеток водорослей целлюлозная, но у некоторых пектиновая, ослизняющаяся. Цитоплазма содержит органоиды. Пластиды у водорослей, содержащие хлорофилл, называют *хроматофорами*. В них находятся тельца, богатые белковыми веществами, — пиреноиды. Кроме хлорофилла в хроматофорах содержатся и другие пигменты: красный, желтый, синий. Зеленые водоросли обитают в мелководьях, их хлорофилл погло-

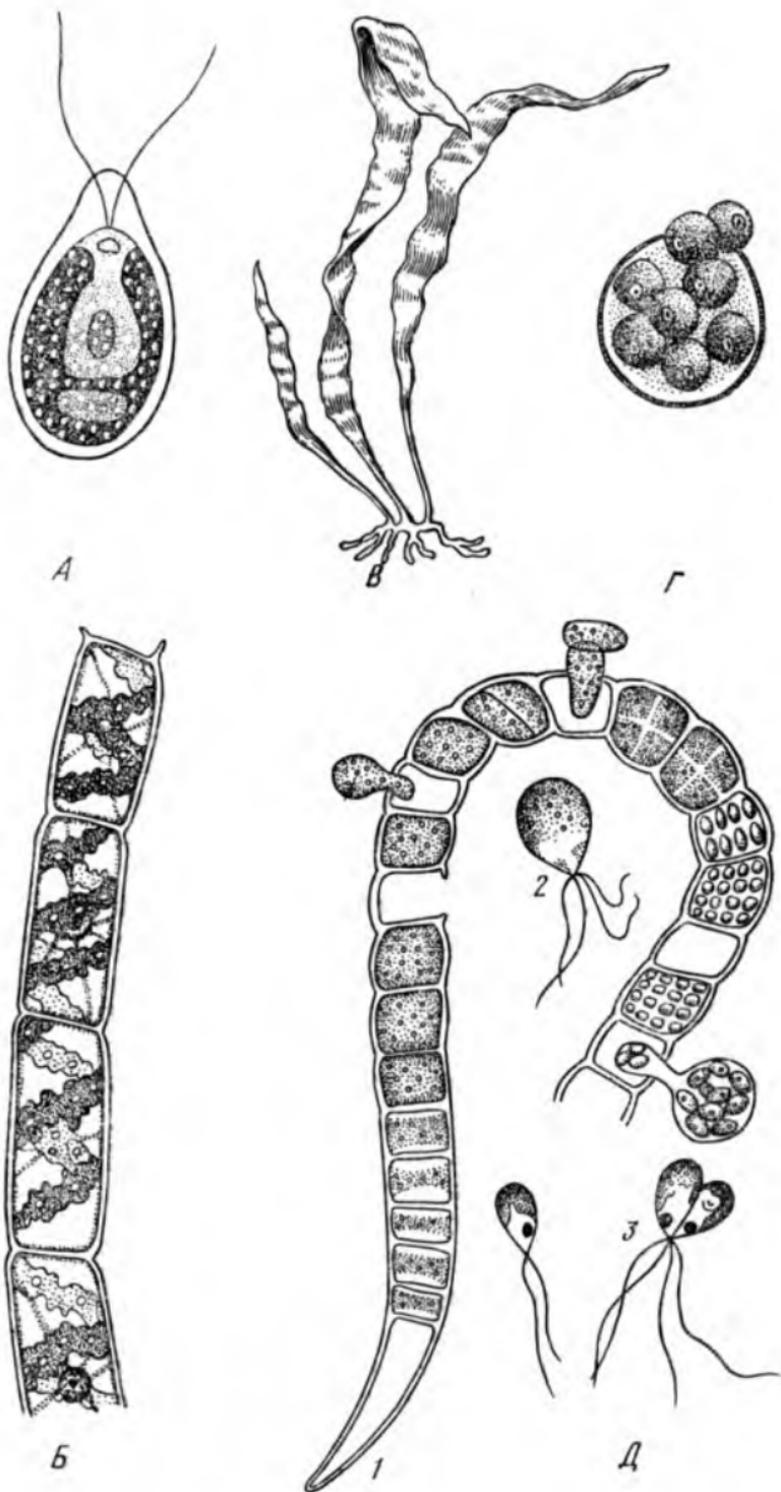


Рис. 31. Водоросли. А — хламидомонада; Б — спирогира; В — ламинария; Г — образование спор у хлореллы; Д — улотрикс: 1 — нитчатое слоевище, 2 — зооспора, 3 — гамета, слияние гамет

шает красные лучи солнечного света; на глубине 40—60 м поселяются бурые водоросли, еще глубже — красные. Последние обеспечивают жизнь обитателям водоемов на большой глубине, так как сюда проникают синие и зеленые лучи солнечного спектра, лучше всего улавливающиеся красными пигментами. Размножаются водоросли бесполом путем с образованием подвижных зооспор, делением слоевища на части и половым способом.

Пример одноклеточных водорослей — *хламидомонада* (рис. 31, А), обитающая в стоячих водоемах, лужах. Форма тела грушевидная, на переднем конце располагаются два жгутика. Клетка имеет пектиновую оболочку, цитоплазму, ядро, чашеобразный хроматофор с одним пиреноидом. Светочувствительный глазок расположен в передней части тела. При бесполом размножении клетка отбрасывает жгутики, ядро ее делится на две, четыре, иногда на восемь частей, в результате образуются зооспоры с двумя жгутиками, которые дают начало новым хламидомонадам. В неблагоприятных условиях хламидомонада размножается половым способом.

*Хлорелла* — также одноклеточная зеленая водоросль, обитающая в пресных, соленых водоемах и на влажной почве. Ее клетки микроскопически малые, шарообразной формы, покрыты целлюлозной оболочкой, с чашевидным хроматофором. Размножается очень быстро, образуя безжгутиковые споры (рис. 31, Г). Хлорелла отличается высокой энергией роста и богата питательными веществами (белки, углеводы, жиры), витаминами (А, В, С, К). В связи с этим налажено промышленное производство хлореллы и использование ее массы на корм для скота, птицы, искусственно разводимых рыб. В процессе роста хлорелла выделяет большое количество кислорода, она может использоваться для жизнеобеспечения космонавтов, очистки стоячих водоемов.

К многоклеточным зеленым водорослям относится *спирогира* — обитатель пресных водоемов. Ее слоевище образовано тонкими длинными нитями, клетки которых располагаются в один ряд. Клетка окружена целлюлозной оболочкой, снаружи покрытой слоем слизи, в цитоплазме видно округлое ядро. Хроматофоры (1—3) имеют вид спирально закрученной ленты (рис. 31, Б). В течение лета спирогира может размножаться вегетативным способом (случайный разрыв нити). Половой способ — конъюгация — наступает при неблагоприятных условиях:

две нити сближаются, в участке соприкосновения образуются выросты, через которые содержимое одной клетки переливается в другую. Ядра сливаются, а клетка покрывается плотной оболочкой и опускается на дно водоема. С наступлением тепла зигота делится с образованием четырех клеток, три из них погибают, а одна прорастает в молодую спорогиру.

Примером многоклеточных морских водорослей является бурая водоросль *ламинария* (северные и восточные моря). Слоевиде ее расчленено на ствол длиной до 1 м и листовидные пластины, достигающие 13 м, которые ежегодно сменяются. К субстрату ламинария прикрепляется при помощи ризоидов (рис. 31, В). Размножается вегетативным способом — обрывками слоевища, бесполом и половым способами, причем бесполое размножение чередуется с половым. На слоевище ламинарии в бугорках (спорангиях) формируются двужгутиковые зооспоры, которые, прорастая, образуют двудомные заростки. На одних образуются мужские половые клетки, на других — женские. После оплодотворения формируется зигота, вырастающая в новое растение.

Водоросли — родоначальники наземных растений, от них произошли все высшие растения. Водоросли составляют пищу водных животных и выделяют кислород в процессе фотосинтеза. Многие их виды употребляются в пищу человеком (представители бурых, красных водорослей), они богаты витаминами. Водоросли служат сырьем для получения йода, брома, калийных солей. При сухой перегонке из них извлекают метиловый спирт, ацетон, смолу, фенол. Отмершие водоросли образуют отложения ила — сапропеля, который используется в грязелечении и как удобрение на полях.

## ОТДЕЛ ГРИБЫ

Грибы — низшие слоевцовые гетеротрофные растительные организмы, лишённые хлорофилла. Тело гриба может быть одноклеточным или многоклеточным (рис. 32). Они обитают всюду, где имеются скопления органических веществ: в перегнойных почвах, на стволах деревьев, в пищевых продуктах или на теле человека и животных.

По способу питания грибы делятся на две группы: сапрофиты и паразиты. Грибы способны вступать в симбиоз с другими растениями. При этой форме связи ме-

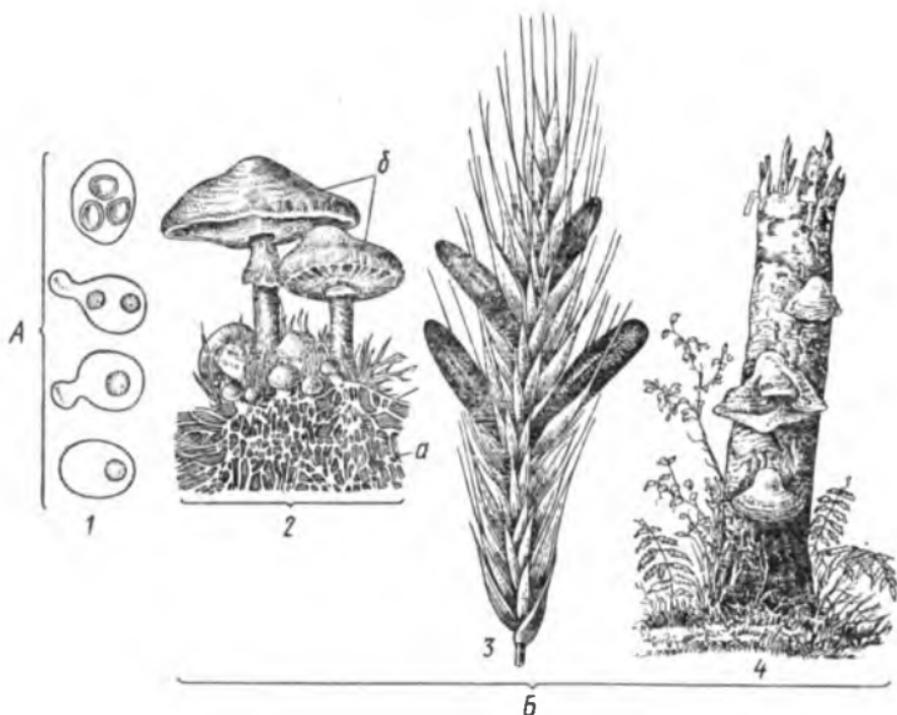


Рис. 32. Грибы одноклеточные (А) и многоклеточные (Б):  
 1 — дрожжи, 3 — спорынья, 2, 4 — шампиньон и трутовик (а — мицелий гриба, состоящий из гиф, б — плодовое тело)

жду организмами каждый из партнеров получает обоюдную пользу. Например, нити гриба, оплетая корни деревьев, образуют микоризу (грибокорень) и выполняют роль корневых волосков, а гриб использует органические вещества (углеводы), поступающие от корней дерева.

Тело гриба называется *грибницей* или *мицелием* и образуется в результате переплетения нитей — *гиф*. Основная часть грибницы находится в субстрате, а на поверхность поднимаются лишь плотные сплетения гиф, образующие плодовое тело. Клетки их имеют пектиновую оболочку, в цитоплазме содержится одно или несколько ядер. В качестве запасных питательных веществ в клетке откладывается животный крахмал — гликоген. Многие грибы синтезируют ядовитые вещества. Размножаются грибы вегетативно — участками мицелия, при помощи спор, почкованием (дрожжи), а также половым путем.

Представитель плесневых грибов — *мукор*. Этот гриб-сапрофит поселяется на навозе, овощах, хлебе и имеет вид белого пушистого налета. Гифы мицелия представ-

ляют одну разросшуюся клетку с многочисленными ядрами. Отдельные нити образуют спорангиеносцы, в которых созревают мелкие черные споры. Попав на влажный органический субстрат, они прорастают.

К сапрофитам относятся также *одноклеточные дрожжи* (рис. 32, А), размножающиеся почкованием. Почки могут отделяться от материнской клетки или оставаться на ней, образуя колонии. Дрожжи имеют практическое значение, так как способны разлагать сахар на спирт и диоксид углерода (спиртовое брожение). Используются в пивоваренной промышленности и в хлебопечении.

К сапрофитам относятся и *шляпочные грибы*: подосиновики, подберезовики, опята, шампиньоны (рис. 32, Б), мухомор и др. Они обитают на влажных, кислых почвах. Их грибница располагается в почве, некоторые ее нити плотно сплетаются, а на поверхности земли образуют плодовое тело, состоящее из пенька и шляпки. Поверхность шляпки иногда окрашена в различные цвета. Нижняя сторона ее у одних грибов состоит из трубочек (белый гриб, подберезовик, подосиновик, масленок). Эти грибы называются *трубчатыми*. У других нижний слой состоит из пластинок — это *пластинчатые грибы* (шампиньон, рыжик, лисички, груздь, сыроежка). В трубках и между пластинками созревают споры. Отдельные виды шляпочных грибов растут под определенными видами деревьев, отсюда их названия. Среди шляпочных грибов есть как съедобные (лисички, сыроежки, белый гриб), так и ядовитые (бледная поганка, ложная лисичка, мухомор). Бледная поганка вырабатывает яд фоллин, при отравлении которым наступает смерть. Старые перезрелые съедобные грибы тоже могут вызвать отравление.

Многие грибы паразитируют на культурных растениях: своими гифами они разрушают клетки хозяина, поглощают их содержимое, угнетают растение, часто приводят его к гибели. Гриб спорынья вызывает заболевание ржи. Вместо зерен на пораженных колосьях появляются темно-фиолетовые рожки, представляющие собой плотное сплетение гиф (рис. 32, Б). Попадая с хлебом в пищу, они вызывают тяжелое отравление, называемое в народе «злой корчей». Выделенные из рожков спорыньи алкалоиды эрготамин и эрготоксин используют в медицине для усиления деятельности гладкой мускулатуры. На кукурузе, пшенице, ячмене, овсе паразитирует гриб головня, его споры имеют вид черной пыли. На деревьях поселяются трутовики, которые вызывают

задержку роста и гибель деревьев в лесах (рис. 32, Б). Их грибница растет в древесине, выделяет ферменты, растворяющие целлюлозные стенки клеток, а на поверхности образует копытообразные плодовые тела, на нижней стороне которых в трубочках созревают споры. Попав на дерево с поврежденной корой, споры прорастают в мицелий, разрушающий древесину. Некоторые грибы вызывают болезни диких и домашних животных, а также человека (стригуший лишай, парша, трихофития, микроспория, сикоз кожи рук, ног, стоматит и др.).

Грибы-сапрофиты разлагают органические вещества и минерализуют их, т. е. участвуют в почвообразовании. Вступая в симбиоз с корнями деревьев, они способствуют лучшему их росту и развитию. Многие шляпочные грибы, употребляемые в пищу, содержат до 45% белков, до 15% углеводов и около 2% жира. Некоторые грибы служат сырьем для получения антибиотиков: из плесневого гриба пеницилла получают пенициллин и др.

#### ОТДЕЛ ЛИШАЙНИКИ

Лишайник представляет собой пример симбиотических взаимоотношений гриба и водоросли (иногда в нем поселяется и третий партнер — азотфиксирующая бактерия — азотобактер). При этом гриб обеспечивает водоросль водой и минеральными солями, а водоросль синтезирует органические вещества, потребляемые грибом. Азотобактер вырабатывает и снабжает лишайник азотистыми соединениями.

По внешнему строению различают накипные (корковые), лишайники, листоватые, кустистые, свисающие с деревьев («олений мох», «исландский мох», рис. 33). *Накипные лишайники* имеют вид корочек или налетов, образованных плотным сплетением гиф, у *листоватых* и *кустистых* лишайников корковый слой находится и на верхней, и на нижней сторонах. Под корковым слоем среди рыхло сплетенных гиф расположены одноклеточные водоросли. В химическом составе лишайников преобладают углеводы (в частности, лихенин), белков и жиров содержится мало; в них накапливаются лишайниковые кислоты, а из неорганических веществ — кремневая кислота. Лишайники поселяются в самых неприхотливых условиях: в горах и тундре, на заборах, изгородях, деревьях, скалах. Лишайники могут даже высыхать и при этом не гибнут. В присутствии влаги они усиленно ее по-

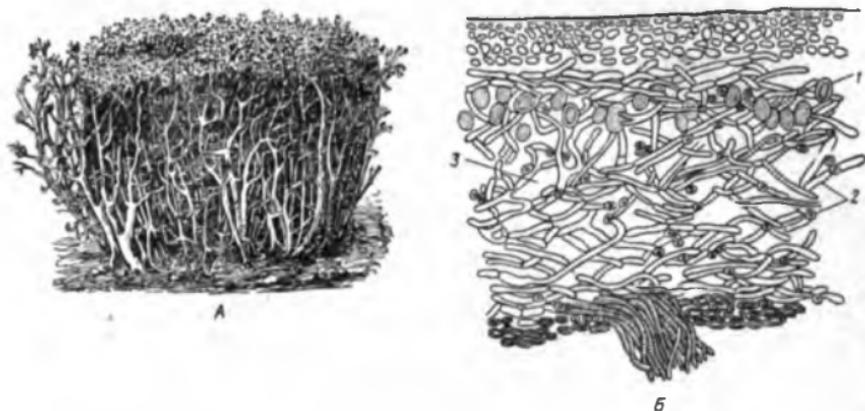


Рис. 33. Лишайники. А — олений лишайник (ягель); Б — разрез слоевища:

1 — водоросли, 2 — грибы, 3 — воздушная полость

глощают и возвращаются к активной жизни. Лишайники требовательны к кислороду. Размножаются преимущественно вегетативным способом — делением на части: в слоевище образуются комочки в виде миниатюрных лишайников (клетки водорослей, оплетенные нитями гриба). Отделяясь от материнского слоевища, они образуют молодой лишайник. Возможно также самостоятельное размножение симбиотического гриба спорами, а водоросли — делением клеток или тоже спорами. Во влажной почве споры гриба прорастают и оплетают клетки синезеленых и зеленых водорослей, образуя новый лишайник.

Лишайники — пионеры растительности, они первыми появляются на голых скалах, бесплодных почвах и способствуют почвообразованию, так что впоследствии здесь могут поселяться другие растения. На севере лишайник *олений мох* (ягель) служит кормом для оленей. Некоторые виды используются в пищу (*исландский мох*). Из лишайников благодаря содержанию в них углеводов получают патоку, спирт, глюкозу. Лишайники используют как индикатор чистоты воздуха, так как они отличаются большой чувствительностью к его загрязнению.

#### ОТДЕЛ МОХОВИДНЫЕ

Моховидные ведут свое начало от водорослей, но в эволюции растительного мира они оказались слепой ветвью. Эти растения приспособились к жизни во влажных условиях, поселяясь в тенистых местах (кукушкин лен), на верховых болотах (сфагнум) и т. д. В отли-

чие от своих предков мхи имеют вегетативные органы, за исключением печеночных мхов, у которых тело представлено слоевищем. Настоящих корней у мхов нет, их заменяют *ризоиды* — нитевидные образования, развивающиеся из наружного слоя клеток, которыми они укрываются в почве (рис. 34).

Моховидные — фототрофные растения. Представитель зеленых мхов — *кукушкин лен*. Его лист многослоен в центральной части и однослоен по краям; мякоть листа составляют клетки-ассимиляторы, располагающиеся в виде столбиков. В листе проходит жилка, состоящая из флоэмы и ксилемы. Стебель снаружи покрыт кожицей, под которой располагаются клетки коры. Кольцо флоэмы в стебле состоит из живых тонкостенных клеток, не имеющих ситовидных перегородок, а в центре располагается ксилема, состоящая из удлинённых мертвых клеток.

Кукушкин лен развивается со сменой полового и бесполого поколений. На верхушках мужских растений, окруженных буроватыми листочками, находятся мешковидные выросты — *антеридии*, в них образуются двужгутиковые гаплоидные сперматозоиды. Женские экземпляры несут на своих верхушках между зелеными листочками грушевидные образования — *архегонии*, в которых созревает по одной яйцеклетке, также имеющей гаплоидный набор хромосом.

Во время дождя или росы на женские экземпляры попадают сперматозоиды. В результате оплодотворения образуется диплоидная зигота, из которой на женском растении вырастает спорофит, состоящий из ножки и коробочки. Нижней частью ножки он поглощает из женского растения питательные вещества. Внутри коробочки формируется спорангий, в нем созревают гаплоидные споры. Попадая в почву, спора прорастает в зеленую ветвящуюся нить. Часть нити углубляется в почву, теряет хлорофилл и превращается в ризоиды, а наземная часть ее образует почки, дающие начало мужским и женским экземплярам мха.

В развитии кукушкина льна четко выражено чередование поколений: *полового (гаметофита)* и *бесполого (спорофита)*. Гаметофит в процессе развития представляют те части растения, которые воспроизводят половые клетки, а спорофит — коробочки со спорами.

Представителем белых, или сфагновых, мхов является *сфагнум*. Стебель его густо усажен мутовчато распо-



Рис. 34. Мхи. А — кукушкин лен; Б — сфагнум

женными мелкими листочками, имеющими беловато-зеленоватый цвет; в них находятся мелкие хлорофиллоносные клетки удлинённой формы, между которыми

расположены крупные мертвые бесцветные клетки с порами. Через поры в клетки поступает вода, в результате чего масса мха во много раз увеличивается. Стебель сфагнома ветвистый, снаружи покрыт мертвыми клетками, по которым поступает вода. Нижняя часть стебля сфагнома не имеет ризоидов и постепенно отмирает, но вследствие недостатка кислорода не разлагается полностью, а образующиеся при этом органические кислоты препятствуют деятельности гнилостных бактерий. В результате отлагается торф. Торф используется как ценное химическое сырье и как топливо, в сельском хозяйстве — в качестве удобрения и для подстилки скоту. Можно его использовать в медицине и ветеринарии благодаря всасывающим и бактерицидным свойствам.

#### ОТДЕЛ ХВОЩЕВИДНЫЕ

К этому отделу относится класс Хвощевые, типичные его представители — хвощ полевой, хвощ луговой и хвощ лесной. У хвощевых хорошо развиты стебель, корень и листья (рис. 35). На стебле видны узлы и междоузлия. От узлов мутовчато отходят побеги, играющие роль листьев. Все части растения пропитаны кремнеземом. От массивного корневища, где откладываются питательные

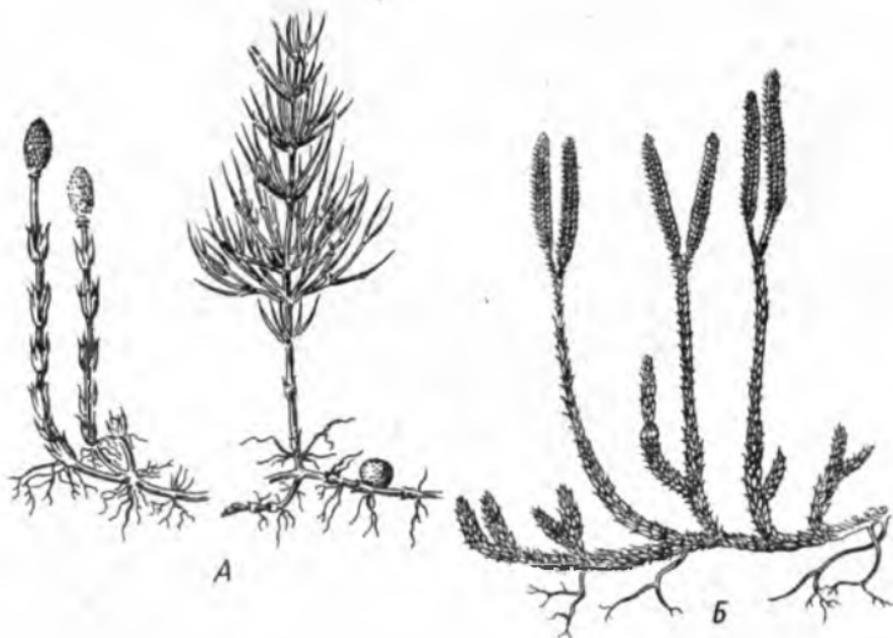


Рис. 35. Полевой хвощ (А) и плаун (Б)

вещества, отходят придаточные корни. У *хвоща полевого* побеги бывают двух видов: весенние и летние. Летние — хлорофиллоносные, напоминают елочки; синтезированные ими органические вещества откладываются в корневищах и клубнях. Весной на растении появляются розоватые спороносные побеги. На их верхушках образуются щитки, несущие спорангии, где созревают гаплоидные споры. Во влажной почве из одних спор вырастают зеленые мужские заростки с антеридиями, из других — женские с архегониями. Сперматозоиды многожгутиковые, в присутствии воды они сливаются с яйцеклетками, а из зиготы развивается новое растение. В цикле развития хвощей преобладает бесполое поколение (спорофит). Как лекарственное растение летние побеги хвоща полевого применяют в качестве мочегонного средства.

#### ОТДЕЛ ПЛАУНОВИДНЫЕ

Представитель отдела — *плаун булавовидный* — встречается в хвойных лесах. Он имеет стелющийся ветвящийся стебель длиной до 3 м, покрытый темно-зелеными листьями. Растение укрепляется в почве с помощью придаточных корней. Некоторые побеги несут спороносные колоски. В середине лета в них созревают споры. Растение плауна является спорофитом. Гаплоидные споры, попав во влажную почву, прорастают в бесцветные заростки размером 2—3 мм, которые с помощью ризоидов укрепляются в почве. Заросток — обоеполюй гаметофит. На нем через несколько лет образуются архегонии и антеридии. В присутствии воды двужгутиковые сперматозоиды проникают внутрь архегония и сливаются с яйцеклеткой, образуя диплоидную зиготу, из которой развивается новый спорофит. Плауновые могут размножаться вегетативно, частями стебля. Споры этих растений используют как детскую присыпку, для обволакивания пилюль.

#### ОТДЕЛ ПАПОРОТНИКОВИДНЫЕ

Папоротниковидные берут свое начало от псилофитов и в свою очередь являются предками древних форм голосеменных растений. Представитель отдела — *щитовник обыкновенный*, произрастающий в тенистых лесах. Стебель укороченный, со сближенными междуузлиями, от

него отходят длинные (до 1,5 м) двоякоперисторас-  
 ченные листья, образуя розетки. Нижняя часть стебля  
 углубляется в почву, образуя мощное корневище с при-  
 даточными корнями. Листья папоротниковидных служат  
 органами спорообразования (рис. 36). На нижней сторо-  
 не листа двумя рядами вдоль жилки расположены корич-  
 невые бугорки, содержащие спорангии с гаплоидными  
 спорами. Попад с помощью ветра в благоприятные усло-  
 вия, спора прорастает, образуя многоклеточную пластин-  
 ку сердцевидной формы — заросток (размером около  
 5 мм). В его клетках содержатся хлоропласты, от нижней

стороны пластинки в поч-  
 ву отходят ризоиды. В  
 заростке воспроизводят-  
 ся половые клетки папор-  
 отников. В средней части  
 заростка снизу обра-  
 зуются антеридии, в ко-  
 торых созревают сперма-  
 тозоиды, ближе к сердце-  
 видной выемке — архе-  
 гонии, в которых форми-  
 руется по одной яйце-  
 клетке. Во время дождя  
 или росы сперматозоиды  
 проникают в архегоний,  
 где один из них оплодот-  
 воряет яйцеклетку. Воз-  
 никшая зигота много-  
 кратно делится, давая

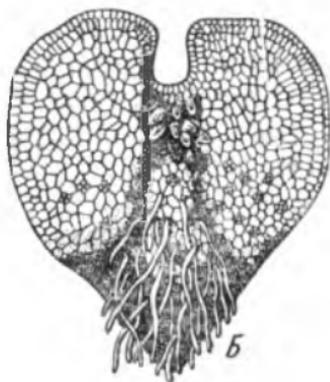


Рис. 36. Папоротник. А — общий вид, Б — заросток

начало взрослому организму (спорофит). Таким образом, гаметофит у папоротников существует независимо от спорофита и его клетки содержат гаплоидный набор хромосом. Спорофитом же является все растение, которое вырастает из диплоидной зиготы. Гаметофит папоротника нуждается во влаге, так как оплодотворение происходит в присутствии воды, спорофит — сухопутное растение.

Из корневища папоротника щитовника мужского готовят экстракт для изгнания некоторых ленточных гельминтов. В каменноугольном периоде древовидные папоротниковые достигли расцвета и при отмирании дали скопления, из которых образовался каменный уголь.

### ОТДЕЛ ГОЛОСЕМЕННЫЕ

Самая характерная и распространенная группа в этом отделе — представители класса Хвойных, куда относят ель, сосну, пихту, лиственницу, кипарис, мамонтово дерево, кедр, можжевельник и др. Корневая система стержневая, с развитыми боковыми корнями. Ствол прямостоячий, высота его достигает нескольких десятков метров. В стебле развиты смоляные ходы, смола губительно действует на микроорганизмы и служит хорошей защитой от насекомых — вредителей леса. Листья (хвоя) покрыты кутикулой, устьиц мало, в зимний период они закупориваются восковидным веществом, поэтому испарение воды ничтожно. Листья ежегодно опадают только у лиственницы, у сосны — через 2–3 года, у ели — через 5–7 лет.

*Сосна* — однодомное растение (рис. 37). Мужские шишки располагаются на стержне у основания молодых веточек и покрыты мелкими чешуйками. К основанию каждой чешуйки прикреплены по два пыльцевых мешка. В них образуются гаплоидные микроспоры, прорастающие в пыльцу. Каждая пылинка покрыта двумя оболочками: интиной и экзиной. Между этими оболочками находятся воздухоносные камеры, что позволяет микроспоре долго удерживаться в воздухе и легко переноситься ветром. Ядро микроспоры делится, образуя антеридиальную и вегетативную клетки; первая в дальнейшем дает два спермия, вторая участвует в росте пыльцевой трубки. Таким образом, у сосны и других голосеменных мужской заросток, образующийся внутри пыльцевого

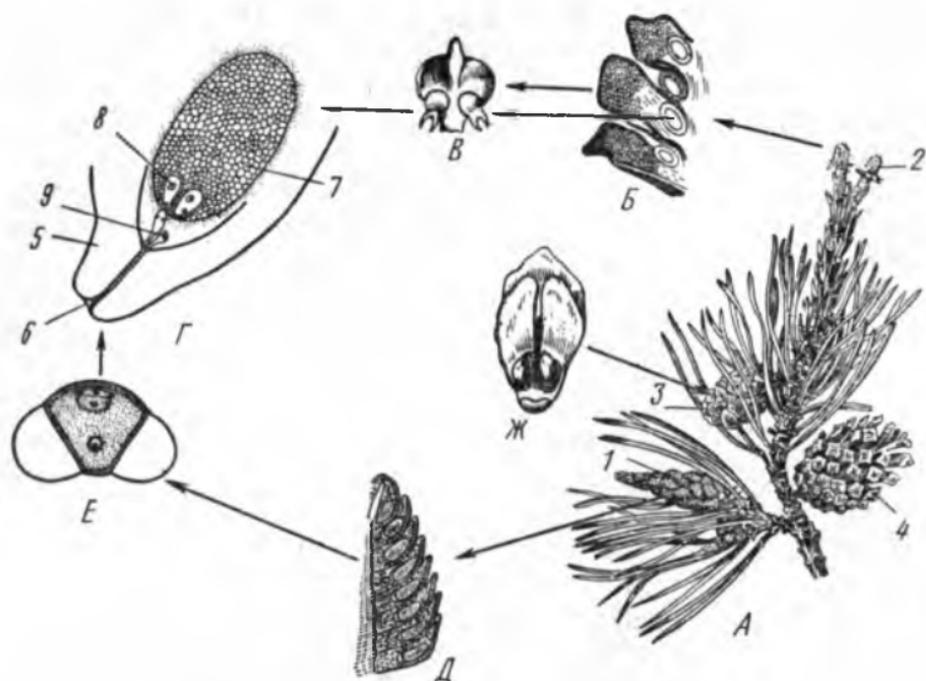


Рис. 37. Сосна. А — ветка с шишками; Б — женская шишка в разрезе; В — семенная чешуя с семязачатками; Г — семязачаток в разрезе; Д — мужская шишка в разрезе; Е — пыльца; Ж — семенная чешуя с семенами:

1 — мужская шишка, 2 — молодая женская шишка, 3 — шишка с семенами, 4 — шишка после высыпания семян, 5 — покров, 6 — семяход, 7 — эндосперм, 8 — яйцеклетка, 9 — пыльцевая трубка со спермиями

зерна, сильно редуцирован и представляет собой мужской гаметофит.

На верхушках других веточек сосны образуются красноватые женские шишки. От их стержня отходят чешуйки двух видов: наружные, более сухие, бесплодные — кроющие, и внутренние, более сочные — семенные, несущие у своего основания по две семяпочки. Каждая семяпочка состоит из покрова с пыльцевходом и многоклеточного ядра — нуцеллуса. Одна из клеток ядра семяпочки увеличивается и делится с образованием четырех клеток, из которых три разрушаются, а оставшаяся макроспора многократно делится и формирует эндосперм — запасное питательное вещество, которое и представляет собой женский гаметофит. В нем, ближе к пыльцевходу, образуются два архегония с яйцеклетками, но развивается только один из них. Весной пыльца переносится ветром, оседает на семяпочках и проникает через пыльцевход. После этого чешуйки женской шишки склеи-

ваются смолистым веществом, а пылинка остается лежать здесь до весны следующего года. Только через год, к моменту созревания яйцеклетки, пылинка прорастает в пыльцевую трубку, продвигаясь к архегонию. Антеридиальная клетка делится на два спермия, которые опускаются по пыльцевой трубке к архегонию. Один спермий, сливаясь с яйцеклеткой, образует зиготу, второй погибает. Из зиготы развивается зародыш с семядолями, корешком, стебельком и почечкой. Из покровов семяпочки образуется кожа семени, а из семяпочки в целом — семя.

Хвойные леса дают главную массу строительного материала (сосна); древесина ели используется для изготовления музыкальных инструментов, кровельной и штукатурной дранки, а также служит сырьем для бумажного производства и для получения искусственного шелка. Из хвои сосны получают скипидар и душистое сосновое масло, употребляемые в медицине. Она служит также сырьем для получения канифоли, «сосновой шерсти», из которой вяжут белье, рекомендуемое при ревматизме. Сосна испаряет летучие вещества — терпены, которые угнетают многие микробы, поэтому воздух в сосновых лесах всегда чист от них.

#### ОТДЕЛ ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ, ИЛИ ЦВЕТКОВЫЕ

Особенность покрытосеменных состоит в том, что у них имеется орган семенного размножения — цветок, отсюда их второе название — цветковые растения. Это наиболее молодая группа растений, возникшая в середине мезозоя. Как наиболее приспособленные к условиям среды цветковые в современной флоре занимают господствующее положение. Они представлены деревьями, кустарниками, травянистыми формами. В цветке формируется пестик, из расширенной нижней части которого — завязи — образуется плод. Внутри плода из семяпочек образуются семена. Защита семян стенками околоплодника — важнейшее преимущество цветковых растений перед своими предшественниками — голосеменными. У цветковых по сравнению с голосеменными гаметофит еще больше уменьшается в размерах и представлен мужским и женским заростками, которые находятся внутри цветка: мужской заросток — внутри пылинки, женский — в виде зародышевого мешка в семяпочке. Пылинка может быть легко перенесена на рыльце пестика насе-

комыми, ветром, просто потоком воздуха, и таким образом достигается опыление. Затем происходит *двойное оплодотворение* — характернейшая особенность цветковых растений (см. с. 100). Далее из зародыша формируется спорофит — взрослое растение. Гаплоидный гаметофит развивается на спорофите.

Цветковые растения играют важную роль в жизни человека. Они служат источником пищи (злаки, картофель, овощные и плодово-ягодные культуры), корма скоту (клевер, тимофеевка, люцерна и др.). Из них получают волокно (хлопчатник, лен), эфирные масла (роза, мята), пряности (корица, гвоздика, перец), лекарственные средства (валериана, ландыш, горичвет, мак, шиповник, шалфей, белладонна, календула и многие другие).

Цветковые подразделяются на два класса: Однодольные и Двудольные.

### Класс Однодольные

Название класса обусловлено тем, что в зародыше семени находится одна семядоля. Однодольные существенно отличаются от двудольных рядом признаков: 1) у них развита мочковатая корневая система, корень имеет первичное строение (в нем отсутствует камбий); 2) листья в большинстве своем простые, с дуговым или параллельным жилкованием, цельнокрайние; 3) проводящие пучки в стебле замкнутые, разбросаны по всей толще стебля; 4) цветки трехчленного типа.

Важнейшие семейства класса — Злаковые и Лилейные.

**Семейство Злаковые.** Цветки представителей семейства собраны в простые соцветия — колоски, которые образуют сложные соцветия — сложный колос (рожь, пшеница), метелку (овес, просо), султан (тимофеевка, лисохвост), початок (кукуруза). Цветок, как правило, состоит из двух цветковых чешуй, трех тычинок и одной верхней завязи с двумя столбиками и перистыми рыльцами. Злаки — ветроопыляемые, редко самоопыляющиеся растения; плод — зерновка, семя с эндоспермом.

Семейство включает важнейшие зерновые культуры: пшеницу, рожь, ячмень, овес, рис, кукурузу и др. Известно около 15 видов пшениц и до 4000 ее сортов. Выдающиеся селекционеры пшеницы — В. Н. Ремесло, А. П. Шехурдин, Н. В. Цицин, П. П. Лукьяненко. Большое значение как кормовые культуры имеют типчак, коостер, тимофеевка и др.

**Семейство Лилейные.** Сюда относятся чеснок, лук, ландыш, нарцисс, алоэ, тюльпан и др. Цветки одиночные или собраны в соцветия, имеют шесть лепестков, шесть тычинок и один пестик. Плод — ягода или коробочка. Лук — важное овощное и лекарственное растение: содержит сахар, соли, эфирные масла, фитонциды, витамины В, С. Лечебными свойствами обладают также ландыш, алоэ, черемша, чеснок и др.

### Класс Двудольные

Систематический признак большинства из них — наличие двух семядолей в зародыше. Отличительные особенности двудольных следующие: 1) корневая система стержневая, с развитыми боковыми корнями; 2) корень и стебель имеют вторичное строение, есть камбий; 3) сосудисто-волокнистые пучки стебля открытого типа, расположены концентрически; 4) листья бывают как простые, так и сложные, с сетчатым жилкованием, лишь у небольшого числа видов жилкование иное (двудольное растение подорожник имеет дуговое жилкование); 5) цветки пяти- и четырехчленного типа; 6) эндосперм в созревших семенах хорошо выражен у ряда видов: пасленовых, зонтичных и др., но у бобовых, сложноцветных и других развит очень слабо или совсем отсутствует, и запасные питательные вещества находятся непосредственно в семядолях зародыша (фасоль, горох, подсолнечник).

Культивируемые и дикорастущие цветковые растения объединяют в следующие важнейшие семейства: Крестоцветные, Бобовые, Пасленовые, Сложноцветные, Розоцветные и др.

**Семейство Крестоцветные.** Представители имеют в цветке четыре чашелистика и четыре накрест расположенных лепестка, шесть тычинок и один пестик. Соцветие — кисть, плод — стручок. Листорасположение очередное. В состав семейства входит важная пищевая культура — капуста. Ее сок содержит витамин U, успешно применяемый при лечении язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Из других представителей семейства в пищу употребляют редьку, брюкву, турнепс, репу, редис. Все крестоцветные хорошие медоносы. У некоторых семена богаты маслом (горчица, рыжик). Пастушья сумка используется в медицинской практике как

кровоостанавливающее средство. Сорняками являются дикая редька, сурепка и др.

**Семейство Бобовые.** В цветке пять сросшихся чашелистиков, венчик состоит из пяти лепестков различной формы, тычинок десять (из которых часто девять сросшихся и одна свободная), один пестик, соцветие — кисть или головка, плод — боб. Листья у большинства сложные. Накапливают много белка не только в семенах, но и во всех частях растения. Ценны в пищевом отношении горох, фасоль, соя, чечевица, арахис, из кормовых культур — клевер, люцерна, кормовые бобы, люпин, вика и др. Среди представителей имеются медоносы (акация, клевер, донник) и лекарственные растения (солодка, термопсис, астрагал, донник).

**Семейство Пасленовые** включает такие пищевые культуры, как картофель, томат, перец, баклажаны. В цветке пять сросшихся чашелистиков, пятилепестковый венчик, пять тычинок и один пестик; плод — ягода или коробочка. Листорасположение очередное. К ядовитым растениям относятся белена, дурман, белладонна, табак; они находят применение в медицине, являясь сырьем для получения атропина, скополамина и др. Белена черная содержит алкалоид гиосциамин, который близок по своему строению и действию к атропину; имеются и декоративные пасленовые (петуния, душистый табак и др.).

**Семейство Сложноцветные.** Соцветие корзинка, цветки обоеполые, а крайние язычковые цветки бесполое, плод — семянка. Сюда относится масличное растение подсолнечник, его масло — важный пищевой продукт; из семян готовят кондитерские изделия, олифу, некоторые лаки. Жмых от семян подсолнечника идет на откорм уток, свиней. Значительно повысил масличность подсолнечника (с 28,5 до 52%) методами отбора и скрещивания кубанский селекционер В. С. Пустовойт.

Лекарственное значение имеют календула, ромашка лекарственная, тысячелистник, пижма, череда. Семя из цитварной полыни содержит сантонин, используемый как противоглистное средство. Из декоративных растений можно назвать астры, хризантемы, георгины и др.

**Семейство Розоцветные.** Цветки имеют сростнолистную чашечку, четырех-, пятилепестный венчик, один или несколько пестиков, много тычинок. Плод — костянка, семянка, ягода. Семейство включает многие плодово-ягодные культуры: малину, землянику, вишню, сливу,

грушу, яблоню и др. Их плоды богаты витаминами и сахарами, органическими кислотами. Особенно много витамина С в шиповнике. Малина используется как потогонное средство.

## РАСТЕНИЕ КАК ЦЕЛОСТНЫЙ ОРГАНИЗМ

В процессе онтогенеза растение растет, развивается и размножается, а затем отмирает. Деятельность любого организма, в том числе растительного, — это множество сопряженных химических и энергетических превращений. Все химические превращения происходят при участии ферментов, синтез которых всегда осуществляется под контролем соответствующих генов. В связи с этим понятие жизни можно рассматривать как слияние трех потоков: материала, энергии и информации, которая закодирована в нуклеиновых кислотах. Таким образом, жизнедеятельность представляет собой процесс сложного взаимодействия белков и нуклеиновых кислот при условии поступления извне веществ и энергии. Ферменты (белки) выступают в живом организме в качестве инициаторов, ускорителей процессов, их регуляторов либо подавителей (ингибиторов) химических реакций, в ходе которых воспроизводится и поддерживается комплекс химических превращений, а вместе с тем и сохраняется целостность всего организма.

Растительный организм на протяжении жизненного цикла развития от зиготы и более сложно устроенного семени и до однократного (у однолетних растений) или многократного (у многолетних) воспроизведения нового поколения проходит ряд этапов, или стадий развития. Они совершаются под влиянием комплекса условий окружающей среды. Каждый этап наступает строго последовательно и представляет собой разнокачественный процесс (например, после яровизации наступает световая стадия), при котором растение претерпевает различные морфологические, физиологические и биохимические изменения. Различают индивидуальное развитие (*онтогенез*) и историческое (*филогенез*).

В процессе онтогенеза растения осуществляется рост — необратимое увеличение размеров и массы, связанное с новообразованием элементов структуры организма. Выделяют три фазы роста: *эмбриональную*, характеризующуюся делением клеток образовательной ткани в конусе нарастания кончика корня, в почках и камбии;

фазу *растяжения клеток*; фазу *дифференцировки, или специализации*, клеток, и формирования различных тканей в растении.

Рост вегетативных органов и всего растения зависит от вида и от условий внешней среды (света, температуры, влаги, минерального питания и т. д.). Рост стимулируется и биологически активными веществами — стимуляторами, которые вырабатывают сами растения, — *фитогормонами* (ауксины, гиббереллины, цитокинины). Ауксины образуются в конусах нарастания и вызывают растяжение клеток; они обеспечивают соотношение между органами растения в период роста, активируют корнеобразование у черенков и у взрослых растений. На рост высших растений влияют гиббереллины: они стимулируют удлинение стебля, прорастание семян, клубней, почек, луковиц. Кинины активируют деление клеток. Стимуляторы роста действуют весной, тогда как ингибиторы, тормозящие этот процесс, накапливаются в семенах, почках, корнях, задерживают их рост в неблагоприятное время, определяют переход растений в состояние покоя, вызывают листопад. Некоторые стимуляторы получают синтетическим путем.

Подземные и надземные вегетативные органы, разрастаясь, захватывают и осваивают большую площадь, а их взаимосвязь обеспечивает жизнь растению как целостному организму.

С ростом связаны движения, которые позволяют растению ориентировать свои органы в пространстве. Движения происходят под воздействием факторов среды — температуры, света, воды, давления и специфичны для каждого вида растения (ростовые — связаны с ростом, тургорные — с изменением клеточного давления). Они выработаны в ходе эволюции как приспособления к оптимальному для организма использованию условий среды. В основе активных движений лежат явления раздражимости и сократимости. Ростовые движения, которые вызываются раздражителем, действующим в одном направлении, называют *тропизмами*; они бывают положительными и отрицательными. В первом случае растение изгибается к источнику раздражения, а во втором — от раздражителя. В зависимости от источника раздражения различают *фототропизм* (раздражитель свет), *геотропизм* (изгиб органов растения под действием силы тяжести), *хемотропизм* (движение органов растений под действием химических веществ), *аэротропизм*

(ориентировка органов растения в пространстве, связанная с неравномерным распределением кислорода). *Настии* — это движения, которые являются ответной реакцией органов или частей растения на действие раздражителей, не имеющих определенного направления. Необходимое условие для них — двусторонне-симметричное строение органов, имеющих верхнюю и нижнюю сторону (лист, лепестки венчика). Настические движения бывают двух типов: *эпинастии* — изгиб вверх и *гипонастии* — изгиб вниз. Различают *термонастии* (реакции на смену температур: например раскрытие цветка тюльпана связано с повышением температуры, при ее снижении цветки закрываются); *фотонастии* (движения, вызванные сменой света и темноты: у душистого табака и ночной красавицы цветки открываются с наступлением темноты); *сейсмонастии* (движения в результате прикосновения или внезапного толчка).

При действии раздражителя изменяются механические свойства клеток: происходит их сокращение, падение тургорного давления (например, движение и опускание листа стыдливой мимозы).

Одновременно с ростом и движением осуществляется развитие растения и его органов. Развитие — это качественные морфологические и физиологические изменения, которые возникают на протяжении всей жизни растения, его онтогенеза. Под *онтогенезом* понимают *эволюционно обусловленный жизненный цикл, связанный с морфологическими, физиологическими и биохимическими преобразованиями клеток, который длится от зиготы, споры или вегетативной особи до смерти особи*. Это развитие рассматривают как совокупность последовательных морфофизиологических и биохимических преобразований, происходящих в растении на протяжении всей его жизни.

В ходе индивидуального развития под влиянием комплекса условий среды растения проходят ряд этапов (или фаз). *Эмбриональный этап* длится от оплодотворения яйцеклетки до прорастания зародыша. *Этап проростка* включает период, когда растение питается и веществами семени, и самостоятельно. В эти два этапа происходит дифференциация тканей и вегетативных органов. Например, одни клетки, наращивая оболочку, превращаются в механические ткани, другие вырабатывают утолщения в виде колец, спиралей и т. п. и преобразуются в проводящие сосуды. В клеточной оболочке, помимо

целлюлозы, откладываются суберин, кутин, лигнин. Так постепенно клетки приобретают специфические черты, характерные для определенных тканей. *Этап молодого растения*, или ювенильный период, длится до цветения. Растение поглощает из почвы минеральные соли и органические вещества, образуемые в процессе фотосинтеза.

На *этапе взрослого растения* растение цветет. Цветение — этап онтогенеза, предшествующий плодоношению и образованию семян. На *этапе старения* растение перестает цвести, плодоносить и погибает. Одни виды заканчивают свой жизненный цикл за один вегетационный период (однолетники), другие образуют семена на второй год (двулетники), у многолетних цветение и плодоношение наступают на третий, четвертый и пятый годы.

Рост и развитие — взаимосвязанные, хотя и неодинаковые процессы. В ходе развития растение проходит ряд стадий, качественных изменений, при которых оно может завершить жизненный цикл своего развития. Различают две стадии — *яровизации* и *световую*. Для перехода из одной стадии в другую необходимы определенные условия среды, без которых этот переход невозможен: соответствующая температура на протяжении всего вегетационного периода, продолжительность освещения, влажность воздуха и почвы, минеральное питание и др.

На стадии яровизации имеет значение воздействие на проросшее растение низких температур. Так, если наклюнувшиеся (набухшие) семена озимой пшеницы выдержать некоторое время при пониженной температуре ( $0 - +10^{\circ}$ ), то высейнные весной семена хорошо развиваются и дают урожай в течение одного вегетационного периода, т. е. ведут себя как яровые; для яровой пшеницы температура среды должна быть  $+10, +12^{\circ}$ . Эта приспособительная реакция растений называется яровизацией.

Вслед за ней наступает световая стадия, без которой невозможно цветение. Для ее прохождения также необходимы определенная температура, влажность, кислород, но решающее условие — продолжительность светового периода. Реакция на продолжительность дня называется *фотопериодизмом*. На основе этого все растения подразделяют на три группы: короткого дня, длинного дня и нейтральные.

У растений длинного дня (продолжительность светлого времени суток до 18 ч и больше) в северных широтах цветение наступает рано. Эти растения, перенесенные

в южные районы (короткие дни, длинные ночи), вообще могут не вступать в фазу цветения. Растения длинного дня — это рожь, пшеница, лен, овес, ячмень и др.

Растениям короткого дня необходимы условия непродолжительного освещения (южные широты). К ним относятся тропические растения, а также табак, соя, хлопчатник, кукуруза, рис, томат и др.

К нейтральным растениям относятся подсолнечник, горох, гречиха и др., у которых цветение не зависит от продолжительности светового дня. Указанные фотопериодические реакции выработаны в процессе эволюции и связаны с географическим происхождением растения. Меняя условия освещения (дополнительное освещение или затемнение) в теплице, можно ускорить или задержать их цветение с целью усиления роста листьев, корнеплодов, клубней и т. д.

При акклиматизации растений и районировании сортов необходимо учитывать их реакции на длину дня (фотопериодизм), температуру, питание, влажность, влияющие на формирование цветков и плодов. Это позволяет осуществлять биологический контроль, влиять на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Укорочение длины дня и понижение температуры осенью служит сезонным сигналом, стимулирующим переход растений умеренного климата к неблагоприятным зимним условиям — состоянию длительного глубокого покоя. В этот период прекращаются ростовые процессы, замедляется обмен веществ, изменяется структура цитоплазмы растений. В их организме осуществляются сложные биохимические процессы: кроме питательных веществ накапливаются РНК, АТФ, факторы роста, активизирующие растение весной. Из питательных веществ на зиму запасаются сахар и жиры. Постепенно рост прекращается, опадают листья, возрастает вязкость цитоплазмы, что служит приспособлением к перенесению неблагоприятных условий. Устойчивость к низким температурам приобретает растениями при температуре  $-2$ ,  $-5^{\circ}\text{C}$ . При этом цитоплазма обезвоживается, в ней накапливаются сахара и глицерин, препятствующие замерзанию.

В начале весны наступает медленное пробуждение многолетних растений; при этом запасные питательные вещества начинают передвигаться по сосудам стволов, ветвей. Это сокодвижение связано с всасыванием воды из почвы, у деревьев начинается набухание почек. Ранней

весной зацветают мать-и-мачеха, орешник, ольха, многие луковичные и корневищные растения (пролеска, тюльпаны, нарциссы, хохлатка, гусиный лук). Эти многолетние растения, которые до наступления высоких температур и засухи не только образуют семена, но и большой запас питательных веществ, называются *эфемероидами*. Однолетние растения полупустынь и пустынь, все развитие которых проходит ранней весной за несколько недель, называют *эфемерами* (лебеда диморфная).

Ранней весной насекомые малочисленны, поэтому у раннецветущих растений мало семян: они размножаются в основном вегетативно. Весенний период завершается цветением яблони, груши, рябины, многих травянистых, липы, шиповника.

Сезонный ритм температур, соотношение длины дня и ночи, влажности, минерального питания определяют у растений сезонные изменения в их жизни. Ритмы роста и развития зависят от внешних условий и контролируются генетическими факторами, закрепленными в ходе эволюционного становления тех или иных растительных сообществ.

**Понятие о растительных сообществах.** В процессе длительной эволюции отдельные виды растений приспособились к определенным экологическим условиям: они совместно живут на одной территории, зависят друг от друга и составляют растительные сообщества (фитоценоз).

**Фитоценоз** — это совокупность видов растений, обитающих на однородном участке, находящихся в сложных взаимоотношениях между собой и с условиями окружающей среды (лес, степь, луг) и характеризующихся определенным видовым составом, строением, сложением (луг, болото, степь, лес). Растения в фитоценозе, взаимодействуя с различными животными в данных экологических условиях, составляют *биоценоз*. В свою очередь, все живые существа в биоценозе находятся в тесном контакте с атмосферой, грунтом, почвой, водным режимом. Такая эволюционно сложившаяся система, по определению В. Н. Сукачева, называется *биогеоценозом*.

Каждое растительное сообщество характеризуется видовым составом, жизненными формами (совокупность основных приспособительных признаков внешнего облика растений, например ползучие формы, лианы, растения-подушки и т. п.), определенным расположением видов (ярусностью), характером местообитания, географиче-

ческим положением, хозяйственной пригодностью, динамикой. В формировании сообщества играют роль конкуренция и естественный отбор, обуславливающий многообразие видов. Виды, встречающиеся в сообществе обильно и занимающие большие территории, именуются *доминантами*; субдоминанты — виды, встречающиеся в меньшем количестве.

Элементарная единица фитоценоза — *ассоциация*. Называют ее по доминирующим растениям (например, борбрусничник, болото пушицево-сфагновое, степь типчакowo-ковыльная и т. д.). Близкие по составу ассоциации объединяют в группы ассоциаций, а сходные группы — в *формации*. Типы растительности складываются из формаций.

Поскольку каждый вид для своего существования нуждается в определенном освещении, в сообществах растения располагаются на разной высоте, составляя *надземную ярусность* фитоценоза. Доминантный вид каждого яруса дает название данному фитоценозу. Так, если в еловом лесу все наземное покрытие составляет черника, то такой фитоценоз называется ельником-черничником. Подземная ярусность определяется расположением корневых систем на различной глубине. Это позволяет использовать минеральные соли и воду из разных слоев почвы.

Формирование любого растительного сообщества представляет собой длительный исторический процесс. Оно не является чем-то застывшим, раз и навсегда законченным, неподвижным; оно динамично по своей природе, так как фитоценоз развивается. Развитие идет вследствие изменений в почве (отложение гумуса, ее выщелачивание), перемены климата, понижения или повышения уровня грунтовых вод в связи с вмешательством человека и, наконец, вследствие эволюции самих видов растений, входящих в сообщество. Смена внешнего вида сообщества, связанная с фенологическими циклами растений, показывает, что виды в фитоценозе экологически неравнозначны. Изменение метеорологических условий в разные годы также влечет за собой изменение растительного сообщества. Внешний вид фитоценоза не остается постоянным в результате изменений почвенного режима (заболачивание, засоление, закисание), под влиянием хозяйственной деятельности человека. Это непостоянство влечет за собой изменение плотности видовых популяций, плотности биомассы и даже смену фитоценоза (пре-

вращение пресного водоема в болото, болота в луг и т. д.). Такие смены одних форм фитоценоза другими называются *сукцессиями*.

Наряду с подвижностью фитоценозов наблюдается их довольно определенная устойчивость.

Изучение закономерностей и свойств растительных сообществ позволяет правильно проводить мелиоративные мероприятия, оценивать пастбищные и сенокосные угодья, устанавливать равновесие между их использованием и восстановлением, с тем чтобы обеспечить непрерывный запас полезных растений (лесные угодья), дает возможность составлять эффективные севообороты, растительные смеси с учетом влияния растений друг на друга в результате выделения ими в среду различных органических веществ на основе искусственно созданных агрофитоценозов (культурных фитоценозов), правильно районировать сорта, моделировать искусственные замкнутые экологические системы, имеющие значение в изучении космоса.

Опыт СССР показывает, что при организации соответствующих плановых агротехнических мероприятий можно значительно повысить производительность разнообразных растительных сообществ, столь необходимых для возрастающих потребностей фармацевтической промышленности и для выполнения Продовольственной программы, намеченной КПСС.

Серьезно, как никогда, стоит задача защиты растительных сообществ от вредных, часто непредвиденных последствий научно-технической революции, которые подавляют способность фитоценоза к самовосстановлению. В настоящее время на земной поверхности осталось мало неизмененных участков растительности, не испытывавших на себе губительного воздействия промышленного прогресса.

В СССР создано около 100 заповедников, территория которых не подвержена хозяйственной деятельности; в заказниках обеспечивается сохранность типичных ландшафтов, отдельных видов растений и других природных объектов.

Большая плодовитость, широкое распространение и неприхотливость к условиям среды многих сорных растений (лебеда, щирица, сурепка) и растений, вызывающих у многих людей аллергические заболевания (амброзия, тополь), остро ставят задачу ограничения распространения этих нежелательных форм.

## ЗООЛОГИЯ

Зоология — наука о строении, функциях, развитии и распространении животных организмов, их взаимоотношениях с условиями окружающей среды, происхождении и классификации. В практическом плане изучение животных служит основой для решения многих важных вопросов сельского хозяйства и охраны здоровья людей. Зоология стоит на службе человека по борьбе с вредителями сельскохозяйственного производства — грызунами, насекомыми и их личинками (комары, москиты, слепни, мухи), клещами и др., а также переносчиками возбудителей различных заболеваний.

Зоология включает многие специальные науки. К ним относятся: *анатомия*, которая изучает внутреннее строение животных; *физиология*, изучающая их жизненные отправления; *экология*, рассматривающая взаимоотношения животных с внешней средой; *зоогеография* — наука о географическом распространении животных; *палеозоология* — наука о вымерших животных и их связи с современными; *систематика*, изучающая и описывающая существующих и вымерших животных и устанавливающая родственные отношения и связи между отдельными их группами; *генетика животных*, исследующая закономерности их изменчивости и наследственности, и *селекция*, ставящая задачей создание новых и улучшение имеющихся пород домашних животных.

Специальные разделы зоологии — *протозоология* — наука о простейших, *гельминтология* — наука о паразитических червях, *энтомология* — наука о насекомых, *ихтиология* — наука о рыбах и др.

Как и всякая наука, зоология имеет свои методы исследования. Важнейшие из них: исторический метод, позволяющий выяснить поступательный ход развития представителей животного мира от низших к высшим; сравнительный метод, используемый в сравнительной анатомии, эмбриологии, физиологии и развивающий эволюционное направление в зоологии; палеонтологический метод, устанавливающий связь между нынеживущими и вымершими организмами.

Животный мир характеризуется богатством и разнообразием форм — от микроскопических простейших до гигантских рыб и млекопитающих. В настоящее время он насчитывает более 1,5 млн. видов. В настоящее время в животном мире выделяют более 20 типов, в том числе

тип Простейшие — одноклеточные существа, типы Губки и Кишечнополостные, чье тело состоит из двух слоев клеток, и типы животного мира, представители которых развиваются из трех зародышевых листков: Плоские, Круглые и Кольчатые черви, Членистоногие, Моллюски, Иглокожие и высший тип — Хордовые. Каждый из типов включает ряд подтипов и, кроме того, всех животных подразделяют на две большие группы — *позвоночных* (это один из подтипов типа Хордовых) и *беспозвоночных* (обширная группа, объединяющая все прочие организмы животного мира).

Изучение нынеживущих и ископаемых животных позволило установить существование переходных форм, указывающих на происхождение тех или иных групп животных. Знакомство с фактическим материалом о животном мире служит не только удовлетворению познавательной потребности и практической деятельности человека, оно является одним из источников формирования научного диалектико-материалистического мировоззрения.

## ТИП ПРОСТЕЙШИЕ

Простейшие — одноклеточные животные, тело которых функционально соответствует целому организму. Это означает, что в нем осуществляются все жизненные процессы: рост, размножение, обмен веществ, раздражимость и т. д. К типу простейших относятся свыше 20 тыс. видов животных, обитающих в морях, пресных водоемах, в почве. Среди них различают свободноживущие и паразитические формы. Свободноживущие могут быть как автотрофными, так и гетеротрофными организмами. Паразитические формы поселяются в теле человека, животных и растений, порой вызывая тяжелые заболевания.

Клетка простейших состоит из цитоплазмы, в которой различают наружный слой — *эктоплазму* и внутренний — *эндоплазму*. У большинства видов клетка снаружи покрыта оболочкой, состоящей из нескольких слоев элементарных мембран. Она придает животному постоянную форму (инфузории, жгутиковые). У представителей класса саркодовых, куда относят амебу, такая оболочка отсутствует, поэтому их тело не имеет постоянной формы. Амебы передвигаются в пространстве с помощью ложноножек — временных выпячиваний цитоплазмы. В эндоплазме, помимо органоидов, присутствующих

всем клеткам (см. с. 14), находятся органоиды, выполняющие функции пищеварения, выделения, движения (жгутики, реснички); защиты (трихоцисты у инфузорий), светочувствительный глазок, или стигма (у свободноживущих жгутиковых), хроматофоры (у автотрофных форм).

Питание простейшие осуществляют либо путем заглатывания твердых пищевых частиц, либо осмотически — путем всасывания растворенных питательных веществ всей поверхностью клетки.

Размножаются простейшие как бесполом, так и половым путем. Реакция на внешние раздражения проявляется у них в форме таксисов (положительных или отрицательных). Неблагоприятные условия они переносят в состоянии цисты. При этом клетка сильно обезвоживается и покрывается плотной оболочкой. Цисты легко разносятся в пространстве при помощи ветра, воды.

Простейшие имеют большое значение. Радиолярии, фораминиферы, раковинные амёбы формируют морские осадочные породы, которые используют в строительстве. Простейшие участвуют в круговороте веществ: в водоемах они питаются бактериями и гниющими органическими веществами, очищая воду, а в почве влияют на почвообразовательные процессы. Они также служат пищей более крупным беспозвоночным. Велико и медицинское значение простейших, являющихся возбудителями таких болезней человека, как малярия, амёбиаз, лейшманиозы, трихомоноз, балантидиаз и др.

Тип Простейшие включает следующие классы: Жгутиковые, Саркодовые, Инфузории, Споровики и др.

**Класс Жгутиковые.** Свободноживущие жгутиковые населяют пресные и морские водоемы, паразитические формы обитают в теле человека и животных. Представитель класса — *эвглена зеленая* — имеет веретеновидное тело, покрытое плотной оболочкой. От передней части тела отходит один жгутик — органоид движения, в его основании находятся светочувствительный глазок — стигма и пульсирующая вакуоль. На противоположном конце ее располагается крупное ядро, контролирующее все жизненные процессы организма (рис. 38).

Как и все зеленые жгутиковые, эвглена имеет хроматофоры и способна синтезировать органические вещества из неорганических, используя энергию Солнца и проявляя положительный фототаксис. Другие жгутиковые хлорофилла не содержат и питаются готовыми органиче-

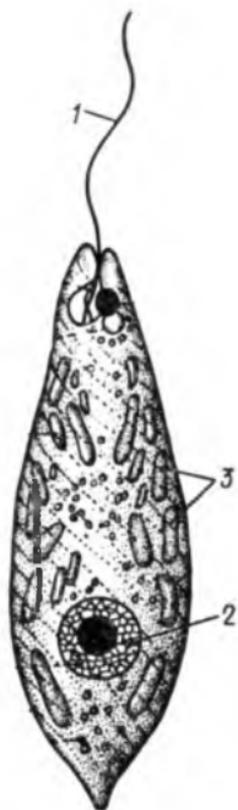


Рис. 38. Эвглена зеленая:  
1 — жгутик, 2 — ядро,  
3 — хлоропласты



Рис. 39. Муха цеце — переносчик трипаномы — возбудителя сонной болезни (вверху). Больной на последних стадиях заболевания (внизу)

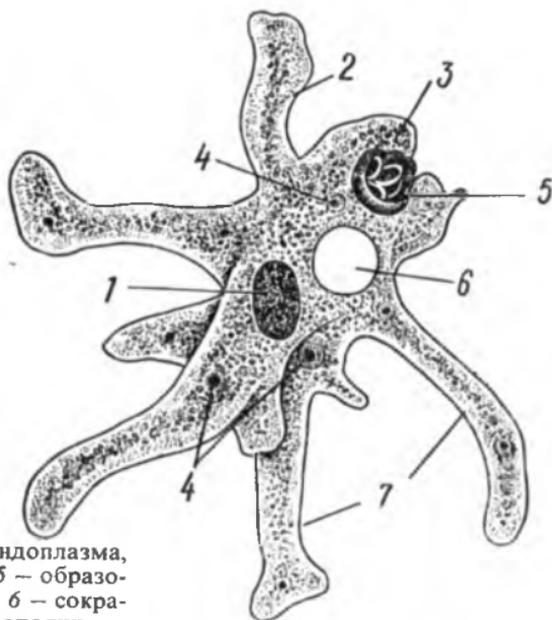


Рис. 40. Амеба:  
1 — ядро, 2 — эктоплазма, 3 — эндоплазма,  
4 — пищеварительные вакуоли, 5 — образование пищеварительной вакуоли, 6 — сократительная вакуоль, 7 — псевдоподии

скими веществами, извлекая их из окружающей среды. Та же эвглена зеленая при недостатке света может усваивать разлагающиеся органические остатки осмотически. Таким образом, она выступает то как автотрофный, то как гетеротрофный организм. Разнообразные способы

питания жгутиковых свидетельствуют о единстве растительного и животного мира и в то же время являют пример своеобразной специализации, возникшей в ходе эволюции простейших.

Размножаются жгутиковые бесполым и половым путем. При бесполом размножении клетка делится на две, при половом — формируются гаметы, при слиянии которых образуется зигота.

Жгутиковые (трихомонас, трипаносома) вызывают такие болезни у человека, как трихомониаз, сонная болезнь, распространенная в Африке (рис. 39), и др.

**Класс Саркодовые.** Большинство из них — обитатели моря, но встречаются пресноводные и почвенные формы, а также паразитические.

*Пресноводная амeba* (рис. 40) живет в пресных водоемах, во влажной почве. Она имеет вид цитоплазматического комочка без выраженной оболочки, в котором находятся крупное ядро и сократительная вакуоль. Питается бактериями, остатками водорослей. Вокруг втянутого комочка пищи образуется пищеварительная вакуоль, содержащая ферменты. Непереваренные остатки выталкиваются в любом участке тела амeбы. Сократительная вакуоль имеет вид пузырька. В ней накапливаются избыток воды и продукты обмена. Размножение в благоприятных условиях происходит путем деления. При понижении температуры и пересыхании водоемов амeba образует цисту.

В организме человека встречаются *ротовая амeba*, обитающая в десневых карманах, кишечная и дизентерийная амeбы, живущие в толстом кишечнике. *Кишечная амeba* безвредна: она питается бактериями и содержимым кишечника. *Дизентерийная амeba* (рис. 41) может вызвать язвенное поражение толстой кишки. Из проглоченной цисты в кишечнике развиваются мелкие формы этой амeбы. Они обитают в просвете толстой кишки, питаются бактериями и остатками клетчатки. Многие поколения таких амeб размножаются простым делением и образуют цисты, которые выводятся с калом во внешнюю среду.

Человек, выделяющий цисты, представляет собой источник заражения для окружающих. Цисты заносятся в почву, воду и могут там сохраняться. В кишечник человека они попадают с невымытыми овощами и фруктами, некипяченой водой. Распространяют цисты мухи. Мелкие вегетативные формы амeб в случае пониженной сопро-

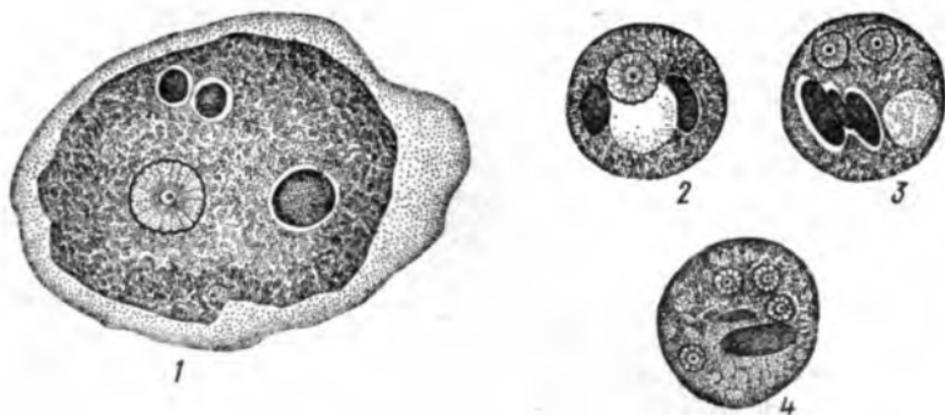


Рис. 41. Дизентерийная амеба (1), развитие ее цисты (2, 3) и зрелая циста (4)

тивляемости организма человека могут превращаться в крупные — тканевые, которые внедряются в стенку кишечника, разрушают его эпителий и питаются эритроцитами крови, вызывая кровотокащие язвы и кровавый понос (*амебиаз*). При выздоровлении и заживлении язв тканевая форма амёбы выходит в просвет кишки, где превращается в малую форму, которая размножается, а затем инцистируется и выводится во внешнюю среду.

**Класс Споровики.** Представитель класса *малярийный плазмодий* — возбудитель малярии со сложным циклом развития в теле человека и в организме самки малярийного комара.

Его жизненный цикл складывается из последовательных фаз бесполого размножения, образования незрелых половых клеток, их созревания, оплодотворения и формирования одноклеточных *спорозоитов*; проходит цикл со сменой хозяев.

Человек заражается при укусе его самкой малярийного комара, когда вместе с ее слюной через место прокола кожи проникает паразит в форме спорозоитов. Затем они попадают в клетки печени и стенок кровеносных сосудов; здесь паразит растет, ядро его многократно делится, обособляя вокруг себя цитоплазму. Такое множественное деление завершается образованием многочисленных клеток — *мерозоитов*. Генерация паразита в клетках печени и сосудов может проходить несколько раз и составляет скрытый, или тканевый, период, приводящий к численному накоплению паразита. Он длится до 17 дней.

Затем начинается острый, или эритроцитарный, период в развитии паразита, сопровождающийся массовым

разрушением эритроцитов и тяжелым малокровием. Мерозоиты проникают в эритроциты крови человека, питаются гемоглобином, выделяя продукты обмена в цитоплазму эритроцита, и претерпевают множественное деление. Образующиеся мерозоиты после разрушения эритроцитов попадают в кровь и внедряются в новые кровяные клетки. Эритроцитарный период у разных видов паразита проходит в течение 48—72 ч. Приступ малярии начинается со времени выхода в кровь мерозоитов и ядовитых продуктов обмена и длится до времени вторжения паразитов в новые эритроциты (наблюдается озноб, головная боль, повышение температуры). После нескольких циклов бесполого размножения в крови человека из мерозоитов образуются незрелые половые клетки паразита; их созревание проходит в желудке самки малярийного комара — основного хозяина для малярийного паразита. В ее желудке развиваются зрелые половые формы, после их слияния образуется подвижная зигота, которая проникает через оболочку желудка комара и на его поверхности образует цисту. На поверхности желудка может быть несколько таких цист. В них путем множественного деления образуются спорозоиты, которые после разрыва цисты с током гемолимфы разносятся по всему телу и попадают в слюнные железы самки комара. Теперь насекомые при укусе человека могут передать ему возбудителя.

Малярия — тяжелая болезнь человека, распространенная во всем мире. Массовым заболеванием она была и в нашей стране. В дореволюционной России ежегодно отмечалось до 8 млн. больных малярией. К 1960 г. малярия в нашей стране благодаря массовому лечению населения и уничтожению малярийного комара путем осушения заболоченных местностей и применения инсектицидов была практически ликвидирована.

**Класс Инфузории.** Эти животные широко распространены в природе. Обитают в пресных и морских водоемах, во влажной почве. Некоторые виды паразитируют в организме человека и животных. Представитель — *инфузория туфелька*. Это высокоорганизованный свободноживущий одноклеточный организм, обитающий в пресных водоемах (рис. 42). Форма тела постоянная и напоминает подошву туфли. Все тело покрыто равномерными рядами ресничек. Слаженность их движения обеспечивается плотными цитоплазматическими нитями — фибриллами. Между ресничками расположены мел-

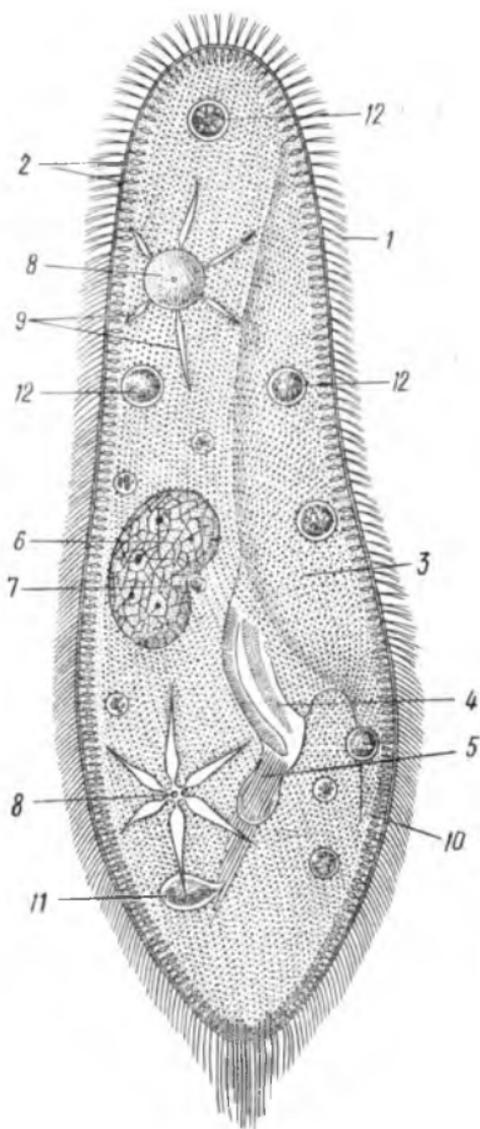


Рис. 42. Строение инфузории туфельки:

1 — реснички, 2 — оболочка, 3 — цитоплазма, 4 — ротовая воронка, 5 — клеточная глотка, 6 — вегетативное ядро, 7 — генеративное ядро, 8, 9 — пульсирующая вакуоль с приводящими радиальными каналами, 10 — порошица, 11 — образование пищеварительной вакуоли, 12 — пищеварительные вакуоли

которые веретеновидные тельца — трихоцисты — органоиды защиты и нападения, которые в ответ на раздражение с силой выбрасываются и вонзаются в тело жертвы или врага. Предротовое углубление окружено ресничками, в глубине этой впадины имеется клеточный рот, ведущий в глотку, которая открывается прямо в эндоплазму. Пищу составляют бактерии, одноклеточные водоросли, растительный детрит, перевариваемые в пищеварительных вакуолях. Непереваренные остатки выбрасываются через порошицу. У инфузории туфельки в эндоплазме находятся два ядра — большое вегетативное, регулирующее обмен веществ, и малое генеративное, участвующее в половом размножении.

Размножаются туфельки бесполым и половым способом. При бесполом размножении тело инфузорий вытягивается в длину, по экватору появляется перетяжка, которая перешнуровывает клетку пополам. Многократное бесполое размножение у туфелек сменяется половым процессом, во время которого две туфельки сближаются и обмениваются генетическим материалом. После этого туфельки расходятся. Биологическое значение полового процесса заключается в объединении в одном организме наследственных

свойств двух особей. Это повышает жизнеспособность организма, что выражается в лучшей приспособленности к окружающим условиям.

Среди паразитических форм у человека встречается *инфузория балантидий*, которая обитает в просвете толстого кишечника. При внедрении в слизистую оболочку она вызывает ее изъязвление и кровавый понос. Эта инфузория живет в кишечнике свиней, которые служат источником заражения людей, ухаживающих за животными.

## ТИП КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ

Кишечнополостные — древние животные, обитавшие еще в кембрийском море. Отсутствие настоящих органов и тканей дает основание считать их наряду с губками наиболее примитивными многоклеточными животными. Большинство видов обитает в морях и океанах, лишь немногие живут в пресных водах.

Тело кишечнополостных состоит из двух слоев клеток: *эктодермы* и *энтодермы*. Между ними находится прослойка неклеточного вещества — *мезоглея*. У всех кишечнополостных имеется пищеварительная полость, в нее открывается ротовое отверстие, через которое поступает пища и выводятся непереваренные остатки. Анального отверстия нет. Все представители обладают радиальной симметрией.

Насчитывается до 9000 видов кишечнополостных. Их подразделяют на три класса — Гидроидные, Сцифоидные медузы и Коралловые полипы.

**Класс Гидроидные.** Его представитель — *пресноводная гидра*. Тело гидры цилиндрической формы размером от 1 до 1,5 см (рис. 43). На одном конце находится подошва, служащая для прикрепления к подводным предметам, на противоположном — ротовое отверстие, окруженное длинными щупальцами. Гидра ведет малоподвижный образ жизни.

Клетки у кишечнополостных дифференцированы. Так, в эктодерме гидры встречаются эпителиально-мышечные клетки, расположенные снару́жи от мезоглеи; при их сокращении тело животного укорачивается. По всему телу и особенно на щупальцах, между эпителиально-мышечными клетками, находятся стрекательные (крапивные) клетки — органы нападения и защиты. При действии на них какого-либо раздражителя спираль стре-

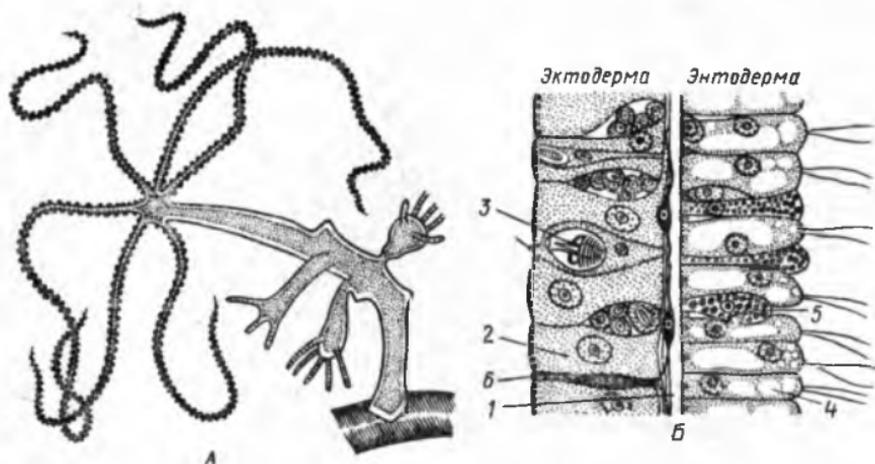


Рис. 43. Гидра. А – общий вид; Б – строение стенки тела гидры:

1 – мезоглея, 2 – эктодермальные эпителиально-мышечные клетки, 3 – стрекательные клетки, 4 – энтодермальные эпителиально-мышечные клетки, 5 – железистые клетки, 6 – нервные клетки

кательной нити с ядовитым содержимым, расположенной в полости клетки, раскручивается и проникает в жертву.

Нервные клетки у гидры рассеяны в эктодерме и соединены между собой тонкими отростками, образуя сетевидное нервное сплетение. Такой тип нервной системы называется *диффузным*. В эктодерме находятся и особые промежуточные клетки. Они дают начало всем видам других клеток, с ними связан процесс регенерации.

Энтодерма образована эпителиально-мышечными и железистыми клетками. Отростки первых располагаются поперек тела гидры, при их сокращении ее тело удлиняется и становится тоньше. Железистые клетки вырабатывают ферменты, расщепляющие белки. У некоторых эпителиально-мышечных клеток имеются жгутики, которые перемешивают содержимое пищеварительной полости. Эти клетки с помощью ложноножек поглощают мелкие частицы пищи. Пищеварение у гидры двух видов: *внутриполостное* (внеклеточное), характерное для многоклеточного организма, и *внутриклеточное*, присущее одноклеточным формам. Гидра – хищник, питающийся мелкими беспозвоночными животными (дафниями, циклопами), но может захватывать и мальков рыб.

Гидра размножается бесполом и половым путем. При бесполом размножении (обычно летом) на теле ее образуются почки – выпячивания двухслойной стенки. Почка растет и дочерний организм первое время суще-

ствуется за счет материнского. Затем на почке появляется рот, окруженный щупальцами, и подошва. Почка отрывается от материнского организма, падает на дно и переходит к самостоятельной жизни. Осенью с наступлением низких температур гидра размножается половым путем.

Пресноводная гидра — гермафродит, т. е. в одной и той же особи воспроизводятся мужские и женские половые клетки (стебельчатые гидры раздельнополы). Половые продукты образуются под эктодермой. Оплодотворение перекрестное. Возникшая зигота покрывается плотной оболочкой и оседает на дно водоема; весной, при наступлении благоприятных условий, начинается рост и развитие молодой гидры.

**Класс Сцифоидные.** Сцифоидные медузы — морские свободноплавающие животные, имеющие форму зонтика

(рис. 44). Диаметр их колеблется от нескольких сантиметров и до 1—2 м (у арктической медузы). Тело медуз двухслойное, с выраженной студенистой мезоглеей. Для сцифоидных характерно усложнение пищеварительной системы: на стенке желудочной полости

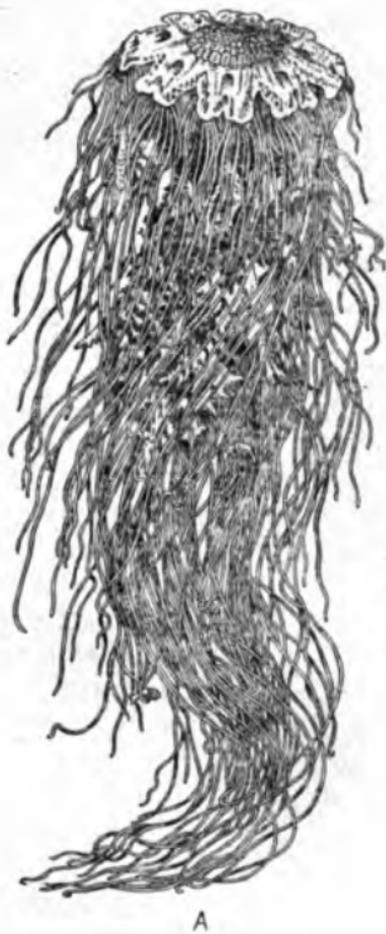


Рис. 44. Сцифоидные медузы. А — цианея, Б — аурелия:  
1 — ротовая полость, 2 — каналы пищеварительной системы

имеются нитевидные образования, выделяющие пищеварительный сок; от желудочной полости берут начало восемь прямых радиальных и восемь ветвящихся каналов, объединяемых на окружности зонтика общим кольцевым каналом.

По краю зонтика у медуз расположены органы равновесия и светочувствительные глазки. Нервные клетки образуют по краю зонтика рыхлые скопления, похожие на нервные узлы более высокоорганизованных беспозвоночных. У сцифомедуз имеются стрекательные клетки, расположенные на щупальцах и вокруг рта. Их ожоги очень чувствительны даже для человека.

Медузы раздельнополы, мужские и женские половые клетки формируются в энтодерме. Слияние половых клеток у одних форм происходит в желудке, у других — в воде. Из зиготы развивается подвижная личинка — *планула*; она прикрепляется к подводным предметам и превращается в одиночный полип, который почкуется поперечной перешнуровкой. Молодые медузки отрываются от полипа, переходят к плавающему образу жизни и вскоре становятся половозрелыми. Некоторые медузы служат предметом промысла в Китае, Японии, где их употребляют в пищу.

**Класс Коралловые полипы.** Все представители этого класса — обитатели морей и океанов. Встречаются как одиночные кораллы, так и колониальные формы. Их мешковидное тело с помощью подошвы прикрепляется к подводным предметам (у одиночных форм) или прямо к колонии. Характерная особенность коралловых полипов — наличие скелета, который может быть или известковым, или состоять из рогоподобного вещества и располагается либо внутри тела, либо снаружи (у актинии скелет отсутствует).

Все коралловые полипы делятся на две группы: *восьмилучевые* и *шестилучевые*. У первых всегда восемь щупалец; к ним относятся морские перья, красный и белый кораллы. У шестилучевых число щупалец всегда кратно шести (актинии, мадрепоровые кораллы и др.).

Коралловые полипы — раздельнополые животные, оплодотворение происходит в воде. Из зиготы развивается личинка — *планула*, которая не способна к питанию и размножению. Прикрепляясь к различным подводным предметам, она превращается в полип, который уже имеет рот и венчик щупалец. У колониальных форм в дальнейшем происходит почкование, причем почки не

отделяются от материнского организма. Колонии полипов участвуют в образовании рифов, атоллов, коралловых островов.

## ТИП ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ

Плоские черви — обитатели водоемов, влажной почвы. Многие из них ведут паразитический образ жизни, поселяясь в организме человека и животных. Это первые многоклеточные организмы, обладающие хорошо развитыми органами. Плоские черви двусторонне-симметричны, что связано с переходом к ползанию. Тело листовидной либо лентовидной формы, уплощено в спинно-брюшном направлении, в нем выражены правая и левая стороны, передний и задний конец.

У плоских червей в отличие от кишечнополостных во время развития закладывается третий зародышевый листок — *мезодерма*, из которой формируются органы выделения, размножения, мышечная ткань. Стенку тела образует кожно-мышечный мешок, состоящий из эпителия, клетки которого выделяют вещество, образующее пленку — *кутикулу*, развитую у паразитических червей. Под кожными покровами расположены кольцевые, продольные и диагональные мышечные волокна, слабее выраженные у паразитов и более развитые у свободноживущих форм. Плоские черви — бесполостные паренхиматозные животные. Пространство между внутренними органами у них заполнено рыхлой паренхимой мезодермального происхождения.

Системы органов плоских червей представлены пищеварительной, нервной, выделительной, половой. Пищеварительная система у многих плоских червей состоит из передней и средней кишки, заканчивающейся слепом. У ленточных червей, ведущих только паразитический образ жизни, она целиком редуцируется. У одних систематических групп червей средняя кишка разветвлена, у других имеет вид прямой трубки. Нервная система состоит из парного головного узла и отходящих от него двух боковых стволов, которые тянутся вдоль тела с периферическими ответвлениями. У свободноживущих форм развиты светочувствительные глазки, обонятельные клетки, органы равновесия.

Органы выделения плоских червей — *протонефридии*, состоящие из мерцательных клеток, связанных с системой канальцев, через которые удаляются продукты обмена.

на. Кровеносной системы и специализированных органов дыхания у плоских червей нет. У свободноживущих форм кислород поглощается через покровы тела, паразитические формы живут в бескислородной среде и извлекают энергию в ходе расщепления гликогена. Все плоские черви *гермафродиты*, их половые железы имеют сложные выводные протоки.

Тип Плоские черви включает три класса: Ресничные, Сосальщики и Ленточные черви.

**Класс Ресничные** черви включает свободноживущие формы. Представитель — *молочная планария*, обитающая в пресных водоемах. Тело ее уплощено, передний отдел несет хорошо развитые органы чувств: глазки, щупальца, органы равновесия. Сокращение кожно-мускульного мешка способствует передвижению по дну водоема. Характерный признак ресничных червей — наличие мерцательного эпителия, покрывающего тело. Реснички участвуют в передвижении животного. Дыхание осуществляется всей поверхностью тела. Ресничные черви — хищники.

Нервная система более развита, чем у паразитов. Молочная планария — гермафродит. Оплодотворенная яйцеклетка окружается желтком, покрывается оболочкой, которая затвердевает и образует кокон. Последний прикрепляется червем к подводным предметам. Ресничные черви, стоящие у истоков всего типа плоских червей, берут свое начало от планулообразных форм первых многоклеточных. Свободноживущие плоские черви дали начало паразитическим формам, объединяемым в классы Сосальщики и Ленточные черви.

**Класс Сосальщики.** Все сосальщики — паразиты. Представитель класса — *печеночный сосальщик* 3—5 см длиной, паразитирующий в желчных ходах печени и желчном пузыре травоядных животных, реже у человека (рис. 45). Оплодотворенные яйца паразита вместе с желчью поступают в кишечник хозяина, откуда выводятся во внешнюю среду. Дальнейшее развитие идет в пресном водоеме, где через 15—25 дней из яйца выходит личинка, покрытая ресничками, с помощью которых она плавает. Последующее развитие может происходить только в теле промежуточного хозяина — моллюска *малого прудовика*, в которого личинка внедряется с помощью буравящего стилета, проникая затем в печень. Здесь образуется следующая личиночная форма — *спорозиста*. В ней после ряда превращений образуется личин-

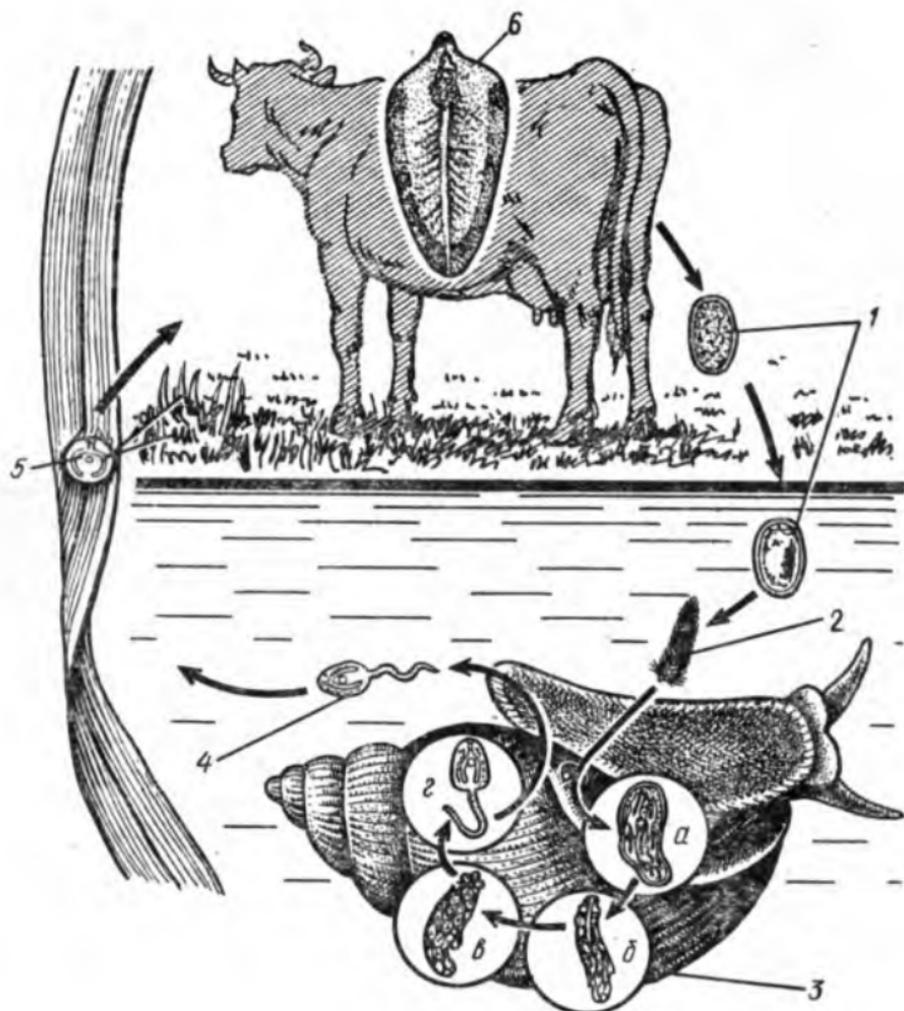


Рис. 45. Цикл развития печеночного сосальщика:

1 — яйцо, 2 — свободноплавающая личинка, 3 — развитие личинки в теле промежуточного хозяина — малого прудовика (а, б, в, г), 4 — новое поколение свободноплавающих личинок, 5 — инцистированная на траве личинка, 6 — половозрелая форма в печени животного

ка, имеющая хвостообразный придаток. Покинув тело моллюска, она свободно плавает, а затем прикрепляется к растениям, теряет хвост, одевается плотной оболочкой и превращается в цисту.

Дальнейшее развитие наступает после попадания цисты в желудок основного хозяина, где оболочка цисты растворяется, и паразит проникает из кишечника в желчные протоки печени, где вырастает во взрослого сосальщика. Человек может проглотить цисты и заразиться при питье некипяченой прудовой воды или употреблении невымытых овощей.

**Класс Ленточные черви.** Представители класса поселяются в кишечнике человека или животных, реже в печени или полости тела. Сюда относятся *свиной и бычий цепни, эхинококк* и др. В настоящее время их известно около 3000 видов. Тело лентовидной формы, размеры колеблются от нескольких миллиметров (карликовый цепень) до 4–10 м (свиной, бычий цепни). Головка цепня снабжена четырьмя присосками; у некоторых видов имеются еще и крючья (свиной цепень). С помощью крючьев, присосок или борозд на головке, ограниченных складками, червь прикрепляется к тканям хозяина. За головкой следует шейка, затем тело паразита, состоящее из члеников. В каждом членике повторяются трубки выделительной системы, боковые нервные стволы, а также половые органы. Тело покрыто плотным слоем кутикулы, надежно защищающей червя от действия пищеварительных соков хозяина, в теле которого он живет. Кроме того, кутикула может выделять вещества, подавляющие деятельность ферментов кишечного сока хозяина. Питательные вещества поглощаются всей поверхностью тела, осмотически.

Ленточные черви — гермафродиты. Незрелые членики располагаются в передней части тела, в средней — гермафродитные, в концевой части — зрелые. Зрелые членики отделяются в результате перистальтических движений кишечника хозяина. В гермафродитном членике мужские половые железы — семенники — имеют форму пузырьков. От них отходят семязыводящие каналы, которые сливаются в семязвергательный канал, заканчивающийся копулятивным органом. Женская половая система состоит из яичника, яйцевода, влагалища, матки. Центральное место занимает камера — оотип, в нее открываются влагалище, слепо замкнутая матка, желточник, яйцевод. Оплодотворение может происходить в пределах одного членика, между соседними члениками, а также между члениками другого цепня. Из желточника поступают продукты, необходимые для формирования оплодотворенных яиц, которые созревают в матке. По мере созревания члеников трубки матки древовидно разрастаются, а остальные половые органы атрофируются. Зрелый членик представляет собой мешок, набитый яйцами (до 175 000 яиц в каждом членике), он отторгается и вместе с калом выводится во внешнюю среду.

В развитии плоских червей наблюдается смена хозяев — основного и промежуточного. Например, ос-

новным хозяином бычьего цепня является человек, в кишечнике которого живет половозрелая особь этого червя, продуцирующая яйца паразита. Членики с яйцами попадают в почву, на траву, в воду и затем заглатываются крупным рогатым скотом (бык, корова, теленок), т. е. промежуточными хозяевами червя (рис. 46). В кишечнике животного из каждого яйца выходит личинка с крючьями и проникает в сосуды. Током крови личинки разносятся по всему телу, но только в скелетных мышцах и в гладкой мускулатуре внутренних органов образуют *финны*, имеющие вид пузырьков величиной с горошину. Внутри финны ввернута головка молодого червя. В организме промежуточного хозяина финны бычьего цепня остаются жизнеспособными продолжительное время, но впоследствии гибнут и обызвествляются. Мясо, содержащее жизнеспособные финны и не прошедшее ветеринарного осмотра, служит источником заражения че-

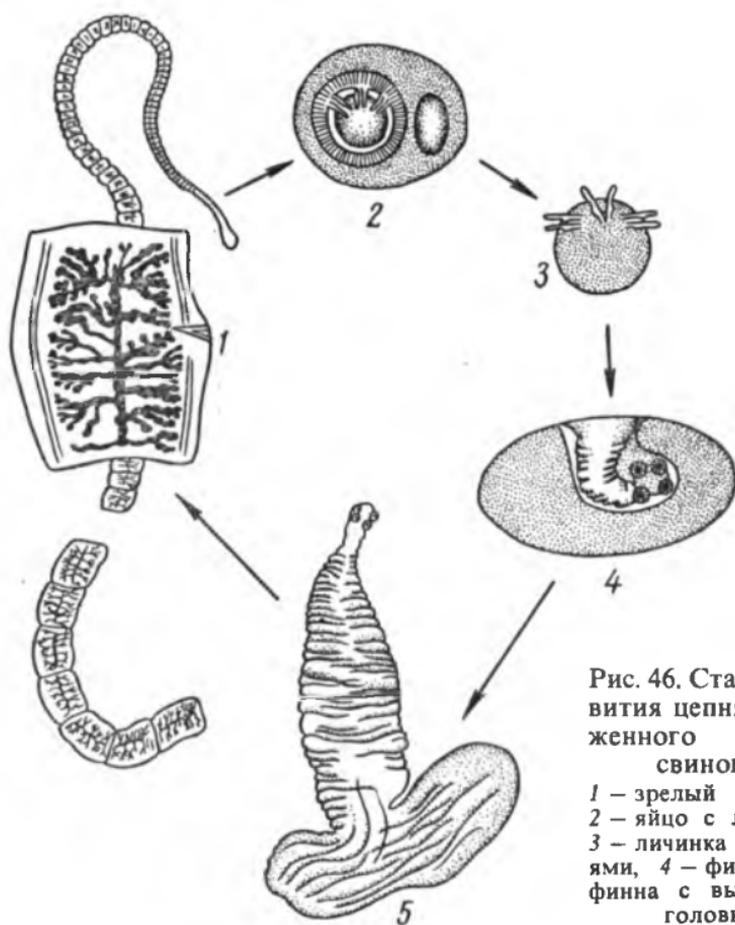


Рис. 46. Стадии развития цепня вооруженного (цепня свиного):

1 — зрелый членик, 2 — яйцо с личинкой, 3 — личинка с крючьями, 4 — финна, 5 — финна с вывернутой головкой

ловека: при употреблении в пищу полусырой говядины (недоваренной, недожаренной), а также при опробовании фарша на соленость. В кишечнике человека оболочка финны растворяется, головка молодого червя выворачивается и с помощью присосок прикрепляется к слизистой оболочке тонкой кишки. Меры профилактики включают ветеринарный осмотр убойного мяса, соблюдение правильной кулинарной обработки говядины и свинины, обеззараживание человеческих фекалий в компостах (для предупреждения заражения скота).

## ТИП КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ

Круглые черви — трехслойные, двусторонне-симметричные животные. Их тело не сегментировано, на поперечном разрезе круглое. Снаружи оно покрыто плотной кутикулой, под которой расположен особый вид эпителиальной ткани, утратившей клеточное строение, — *гиподерма*. Глубже расположена продольная мускулатура, но в отличие от плоских червей она не образует сплошного мышечного слоя, а представляет собой тяжи продольных мышц, разобщенных валиками гиподермы. Полость тела первичная, заполнена полостной жидкостью, в которой содержатся валериановая, янтарная и другие кислоты. Они обладают раздражающим действием. В полости тела находятся органы пищеварения и размножения. У круглых червей появляется важный новый признак — четкое разделение пищеварительной системы на три отдела: передний, средний, задний. Пищеварительный тракт начинается ртом и оканчивается анальным отверстием.

Нервная система представлена окологлоточным нервным кольцом, от которого берут начало несколько стволов, тянущихся вдоль тела. Наиболее мощные из них — брюшной и спинной, от них многочисленные ветви подходят к органам. Органы чувств развиты слабо. Свободноживущие круглые черви ориентируются с помощью осязательных сосочков, щетинок, у некоторых имеются осморецепторы, а также глазные (пигментные) пятна. Дыхательной и кровеносной системы у круглых червей нет. Одни из них дышат всей поверхностью тела, у живущих в бескислородной среде дыхание анаэробное. Выделительная система *протонефридиального типа*, она представляет собой одну разросшуюся клетку с двумя каналами, тянущимися по бокам тела. В задней части тела

они заканчиваются слепо, а в передней, сливаясь, открываются наружу одной выделительной порой.

Большинство круглых червей — раздельнополые организмы. Самки значительно крупнее самцов. Половые железы имеют вид трубок, протоки которых открываются наружу половыми порами. Круглые черви происходят от свободноживущих ресничных плоских червей. По сравнению с ними отличаются высокой численностью, прогрессирующим расселением и большим многообразием форм. Они обитают в морях и пресных водоемах, в почве. Многие виды ведут паразитический образ жизни, поселяясь в организме человека, животных, растений и вызывая у них опасные заболевания. В организме человека паразитируют аскарида человеческая, острица, трихинелла спиральная, власоглав, кривоголовка двенадцатиперстной кишки; в организме животных — свиная и лошадиная аскариды, трихинелла, власоглав и др.

*Острица* — круглый червь (3—10 мм), паразитирующий только у человека в нижнем отделе тонкого кишечника и в толстой кишке, чаще у детей. Зрелые самки выползают через анальное отверстие (обычно ночью) и откладывают на кожу яйца. Зараженный расчесывает зудящие места, и яйца гельминта попадают на кожу рук, под ногти, на постельное белье, впоследствии на предметы обихода, посуду и т. д. Из яиц в кислородной среде на теле человека развиваются личинки. Такое яйцо, будучи проглоченным, может вызвать заражение. С водой, пищей и с рук яйца, содержащие личинки, заносятся в рот, а оттуда в кишечник.

Острицы живут в организме человека около месяца, однако при несоблюдении элементарных гигиенических норм зараженность может поддерживаться длительное время.

*Аскарида человеческая* обитает в тонком кишечнике (рис. 47). Ее веретеновидное тело заострено с обоих концов, что позволяет свободно скользить в просвете кишечника. На поверхности тела мощно развит слой кутикулы. Рот снабжен губами, с помощью которых аскарида прикрепляется к тканям хозяина, питаясь содержимым кишечника. Продолжительность жизни — около одного года. Длина самки аскариды 20—40 см, самца — 15—20 см. У самцов задний конец тела загнут на брюшную сторону. У самки парные трубчатые половые железы и протоки: яичники, яйцеводы, матки и непарное влагалище. У самцов непарный семенник, семяпровод и семяизверга-

Рис. 47. Внутреннее строение самки аскариды:

1 — губы, 2 — глотка, 3 — кишка, 4 — яйцевод, 5 — матка, 6 — яичник

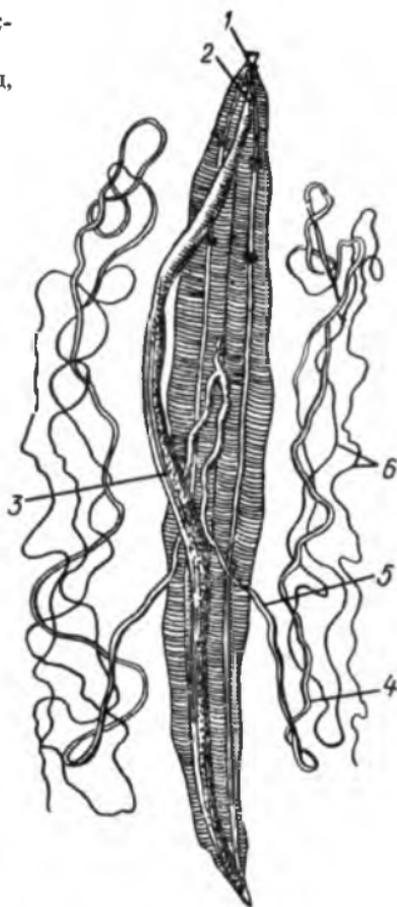
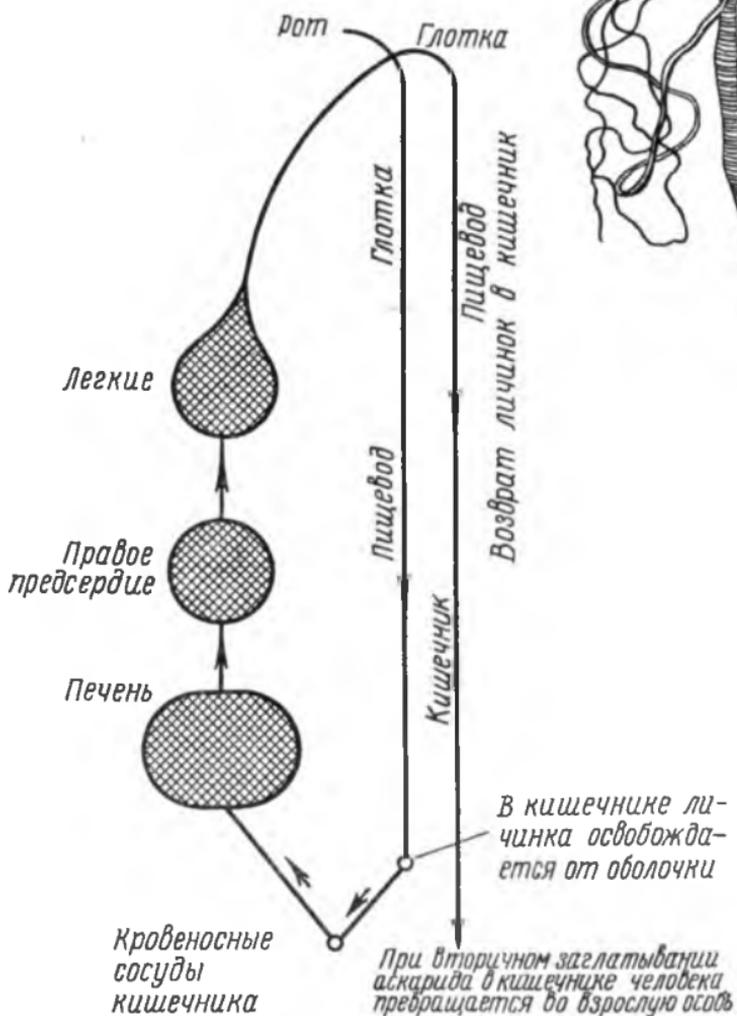


Рис. 48. Миграция личинки аскариды в теле человека (схема)



тельный канал. Оплодотворение внутреннее. Самка ежедневно откладывает в кишечнике человека до 240 тыс. оплодотворенных яиц, которые с каловыми массами выводятся во внешнюю среду. Яйца покрыты пятью оболочками (внутренняя — белково-липоидная), поэтому они очень устойчивы к неблагоприятным условиям, их могут убить только вещества, растворяющие жир: спирт, эфир, бензин или же горячая вода, прямые солнечные лучи.

Развитие аскариды (рис. 48) идет без смены хозяев. Яйца созревают в почве после выхода из кишечника человека. Во влажной почве при доступе кислорода и температуре 25—27°C на 16—17-й день в яйце формируется личинка. Заражение происходит в случае проглатывания таких яиц с невымытыми овощами, фруктами, с водой; доказана также роль мух в переносе яиц (отсюда вытекают и меры профилактики). Из проглоченных яиц в кишечнике выходят микроскопические личинки, которые затем совершают миграцию через стенки кишечника в кровеносные сосуды, печень, в нижнюю полую вену, в правое предсердие и желудочек сердца, а потом в легкие. По выходе из ткани легких личинки с током слизи по дыхательным путям попадают в глотку и вторично заглатываются, останавливаясь в тонкой кишке, где достигают половой зрелости.

У круглых червей (за некоторым исключением) нет смены хозяев, их личинки развиваются в земле.

Выяснение сущности паразитизма червей, путей циркуляции паразитов в природе, разработка основных принципов борьбы с гельминтозами и успехи оздоровительных мероприятий в нашей стране явились итогом усилий большой группы советских ученых во главе с корифеем в области паразитологии акад. К. И. Скрябиным.

## ТИП КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ

Кольчатые черви (кольчецы) — высокоорганизованные беспозвоночные животные, обитающие в почве, пресных водоемах, океанах, морях. У большинства тело состоит из однородных сегментов (колец), которые повторяются от головного отдела до анального членика. Стенку тела составляет кожно-мышечный мешок, включающий слой эпителия, кольцевую и продольную мускулатуру. Путем сокращения мускулатуры червь передвигается. У других кольцецов движение достигается сокращением парных боковых мускулистых выростов — *паранодий*. Впервые

у кольчатых червей появилась *вторичная*, или *целомическая*, *полость тела*, выстланная клетками специального эпителия — целотелием, который примыкает к продольной мускулатуре с одной стороны и покрывает стенки внутренних органов — с другой.

Нервная система состоит из окологлоточного нервного кольца и *брюшной нервной цепочки*. Она образована сближенными парными нервными узлами и поперечными нервными тяжами между ними, повторяющимися в каждом сегменте. От узлов в соответствующие сегменты отходят периферические ветви.

Впервые в развитии животного мира у кольцецов появилась *кровеносная система*. В зависимости от типа дыхательных пигментов кровь у одних видов красная (за счет присутствия гемоглобина), у других — бесцветная или зеленая. Основу кровеносной системы составляют спинной и брюшной сосуды, соединенные друг с другом; она у большинства видов *замкнутая*. На переднем конце тела (7—11-й сегменты) спинной и брюшной сосуды сообщаются с помощью пульсирующих кольцевых сосудов — «сердец», обеспечивающих перемещение крови. От главных сосудов отходят кровеносные сосуды к коже и органам, которые, не прерываясь, переходят в вены. Дыхание у многих видов осуществляется всей поверхностью тела, у морских видов — с помощью жабр, представляющих собой выросты стенки параподий. Пищеварительная система состоит из передней, средней и задней кишки. Жидкие продукты диссимиляции удаляются во внешнюю среду через органы выделения — *метанефридии* (по два в каждом сегменте). Метанефридий имеет воронку с ресничками, обращенную в полость сегмента, воронка продолжается в каналец, который проходит через перегородку в нижележащий сегмент, где открывается наружу выделительной порой.

Среди кольцецов встречаются раздельнополые виды и гермафродиты. Оплодотворение может происходить как во внешней среде, так и в организме. Некоторые морские формы размножаются делением и почкованием. У дождевых червей и пиявок развитие прямое, у морских форм — с превращением (метаморфозом), при котором образуется плавающая личинка.

Свое начало кольчатые черви ведут от свободноживущих древних форм ресничных червей, с которыми они имеют ряд общих черт: мезодерму, кожно-мускульный мешок, двустороннюю симметрию тела, ресничный

покров у личинок многощетинковых морских форм и др.

Тип Кольчатых червей объединяет три класса: Многощетинковые, Малощетинковые, Пиявки.

**Класс Многощетинковые (полихеты).** Их представители ведут свободноплавающий и прикрепленный образ жизни. Движение осуществляется *параподиями*, снабженными пучками щетинок. Параподии — прообразы конечностей членистоногих. У некоторых многощетинковых червей параподии несут жаберный аппарат, обеспечивающий газообмен в водной среде. У представителей класса хорошо обособлен головной отдел, где находятся органы чувств: щупальца, светочувствительные глазки, обонятельная ямка. В строении нервной, кровеносной, выделительной и пищеварительной систем полихеты повторяют признаки своего типа.

В ходе эволюции многощетинковые черви приобрели многие черты более высокой организации, являясь прогрессивной ветвью животных, от которых происходят еще более высокоорганизованные беспозвоночные — членистоногие. Многощетинковые служат пищей для морских животных, некоторые из них (нерейды) специально акклиматизированы в Каспийском море как корм для осетровых. Червь палоло, обитающий в тропических водах Тихого океана, имеет промысловое значение.

**Класс Малощетинковые.** Представитель класса — *дождевой червь* (рис. 49). Дождевые черви живут в глубоких норках, которые они роют, заглатывая землю. Такой образ жизни отразился на их внешней форме, строении отдельных органов и систем. Головной отдел выражен слабо, параподий, щупалец и глазков нет. Кожа пронизана кровеносными капиллярами и увлажнена слизью, что способствует дыханию. Питаются они гниющими растительными остатками, пропуская массу земли через пищеварительный тракт. Пищеварительная система подразделяется на рот, глотку, длинный пищевод, имеющий расширение — зоб, мышечный желудок. Кишечник длинный, с продольным желобовидным впячиванием.

Дождевой червь — гермафродит. Оплодотворение перекрестное, развитие прямое. Все другие системы дождевого червя типичны для кольчатых червей.

Дождевые черви оказывают влияние на свойства почвы; роя многочисленные норки, они улучшают ее структуру, рыхлят, обогащают органическими веществами,

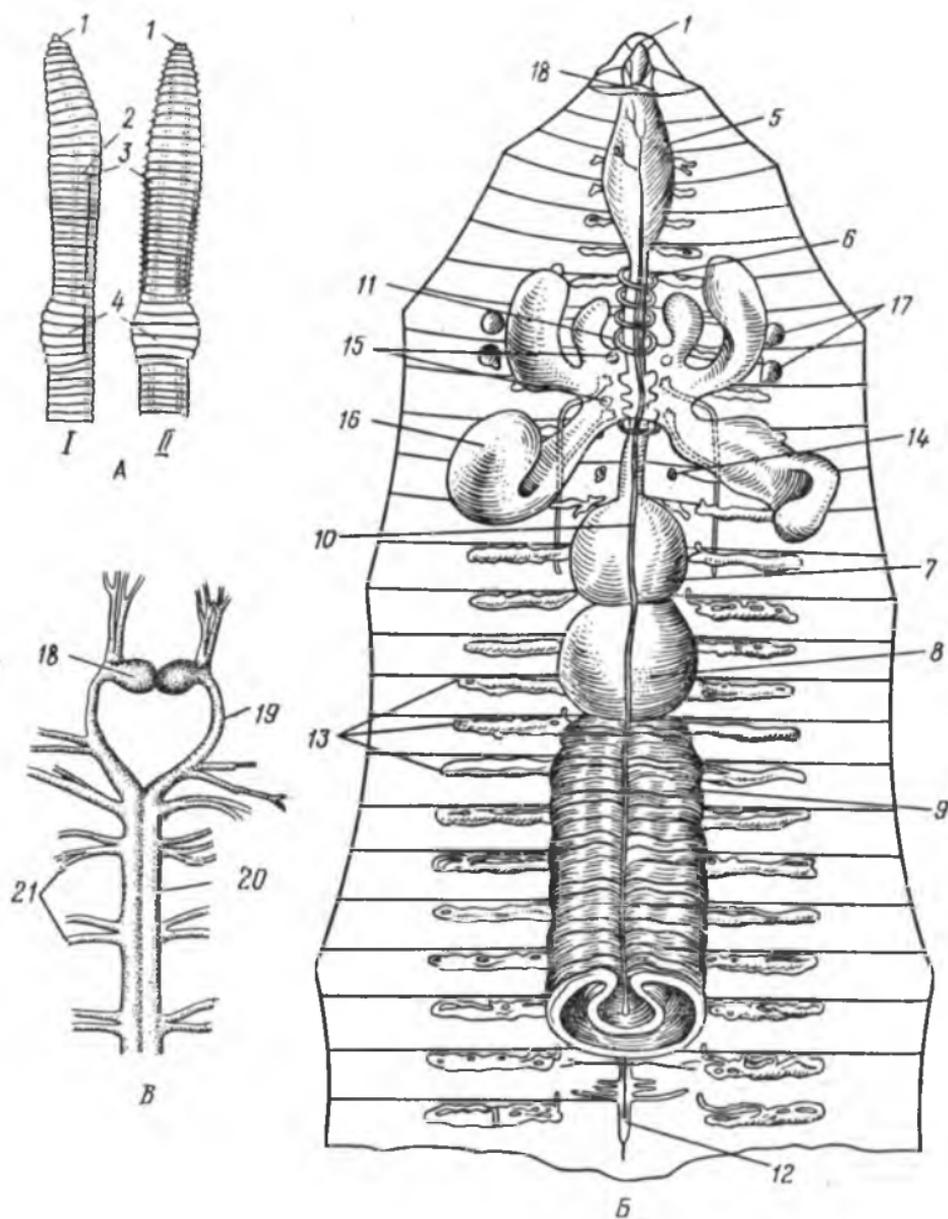


Рис. 49. Строение дождевого червя. А — головной конец, Б — внутреннее строение, В — нервная система:

1 — ротовое отверстие, 2 — мужское половое отверстие, 3 — женское половое отверстие, 4 — пояс, 5 — глотка, 6 — пищевод, 7 — зоб, 8 — желудок, 9 — кишечник, 10 — спинной кровеносный сосуд, 11 — кольцевые кровеносные сосуды, 12 — брюшной кровеносный сосуд, 13 — метанефридии, 14 — яичники, 15 — семенники, 16 — семенные мешки, 17 — семяприемники, 18 — окологлоточное нервное кольцо, 19 — окологлоточное нервное кольцо, 20 — брюшная нервная цепочка, 21 — нервы

Рис. 50. Рыбы пиявки, присосавшиеся к рыбе

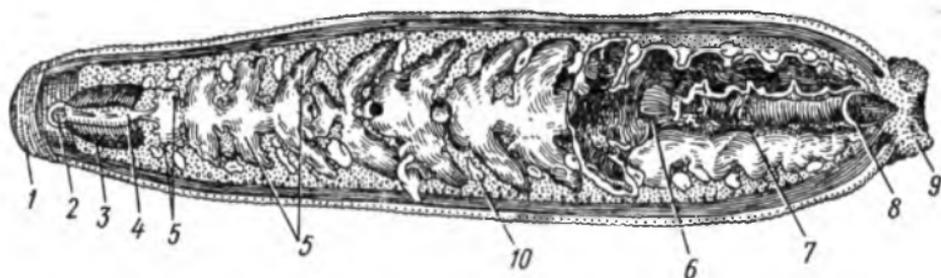


Рис. 51. Строение пиявки:

1 — передняя присоска, 2 — ротовое отверстие, 3 — мышцы глотки, 4 — глотка, 5 — боковые карманы желудка, 6 — средняя кишка, 7 — задняя кишка, 8 — анальное отверстие, 9 — задняя присоска, 10 — метанефридий

способствуют аэрации и проникновению влаги, улучшают процессы нитрификации, что в конечном счете повышает плодородие почвы.

**Класс Пиявки.** Их пресноводные формы ведут полупаразитический и хищнический образ жизни (рис. 50). После укуса пиявки от ее челюстей на коже остается характерный треугольник; вытекающая кровь заполняет карманообразные выросты зоба (рис. 51). При этом пиявки выделяют в ранку гирудин, препятствующий свертыванию крови. Это свойство пиявок и выделяемого гирудина используется в медицинской практике при повышенном артериальном давлении, при кровоизлияниях, глаукоме.

## ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ

Свое происхождение членистоногие ведут от древних кольчатых червей, доказательством чего служат многие общие черты в их строении: сегментация тела, брюшная нервная цепочка, двуветвистые конечности низших членистоногих, напоминающие параподии кольчатых червей, органы дыхания эктодермального происхождения, органы выделения — видоизмененные метанефридии.

В процессе эволюции членистоногие достигли высокой организации и по степени развития стоят выше всех

беспозвоночных животных, превосходят их и по численности; среди них насчитывается до 1,5 млн. видов. Среда обитания — моря, океаны, пресные водоемы, воздух, почва.

Членистоногие имеют сегментированное тело, но в отличие от кольчатых червей сегментация у них неоднородная, т. е. один сегмент отличается от другого по форме, величине или внутреннему строению. Тело двусторонне-симметричное, состоит из двух либо из трех отделов: у одних видов — из головогруды и брюшка, у других — из головы, груди и брюшка. Каждый отдел образован группой слившихся сегментов. Все или часть сегментов несут пару членистых ножек. Их функции разнообразны: одни служат органами передвижения, другие превратились в части ротового аппарата. У некоторых видов конечности преобразованы в органы чувств, дыхания, в паутинные бородавки, но у ряда сегментов конечности редуцированы.

Тело членистоногих покрыто *хитинизированной кутикулой*. Хитин представляет собой органическое вещество, состоящее из белков и углеводов, обладает высокой прочностью, выполняет защитную функцию, а также играет роль наружного скелета. У членистоногих впервые в эволюции возникает поперечно-полосатая мускулатура, образующая отдельные пучки. Кожно-мускульный мешок, характерный для их предков, утрачен. С появлением поперечно-полосатой мускулатуры движения стали более быстрыми и разнообразными; отдельные мышцы приводят в движение определенные части тела. Полость тела *смешанная*, она возникает в эмбриогенезе в результате слияния первичной и вторичной полостей. Строение органов дыхания связано со средой обитания: у водных форм развиваются жабры, у наземных — легкие (видоизмененные конечности, впяченные внутрь тела) либо трахеи (система трубок с хитиновыми кольцами).

Нервная система в принципе сходна с ее строением у кольчатых червей. Прогрессивно развиваются органы чувств и головной мозг, обеспечивающие развитие сложных инстинктов и многообразных условных рефлексов. Кровеносная система *незамкнутая* (кровь изливается непосредственно на органы и между ними), она более развита у представителей с жаберным и легочным типом дыхания. Сердце у членистоногих расположено на спинной стороне тела. Пищеварительная система состоит из

челюстного аппарата, пищеварительных желез, глотки, пищевода, желудка и кишечника. Органами выделения служат видоизмененные метанефридии. Членистоногие раздельнополы. Оплодотворение у большинства представителей внутреннее. Постэмбриональное развитие может быть прямым и с превращением (метаморфоз).

Тип Членистоногие включает ряд классов, из которых будут рассмотрены Ракообразные, Паукообразные и Насекомые.

**Класс Ракообразные.** Это широко распространенные в природе животные, насчитывающие более 20 тыс. видов. По уровню их организации выделяют высших ракообразных (омар, речной рак, langуст, креветки) и низших (циклоп, дафния и др.).

Представитель высших раков — *речной рак* (рис. 52). Его тело, состоящее из головогруди и брюшка, как у всех членистоногих, покрыто хитиновым панцирем. У рака он не растягивается и препятствует росту, однако

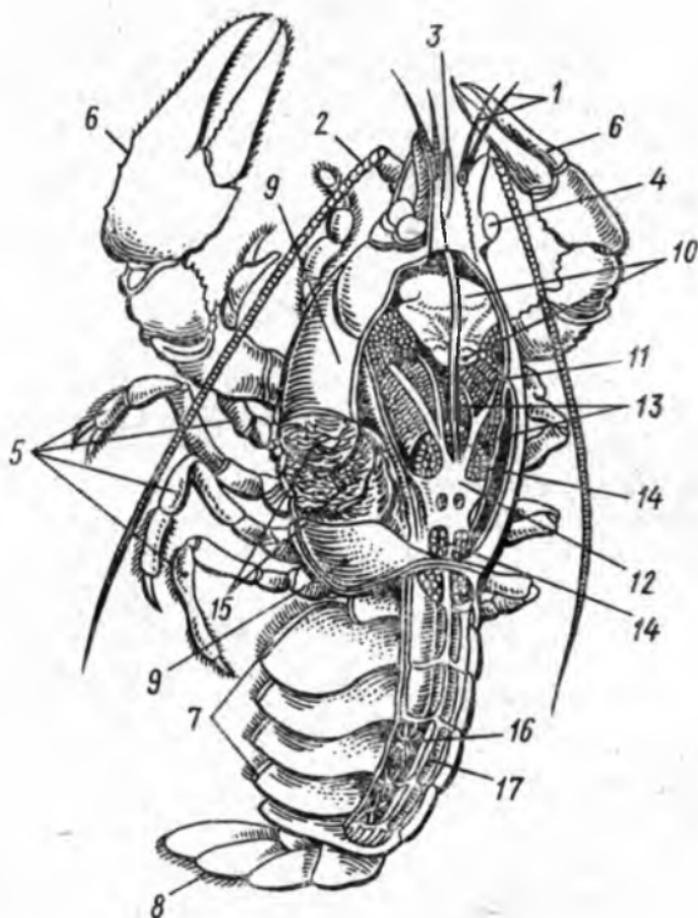


Рис. 52. Речной рак:

- 1 — антеннулы,
- 2 — антенны, 3 — лобный шип, 4 — сложный глаз, 5 — ходильные ноги, 6 — клешни, 7 — брюшко, 8 — хвостовой плавник, 9 — панцирь, 10 — желудок, 11 — печень, 12 — сердце, 13 — кровеносные сосуды, 14 — яичник, 15 — жабры, 16 — нервная цепочка, 17 — задняя кишка

периодически сбрасывается, и в это время рак растет. Головной и грудной отделы прикрыты *хитиновым щитом*, поэтому их сегментация различима лишь с брюшной стороны. Каждому сегменту тела соответствует пара двуветвистых членистых конечностей, функции которых разнообразны. Голова несет пять пар придатков. Длинные и короткие «усы» — антенны и антеннулы — служат органами чувств, причем антеннулы гомологичны щупальцам кольчатых червей; следующие три пары видоизмененных конечностей — челюсти — находятся по бокам рта и участвуют в процессе удержания и отцеживания пищи.

Сегментов груди восемь, им соответствуют восемь пар членистых конечностей, но так как грудные сегменты слились с головным отделом, то первые три пары конечностей грудного отдела носят название ногочелюстей. Их основная функция — захват пищи и подача ее в рот. Следующие пять пар конечностей, соответствующие пяти сегментам груди, выполняют роль ходильных ножек. Из них первая пара, наиболее массивная, называется клешнями. Они участвуют в добыче пищи, а иногда и в умерщвлении ее. Конечностей брюшка пять пар, они выполняют плавательную функцию. Шестая пара ножек брюшка вместе с седьмым сегментом образует хвостовой плавник.

Органы дыхания рака — жабры, развивающиеся на ногочелюстях и ходильных ножках. Такая связь жабр с конечностями у ракообразных напоминает строение и расположение органов дыхания у полихет. Кровеносная система незамкнутого типа. Пятиугольной формы сердце располагается на спинной стороне. Оно окружено стенками околосоудной сумки и имеет три пары отверстий, через которые кровь попадает в сердце. От сердца отходят крупные сосуды, несущие кровь к органам, где она изливается в пространство между ними, в том числе и в жабры. Окисленная в жабрах кровь заполняет полость околосоудной сумки, затем поступает в сердце.

Рак — хищник. Рот ведет в короткий пищевод, за ним следует объемистый желудок, имеющий два отдела. В первом с помощью хитиновых зубцов пища измельчается, во втором она отцеживается через свисающие со стенок хитиновые нити. Далее пища переходит в среднюю и заднюю кишку, которая заканчивается анальным отверстием. В переваривании и всасывании пищи уча-

ствуует трубчатая пищеварительная железа — «печень», расположенная между желудком и средней кишкой.

Нервная система представлена головными узлами и брюшной нервной цепочкой. Органы зрения — стебельчатые глаза. Каждый из них состоит из большого числа фасеток. Органами равновесия служат *статоцисты* — пузырьки, расположенные на основном членике антеннул. В их полостях имеются песчинки и чувствительные волоски, воспринимающие изменения положения песчинки и всего тела. Органами выделения у рака служит пара видоизмененных метанефридиев — *зеленые железы*, расположенные в передней части тела. Их короткие каналы открываются в основном членике антенн.

Раки раздельнополы. Оплодотворенные яйца укрепляются на брюшных ножках, здесь же происходит дальнейшее (прямое) развитие. Молодые особи некоторое время остаются на теле матери.

К низшим ракообразным относятся *дафнии* и *циклопы* (рис. 53). Встречаются в планктоне пресных водоемов в очень больших количествах. Дафния имеет длину до 3 мм, передвигается скачками с помощью двуветвистых антенн. Тело, кроме головы, заключено в прозрачный, сплюснутый с боков хитиновый панцирь, нижний конец его вытянут в виде шипа. Характерные для членистоногих конечности находятся только на головогруди, на брюшке их нет. Ножки груди снабжены щетинками, служат для отфильтровывания мелких взвешенных в воде частиц. Ближайшие к основанию наружные лопасти грудных конечностей превращены в жабры. На голове находятся фасеточный глаз и простой глазок.

Летом самки откладывают неоплодотворенные яйца с диплоидным набором хромосом, которые развиваются

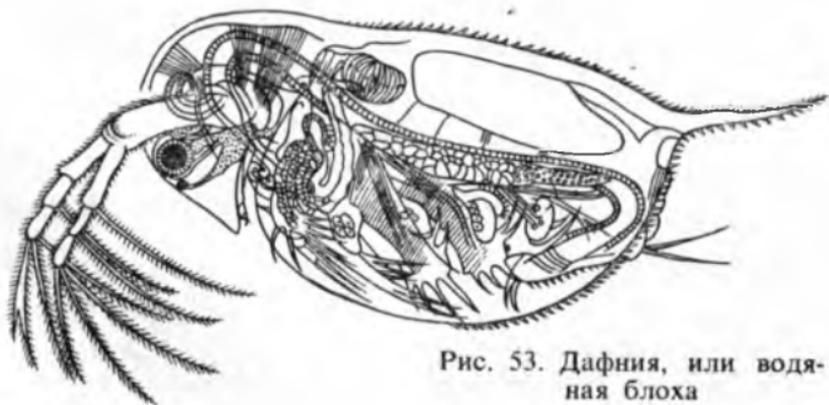


Рис. 53. Дафния, или водяная блоха

у нее в выводковой камере (партеногенез). Молодые рачки представляют собой новое поколение самок, которые также откладывают неоплодотворенные яйца. Осенью, когда понижается температура и уменьшается количество корма, из неоплодотворенных яиц в выводковой камере самок развиваются самцы, производящие гаплоидные половые клетки. Часть яиц в половых путях самки претерпевает второе деление (мейоз) и поэтому также несет гаплоидный набор хромосом. Такие яйца могут развиваться только после оплодотворения, когда в зиготе восстанавливается полный (диплоидный) набор хромосом. Зиготы зимуют, а на следующий год развившиеся из них самки размножаются в течение лета партеногенетически.

Еще более мелкий рачок (1—2 мм) — циклоп. Тело его подразделяется на головогрудь и брюшко, которое не несет конечностей, и заключено в тонкий хитиновый покров. Жабры у циклопа отсутствуют, дышит он всей поверхностью тела.

Как высшие, так и низшие ракообразные играют важную роль в природе и народном хозяйстве. Многие из них составляют основной корм для моллюсков, рыб и водных млекопитающих — китов, которые питаются мелкими рачками. С другой стороны, ракообразные — санитары водоемов, потому что поедают остатки погибших животных. Благодаря высоким вкусовым качествам многие высшие ракообразные служат объектами промысла: в большом количестве в морях и океанах добываются лангусты, креветки, омары, крабы. Речной рак также используется в пищу.

Некоторые виды ракообразных перешли к паразитизму. *Карповая вошь* обитает на коже рыб и наносит большой ущерб карповым хозяйствам. *Саккулина* прикрепляется к нижней стороне брюшка крабов и образует длинные выросты, распространяющиеся внутри всего тела и в конечностях хозяина.

Некоторые ракообразные имеют отрицательное значение: циклоп — промежуточный хозяин ришты, лентеца широкого, рак и краб — легочного сосальщика, червей, паразитирующих у человека и вызывающих у него очень тяжелые заболевания.

**Класс Паукообразные.** Паукообразные — наземные животные, к которым относятся скорпионы, фаланги, пауки, клещи. Тело, заключенное в хитиновый покров, делится на два отдела: головогрудь, возникшую в ре-

зультате слияния головных и грудных сегментов, и сегментированное брюшко. На головогрудь имеется шесть пар конечностей. Усики (антеннулы) отсутствуют. Первая пара несет когтевидные образования, участвующие в захвате и умерщвлении жертвы, и называется *хелицерами*. У многих паукообразных в основании хелицер расположены ядовитые железы, их протоки открываются на остриях хелицер (рис. 54). Вторая пара — ногощупальца, или *педипальпы*, также участвующие в захвате и измельчении пищи. Остальные четыре пары — ходильные ноги. На брюшке конечностей нет, они видоизменились в различные придатки: паутинные бородавки у паука крестовика, гребневидные придатки у скорпионов.

Пищеварительная система в связи со способом питания относительно усложнена и состоит из передней, средней и задней кишки. Передняя кишка выстлана хитином и образует мускулистую глотку, в которую открываются слюнные железы. Их выделения вместе с ферментами желудка и кишечника паук вводит в парализованную жертву, в результате чего ее белковые вещества растворяются и паук всасывает полужидкую пищу. В средней кишке имеются боковые выросты, увеличивающие всасывательную поверхность. Задний отдел кишечника имеет ректальный мешок; на границе средней и задней кишок в кишечник открываются органы выделения — *мальпигиевы трубки*, другим слепо замкнутым концом они обращены в полость тела.

Органы дыхания у паукообразных представлены *листовидными легкими* или *трубчатymi трахеями*. Легкие — мешковидные образования, на их стенках расположены веерообразно расходящиеся листочки. Между ними

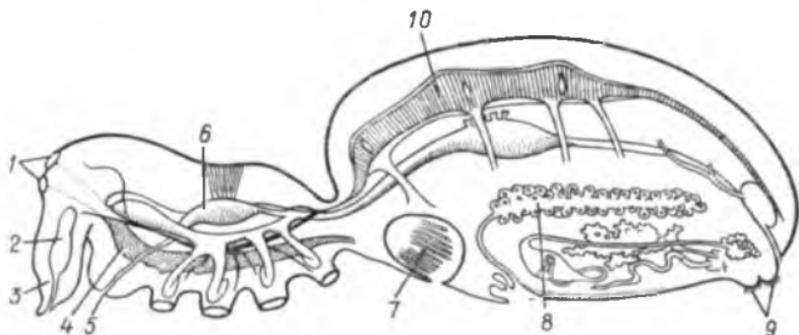


Рис. 54. Схема строения паука:

1 — глаза, 2 — ядовитая железа, 3 — ротовой аппарат, 4 — мозг, 5 — рот, 6 — глотка, 7 — легкое, 8 — половая железа, 9 — паутинные бородавки, 10 — сердце

циркулирует кровь, сюда же через щелевидные отверстия свободно проникает воздух, и происходит газообмен. У некоторых пауков и клещей развита только трахейная система дыхания.

Функции кровеносной системы связаны с характером дыхания: у паукообразных, дышащих легкими, она участвует в переносе как кислорода, так и питательных веществ. Имеется сердце, от которого отходят передняя и задняя аорты и несколько пар ветвящихся артерий. Кровь бесцветна. При трахейном дыхании кровеносная система упрощается и в дыхании не участвует (осуществляется только перенос питательных веществ). У паукообразных наблюдается концентрация нервных элементов: надглоточный нервный узел в случае слияния сегментов тела объединяется с нервными узлами этих сегментов.

Из органов чувств развиты осязательные волоски; между клетками покровного эпителия имеются *хемотрецепторы*, воспринимающие химические и обонятельные раздражения, другие рецепторы улавливают колебания и влажность воздуха. Глаза простые, расположены на головогруды, число их колеблется от двух до восьми. Все паукообразные раздельнополы, половые железы парные. Развитие у большинства представителей прямое, у клещей — с метаморфозом.

Паукообразные насчитывают около 40 тыс. видов, многие из них паразитические. Яд некоторых пауков (каракурт, тарантул) и скорпионов опасен для человека, их укусы очень болезненны и вызывают недомогание, особенно тяжело протекающее у детей. Пауки — хищники, в значительных количествах уничтожающие вредных насекомых — мух, комаров и др., чем определяется их полезное значение.

В составе класса выделяют до 12 отрядов, из которых наиболее распространены скорпионы, пауки и клещи.



Рис. 55. Тоежный клещ (иксодовый)

Особое медицинское значение имеют клещи (рис. 55) — мелкие паукообразные (от 0,1 до 15 мм), в большинстве ведущие паразитический образ жизни. Их овальное тело лишено сегментации и слито в единое целое. У клещей дыхание кожное или трахейное. Кровеносная система развита слабо, у некоторых видов отсутствует сердце. Пищеварительная система у кровососущих форм приспособлена к питанию кровью. Слюнные железы выделяют особый фермент, который препятствует свертыванию крови. Клещи раздельнополы.

Большую группу составляют *иксодовые клещи* — наружные паразиты человека, птиц, многих видов млекопитающих. Взрослые клещи обычно сосут кровь крупных животных и человека. Самка после полного насыщения отпадает и в почве откладывает несколько тысяч яиц. Из яиц, как и у всех клещей, появляются шестиногие личинки, которые для дальнейшего развития должны питаться кровью. Они нападают на грызунов, птиц, рептилий. Насосавшись, личинка покидает хозяина, линяет и превращается в нимфу, которая в дальнейшем также сосет кровь грызунов и рептилий и после линьки превращается во взрослую форму. Эти клещи, паразитируя на разных животных, перебираются с одного хозяина на другого, в связи с чем служат переносчиками возбудителей многих болезней человека и животных, в частности весенне-летнего таежного энцефалита. Вопросы эпидемиологии этого заболевания, его природная очаговость и методы профилактики изучены советскими учеными во главе с акад. Е. Н. Павловским. Клещи переносят также возбудителей крысиного, возвратного и сыпного тифа. Самка иксодовых клещей длительное время сохраняет возбудителей в своем организме и передает их через яйца своему многочисленному потомству.

*Чесоточный зудень* — внутрикожный паразит, возбудитель чесотки. Существуют виды зудней, паразитирующих на свиньях, собаках, лошадях, овцах. Они представляют опасность и для человека. Заражение наступает при соприкосновении с больными животными. Чесоточный клещ разрушает роговой слой эпидермиса в нежных частях тела — между пальцами рук и ног, в области живота. При этом самка проделывает ходы в коже и после спаривания откладывает здесь 12—15 яиц. Развившаяся личинка линяет, превращается в нимфу, которая выходит в более поверхностные слои (под эпидермис) и после линьки превращается во взрослую форму. Ли-

чинки питаются клетками кожи, раздражая при этом многочисленные кожные рецепторы и вызывая зуд. При расчесывании вскрываются ходы, и клещи на всех стадиях своего развития рассеиваются, увеличивая опасность заражения, которое наступает при рукопожатии пораженного зуднем человека со здоровым, через предметы домашнего обихода.

**Класс Насекомые.** Этот класс самый разнообразный и широко распространенный среди представителей животного мира. Они составляют более половины всех обитающих на Земле видов животных. Среда их обитания — суша, воздух, вода, почва. К ним относятся бабочки, жуки, тараканы, стрекозы, пчелы, комары и т. д.

Тело насекомых подразделяется на голову, грудь и брюшко. Голова образована пятью слившимися сегментами, имеет пару крупных фасеточных глаз. Конечно-сти головы видоизменились в усики-антенны, другие — в части ротового аппарата: верхние челюсти, нижние челюсти, нижнюю губу. В зависимости от характера питания ротовой аппарат может быть различного типа: *грызущий* (тараканы, жуки), *сосущий* или *колющесосущий* (вши, клопы, комары, блохи), *лижущий* (муха комнатная) и др. Грудной отдел состоит из трех сегментов, каждый из которых несет по одной паре ходильных ножек, отсюда другое название насекомых — шестиногие. В связи с выполняемыми функциями у некоторых насекомых последнюю пару конечностей называют прыгательными, у других — хватательными либо плавательными.

Насекомые — прекрасные летуны. Крыльев обычно две пары — на втором и третьем грудных сегментах. Но у двукрылых (мухи, комары и др.) развита лишь первая пара крыльев, а вторая превращена в жужжальца — органы равновесия. Встречаются и бескрылые насекомые (вши, блохи, клопы). Брюшко состоит из 6—12 сегментов и конечностей не несет. Тело насекомого покрыто хитином. К нему прикрепляется мощная поперечно-полосатая мускулатура, обеспечивающая быстрые движения насекомого.

Пищеварительная система состоит из трех отделов (рис. 56). Передний отдел включает рот, куда открываются протоки слюнных желез. Слюна насекомых в зависимости от характера пищи содержит различные ферменты: одни действуют на углеводы, другие — на белки, третьи препятствуют свертыванию крови (у кровососущих). Ротовая полость переходит в пищевод, который

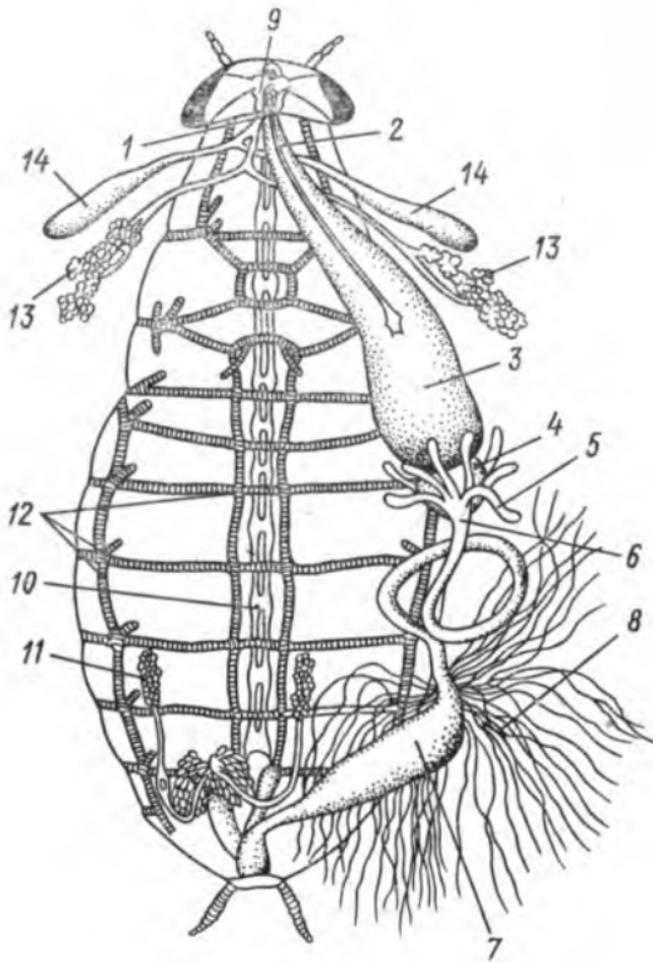


Рис. 56. Внутреннее строение самца черного таракана:

1 — глотка, 2 — пищевод, 3 — зоб, 4 — желудок, 5 — слепые отростки, 6 — средняя кишка, 7 — задняя кишка, 8 — мальпигиевы сосуды, 9 — надглоточный ганглий, 10 — брюшная нервная цепочка, 11 — семенник, 12 — трахеи, 13 — слюнная железа, 14 — резервуар слюнной железы

у насекомых, питающихся жидкой пищей, образует зоб. Переваривание пищи происходит в средней кишке, расширенная часть которой образует желудок с многочисленными выростами, которые увеличивают секреторную и всасывательную поверхность кишечника.

Органами дыхания у насекомых служат трахеи, проникающие во все органы и ткани. Трахейное дыхание сыграло большую роль в освоении насекомыми воздушной среды. Кровеносная система развита слабо. Кровь бес-

цветна и называется *гемолимфой*, часто ядовита (тлевая коровка). Основная роль кровеносной системы — транспортировка питательных веществ и вынос продуктов обмена. Органы выделения у насекомых — *мальпигиевы сосуды*. Омываясь гемолимфой, они одним слепо замкнутым концом всасывают из полости тела конечные продукты обмена, а другим — выводят их через заднюю кишку наружу. Функцию выделения выполняет также *жировое тело*.

Нервная система насекомых достигает высокого развития, хотя общий план ее строения сходен с нервной системой членистоногих. Наиболее усложнился надглоточный нервный узел, который получил название «головного мозга». В нем три отдела: передний, самый крупный, связанный с органами зрения и играющий большую роль в регуляции жизнедеятельности и поведения насекомого; средний, иннервирующий антенны (усики), и задний, связанный с другими органами чувств.

В переднем отделе «головного мозга» находятся *грибовидные тела* — высший отдел головного мозга насекомых. Они представляют собой центр условнорефлекторной и инстинктивной деятельности. Особенно развиты эти тела у общественных насекомых: пчел, муравьев, термитов. Важным органом чувств, а часто и основным, является орган зрения. Многие насекомые имеют даже органы слуха. Доказано, что звуки воспринимают сверчки, кузнечики, совки, цикады. С помощью органов обоняния — усиков насекомые воспринимают запахи. У ночных насекомых-опылителей обоняние — важнейший орган чувств.

Насекомые раздельнополы. У многих выражен половой диморфизм. Размножаются половым путем, некоторые — партеногенетически (т. е. самка откладывает неоплодотворенные яйца), например пчелы, тли. Развитие прямое (чешуйницы), или с неполным превращением, с выпадением фазы куколки (тараканы, саранча, вши). В случае полного превращения из яиц в процессе развития выходит червеобразная личинка. После ряда линек она превращается в неподвижную куколку, из которой выходит половозрелая особь (комары, бабочки, жуки, блохи, мухи и др.).

Насекомые имеют большое значение в природе, в сельском хозяйстве и для здоровья человека. Влияние насекомых на природу в целом громадно. Питаясь нектаром и пыльцой цветковых растений, насекомые осу-

ществляют опыление. Они выступают в роли почвообразователей и санитаров: в процессе жизнедеятельности они разлагают листья, древесину, трупы животных и растений. Насекомые служат естественным кормом птицам, а их личинки и куколки, живущие в воде, — пища для рыб. Некоторые виды (пчелы, тутовый шелкопряд) одомашнены человеком для получения меда, воска, натурального волокна.

*Медоносная пчела* — одомашненное насекомое. Отличается сложным поведением, рефлексам, инстинктами. Пчелы живут «семьями» (40—70 тыс.), среди них выделяются матка, самцы — трутни, рабочие пчелы (недоразвитые в половом отношении самки). Рабочие пчелы собирают цветочный нектар, пыльцу, которую накапливают на голени задних ножек. Недоразвитый яйцеклад у них превращен в жало — орган защиты. На брюшке рабочей пчелы имеются воскоотделительные железы, из воска строятся соты, затем некоторые ячейки заполняются пыльцой и медом, в результате образуется перга, которой кормят личинок. В других, незаполненных ячейках, будут развиваться рабочие пчелы. Трутневые ячейки широкие, в них матка откладывает неоплодотворенные яйца, в другие широкие ячейки — маточники — матка откладывает оплодотворенные яйца. Личинки, развивающиеся из оплодотворенных яиц, выкармливаются рабочими пчелами, которые доставляют им питательный корм — молочко, вырабатываемое верхнечелюстными железами. Другие личинки, из которых развиваются рабочие пчелы, получают «молочко» только в первые дни, затем они вскармливаются смесью пыльцы и меда (пергой). Рабочие пчелы взмахами крыльев вентилируют улей, регулируют температуру и влажность в нем, несут охрану.

Пчеловодство — важная отрасль народного хозяйства, так как пчелы опыляют многие возделываемые растения — крестоцветные, гречиху, плодово-ягодные. Мед — ценный продукт питания, он содержит около 60 веществ (сахароза, фруктоза, глюкоза, декстрины, органические кислоты, протеины, ферменты, витамины, железо, калий и др.). Этот продукт благоприятно действует на функции желудочно-кишечного тракта, на обмен веществ, сердечно-сосудистую систему, способствует заживлению ран.

Пчелиный яд — апитоксин — обладает раздражающим действием. Апитерапия проводится для уменьшения болей в суставах, мышцах (при их воспалении), при неврал-

гиях, бронхиальной астме, при гипертонической болезни и т. д. Маточное молочко используют в медицине и парфюмерии. Прополис (пчелиный клей) обладает обезболивающим и противовоспалительным действием. Его употребляют при воспалении легких, туберкулезе, ангине и других заболеваниях, спиртовой экстракт — в лечении язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки.

*Тутовый шелкопряд.* Бабочка тутового шелкопряда одомашнена человеком около 3000 лет назад и в диком состоянии не встречается. Самки шелкопряда утратили способность летать. Разводят шелкопряд на специальных фабриках. Самки после оплодотворения откладывают яйца и вскоре погибают. При температуре 27° из яиц выходят личинки-гусеницы, питающиеся листьями шелковицы (тутовника). Шелкоотделительные железы личинок выделяют нить шелка до 1000 м длиной, из которой образуется кокон. Для получения шелка коконы обрабатывают горячим паром до выхода из них куколок, затем высушивают и разматывают нить. Из части коконов, не обработанных паром, развиваются бабочки.

Некоторые насекомые имеют техническое значение: в медицине используют лекарственное вещество испанских мушек (кантаридин); из мексиканской кошенили получают ценный краситель кармин, некоторые червецы дают лак и воск.

Велика и отрицательная роль насекомых. Многие из них — вредители зерновых и овощных культур, садов и лесов. Вредят насекомые чаще на стадии личинки. Некоторые опасны для человека и животных. Одни виды паразитируют на теле, другие, будучи временными паразитами, переносят возбудителей различных заболеваний. Биология паразитических насекомых связана в основном с теплокровными животными и человеком. Вредное значение насекомых хорошо выразил выдающийся советский ученый Е. Н. Павловский: «Хоботки вшей и блох убили больше людей, чем их погибло в сражениях, имевших когда-либо место». Класс насекомых включает много различных отрядов, из них будут рассмотрены наиболее важные.

**Отряд Прямокрылые** (кузнечики, сверчки, саранча, медведки). У представителей отряда третья пара прыгательных ножек значительно длиннее передних и средних. Ротовой аппарат грызущий, развитие с неполным превращением. Большой ущерб народному хозяйству приносит саранча, ведущая стадный образ жизни.

ни. Вредят посевам как взрослые особи, так и личинки. На Кавказе большой урон фруктовым садам и виноградникам наносит зеленый кузнечик, объедающий листья растений. Корневую систему огородных культур повреждают медведки.

**Отряд Равнокрылые** (тли, червецы, цикады). Виды отряда имеют две пары одинаковых крыльев, колющий ротовой аппарат, питаются соками растений. Огородам, садам и виноградникам вредят кровяная тля, виноградная филлоксера, гороховая и капустная тли; из червецов — калифорнийская щитовка.

**Отряд Полужесткокрылые** (клопы). Представители отряда имеют колюще-сосущий ротовой аппарат, первая пара крыльев наполовину жесткая, к свободным концам перепончатая. Питаются соками растений, а некоторые паразитируют на теле человека и животных. Клоп-черепашка вредит зерновым культурам. Постельный клоп питается кровью человека. Его слюна содержит ядовитое вещество, вызывающее раздражение кожи и зуд. В Западном полушарии распространены триатомовые клопы — переносчики возбудителя американского трипаносомоза.

**Отряд Жесткокрылые** (жуки). Это самый разнообразный отряд насекомых. Для всех жуков характерны жесткие, очень прочные надкрылья, представляющие видоизмененную первую пару крыльев; вторая пара крыльев — перепончатая, нежная, складывающаяся под передние крылья и распускающаяся при полете. Ротовые органы жуков грызущего типа. Некоторые виды откладывают яйца в почву или древесину. Сельскохозяйственным культурам вредят щелкуны, подьедающие корневую систему, колорадский жук — вредитель пасленовых, долгоносики, питающиеся зернами. К лесным вредителям относятся майский жук, короеды, усачи и др. Среди жуков есть и хищные виды, приносящие пользу: тлевые коровки, жужелицы, нарывники. Тлевая коровка уничтожает тлей, жужелицы питаются гусеницами многих вредных бабочек, нарывники уничтожают яйца саранчовых.

**Отряд Чешуекрылые** (бабочки). Для представителей этого отряда характерны чешуйчатый покров крыльев и сосущий ротовой аппарат, в образовании которого участвуют только лопасти нижних челюстей. Вредят бабочки преимущественно на стадии очень прожорливых гусениц, имеющих грызущий ротовой аппарат. Во

взрослом состоянии бабочки опыляют цветковые растения. Вред сельскому хозяйству приносят личинки капустной белянки, репницы, боярышницы, плодожорки, белой американской бабочки, озимой совки и др. Гусеница капустной белянки объедает капустные листья. Гусеницы боярышницы, плодожорки, белой американской бабочки питаются листьями и плодами яблонь, груш, слив и др.; гусеницы озимой совки — всходами хлебных злаков.

**Отряд Двукрылые.** Взрослые насекомые этого отряда имеют одну пару крыльев. Ротовой аппарат сосущий или колюще-сосущий. Развитие их происходит с полным метаморфозом. Самки откладывают яйца на поверхности водоема (комары), на тело животных (оводы), в различные полужидкие отбросы (мухи). Самки малярийного комара, нуждаясь в питании кровью для полового созревания и формирования яиц, при укусе передают человеку возбудителя малярии. Мухи — механические переносчики возбудителей многих инфекционных заболеваний и яиц гельминтов (возбудителей холеры, дизентерии, туберкулеза, цист дизентерийной амёбы, яиц аскарид, остриц и т. д.). Москиты переносят возбудителей лейшманиозов. Всех мелких кровососущих насекомых объединяют под названием *гнус*. Своими укусами гнус изнуряет животных, снижает работоспособность людей. Слепни — переносчики возбудителя сибирской язвы.

**Отряд Вши** включает паразитических бескрылых насекомых с колюще-сосущим ротовым аппаратом. На теле человека паразитируют платяная, головная и лобковая вши. Первые две — специфические переносчики возбудителей сыпного и возвратного тифа. В связи с тем что возбудитель сыпного тифа локализуется в пищеварительном тракте, а возбудитель возвратного тифа — в полости тела вши, заражение человека происходит при раздавливании вши с последующим втиранием гемолимфы в кожу при расчесах или втирании испражнений зараженной вши.

**Отряд Блохи.** Блохи — кровососущие насекомые, паразитирующие на человеке, млекопитающих и птицах. Места их обитания — норы грызунов. Червеобразные личинки блох питаются испражнениями этих животных. Меняя хозяев, блохи поддерживают в природе очаги заболеваний: чуму, туляремию, крысиный тиф. Возбудителей этих заболеваний они могут передавать и человеку.

**Отряд Перепончатокрылые** включает пчел,

муравьев, ос, наездников и др. Многие из них полезны человеку. Пчелы и муравьи — общественные насекомые. По развитию нервной системы они стоят гораздо выше других насекомых, проявляя сложную инстинктивную деятельность во время добывания пищи, при уходе за потомством и т. д. Ротовой аппарат грызуще-лижущего типа. Пчелиный яд служит сырьем для получения ценных лекарственных препаратов.

Полезны муравьи, питающиеся вредными насекомыми: личинками жуков, гусеницами бабочек и т. д. К полезным формам относятся и наездники. Их самки при помощи длинного яйцеклада откладывают яйца в тело других насекомых или в их яйца. Каждый вид наездников паразитирует на определенных видах насекомых. Распространены наездник теленомус, трихограмма, яйцееды. В связи с тем, что наездники уничтожают много тлей, гусениц капустной белянки, некоторых жуков, их используют для биологической борьбы с вредными насекомыми.

## ТИП МОЛЛЮСКИ

**Моллюски, или мягкотелые,** — вторичнополостные, двусторонне-симметричные животные, обитающие в морях, океанах, пресных водоемах и на суше. Появились в кембрийском периоде. Их нежное несегментированное тело состоит из головы, туловища и ноги и у большинства видов заключено в известковую раковину различной формы. С внутренней стороны раковины все тело охватывает кожная складка — мантия, за счет деятельности которой формируется раковина. Пространство между телом моллюска и мантией называется мантийной полостью. В ней находятся органы дыхания, в нее открываются наружные отверстия органов выделения, половые протоки и кишечник.

Раковина моллюсков состоит из трех слоев: наружного — органического рогового слоя, среднего — известкового, или фарфорового, и внутреннего, выстилающего раковину, перламутрового. Органом передвижения служит нога, но движение очень медленное. На голове расположены органы осязания в виде щупалец. Ротовое отверстие ведет в глотку, которая открывается в пищевод и дальше в желудок, переходящий в среднюю кишку, куда впадают протоки печени, участвующей в переваривании пищи и ее всасывании.

Нервная система состоит из *нервных узлов*, расположенных в жизненно важных органах (голова, нога, жабры), узлы соединены между собой нервными тяжами. Кровеносная система у моллюсков *незамкнутая*. Центральный орган — сердце, у большинства видов состоящее из одного желудочка и одного-двух предсердий (реже бывают три-четыре предсердия). Вторичная полость тела редуцирована, ее остатки сохраняются в виде окологердечной сумки и полости, окружающей половую железу. У одних видов органами дыхания служат жабры, у других — легкие (обособленные участки мантии, пронизанные кровеносными сосудами). Орган выделения — *почка*; один конец ее обращен в окологердечную сумку, другой открывается в мантийную полость, куда выводятся продукты выделения.

Среди моллюсков есть *раздельнополые* и *гермафродиты* (у последних оплодотворение *перекрестное*). Развитие прямое или с образованием личинки, которая похожа на личинку кольчатых червей. В развитии моллюсков, как и в строении взрослых форм, много общего с кольчатыми червями (вторичная полость тела, органы выделения), что свидетельствует о единстве их происхождения. Моллюски очень рано обособились от древних кольцецов и являются тупиковой ветвью в эволюции беспозвоночных животных.

Многие моллюски имеют промысловое значение. В ряде стран устриц выращивают в специальных прибрежных парках, другие формы моллюсков промышленляют для получения перламутра и жемчуга. Измельченные раковины моллюсков используют для подкормки птиц. Велика роль моллюсков как руководящих ископаемых: нахождение их раковин в том или ином слое Земли свидетельствует о геологическом прошлом данного слоя (были ли это суша, море или пресный водоем). Некоторые моллюски — промежуточные хозяева червей, паразитирующих у человека. Морские древоточцы разрушают подводные древесные сооружения. Вредят огородным и полевым культурам слизи. Тип Моллюски включает в себя семь классов. Наиболее распространены классы *Двустворчатые* и *Брюхоногие*.

**Класс Двустворчатые, или Пластинчатожаберные.** Все признаки класса хорошо выражены у его представителя *беззубки* (рис. 57). Она обитает в пресных водах, другие же представители встречаются в морях, океанах. У *двустворчатых* голова редуцирована, тело их, состоящее из

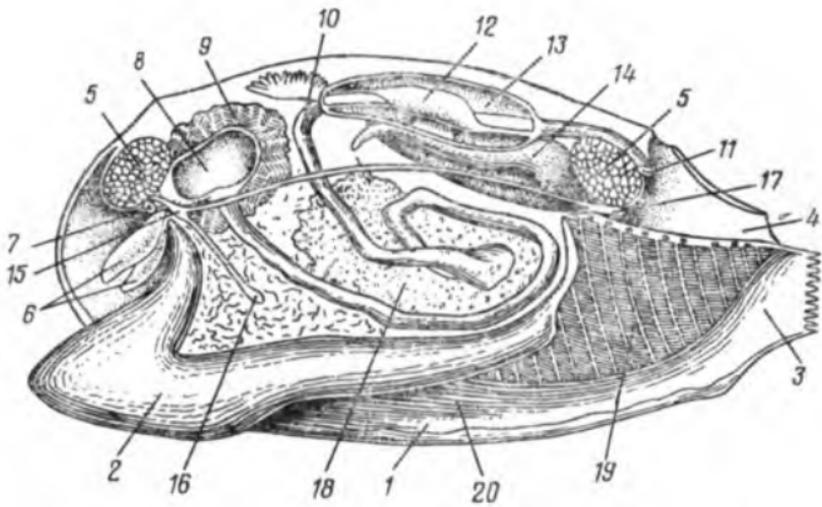


Рис. 57. Внутреннее строение беззубки:

1 — мантия, 2 — нога, 3 — жаберный сифон, 4 — клоакальный сифон, 5 — замыкательные мышцы, 6 — ротовые щупальца, 7 — ротовое отверстие, 8 — желудок, 9 — печень, 10 — кишечник, 11 — анальное отверстие, 12 — сердце, 13 — околосердечная сумка, 14 — почка, 15, 16 — нервные узлы, 17 — туловищный ганглий, 18 — половая железа, 19 — жабры, 20 — мантийная полость

туловища и ноги, заключено в двустворчатую раковину. У одних видов раковина скрепляется на спинной стороне эластичной связкой (беззубка), у других (перловица) на спинной стороне имеется еще и замок в виде зубцов. Створки раковины плотно сжаты парой замыкательных мускулов. Мантийная полость сообщается с внешней средой с помощью сифонов — двух отверстий, образованных неплотным смыканием раковины и мантии в задней части моллюсков. В нижний, вводной, сифон вода с растворенным в ней кислородом поступает в мантийную полость, омывает жабры, приносит взвешенные частицы пищи, вносит мужские половые клетки; в верхний, выводной, сифон вместе с водой в окружающую среду выводятся продукты распада. Постоянное движение воды поддерживается колебаниями мерцательных ресничек, покрывающих мантию изнутри. Частички пищи пригоняются к ротовому отверстию, окруженному двумя парами лопастей. За ним следует короткий пищевод, затем округлый желудок, от которого начинается средняя кишка, проходящая через околосердечную сумку и открывающаяся анальным отверстием в мантийной полости. Кровеносная система незамкнутая, имеет расширения между органами (лакуны). Сердце, расположенное на спинной стороне, состоит из желудочка и двух предсердий.

Артериальная кровь из сердца идет по телу, изливается на органы, отдает кислород, насыщается диоксидом углерода и возвращается в жабры для газообмена. Орган выделения — почка. С брюшной стороны из-под мантии выступает мускулистая нога, с ее помощью животное углубляется в песок или ил, передвигается (25—30 см в 1 ч). Дыхание у двустворчатых жаберное. Нервная система в связи с малой подвижностью развита довольно слабо и включает три пары нервных узлов. Головные щупальца и глаза отсутствуют. Органы чувств представлены органами равновесия, химического чувства и осязания. По краю мантии или сифонов иногда развиваются глаза.

Беззубки раздельнополы. Половые железы парные, протоки их открываются в мантийную полость, в которой происходит оплодотворение. В дальнейшем зигота развивается в жабрах материнской особи. Личинка беззубки заключена в двустворчатую раковину. Впоследствии она выходит из тела матери с током воды и прикрепляется липкой нитью к плавникам, коже или жабрам рыб. Паразитирует на теле рыб около двух месяцев, после чего отрывается и затем на дне водоема становится самостоятельной. Временный паразитизм личинки способствует широкому расселению вида.

Кроме беззубки, к двустворчатым относятся *перловицы*, *мидии*, *морской гребешок*, *устрицы*, *жемчужницы* и др. Устрицы и мидии используются человеком в пищу, раковины перловиц идут на получение перламутра, из жемчужниц извлекают жемчуг. Вредное значение имеет *корабельный червь*, портящий деревянные днища судов, сваи причалов и т. п.

**Класс Брюхоногие.** К этому классу относятся *виноградная улитка*, *голый слизень*, *прудовики* и др. Брюхоногие — обитатели морских, пресных водоемов и суши. Некоторые наземные брюхоногие вторично заселили воду, сохранив при этом характерный признак класса — легочное дыхание (прудовики). У большинства брюхоногих раковина скручена в спираль (прудовики, виноградная улитка), у других видов она отсутствует (голые слизи) или сильно редуцирована. Для большинства брюхоногих характерно нарушение симметрии некоторых органов: имеется только одна почка, одна жабра, одна половая железа, расположенные на одной стороне тела.

В теле брюхоногих выделяют голову, туловище и ногу. На голове расположены рот, глаза и щупальца; ко-

роткие щупальца служат органами осязания, длинные несут глаза.

Большинство брюхоногих — растительноядные животные. Пищеварительная система начинается ротовым отверстием, ведущим в ротовую полость, куда открываются протоки слюнных желез, а у некоторых хищных моллюсков — протоки желез, выделяющих свободную серную кислоту или органические кислоты. В ротовой полости находится покрытая твердыми зубцами *терка (радула)*, с помощью которой моллюск соскабливает растительную пищу.

Кровеносная система незамкнутая. У многих сердце состоит из одного желудочка и одного предсердия (у некоторых видов два предсердия). Дыхание легочное. Узлы нервной системы соединены между собой тяжами, а некоторые сливаются друг с другом. Выделительная система у большинства видов этого класса представлена одной почкой.

Многие брюхоногие — гермафродиты, оплодотворение перекрестное. Яйца прудовиков после оплодотворения заключаются в слизистый кокон, прикрепляемый к подводным предметам; виноградные улитки и слизни откладывают яйца в землю. Развитие у большинства брюхоногих прямое, у некоторых — с превращением, причем личинка развивается во вторичную личиночную форму, снабженную раковиной, которая затем уже превращается во взрослого моллюска. Наземные формы брюхоногих — *виноградная улитка*, *слизни* — вредители многих сельскохозяйственных культур; *малый прудовик* — промежуточный хозяин печеночного сосальщика, *битиния* — кошачьей двуустки. Многие брюхоногие съедобны и служат объектами промысла (виноградная улитка, морское блюдце, морское ушко).

## ТИП ХОРДОВЫЕ

Хордовые охватывают около 40 000 видов разнообразных животных, средой обитания которых являются моря, океаны, пресные водоемы, почва, суша, воздух. Наряду с низкоорганизованными животными сюда входят позвоночные с признаками высокой организации. Представители типа весьма разнообразны, так как в процессе эволюции у них появились всевозможные приспособления к различным условиям существования. Вместе

с тем тело всех хордовых имеет черты, резко отличающие их от остальных типов животных.

Отличительные признаки типа: 1) наличие внутреннего осевого скелета — *хорды*, которая тянется в виде эластичной струны вдоль тела, причем у некоторых видов хорда сохраняется в течение всей жизни (ланцетник, хрящевые рыбы), у других она существует только в зародышевом состоянии, а при дальнейшем развитии вытесняется позвонками; 2) центральная нервная система расположена на спинной стороне, над хордой, имеет вид *трубки* с внутренней полостью — *невроцелем*, заполненной жидкостью; 3) пищеварительная система в виде трубки располагается под хордой; 4) жаберный аппарат формируется в переднем отделе пищеварительной трубки, пронизывая глотку (у одних форм жаберный аппарат сохраняется всю жизнь и служит органом дыхания, у других — только в зародышевом или личиночном состоянии); 5) кровеносная система *замкнутая*; имеется сердце или заменяющий его пульсирующий сосуд, расположенный под хордой на брюшной стороне; 6) полость тела *вторичная* — *целом*. Это двусторонне-симметричные животные.

Тип Хордовые объединяет три подтипа, стоящих на разных уровнях развития: Оболочники, или Личиночно-хордовые, Бесчерепные и Позвоночные, или Черепные.

#### Подтип Оболочники

Представитель подтипа — *асцидия* — пример морфологического регресса в эволюции животного мира. Взрослое животное ведет прикрепленный образ жизни, а личинка — свободноплавающая форма, имеющая признаки, свойственные всем хордовым. Личинка имеет рыбообразную форму, снабжена хвостом. На спинной стороне залегает хорда, над нею нервная трубка. В процессе метаморфоза асцидии хорда и хвост рассасываются, от нервной трубки остается только нервный узел, тело приобретает мешковидную форму.

А. О. Ковалевский дал четкое описание асцидии, проследил развитие ее от зиготы до взрослого организма и показал упрощение организации животного в процессе индивидуального развития.

#### Подтип Бесчерепные

Все бесчерепные — обитатели теплых морей. В большинстве своем это вымершие организмы. В процессе

эволюции они явились исходными формами в возникновении высших хордовых — позвоночных.

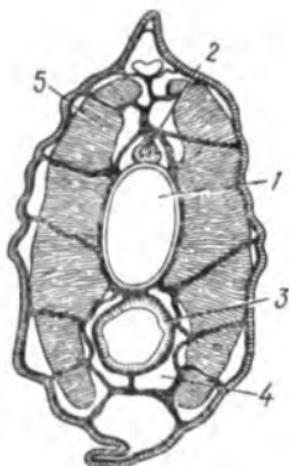
*Ланцетник* как представитель бесчерепных сочетает общий план строения и все характерные признаки хордовых (рис. 58). Тело полупрозрачное, удлинненное (5—8 см), сжатое с боков, покрыто кожей, состоящей из однослойного эпителия и студенистой дермы. По спинной стороне тела тянется складка — спинной плавник, который, переходя на хвостовой отдел, образует хвостовой плавник. На переднем конце расположены обонятельная ямка и ротовая воронка, окруженная 10—20 парами щупалец. У бесчерепных отсутствует череп и челюстной аппарат. Вдоль всего тела тянется опорный осевой скелет — хорда. *Мускулатура* состоит из однообразных сегментов, разделенных прослойками соединительной ткани. Большая ее часть находится на спинной стороне.

Над хордой расположена *нервная трубка* с полостью, в головном отделе имеющая небольшое расширение. В передней части нервная трубка сообщается с обонятельной ямкой, открывающейся на поверхности тела. На внутренней поверхности нервной трубки расположены светочувствительные образования — *глазки Гессе*. От нервной трубки отходят периферические нервы. Ланцетник ведет малоподвижный образ жизни, этим объясняется слабое развитие органов чувств.

*Пищеварительная система* начинается ротовым отверстием. Объемистая глотка слева и справа пронизана жаберными щелями, которые открываются в околожаберную полость. Она сообщается с внешней средой специальным отверстием. Жаберные щели разделены узкими перегородками, в которых проходят кровеносные

Рис. 58. Внутреннее строение ланцетника. Поперечный разрез тела в области кишечника:

1 — хорда, 2 — нервная трубка, 3 — кишечная трубка, 4 — полость тела, 5 — мышцы



сосуды. Вода, поступившая через ротовое отверстие в глотку, омывает жаберные перегородки, отдает растворенный в ней кислород в кровь, а из крови поступает диоксид углерода. Вместе с током воды в глотку поступают также мелкие организмы и взвешенные пищевые частицы, которые осаждаются в желобке, тянущемся по брюшной и спинной сторонам глотки. Желобок выстлан мерцательным эпителием и железистыми клетками. Благодаря движению ресничек эпителия пища проходит в кишечник, переваривается, а непереваренные остатки выводятся через анальное отверстие на брюшной стороне тела.

*Кровеносная система* ланцетника замкнутая, образует один круг кровообращения. Сердца нет, его заменяет пульсирующая брюшная аорта. Кровь бесцветна. От брюшной аорты отходят жаберные артерии, по которым венозная кровь идет к жаберным щелям, где обогащается кислородом. Насыщенная кислородом кровь поступает в спинную аорту, от которой кровь по артериям идет к органам; от них по венам она собирается в брюшную аорту. Органы выделения — *нефридии* — в количестве 150 пар сходны с таковыми кольчатых червей. Ланцетник — раздельнополое животное, оплодотворение наружное и происходит в воде. Повторяемость отдельных структур — сегментов мускулатуры, периферических нервов, отходящих от нервной трубки, метанефридиев, жаберных щелей — характерный признак строения.

Предки бесчерепных не сохранились, но исследования А. О. Ковалевского и А. Н. Северцова показали, что их предками были первичные бесчерепные, давшие начало двум ветвям: представители одной продолжали развиваться как свободноплавающие существа и от них произошли позвоночные, а представители другой перешли к донному образу жизни и явились предками современных бесчерепных.

### Подтип Позвоночные, или Черепные

Это самая прогрессивная ветвь типа хордовых. В отличие от низших хордовых с их пассивным питанием и дыханием позвоночные, имея высокую организацию и большую подвижность, активно разыскивают особей другого пола, добывают пищу и захватывают ее.

Позвоночные составляют свыше 90% видов всех хордовых животных. Сюда входят круглоротые, рыбы, зем-

новодные, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие. Обитание в различных средах приводит к возникновению у них всевозможных приспособлений, обеспечивающих возможность жизни в разнообразных условиях среды. Несмотря на большие различия (во внешних и внутренних признаках), все позвоночные имеют единый план строения. Тело позвоночных разделено на голову, туловище и конечности. Кожа состоит из двух слоев: многослойного эпителия и собственно кожи — дермы. Разнообразны производные эпителия кожи: роговая чешуя, перья, волосы, когти, копыта, кожные железы. Дерма образует костную чешую рыб.

Хорда у позвоночных замещена позвонками. Выделяют три типа скелета: у одних развит соединительно-тканно-хрящевой (круглоротые), у других — хрящевой (хрящевые рыбы) и у подавляющего большинства видов — костный. Скелет позвоночных подразделяется на скелет головы (череп), скелет туловища и скелет конечностей. Опорой скелета служит позвоночник, который сегментирован и состоит из хрящевых, а у большинства — из костных позвонков. Верхние дуги позвонков формируют спинно-мозговой канал. Мускулатура позвоночных поперечно-полосатая. У низших (круглоротые, рыбы) она сохраняет сегментарное строение. У высших мускулатура представлена специализированными мышцами, хорошо развитыми на конечностях, туловище. Пищеварительная система дифференцирована на шесть отделов: рот, глотку, пищевод, желудок, тонкий и толстый отделы кишечника. Для позвоночных характерны челюсти (их нет только у круглоротых), снабженные зубами.

Органы дыхания связаны с передним отделом пищеварительной трубки — глоткой. Водные формы дышат жабрами, у наземных органами дыхания служат легкие, которые развиваются за счет выпячивания стенки глотки и имеют вид двух ячеистых мешков. Кровеносная система состоит из сердца и большой сети кровеносных сосудов, образующих один или два круга кровообращения.

Органы выделения — парные почки. В связи с повышением организации позвоночных эволюция почки шла по пути прогрессивного усложнения структуры и увеличения количества канальцев, образования сосудистых сплетений (клубочков), что в целом сопровождалось усилением фильтрационной функции почек. У позвоночных развиты железы внутренней секреции: надпочечники, щитовидная железа, гипофиз и др. Нервная система

представлена головным, спинным мозгом и периферическими нервами. Головной мозг состоит из пяти отделов. От спинного и головного мозга отходят парные нервы, их число зависит от степени организации животного.

Позвоночные за редким исключением раздельнополые животные. У низших позвоночных, ведущих водный или полуводный образ жизни, оплодотворение внешнее и происходит в воде, у высших — внутреннее. Зрелое яйцо у низших покрыто тонкой яйцевой оболочкой, у высших имеется система яйцевых оболочек, предохраняющих яйцо от механических воздействий и высыхания: белковая, волокнистая, а у многих пресмыкающихся и у всех птиц — скорлуповая и надскорлуповая. У млекопитающих развитие зародыша идет внутриутробно в особом органе — матке.

На основании сложности строения, особенностей эмбрионального развития и условий существования позвоночные делятся на *низшие* и *высшие*. К низшим относятся первичноводные животные — круглоротые, рыбы и земноводные, оплодотворение у них внешнее, развитие зародыша идет в воде. Зародыш лишен зародышевых оболочек и имеет только яйцевые оболочки. В группу высших позвоночных объединяют первичноназемных животных — пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. Те высшие позвоночные, которые обитают в водной среде, — морские змеи, киты, вернулись в нее вторично. Оплодотворение у них внутреннее, зародыш развивается в яйце или внутриутробно и окружен зародышевыми оболочками. Внутренняя — *амнион* — включает амниотическую жидкость, в которую погружен зародыш. По названию этой оболочки высших позвоночных именуют *амниотами*. Серозная оболочка покрывает зародыш сверху. Развита также орган выделения и дыхания зародыша — *аллантоис*.

Подтип Позвоночные включает семь классов: Круглоротые, Хрящевые рыбы, Костные рыбы, Земноводные, Пресмыкающиеся, Птицы, Млекопитающие.

### КЛАСС КРУГЛОРОТЫЕ

Представители класса — *миноги* и *миксины* — обитают в воде и являются примитивными бесчелюстными позвоночными. Тело их имеет голову, туловище и хвост. На передней части головы находится присасывательная воронка. Осевой скелет в течение всей жизни представлен

хордой, на спинной поверхности ее появляются зачатки позвонков (верхние дуги). Нервная трубка, расширяясь в передней части, образует пять отделов головного мозга, который лежит в хрящевой капсуле. Дышат круглоротые с помощью жаберного аппарата. Кровеносная система замкнутая, сердце двухкамерное. Оплодотворение и развитие происходят в воде. Промысловое значение имеют миноги; миксины — полупаразиты.

#### КЛАССЫ ХРЯЩЕВЫЕ И КОСТНЫЕ РЫБЫ

Рыбы — водные позвоночные, отличные пловцы благодаря парным (грудные и брюшные) и непарным (спинной, хвостовой и анальный) плавникам. Рот снабжен челюстями, что облегчает захват и удержание пищи. Тело обтекаемое, веретеновидное, хорошо приспособленное для быстрого передвижения в воде. Этому же способствует слизь, выделяемая кожей. Придонные формы уплощены (камбала). В теле (рис. 59) различают головной, туловищный и хвостовой отделы. Кожа рыб образована многослойным эпителием и дермой. Производным дермы является костная чешуя, которая покрывает тело рыбы, кроме головы. Мускулатура туловища и хвоста сохраняет правильную сегментацию, характерную для низших позвоночных, но их дифференциация обеспечивает движение плавников, челюстей и жаберных крышек.

Скелет у подавляющего большинства рыб костный, у более древних рыб — хрящевой (акулы, скаты) или костно-хрящевой (осетровые). Различают скелет головы — череп, скелет туловища и скелет парных конечностей. Позвоночник состоит из хрящевых или костных позвонков, между ними сохраняются остатки хорды. Тела костных позвонков двояковогнутые, имеют верхние и нижние дуги. Верхние образуют позвоночный канал, заключающий спинной мозг, заканчиваются остистыми отростками. К нижним дугам туловищных позвонков прикрепляются ребра, свободно заканчивающиеся в мускулатуре. Череп хрящевой или костный. Он состоит из мозгового отдела и отдела, включающего челюсти, жаберные дуги и жаберные крышки.

Ротовое отверстие ведет в обширную ротовую полость. У некоторых видов рыб она снабжена мелкими зубами, располагающимися на челюстях, нёбных костях. Они служат для захвата и удержания пищи. Глотка, пронизанная жаберными щелями, переходит в короткий пи-

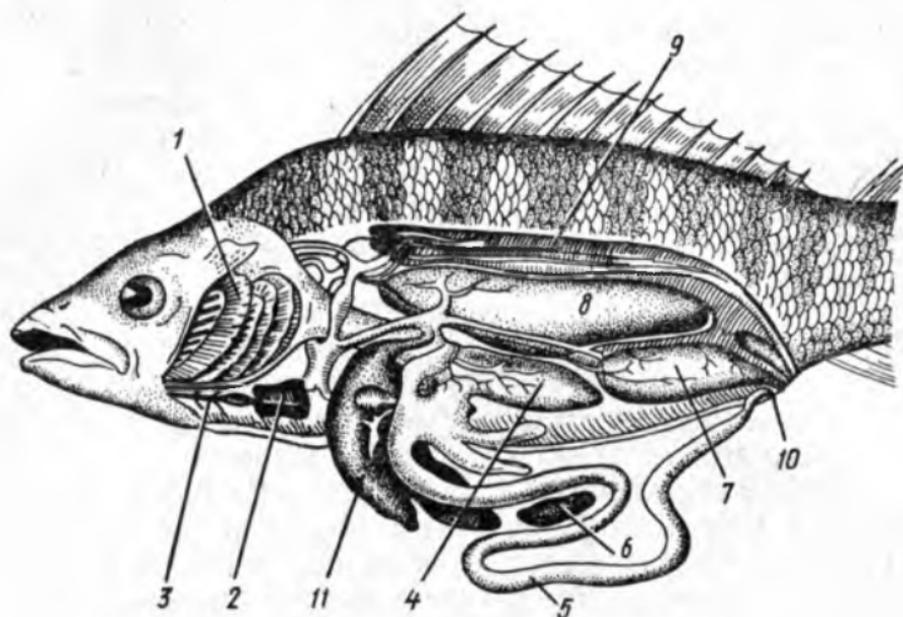


Рис. 59. Внутреннее строение рыбы (окуня):

1 — жабры, 2 — сердце, 3 — брюшная аорта, 4 — желудок, 5 — кишка, 6 — селезенка, 7 — половая железа, 8 — плавательный пузырь, 9 — почки, 10 — анальное отверстие, 11 — печень

щевод, последний — в сильно растяжимый желудок, от которого начинается кишечник. У рыб развита печень, желчный пузырь, в петле кишечника располагается поджелудочная железа в виде долек. Все они играют важную роль в пищеварении. У костистых рыб есть плавательный пузырь, его стенки насыщены кровеносными сосудами, а полость заполнена газами. При поступлении газов внутрь плавательного пузыря рыба всплывает вследствие изменения плотности тела.

Дышат рыбы жабрами. У костистых рыб четыре полных жабры, они расположены на жаберных дугах и прикрыты жаберными крышками. Кровеносная система замкнутого типа, кровь красная. В полости тела на передней брюшной стороне располагается *двухкамерное сердце* (предсердие и желудочек). У рыб *один круг кровообращения*. Венозная кровь из желудочка сердца поступает в брюшную аорту и далее по жаберным артериям в жабры. В жаберных лепестках кровь насыщается кислородом и становится артериальной. Затем выносящие жаберные артерии впадают в спинную аорту, несущую кровь к голове, мускулатуре и всем внутренним органам. Венозная кровь от головы и туловища по венам напра-

вляется к сердцу и общим протоком поступает в венозный синус предсердия.

Центральная нервная система состоит из спинного и головного мозга. Головной мозг представлен пятью отделами: *передним, промежуточным, средним, продолговатым и мозжечком*. Передний мозг мал по размерам, от него отходят обонятельные доли (рис. 60). В среднем мозге развиты зрительные доли, с которыми связана функция органов зрения. Хорошо развит мозжечок, участвующий в координации движений рыб. От головного мозга отходит десять пар черепно-мозговых нервов. Глаза у рыб имеют шаровидный хрусталик и плоскую роговицу. Веки отсутствуют. Орган слуха представлен внутренним ухом, которое находится в специальной слуховой впадине. Звуковые волны проходят через тонкие кости черепа. Органы обоняния имеют вид небольших парных мешочков, которые сообщаются с внешней средой ноздрями. Любые колебания воды рыба улавливает с помощью органов боковой линии. Они располагаются в канале, погруженном в кожу, который сообщается с внешней средой посредством пор, прободающих чешую. К стенкам канала боковой линии подходят разветвления блуждающего нерва.

Органы выделения у рыб — *почки* — красные ленто-видные тела, лежащие по бокам позвоночника почти вдоль всей полости тела. От каждой почки отходят мочеточники, сзади они сливаются в общий проток и впадают в мочевой пузырь, который самостоятельным отверстием открывается во внешнюю среду. Рыбы преимущественно раздельнополы, но встречаются и гермафродиты (морской окунь). Подобно низшим позвоночным, самка выметывает икру непосредственно в воду, самец поливает ее семенем (молоками). Икра рыб богата желт-

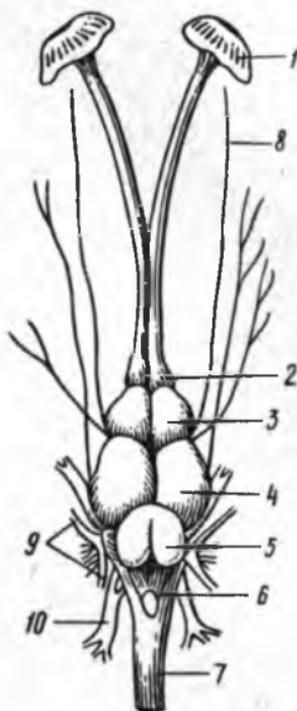


Рис. 60. Головной мозг рыбы (окуня): 1 — обонятельные капсулы, 2 — обонятельные доли, 3 — передний мозг, 4 — средний мозг, 5 — мозжечок, 6 — продолговатый мозг, 7 — спинной мозг, 8 — 10 — головные нервы

ком, так как последующее развитие осуществляется во внешней среде.

Всех рыб делят на два класса: хрящевые и костные. Первый класс включает два подкласса: Пластиножаберные (Акуловые, Скаты) и Химеровые. Ко второму классу относятся четыре подкласса: Костнохрящевые, Лучеперые, Двоякодышащие и Кистеперые.

**Подкласс Пластиножаберные.** Это древние животные, обитающие в морях и океанах. Ротовое отверстие располагается на нижней стороне головы в виде щели. Жаберных крышек нет и жаберные щели открываются наружу. Скелет полностью хрящевой, хорда сохраняется в течение всей жизни. Плавательного пузыря нет. Кишечник открывается в клоаку. *Акулы* и *скаты* — хищники. **Химеровые** — немногочисленные глубоководные узкоспециализированные рыбы.

**Подкласс Костнохрящевые, или Осетровые, рыбы.** Это также древняя группа позвоночных, занимающая промежуточное положение между хрящевыми и костными рыбами. Чешуя у них двух видов: вдоль тела в пять рядов тянутся крупные костные бляшки, а между ними располагаются мелкие костные пластинки. Скелет преимущественно хрящевой, костные образования едва выражены (бляшки и жаберные крышки, наружные кости, прикрывающие хрящевой череп). Тела позвонков не развиты, есть только верхние дуги. Имеется плавательный пузырь. Оплодотворение внешнее, икра мелкая. К осетровым относят *осетр*, *белугу*, *севрюгу*, *стерлядь*. Они обладают хорошими вкусовыми качествами, высоко ценится их икра. Имеют большое промысловое значение.

**Подкласс Двоякодышащие.** В современной фауне сохранились: *неоцератод*, достигающий в длину 170 см и обитающий в Австралии в пресных водоемах; *летидосирен*, живущий в реках Южной Америки, и *африканский чешуйчатник*, распространенный в реках тропической Африки. Двоякодышащие имеют ряд приспособлений для жизни в водоемах, бедных кислородом. Для них характерно сочетание жабр и «легких», имеющих вид пузырей. От «легких» отходят сосуды, которые несут кровь в сердце. В течение всей жизни у двоякодышащих сохраняется хорда. Изучение двоякодышащих рыб имеет большое значение для понимания эволюции и происхождения наземных позвоночных.

**Подкласс Кистеперые.** Судя по ископаемым остаткам и строению пойманной в 1938 г. латимерии, кистеперые

могли дышать не только с помощью жабр, но имели и легкие. Большой интерес представляют парные плавники этой рыбы. В основании их располагается широкая мясистая лопасть с костным скелетом. В строении лопасти кистеперых рыб и конечностей более высокоорганизованных позвоночных проявляется большое сходство. Тело рыб покрыто костной чешуей. Кистеперые — предки древнейших земноводных — *стегоцефалов*.

**Подкласс Лучеперые, или Костистые, рыбы** — самая высокоорганизованная и наиболее многочисленная группа рыб. Костистые рыбы широко распространены в морях, океанах, пресных водоемах, реках, озерах, прудах и включают около 20 тыс. видов. К ним относятся *сельдеобразные, карпообразные, угри, щукообразные, окунеобразные, тресковые, камбаловые, лососевые* и др. Эти виды рыб имеют промысловое значение и занимают видное место в экономике нашей страны.

**Промысел рыб. Искусственное разведение рыб.** Моря и пресные водоемы нашей страны богаты разнообразными видами промысловых рыб, которые служат важным источником пищевого белка и других ценных продуктов. В промысле рыб первое место занимают тресковые и сельдевые, карповые (лещ, сазан, усач, толстолобик и др.); лососевые (лосось, кета, горбуша); осетровые рыбы в настоящее время охраняются и имеют пока небольшой удельный вес в промысле.

Для сохранения запасов промысловых рыб, расширения сырьевой базы и реконструкции фауны промысловых рыб проводится большая научная работа по акклиматизации некоторых пород (кета и горбуша на Кольском п-ве, кефаль в Волго-Каспийском районе, белый амур на Волге, Кубани, форель в Иссык-Куле и т. д.).

Продуктивность водоемов повышают и путем улучшения кормовых угодий, применяя высокопитательные комбикорма, жмых, витаминную муку и пр. Большое значение придается организации мест нереста, селекционно-племенной работе: искусственному осеменению, физиологическому воздействию на созревание половых желез, а также гибридизации (карповые, осетровые).

При прудовом рыборазведении, широко практикуемом в колхозах и совхозах страны, используют комплекс прудов с определенным назначением: *нерестовые пруды* — неглубокие, со свежей зеленью водоемы, где самки рыб откладывают икру; *выростные пруды* — более глубокие, в которые переселяют вышедшую из икры мо-

лодь; *зимовальники*, предназначенные для зимнего содержания рыбы, — глубокие водоемы с прозрачной водой; *нагульные пруды* служат для производства товарной рыбы, здесь обитают перезимовавшие особи при дополнительном вскармливании.

Основными объектами подобного комплексного промышленного разведения рыб служат многие карповые. Существуют однолетние нагульные хозяйства, где разводят белого амура, толстолобика, сазана и др.

#### КЛАСС ЗЕМНОВОДНЫЕ, ИЛИ АМФИБИИ

Это сравнительно малочисленная и просто устроенная группа низших позвоночных, которые первыми из позвоночных закрепились на суше. В их строении и развитии сохраняются многие черты предков — кистеперых рыб, но в связи с частичным выходом на сушу они приобрели ряд новых признаков. Общее число видов около 2000, распространение на земном шаре крайне ограничено. У большинства амфибий *тело состоит из головы, туловища и конечностей.*

Кожа голая. Железы эпидермиса выделяют слизь, поэтому кожа земноводных всегда влажная, что способствует кожному дыханию. В позвоночнике выделяют шейный, туловищный, крестцовый и хвостовой отделы. В шейном отделе лишь один позвонок с двумя мышцами, подвижно сочленяющими его с черепом. У лягушки туловищный отдел ребер не несет, у других они имеются в виде коротких пластин (червяги, тритоны). В крестцовом отделе один позвонок, к нему причленяются кости таза. Хвостовой отдел развит у хвостатых земноводных, у лягушек он имеет лишь одну косточку. Череп земноводных состоит из мозговой коробки и челюстей, в нем много хрящевых элементов. В связи с выходом на сушу и атмосферным дыханием жаберные дуги и нижняя часть подъязычной дуги превратились частично в подъязычный скелет, жаберная крышка редуцировалась. Пояс передних конечностей состоит из лопатки, вороньей кости, соединяющей грудину с плечевой костью и ключицей. Свободная конечность представлена плечевой костью, предплечьем и кистью. Пояс задних конечностей, или тазовый пояс, состоит из парных образований — подвздошных костей и непарных — лобкового и седалищного хрящей. Свободная конечность имеет бедренную кость, голень и стопу. Строение конечностей амфибий очень

напоминает мясистые плавники кистеперых рыб. В связи с обитанием на суше и разнообразными движениями мускулатура теряет свой сегментарный характер. Хорошо развита мускулатура свободных конечностей.

Пищеварительная система очень напоминает таковую у рыб (рис. 61). В ее строении наблюдается более четкая дифференцировка кишечника на тонкий и толстый отделы. Большое значение приобретают слюнные железы,

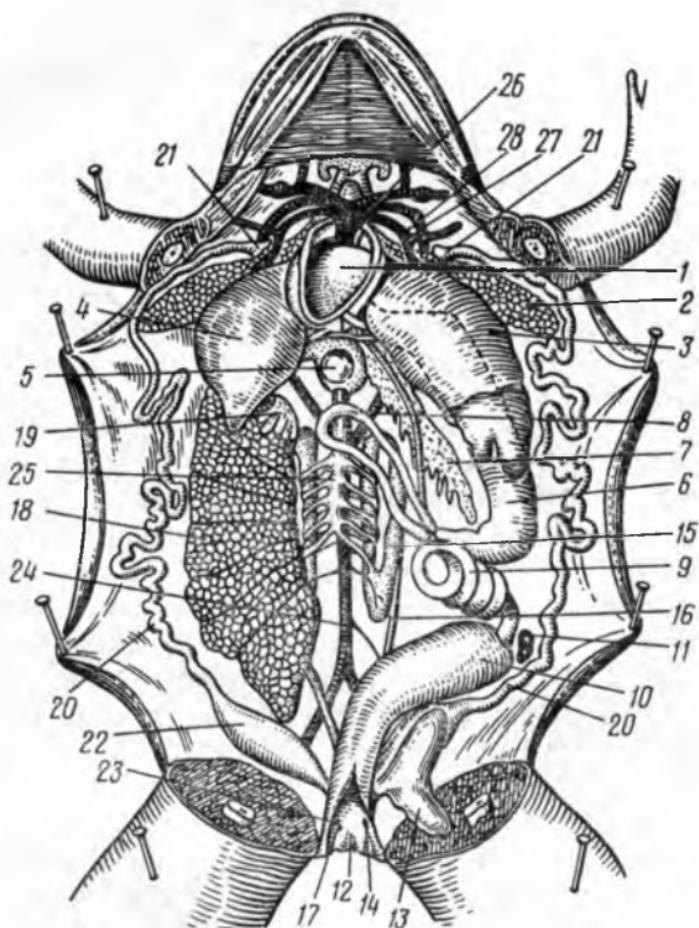


Рис. 61. Внутреннее строение лягушки:

1 – сердце, 2 – легкое, 3–4 – печень, 5 – желчный пузырь, 6 – желудок, 7 – поджелудочная железа, 8, 9 – тонкая кишка, 10 – толстая кишка, 11 – селезенка, 12 – клоака, 13 – мочевого пузыря, 14 – его отверстие в клоаке, 15 – почка, 16 – мочеточник, 17 – его отверстие в клоаке, 18 – яичник, 19 – жировое тело, 20, 21 – яйцеводы, 22 – маточный отдел яйцеводов, 23 – отверстие яйцевода в клоаке, 24 – спинная аорта, 25 – задняя полая вена, 26 – сонная артерия, 27 – дуга аорты, 28 – легочная артерия

участвующие в смачивании пищи, а также поджелудочная железа и печень.

У взрослых земноводных органами дыхания служат легкие, в личиночной стадии развиты наружные жабры. Легкие имеют вид тонкостенных мешочков. Дыхательные пути развиты очень слабо. В связи с отсутствием грудной клетки воздух в легкие заглатывается с помощью мышц ротовой полости, а удаляется оттуда при сокращении брюшной мускулатуры. Примитивные легкие полностью не справляются с процессом газообмена: дополнительным органом, снабжающим организм кислородом, служит кожа.

В отличие от рыб *сердце* земноводных *трехкамерное*. В желудочке смешивается артериальная кровь, поступающая сюда из левого предсердия, и венозная, выходящая из правого предсердия. От желудочка сердца отходит артериальный конус, от него — ствол аорты. Затем аорта делится на три пары артериальных сосудов: передние — *сонные*, несущие артериальную кровь к голове, *дуги аорты*, от которых кровь по сосудам направляется к передним конечностям (сами же дуги, сливаясь, образуют спинную аорту), и, наконец, *легочные артерии*, несущие кровь в легкие и кожу. Общий артериальный конус несколько смещен в правую часть желудочка, поэтому при его сокращении первая порция крови от правой части, содержащей венозную кровь, направляется в легочную артерию к легким. Окисленная кровь возвращается в левое предсердие. Таким образом, в связи с наземным образом жизни у земноводных появляется *малый круг кровообращения*, начинающийся в правой части желудочка и идущий к легким, а заканчивающийся левым предсердием. Вторая порция крови (смешанная) из центральной части желудочка по дугам аорты течет к органам и тканям, а третья порция — артериальная; сразу после поступления из левого предсердия при участии спиральных клапанов из левой части желудочка она направляется по сонным артериям в голову и таким образом головной мозг получает чистую артериальную кровь. Венозная кровь, насыщенная  $\text{CO}_2$  от передних отделов тела, поступает в передние полые вены, а от задних — в задние полые вены. Впадают они в правое предсердие.

Нервная система земноводных состоит из головного и спинного мозга. *Передний мозг* разделен на два полушария и имеет более крупные размеры, чем у рыб. Мозжечок у амфибий мал, что связано с малой подвижностью

животных. От головного мозга отходят *десять пар черепно-мозговых нервов*.

В связи с выходом на сушу органы чувств претерпевают значительные изменения. В ориентации имеют значение органы зрения — глаза. В отличие от рыб у земноводных *имеются веки, выпуклая роговица, линзообразный хрусталик*. Кроме внутреннего уха есть среднее ухо, в котором расположена одна слуховая косточка — *стремечко*. От внешней среды среднее ухо отделено барабанной перепонкой. Органы обоняния представлены наружными ноздрями, ведущими в обонятельные капсулы, которые сообщаются с ротоглоточной полостью. У личинок и у хвостатых амфибий во взрослом состоянии органом чувств служит боковая линия. Органы выделения у амфибий — *туловищные почки*.

Земноводные раздельнополы. Самки крупнее самцов. Яйца, сформированные в яичниках самки, содержат достаточное количество желтка для развития зародыша. Оплодотворение внешнее и, как у всех низших позвоночных, происходит в воде. Известны лишь немногие случаи живорождения. Из оплодотворенных яиц лягушек через 8—10 дней выходят личинки, которые по внешнему виду и внутреннему строению напоминают мальков рыб. Личинка имеет хвост, боковую линию, жабры, двухкамерное сердце и один круг кровообращения. Некоторое время спустя личинки претерпевают метаморфоз: закладываются передние, а затем задние конечности, формируются легкие, появляется второй круг кровообращения, исчезает боковая линия, утрачивается хвост. Растительная пища заменяется животной, кишечник укорачивается. Весь этот период продолжается 1,5—2 месяца. Головастик превращается в лягушонка.

Класс Земноводные делится на три отряда: **Безногие**, **Хвостатые** и **Бесхвостые**. Безногие (*червяги*) имеют червеобразную форму, ведут подземный образ жизни. К Хвостатым относятся *тритоны, саламандры*; к отряду Бесхвостых — *жабы, лягушки и квакши*. Бесхвостые — самая высокоорганизованная группа земноводных. Некоторые их виды — прекрасный объект для исследований спинно-мозговых рефлексов, работы сердца, органов дыхания, развития оплодотворенного яйца и др.

#### КЛАСС ПРЕСМЫКАЮЩИЕСЯ, ИЛИ РЕПТИЛИИ

Это высшие позвоночные животные. Несмотря на ряд прогрессивных черт в организации, пресмыкающиеся

имеют признаки, сближающие их с земноводными: холоднокровность, наличие в сердце одного желудочка, снабжение туловища смешанной кровью и т. д.

Тело пресмыкающихся с ящерицеобразной и черепахообразной формой подразделяется на голову, туловище, хвост и конечности. Для некоторых пресмыкающихся характерна редукция конечностей, о чем свидетельствуют остатки тазового пояса (змеи) и задних конечностей (удавы). В отличие от земноводных *кожа* пресмыкающихся *сухая*, лишена желез. Верхний слой эпидермиса ороговевает, в период линьки постепенно слущивается и заменяется новым. Его производные — *роговые щитки, чешуя*, предохраняющие тело животного от потери воды, что позволяет рептилиям обитать в местах с засушливым климатом.

У пресмыкающихся различают скелет головы, скелет туловища и скелет конечностей. У ящерицы позвоночник подразделяется на следующие отделы: шейный (8 позвонков), грудно-поясничный (22 позвонка), крестцовый (2) и хвостовой, состоящий из нескольких десятков позвонков (он хорошо регенерирует при повреждениях). Подвижность головы обеспечивается двумя первыми шейными позвонками — *атлантом* и *осевым*. Первый имеет вид кольца и сочленяется с непарным мышцелком черепа, второй представляет собой зубовидный отросток, входящий в кольцо первого позвонка и обеспечивающий поворот головы. Для рептилий характерна настоящая грудная клетка. В процессе эволюции она возникла в связи с наземным образом жизни и активным легочным дыханием. Ее образуют ребра первых пяти грудно-поясничных позвонков и хрящевая грудина. С позвонками крестцового отдела сочленяются кости тазового пояса.

У змей весь позвоночник делится на два отдела: туловищный и хвостовой. Каждый позвонок несет пару ребер, которые упираются в брюшные щитки, способствующие движению вперед и препятствующие обратному скольжению тела. Череп костный и состоит из двух отделов — мозгового и висцерального. Конечности неполно поднимают тело над землей в связи с тем, что прикрепляются к туловищу с боков, и тело волочится по земле — отсюда название класса.

Мускулатура пресмыкающихся утратила сегментарный характер и более дифференцирована, чем у земноводных. Приобрела значение межреберная мускулатура, участвующая в механизме дыхания. Имеется зачаток *диа-*

*фрагмы*. Развиты мышцы конечностей, хвоста, обеспечивающие быстрое передвижение (ящерицы), и мышцы туловища (змеи, удавы), участвующие в умерщвлении добычи.

Пресмыкающиеся — преимущественно хищники. Питаются насекомыми, земноводными, птицами и мелкими млекопитающими (грызунами). Ротовая полость снабжена однотипными зубами, которые служат только для захвата и удержания пищи; у крокодила зубы сидят в ячейках челюстей. Язык участвует в ощупывании пищи, у многих на конце он раздвоен. Глотка четко отделена от ротовой полости. Желудок снабжен сильной мускулатурой и переходит в кишечник, состоящий из тонкого и толстого отделов. На границе между ними находится *зачаток слепой кишки*, которая развита у растительных черепашек. Открывается кишечник в клоаку.

Органы дыхания — легкие — имеют более сложное строение, чем у земноводных. Мешковидная форма легких, присущая амфибиям, у них остается, но от стенок внутрь отходят перегородки, образующие сложную сеть перекладин, которые делят полость на множество ячеек (как пчелиные соты). Это способствует уплотнению легких и увеличивает их поверхность. Дыхательные пути включают *гортань* и *трахею*, делящуюся на *два бронха*. Сухая кожа рептилий в дыхании не участвует (рис. 62).

Центральный орган кровообращения — *трехкамерное сердце*, состоящее из двух предсердий и одного желудочка, со дна которого поднимается неполная перегородка. Полное разделение желудочка наблюдается только у крокодила, у него четырехкамерное сердце, однако кровь все еще *смешанная*. Кровеносная система образует *два круга кровообращения*. Артериальный ствол разделен на три сосуда. От правой части желудочка идет легочная артерия, она несет насыщенную диоксидом углерода кровь в легкие. Окисленная кровь из легких возвращается в левое предсердие, составляя *малый круг кровообращения*. Большой круг кровообращения берет начало в желудочке: от левой половины его отходит правая дуга аорты, несущая артериальную кровь. От нее идут сосуды к голове. Третий крупный сосуд, выходящий из средней части желудочка, образует левую дугу аорты, которая несет смешанную кровь. Под позвоночником левая и правая дуги сливаются в спинную аорту. В ней преобладает артериальная кровь, следовательно, органы туловища пресмыкающихся получают более окисленную

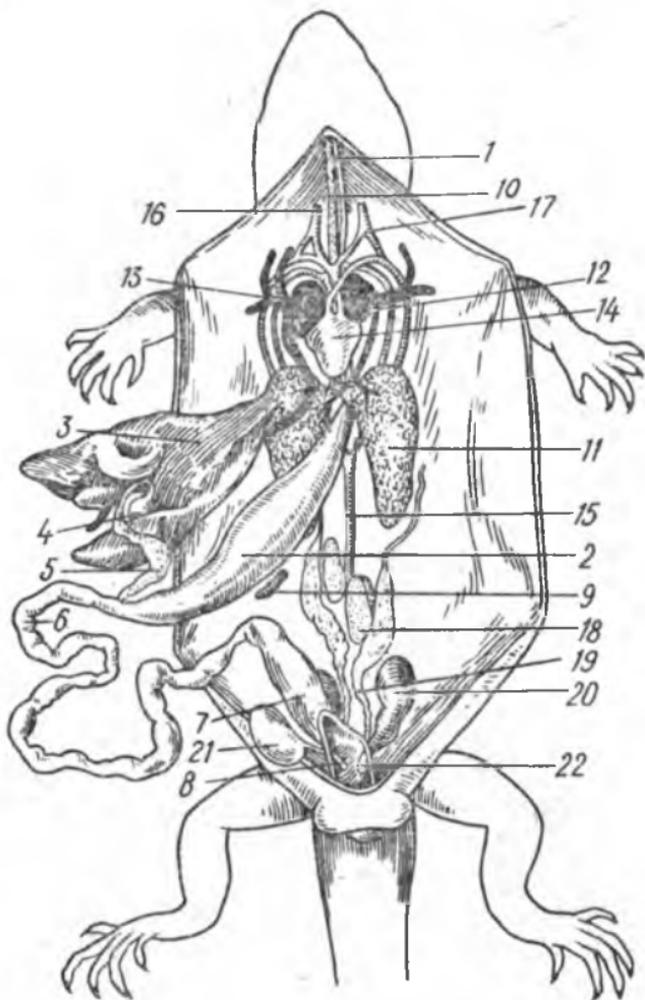


Рис. 62. Вскрытая ящерица (самец):

1 — пищевод, 2 — желудок, 3 — печень, 4 — желчный пузырь, 5 — поджелудочная железа, 6 — двенадцатиперстная кишка, 7 — прямая кишка, 8 — клоака, 9 — селезенка, 10 — трахея, 11 — легкое, 12 — левое предсердие, 13 — правое предсердие, 14 — желудочек сердца, 15 — спинная аорта, 16, 17 — сонная артерия, 18 — семенник, 19 — семяпровод, 20 — почка, 21 — мочевой пузырь, 22 — отверстие мочеточника в клоаке

кровь, чем их предки — земноводные. Насыщенная диоксидом углерода венозная кровь от передней и задней части тела и внутренних органов поступает в правое предсердие, замыкая большой круг кровообращения.

Нервная система рептилий отличается рядом существенных признаков. Передний мозг более крупных размеров, поверхность полушарий имеет *серое вещество* — зачаток коры головного мозга. Мозжечок развит значи-

тельнее, чем у земноводных, и координация движений более совершенна. Продолговатый мозг имеет характерный для высших животных изгиб. От головного мозга отходит 12 пар черепно-мозговых нервов. Органы чувств также соответствуют наземному образу жизни. Зрение у пресмыкающихся приспособлено к восприятию более удаленных предметов. У большинства глаза снабжены веками, включая третье веко — мигательную перепонку. Орган слуха представлен внутренним и средним ухом. Органы обоняния открываются двумя отверстиями наружу (ноздриями). Органом осязания служит раздвоенный язык. Водный обмен осуществляется с помощью тазовых почек.

Рептилии раздельнополы. Половые железы у них парные, оплодотворение внутреннее. Размножаются, откладывая яйца или рождая живых детенышей. У ряда видов зародыш развивается в яйце в организме матери. Яйца пресмыкающихся покрыты плотной волокнистой оболочкой, защищающей зародыш от высыхания и механических повреждений. У черепах и крокодилов поверх этой оболочки имеется известковая. Яйца богаты желтком. Развитие прямое, без метаморфоза, происходит на суше. При яйцеживорождении оплодотворенные яйца, лишённые скорлуповой оболочки, задерживаются в половых путях самки до момента выклева зародыша. Развитие его идет за счет питательных веществ яйца.

Класс Пресмыкающиеся включает четыре подкласса: Первоящеры, Чешуйчатые, Крокодилы, Черепахи.

**Подкласс Первоящеры** — древнейшие из всех рептилий. В современной фауне встречается только один вид — *гантерия* (Новая Зеландия). В строении ее тела сочетаются примитивные черты организации, которые не встречаются у современных рептилий. На брюшной стороне сохраняются мелкие косточки — остатки брюшного панциря стегоцефалов.

**Подкласс Чешуйчатые.** К этому подклассу относятся *ящерицы* (агамы, круглоголовки, вараны, сцинки), *хамелеоны*, ведущие древесный образ жизни, а также змеи. Науке известно свыше 2500 видов змей, среди них много ядовитых. На верхнечелюстных костях у них сидят ядовитые зубы. Каждый зуб имеет каналец или бороздку, по которой при укусе стекает яд. На юге нашей страны обитают змеи, яд которых смертелен: *кобра*, *щитомордник*, *гюрза*, *эфа*. Опасен яд *обыкновенной* и *серой гадюки*. Но среди змей есть и неядовитые виды: *уж*, *полоз*, *уда*.

**Подкласс Черепахи** включает наземные и водные формы, снабженные прочным костным панцирем, образованным двумя щитами. Грудная клетка у черепах неподвижна, акт дыхания совершается путем «заглатывания» воздуха, чему содействуют и сокращения или расслабления плечевых и тазовых мышц. Среди представителей этого подкласса в природе часто встречаются *степная черепаха, кавказская, слонобая, среднеазиатская*.

**Подкласс Крокодилы** — наиболее высокоорганизованные пресмыкающиеся. Представители — *нильский крокодил, гавиал*, обитающий в реках Индии, *аллигатор* и *кайман* — в Америке.

Значение пресмыкающихся определяется тем, что они уничтожают вредных насекомых и грызунов (ящерицы, змеи). Рептилии служат пищей для млекопитающих (лисиц, хорьков и др.). Кожа крокодилов, змей и крупных ящериц идет на изготовление галантерейных изделий, обуви. Некоторые виды черепах съедобны. Медицинское значение имеет яд змей — сырье для изготовления лечебных препаратов випратокса и випраксина, которые применяются при лечении радикулита, ревматизма, невралгии. Смертность от укуса гадюк составляет 3—5%, а при укусах кобры и гюрзы — до 50%. Некоторые черепахи уничтожают всходы хлопчатника, а ужи поедают молодь рыбы. На рептилиях поселяются некоторые виды клещей — переносчиков возбудителей различных заболеваний человека и животных.

**Древние пресмыкающиеся, их происхождение.** Пресмыкающиеся произошли от более совершенной ветви палеозойских земноводных — *стегоцефалов*. Они еще были связаны с водоемами, но обладали подвижностью, значительным развитием головного мозга и, вероятно, имели зачаточный роговой покров на коже. Особый интерес в эволюции пресмыкающихся имеют формы, жившие в каменноугольный период и занимавшие промежуточное положение между земноводными и пресмыкающимися; у них упрочился позвоночник за счет окостенения хрящей, наметилось преобразование двух первых шейных позвонков (стали подвижными), появились длинные ребра, более сильные конечности, чем у стегоцефалов, — они могли приподнимать туловище над землей. Возвысила их над существующими группами животных и возможность развития яйца в песчаном грунте. Возникновению рептилий способствовали изменения в климате: он становился суше. Считается, что основной предковой груп-

пой ископаемых и современных пресмыкающихся явились *котилозавры*, давшие начало в каменноугольном периоде крокодилоподобным существам, обитавшим в воде. В ходе эволюции в конце палеозоя и начале мезозоя котилозавры дивергировали, от них взяли начало более прогрессивные ветви пресмыкающихся: *черепахи* (обособившиеся в пермский период палеозоя) и *ихтиозавры* (триасовый период).

Расцвет пресмыкающихся начался в триасовый период и длился всю мезозойскую эру. Рептилии полностью приспособились к жизни на суше, распространились по всему земному шару: это были *летающие ящеры* (*птерозавры*), *гигантские ящеры* (*диплодок*, массой 20—25 т и длиной до 30 м), *динозавры*, *бронтозавры*, *игуанодоны*. От примитивных котилозавров произошли звероподобные рептилии.

В конце мезозоя началось массовое вымирание пресмыкающихся, потомками их явились птицы и млекопитающие. В течение кайнозоя возникли молодые группы рептилий — ящерицы и змеи. Из древнейших форм в современной фауне сохранились первоящеры (*гамтерия*), малочисленные виды крокодилов и черепах.

#### КЛАСС ПТИЦЫ

Птицы широко распространены на земном шаре и представляют собой высокоспециализированную группу позвоночных, внешний вид и внутреннее строение которых отражают их приспособленность к полету. Для них характерны *обтекаемая форма тела*; *усложненная нервная система*, определяющая более сложное их поведение (гнездование, перелеты); *высокая, постоянная температура тела* и связанный с этим интенсивный обмен веществ; *более совершенное размножение и забота о потомстве*.

Кожа птиц тонкая, как и у пресмыкающихся, лишена желез, за исключением копчиковых, которые хорошо развиты у водоплавающих птиц и служат для смазывания перьев. Производными эпидермиса кожи являются *перья*, а также роговые щитки на нижних конечностях, когти, роговые чехлы, образующие клюв. Перья птиц различны по своему строению и выполняемым функциям. Тело покрыто контурными перьями. Перо состоит из очина, стержня и опахала; последнее образовано бородками первого и второго порядка, которые соединяются крющ-

ками, образуя пластинку опахала. Контурные перья на хвосте называются *рулевыми*, на крыльях — *маховыми*, а на брюшной и спинной сторонах тела — *кроющими*. Под кроющими перьями располагаются *пуховые перья* с тонким стержнем, не имеющие бороздок второго порядка. Перьевой покров у птиц в процессе линьки ежегодно сменяется.

Скелет птиц отличается рядом существенных признаков: кости очень легкие, но прочные; полости трубчатых костей заполнены воздухом, что облегчает массу птицы. Характерны также сложные образования, возникшие за счет срастания отдельных костей (грудина, сложный крестец). В результате этого тело птицы компактно, монолитно, что обеспечивает быстроту и стремительность полета. Позвоночник состоит из пяти отделов: шейного, грудного, поясничного, крестцового, хвостового. Число шейных позвонков достигает 20—25. В грудном отделе позвонки срастаются между собой. Они несут ребра, которые подвижно соединены с грудиной, образуя грудную клетку. Грудина имеет *киль*, придающий птице обтекаемую форму тела. К нему прикрепляются массивные грудные мышцы, участвующие в поднятии крыла и акте вдоха. Крестцовый отдел образуется в результате срастания двух крестцовых позвонков с поясничными и последним грудным. Он имеет значение при передвижении птицы по суше. Хвостовой отдел содержит небольшое количество позвонков и несет на своем конце вертикальную пластинку — копчиковую кость.

Череп птиц не имеет заметных швов, отличается легкостью и прочностью. В нем выделяют большую мозговую коробку и челюсти, на которых находятся роговые чехлы, образующие клюв. По бокам на черепе расположены крупные глазницы. Плечевой пояс состоит из трех парных костей: саблевидной лопатки, ключицы и массивной вороньей кости. Обе ключицы срастаются в дужку. Свободная конечность образована плечевой костью и двумя костями предплечья. Но в связи с развитием крыла кисть сильно изменена. Вместо пяти пальцев у рептилий здесь сохраняются только три — II, III и IV с неполным числом фаланг.

Тазовый пояс птиц очень прочный, устойчивый. Подвздошные кости соединились и срослись со сложным крестцом, а седалищные — с подвздошными. Таз птиц открытый, потому что птицы несут сравнительно крупные яйца. Свободная конечность представлена

бедренной костью, голенью, состоящей из большой и малой берцовой костей, и цевкой, которая образовалась в результате срастания косточек стопы — предплюсны и плюсны. У большинства птиц четыре пальца, из которых один направлен назад.

Мускулатура птиц имеет важное значение в передвижении как в воздухе, так и на суше. Большого развития достигают мышцы груди, поднимающие и опускающие крыло. У птиц, потерявших способность к полету, хорошо развиты мышцы задних конечностей (страусы, куры, гуси).

Строение органов пищеварения также тесно связано с полетом птиц. У них нет зубов, их частично заменяют острые края клюва. Ротовая полость невелика и ведет в глотку, которая переходит в пищевод. У некоторых птиц пищевод образует расширение — *зоб*. Здесь пища хранится, размягчается. Желудок состоит из двух отделов: переднего — *железистого* и заднего — *мускулистого*. В первом отделе происходит химическая обработка пищи, а в мускулистом, где обычно содержатся заглоченные птицей камешки, — механическая. Кишечник короткий, на границе тонкого и толстого отделов имеются слепые выросты. Короткая толстая кишка не накапливает каловые массы, и испражнения выводятся из кишечника очень часто, что также облегчает массу птицы.

Органы дыхания у птиц хорошо приспособлены к полету и представлены легкими с развитыми воздухоносными путями и воздушными мешками (рис. 63). Гортанная щель ведет в трахею, верхняя часть которой называется гортанью. В нижней части трахеи находится расширение, где расположены голосовые связки.

Легкие у птиц представляют собой губчатые образования. В них бронхи разветвляются, образуя между собой соединительные трубки, которые слепо заканчиваются бронхиолами, густо оплетенными капиллярами. Здесь происходит газообмен. Крупные ответвления бронхов соединены с *воздушными мешками*, лежащими в полости тела птицы между внутренними органами, а некоторые связаны с костными полостями. Эти мешки уменьшают массу птицы в полете. Постоянно входящий туда воздух снижает температуру тела птицы во время полета, кроме того, воздушные мешки уменьшают трение между отдельными органами. Главная же их функция — участие в дыхании во время полета. Сидящая птица дышит груд-

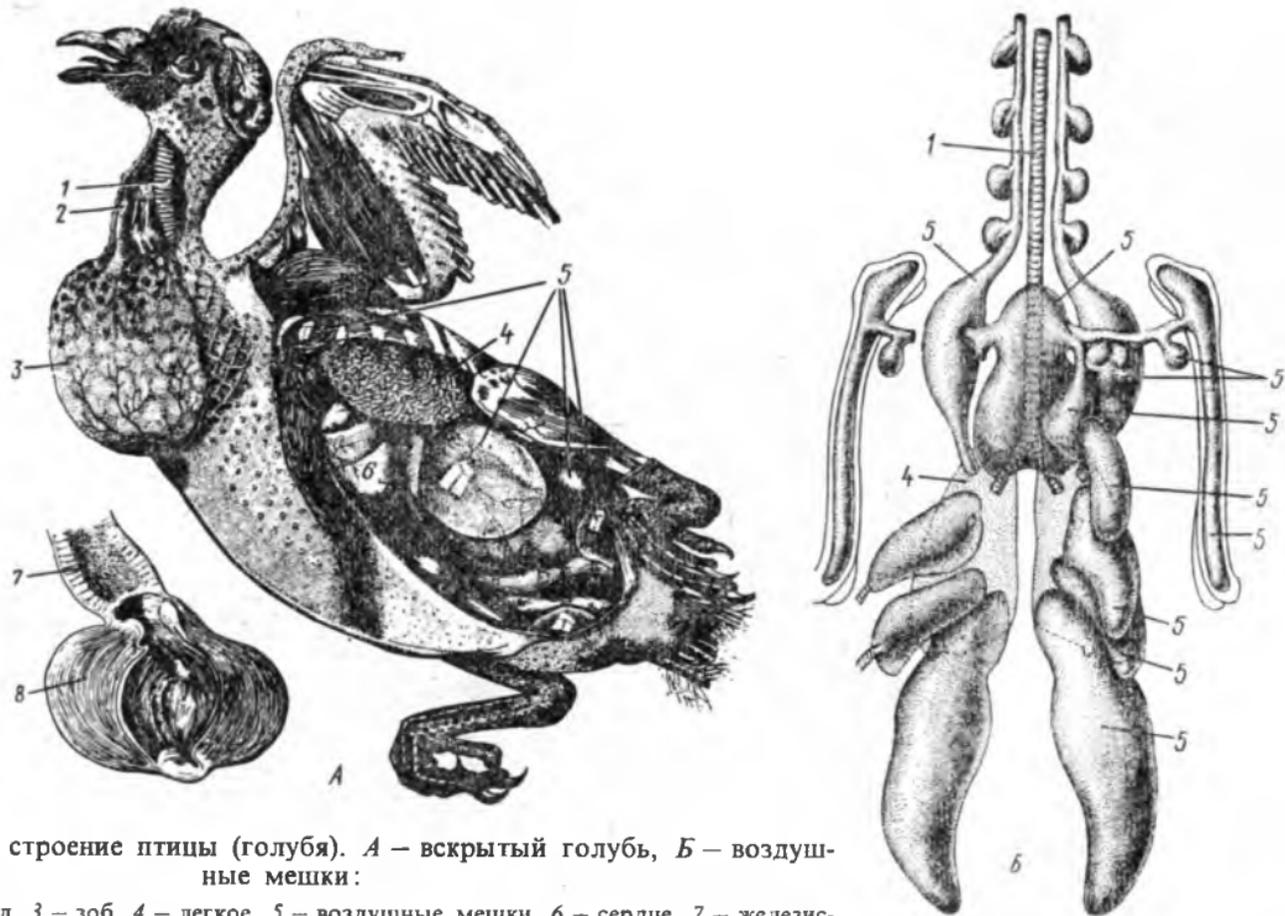


Рис. 63. Внутреннее строение птицы (голубя). *А* – вскрытый голубь, *Б* – воздушные мешки:

1 – трахея, 2 – пищевод, 3 – зоб, 4 – легкое, 5 – воздушные мешки, 6 – сердце, 7 – железистый желудок, 8 – мышечный желудок

ной клеткой, что достигается изменениями угла между пластинками ребер. Во время полета птицы механизм дыхания совершенно иной: грудная клетка неподвижна, а воздушные мешки в момент взмаха крыльев растягиваются и наполняются воздухом, при этом воздух засасывается в легкие. Кислород, проходя через легкие, лишь частично идет на окисление крови. Когда крыло опускается, эта порция воздуха возвращается через легкие назад в атмосферу, и снова в легких происходит окисление крови. Таким образом, во время полета у птиц осуществляется *двойное дыхание*: кровь окисляется в легких при вдохе и выдохе, а в воздушных мешках газообмена не происходит.

*Сердце* птиц *четырёхкамерное*: в нем два желудочка и два предсердия. В правой части сердца концентрируется венозная кровь, в левой — артериальная (рис. 64). Органы и ткани получают чистую артериальную кровь, что способствует усиленному обмену веществ и обеспечивает постоянную высокую температуру тела (38—42 °С). Из левого желудочка артериальная кровь поступает в правую дугу аорты. От нее отходят артерии, питающие кислородом все части тела. Венозная кровь по передним и задним полым венам возвращается в правое предсердие. Это движение крови составляет большой круг кровообращения. По малому кругу венозная кровь по легочной артерии поступает из правого желудочка к легким. Окисленная кровь из легких направляется по легочным венам в левое предсердие, в котором малый круг оканчивается.

Нервная система птиц по сравнению с нервной системой рептилий значительно усложнилась, что выразилось в более сложном их поведении. Головной мозг заключен в объемистую мозговую коробку. Большие полушария переднего мозга крупных размеров и образованы полосатыми телами. Средний мозг имеет развитые зрительные доли. Мозжечок обеспечивает сохранение равновесия и точную координацию птицы во время полета. Обонятельные доли развиты слабо. Черепномозговых нервов двенадцать пар.

У птиц очень хорошо развиты органы зрения. Птицы обладают исключительной зоркостью: их глаз имеет *двойную аккомодацию* (изменение кривизны хрусталика и изменение расстояния от хрусталика до сетчатки). Кроме того, они хорошо различают цвета. Орган слуха образован *внутренним, средним и наружным ухом*. На-

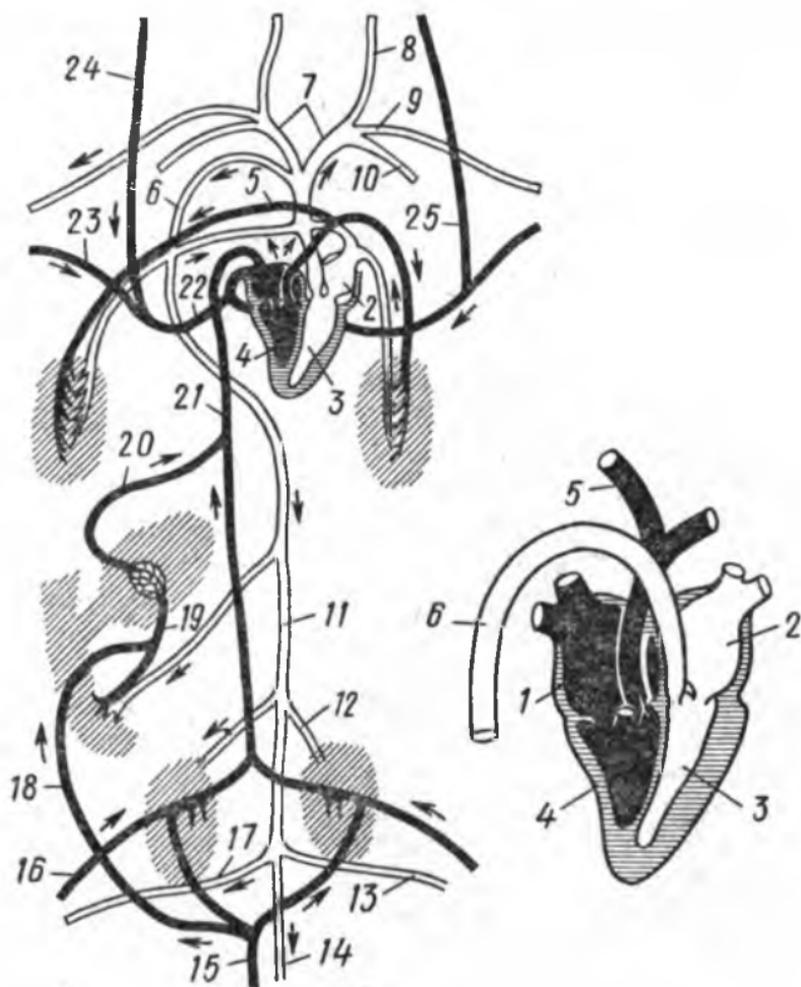


Рис. 64. Кровеносная система и сердце птицы (схема):

1 — правое предсердие, 2 — левое предсердие, 3 — левый желудочек, 4 — правый желудочек, 5 — легочная артерия, 6 — дуга аорты, 7 — безымянная артерия, 8 — сонная артерия, 9 — подключичная артерия, 10 — грудная артерия, 11 — спинная аорта, 12, 13, 14, 17 — артерии, идущие к внутренним органам, 15, 16, 18, 19, 20 — вены, идущие от внутренних органов, 21 — задняя полая вена, 22 — передняя полая вена, 23, 24, 25 — вены, идущие от передней части тела

ружное ухо имеет слуховой проход, заканчивающийся барабанной перепонкой. Слух у птиц очень тонкий. Органами выделения служат *тазовые почки*, лежащие в области таза с обеих сторон позвоночника. Моча содержит мочевую кислоту и в виде кашицеобразной массы выбрасывается вместе с пометом. Мочевого пузыря у птиц нет, это облегчает их массу в полете.

Птицы раздельнополы, оплодотворение у них вну-

треннее. У самца семенники парные, их протоки открываются в клоаку; у самки функционирует только левый яичник и левый яйцевод, *правый яичник и яйцевод редуцированы*. Это связано с крупными размерами яиц: при наличии двух яичников их большая масса и жесткая скорлупа затруднили бы полет и продвижение яиц по яйцеводу.

Яйцеклетка птиц представляет собой желток с зародышевым диском. После оплодотворения она перемещается по яйцеводу и покрывается яйцевыми оболочками: вначале обволакивается толстым слоем белка, затем двумя белковыми подскорлуповыми оболочками и наконец известковой, или скорлуповой, оболочкой и сверху тонкой надскорлуповой. Скорлупа предохраняет зародыш от механических повреждений, надскорлуповая оболочка — от проникновения бактерий. Когда яйцеклетка поступает в яйцевод, развитие зародыша в нем только начинается. Для продолжения развития вне организма необходимо, чтобы яйцо обогрелось. У птиц выработался инстинкт насиживания, во время которого в яйце осуществляется эмбриональное развитие. На самых ранних стадиях развития зародыш птиц имеет большое сходство с зародышами своих предков — закладывается хорда, жаберные щели и жаберные артерии, появляется длинный хвост — свидетельство того, что далекие предки птиц были водными животными. Палеонтологические находки ископаемых остатков свидетельствуют, что непосредственными предками птиц были пресмыкающиеся.

Юрская ископаемая первоптица — *археоптерикс* — внешне была очень похожа на настоящих птиц: у нее были крылья, саблевидно изогнутые лопатки, сросшиеся в вилочку ключицы, цевка. Однако у нее сохранились и признаки пресмыкающихся: отсутствовал роговой клюв, на челюстях имелись зубы, хвостовой отдел позвоночника включал до 20 позвонков, грудина была без киля, на передних конечностях сохранялись пальцы с когтями.

Класс птиц включает более 8 тыс. видов и до 40 отрядов. В настоящее время выделяют следующие основные отряды: Пингвины, Страусы, Веслоногие, Фламинго, Дневные хищники, Куриные, Воробьиные, Дятловые, Совы, Голуби, Кукушки, Попугаи, Чайки, Гусеобразные и др.

Годовые циклы жизни и перелеты птиц. Жизнь птиц осуществляется ритмически и связана с изменением их обмена веществ, поведения, популяционной организации и др. Биологический ритм обусловлен сезонным измене-

нием условий существования и характером наследственных приспособлений птиц к среде. На большей части территории нашей страны изменения светового режима служат сигналом, влияющим на гормональную систему, которая и определяет годовой ритм состояния организма птиц; в тропиках таким доминирующим сигналом является влажность — чередование сухого и влажного периодов. Дополнительными сигналами могут быть количество и виды доступных кормов. Таким образом, годовой жизненный ритм складывается из ряда биологических периодов, в каждом из которых преобладает то или иное биологическое явление: спаривание, откладка яиц, линька, миграция и т. д.

Основные периоды годового цикла следующие:

1) *Подготовка к размножению* (увеличение половых желез, миграция птиц к местам гнездований, образование пар).

2) *Размножение и вывод молоди* (освоение гнездовых участков, созревание яйцеклеток, постройка гнезда, откладка яиц, их насиживание, выкармливание молоди). Первый и второй периоды обусловлены врожденными инстинктами, они проявляются под воздействием закономерностей сложного комплекса условий жизни птиц. «Сигнальный» характер имеют поведение самца, гнездовой ландшафт, само гнездо, тепло и другие явления. В период размножения птицы ведут наиболее оседлый образ жизни и тесно связаны с местами гнездований.

3) *Послегнездовая линька* наступает после размножения. Большинство птиц образуют стаи в укромных местах, многие теряют способность к полету (гусеобразные).

4) *Подготовка к зиме*. Птицы мигрируют в поисках корма, интенсивно питаются, в связи с чем усиливаются процессы обмена, идет накопление жира. Ряд птиц заготавливают семена, плоды насекомых и их личинок (воробьиные), трупы мышевидных грызунов (совы).

5) *Зимовка*. В этот период, характеризующийся укорочением светового дня, снижением температуры, образованием снежного покрова и льда на водоемах, птицы перемещаются в поисках корма, количество которого резко сокращается, совершают сложные перелеты и этим преодолевают неблагоприятные условия. Оседлые птицы (галки, воробьи, сизые голуби, белые куропатки, тетерева, глухари, рябчики) мигрируют в пределах того же района, где они обитали в теплое время. Некоторые

птицы собираются в стаи (снегири, свиристели, шуры, грачи), кочуют, но не имеют постоянных мест зимовок. В годы с теплой малоснежной зимой некоторые перелетные птицы остаются зимовать в северных широтах.

Настоящими перелетными птицами считают тех, которые мигрируют на значительное расстояние от мест гнездовий. Одни покидают гнездовья в конце лета (соловьи, стрижи), другие — поздней осенью (утки, лебеди, гуси). Белолобый гусь зимует на Средиземном и Каспийском морях, в Китае, Индии; кулики — в Австралии и Новой Зеландии; амурский кобчик — в Южной Азии; кулики-краснозобики — в Африке; утка кряква — в западной части Средиземного моря.

Важную роль в ориентировке птиц при перелете играют органы зрения и зрительные восприятия, ландшафт, солнце, звездное небо и т. д. Миграционный инстинкт — одна из форм приспособления птиц к меняющимся условиям среды. Он проявляется при комплексном воздействии среды: изменении количества кормов, наступлении листопада, образовании снежного покрова, уменьшении продолжительности дня. Перелеты птиц начались еще в доледниковое время, но решающую роль сыграло последнее оледенение: после таяния ледника птицы продвинулись на север и освоили экологически новые условия среды. Пути послеледникового расселения вида часто совпадают с путями пролета. Так, дупель, гнездящийся на Енисее, летит сначала на запад, пересекает Уральский хребет, потом поворачивает на юг, в Индию и Индокитай; овсянка-дубровник зимует в Индокитае, а летит туда из Западной Европы через Сибирь.

**Экология птиц.** Птицы приспособлены к различным средам обитания, чем обусловлено возникновение среди них экологических групп. Каждая группа привязана к своим местам обитания, использует свойственные им корма и имеет определенные приспособления к их добычанию. Различают следующие экологические группы птиц.

*Птицы парков и садов* обитают возле жилья человека, уничтожая вредных насекомых. Это многочисленные представители отряда Воробьиных: синицы, воробьи, ласточки, мухоловки, скворцы и др.

*Птицы лугов и полей* гнездятся и кормятся на земле. Они объединяют представителей многих отрядов: жаворонков, трясогузок (отряд Воробьиные), чибисов (отряд Кулики), журавлей (отряд Журавлеобразные), куропаток

и перепелов (отряд Куриные), коростелей (отряд Пастушковые).

*Птицы болот и побережий* добывают корм с поверхности земли, со дна или влажного грунта, в связи с чем у некоторых из них голенастые ноги и тонкие без перепонки пальцы (цапли и аисты — отряд Аистообразные); у других имеется перепонка на ногах (лебеди, гуси, казарки, утки, чирки, нырки — отряд Гусеобразные). На болотах и побережьях из отряда Кулики встречаются кроншнеп, турухтан, ржанки, бекасы, из отряда Веслоногие — пеликаны, бакланы. Большинство представителей этой группы имеют промысловое значение.

*Птицы пустынь и степей* — обитатели обширных открытых пространств с разреженной растительностью. В этих экологических условиях обособляются две группы: А. Бегающие птицы: страусовые, дрофа, стрепет. Живут они стаями, перемещаются с помощью ног (страусы не летают вообще). Гнездятся на земле и имеют промысловое значение. Б. Быстролетающие птицы — саджа, рябки (отряд Рябки). К ним же относится обитающий в степях степной орел (отряд Дневные хищники), уничтожающий мышевидных грызунов.

*Птицы леса* — самая многочисленная группа. У ее представителей существуют различные формы связи с лесной средой.

1. Древеснолазающие птицы. Кормятся и устраивают гнезда на деревьях, имеют короткие, но сильные ноги, долотообразный тонкий и длинный или загнутый вовнутрь клюв (попугаи). По характеру питания это могут быть и зерноядные, и насекомоядные: дятлы (отряд Дятлы), чечетка, чиж, щегол, поползни, клесты, дубоносы (отряд Воробьиные).

2. Группа лесных птиц. Гнездятся на деревьях или в зарослях кустарников, а ловят добычу в воздухе: пустельга, ястреб, кобчики (отряд Дневные хищники), обыкновенная кукушка (отряд Кукушки), поедающая вредных мохнатых гусениц, обыкновенный козодой (отряд Козодой), сыч, неясыть, сипуха (отряд Сова).

3. Группа лесных птиц. Гнездятся только на земле, добывают корм и на земле, и на деревьях. Это многочисленные представители отряда Куриных. Из них фазан, тетерев, глухарь, рябчики и другие составляют предмет промысла.

**Роль птиц в природе, их значение в жизни человека.** Велико значение птиц в регулировании численности насе-

комых и их личинок (синицы, пищуха, поползень, славки, мухоловки, дятлы, розовый скворец, стрепет и др.), грызунов (канюк, орел степной, кобчик, болотная и ушастая сова). С другой стороны, птицы — пища для других животных, следовательно, они входят в состав цепей питания.

Птицы способствуют распространению плодов и семян (поползень, гаичка, кедровка, сойка и др.). Многие из них — своеобразные санитары нашей планеты. Птичий помет — ценное органическое удобрение (гуано).

Предмет промысла составляют представители отрядов Гусеобразные, Куриные, дрофы из отряда Журавлеобразных.

Привлечение полезных птиц к полям, огородам, садам в значительной мере способствует защите урожая от насекомых-вредителей. Привлечь птиц можно путем обеспечения их подходящими гнездовьями, охраной от врагов, подкормкой зимой. Особенно важно привлекать птиц в период размножения, когда им требуется гораздо больше пищи для выкармливания птенцов.

Законы об охране природы в нашей стране категорически запрещают уничтожать птиц и их гнезда, на промысловых птиц строго ограничены сроки охоты и отменены некоторые способы охоты.

Многие виды птиц внесены в Красную книгу животных. Созданы заповедники (Аскания Нова, Астраханский, Кавказский и др.), где ведется большая исследовательская работа. В заказниках в определенный сезон или круглогодично охраняются ландшафты и отдельные виды. В СССР создано 120 заповедников и заповедно-охотничьих хозяйств общей площадью 8,9 млн. га.

Охрану птиц следует одновременно сочетать с охраной окружающей среды. Все птицы страдают от ядохимикатов, применяемых для борьбы с насекомыми, водоплавающие — от сточных вод и продуктов нефтехимии. Принимая меры по охране атмосферы, почвы и воды от загрязнения, мы берегаем животный мир, в том числе птиц.

**Птицеводство.** Домашние птицы — куры, утки, гуси, индейки — дают высокоценные пищевые продукты в виде яиц, мяса, жира, а также пух и перо. Кроме того, яичный белок используют в текстильной промышленности, желток — в парфюмерии. Ценное качество домашней птицы — скороспелость и большая плодовитость. Из пород домашней птицы подавляющее большинство состава

вляют куры, затем идут гуси, индейки, цесарки, фазаны и голуби.

Цель селекции в области птицеводства — создание высокопродуктивных пород. В настоящее время породы домашних кур подразделяют на яйценоские, мясные и комбинированные. Разводят следующие породы кур: русские белые, леггорн, плимутрок, род-айланд, суссекс и др.; из пород гусей распространены холмогорская, крупная серая, тульская, китайская и др.

Из пород уток наиболее часто встречаются пекинская, белая московская, серая украинская. Разведение птицы поставлено на научно-промышленную основу, созданы мощные птицефабрики. Перспективно разведение индеек, фазанов, куропаatok.

В организме некоторых птиц поселяются возбудители опасных заболеваний человека и животных (вирус энцефалита, тифоподобных заболеваний).

#### КЛАСС МЛЕКОПИТАЮЩИЕ

Это наиболее высокоорганизованные позвоночные животные, ведущие начало от древних примитивных форм пресмыкающихся (от звероподобных ящеров) и составившие наряду с птицами вторую прогрессивную ветвь эволюции позвоночных.

Отличительные признаки млекопитающих: прогрессивное развитие центральной нервной системы, особенно коры больших полушарий головного мозга, живорождение, наличие млечных желез и вскармливание детенышей молоком, четырехкамерное сердце, два круга кровообращения и способность к терморегуляции. Волосистой кожей и жировая подкожная клетчатка предохраняют тело от охлаждения, а от перегрева оно защищено благодаря испарению влаги через потовые железы. Зубы дифференцированы на резцы, клыки и коренные, что создает возможность приспособления к самой разнообразной пище. Эти и другие прогрессивные черты организации млекопитающих обусловили их преимущества в эволюции: они в гораздо меньшей степени (чем предыдущие классы) зависят от влияния окружающей среды и широко распространены в природе.

В связи с различными условиями обитания внешний вид млекопитающих разнообразен: у почвенных форм тело вальковидное, у водных — удлинненное, рыбообразное, но наиболее распространен тип наземных четвероно-

гих зверей. Тело млекопитающего подразделяется на голову, туловище и конечности, которые поднимают его над землей. Кожа состоит из двух слоев: *многослойного эпидермиса*, производными которого являются волосы, когти, копыта, щетина и т. п., и *собственно кожи*, или *дермы*. Кожа богата железами (сальные, потовые, млечные, пахучие). Все млекопитающие очень активно передвигаются, движения их разнообразны и сложны. Для всех представителей класса характерна куполообразная мышца — *диафрагма*, отграничивающая грудную полость от брюшной и участвующая в акте дыхания. Хорошо развита подкожная мускулатура, при ее сокращении осуществляются поворот ушных раковин и принюхивание, столь необходимые при охоте хищных и настораживании травоядных.

Кости млекопитающих прочные и массивные. Весь костный скелет состоит из скелета головы, позвоночника, конечностей и их поясов. Позвоночник подразделяется на *шейный отдел*, в котором *семь позвонков* независимо от длины шеи (характерный признак млекопитающих), *грудной*, *поясничной*, *крестцовой* и *хвостовой*. Грудной отдел несет ребра, которые, соединяясь с грудиной, образуют грудную клетку. Череп имеет объемистую мозговую коробку, что свидетельствует о крупных размерах головного мозга. Многие кости черепа срастаются очень поздно, и мозг может расти длительное время. Плечевой пояс состоит из двух пар костей: лопаток и ключиц. Передняя конечность представлена плечевой костью, предплечьем и кистью. Тазовый пояс состоит из трех парных костей: подвздошных, седалищных и лобковых. Задняя конечность представлена бедром, голенью и стопой. Пищеварительная система млекопитающих отличается большой сложностью (рис. 65). Развита пищеварительные железы (слюнные и поджелудочная, а также печень). Зубы дифференцированы на *резцы*, *клыки*, *ложные коренные* и *коренные*, приспособленные к жевательной функции, что дает возможность лучше использовать пищу. Их развитие связано с характером пищи. В ротовую полость открываются *три пары слюнных желез*. Далее пища попадает в глотку, пищевод, желудок, имеющий у большинства млекопитающих мешковидную форму. Его слизистая оболочка богата железами, выделяющими пищеварительные ферменты. Сложное строение имеет желудок жвачных. В нем четыре отдела: рубец, сетка, книжка и сычуг. За желудком следует кишечник, состоящий из

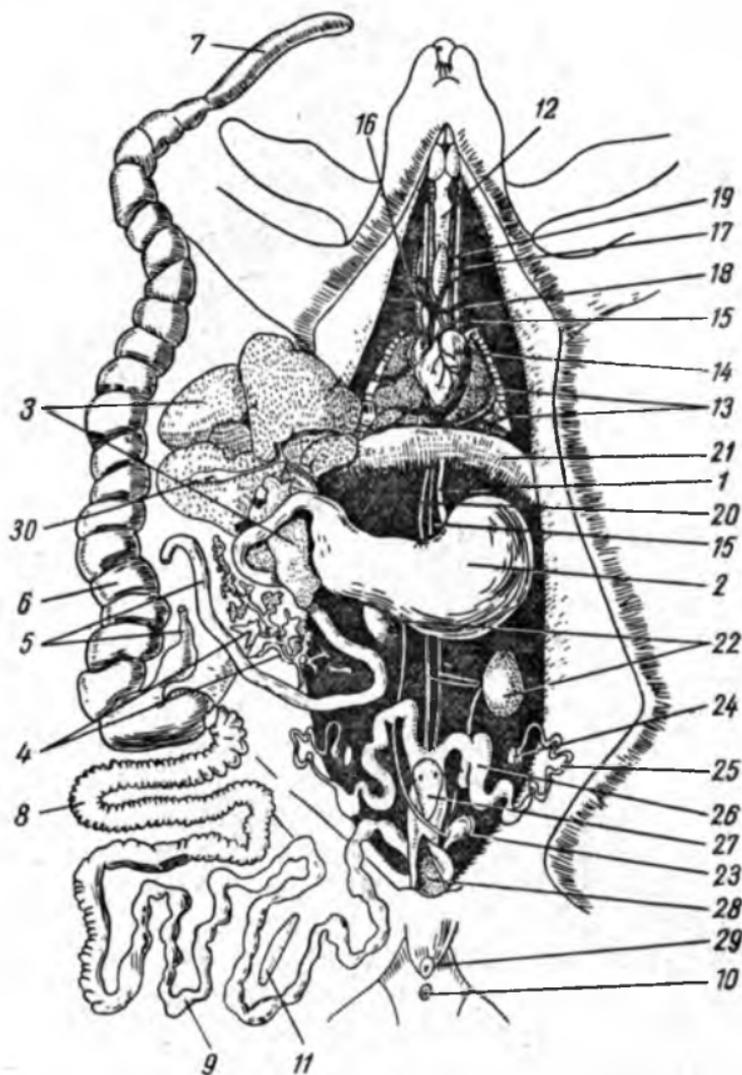


Рис. 65. Внутреннее строение млекопитающего (кролик):

1 — пищевод, 2 — желудок, 3 — печень, 4 — поджелудочная железа, 5 — тонкая кишка, 6 — слепая кишка, 7 — червеобразный отросток, 8 — толстая кишка, 9 — прямая кишка, 10 — заднепроходное отверстие, 11 — селезенка, 12 — трахея, 13 — легкие, 14 — сердце, 15 — аорта, 16, 17 — артерии, 18—20 — задняя полая вена, 21 — диафрагма, 22 — почки, 23 — мочевого пузыря, 24 — яичники, 25 — яйцеводы, 26 — матка, 27 — влагалище, 28 — мочеполовой синус, 29 — мочеполовое отверстие, 30 — желчный пузырь

тонкого и толстого отделов. На границе этих отделов находится слепая кишка, служащая у животных, которые питаются грубой пищей (крысы, кролики), «бродильным чаном», где функционируют бактерии, расщепляющие клетчатку. Общая длина кишечника зависит от характера

пищи: у растительноядных она во много раз превосходит длину тела, например у копытных — в 12—30 раз, у хищных — в 2,5—6 раз.

Легкие млекопитающих имеют *альвеолярное строение*, хорошо развиты дыхательные пути. Носовая полость ведет в глотку, затем в гортань, которая образована системой хрящей. Далее следуют трахея и бронхи. В легких бронхи ветвятся на более тонкие трубки. Самые мелкие из них — бронхиолы — заканчиваются пузырьками — альвеолами, оплетенными капиллярами; в их тонких стенках осуществляется обмен газов.

Интенсивный обмен веществ в тканях обуславливает быструю доставку кислорода и питательных веществ. Эту функцию выполняет кровеносная система. Сердце у млекопитающих, как и у птиц, *четырёхкамерное*, в нем также не смешивается венозная и артериальная кровь (кровообращение осуществляется по большому и малому кругу). Большой круг начинается от левого желудочка, здесь берет начало левая дуга аорты, несущая насыщенную кислородом кровь к органам и тканям. От аорты отходят венечные артерии, питающие сердце. Венозная кровь от головы, туловища и конечностей вливается в правое предсердие, замыкающее большой круг кровообращения. Малый круг кровообращения берет начало в правом желудочке легочной артерией, которая идет к легким. Из легких окисленная кровь возвращается в левое предсердие, где малый круг оканчивается.

Нервная система млекопитающих высоко развита. Головной мозг имеет крупные размеры за счет увеличения полушарий и мозжечка. Полушария переднего мозга прикрывают промежуточный и средний мозг. В коре мозга расположены центры высшей нервной деятельности, регулирующие сложное поведение животных, а также высшие чувствительные и двигательные центры. Часть коры скрыта в бороздах, что увеличивает ее поверхность. Чем выше организация млекопитающего, тем больше развита сеть борозд. Мозжечок крупных размеров, осуществляет координацию млекопитающих (рис. 66).

Огромную роль в жизни млекопитающих играют органы чувств. С их помощью животное отыскивает себе пищу, чувствует приближение врагов и т. д. Орган слуха состоит из трех отделов: внутреннего, среднего и наружного уха. На границе наружного и среднего уха имеется барабанная перепонка. В среднем ухе располагаются три

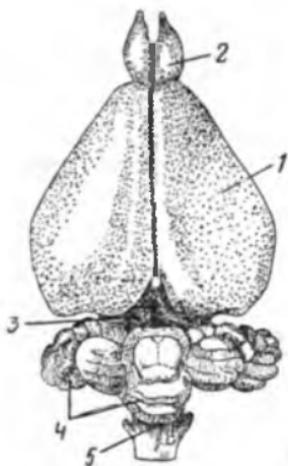
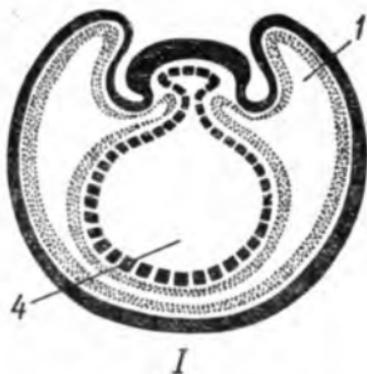
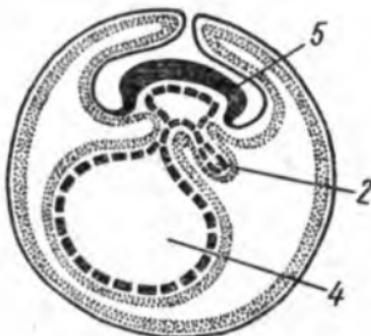


Рис. 66. Мозг млекопитающих:

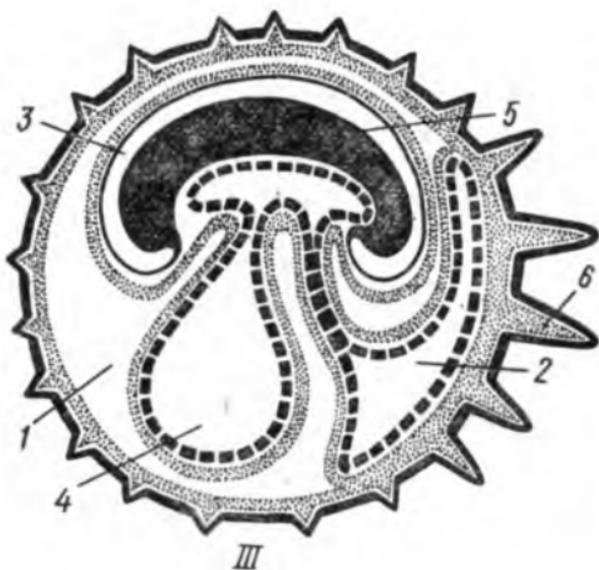
1 — большие полушария переднего мозга, 2 — обонятельные доли, 3 — средний мозг, 4 — мозжечок, 5 — продолговатый мозг



I



II



III

Рис. 67. Развитие зародышевых оболочек и плаценты у плацентарных млекопитающих (схема) I—III — последовательные стадии:

1 — внезародышевая полость, 2 — аллантаис, 3 — амнион, 4 — желточный пузырь, 5 — зародыш, 6 — плацента

слуховые косточки: молоточек, наковальня и стремечко, которые проводят колебания барабанной перепонки во внутреннее ухо. У многих видов хорошо развита ушная раковина, с помощью которой улавливаются звуки.

У рукокрылых, мышевидных грызунов, землероек, китообразных (дельфины) существует особый механизм ориентировки в пространстве — *звуковая локация*. Благодаря этому животные воспринимают удаленные предметы. Это незаменимый метод ориентировки в воде и в ночное время. Органы зрения — глаза. Острота зрения зависит от условий жизни. Хорошо развито зрение у приматов и животных открытых мест. Гораздо слабее оно у лесных видов и не развито у подземных. Цветовое зрение у млекопитающих по сравнению с птицами развито слабо либо отсутствует. Органами осязания служат осязательные волоски — *вибриссы*, расположенные на передней части головы и туловища. Особенно хорошо развито осязание у ночных животных, например у кошачьих. Органы выделения млекопитающих — пара *тазовых почек*.

Млекопитающие — раздельнополые животные. Половые железы у самки представлены двумя яичниками, от которых отходит по одному яйцеводу; у самца — парные семенники, семяпроводы, открывающиеся в мочеиспускательный канал. Оплодотворение внутреннее, у подавляющего большинства зародыш развивается в матке (рис. 67). В матке формируется *плацента*, или детское место, поэтому высших млекопитающих называют *плацентарными*. У низших представителей класса — яйцекладущих — плаценты нет, а у сумчатых она недоразвита. В процессе эмбрионального развития образуется зародышевая оболочка — амнион, создающая водную среду для зародыща. Амнион покрыт наружной зародышевой оболочкой — серозой. Плацента формируется в результате срастания наружной зародышевой оболочки (серозы) и зародышевого органа — *аллантоиса*. Они образуют губчатое тело — *хорион*, имеющее ворсинки, с помощью которых оно врастает в разрыхленный эпителий стенки матки. В этом месте переплетаются кровеносные сосуды материнского организма и эмбриона, и путем диффузии через стенки этих кровеносных сосудов плод получает от матери питательные вещества, кислород, а из развивающегося организма выносятся продукты распада.

Класс Млекопитающие включает три подкласса: Яйцекладущие, Сумчатые, Плацентарные.

**Подкласс Яйцекладущие** включает несколько видов примитивных млекопитающих, сохранившихся только в Австралии и на прилегающих к ней островах (*утконос*

*и ехидна*). В своей организации они имеют ряд признаков пресмыкающихся, один из которых — размножение с откладкой яиц. Температура их тела в зависимости от температуры внешней среды колеблется в пределах от 25 до 35°C. Детенышей вскармливают молоком.

**Подкласс Сумчатые.** Представители обитают в основном в Австралии. Среди них — *кенгуру, сумчатый волк, коала, сумчатая крыса, сумчатый крот* и др. В Южной Америке распространены немногие виды (например, *кенгуровая крыса, опоссум*). Систематический признак сумчатых — расположенная на брюшной стороне у самки *кожистая сумка*, где развивается недоношенный в матке детеныш. У кенгуру детеныш рождается величиной с грецкий орех, в дальнейшем он проникает в сумку. В ее полость открывается один сосок, который разбухает во рту детеныша. По своей организации сумчатые стоят выше яйцекладущих, но интенсивность окислительных и обменных процессов у них невысокая, температура тела в зависимости от окружающей среды колеблется в пределах 3—5°C.

**Подкласс Плацентарные** — самые высокоорганизованные млекопитающие. Отличаются большим разнообразием видов, приспособленных к многообразным условиям обитания. Подкласс включает 17 отрядов.

**Отряд Насекомоядные** объединяет примитивных, самых древних плацентарных млекопитающих. К этому отряду относятся *ежи, землеройки, кроты*. Они ведут роющий образ жизни, имеют пятипалые конечности, снабженные коготками. Питаясь личинками насекомых и нападая на грызунов, приносят пользу, но иногда могут стать носителями возбудителей заболеваний, опасных для человека (энцефалита, туляремии).

**Отряд Рукокрылые.** Сюда относятся *летучие мыши, летучие собаки, ушаны, кровососы* — ночные млекопитающие, приспособленные к полету. Пальцы передних конечностей удлинены, между ними натянута кожистая перепонка, переходящая на задние конечности и хвост. Эти животные способны издавать ультразвуки и, улавливая их отражение, ориентироваться в пространстве. Механизм полета и эхолокация привлекают внимание исследователей — специалистов по бионике. Большинство рукокрылых уничтожает вредных насекомых. Некоторые из них вредят фруктовым деревьям, а кровососы нападают на домашних животных.

**Отряд Грызуны.** Общий признак многочисленных представителей отряда — *хорошо развитые резцы*, лишенные корней и растущие в течение всей жизни. Коренные зубы имеют широкую поверхность для пережевывания твердой пищи. У некоторых представителей развиты защечные мешки. Среди грызунов много вредителей сельского хозяйства (суслики, хомяки, полевые мыши, крысы, тушканчики); ценный мех дают бобры, белки, нутрии, ондатры. Нередко грызуны бывают носителями и переносчиками возбудителей опасных заболеваний (чума, туляремия, энцефалит, крысиный тиф и др.).

**Отряд Хищные.** Представители характеризуются *развитыми клыками и режущими коренными зубами*. Пятипалые конечности снабжены острыми втянутыми либо невтянутыми когтями. Хорошо развиты обоняние и осязание. Ценный мех и шкуру дают соболь, куница, норка, горностай, выдра, песец, которые составляют предмет промысла. Отрицательная роль состоит в том, что собаки и кошки могут быть механическими переносчиками цист простейших и яиц гельминтов, опасных для человека; собаки, лисицы и волки — основные хозяева эхинококка и альвеококка. Некоторые хищники — источники заражения бешенством, чесоткой и грибковыми заболеваниями. Уничтожают домашний скот и диких копытных волки и шакалы.

**Отряд Ластоногие.** Жизнь этих животных тесно связана с водной средой. Их конечности превратились в ласты. Развит подкожный жировой слой. Ценный мех дают котики; мясо и технический жир получают от моржей и тюленей.

**Отряд Китообразные.** Всю жизнь проводят в воде. Форма тела рыбообразная. Сильно развита подкожная жировая клетчатка, легкие отличаются большим объемом. Зубы имеются у дельфинов и кашалотов, которые питаются рыбой. Беззубые киты — самые крупные водные животные — питаются мелкими членистоногими. Дельфины обладают развитым головным мозгом, который определяет их сложное поведение. Жир печени китов, богатый витамином А, используется в медицине.

**Отряд Парнокопытные.** В основном растительноядные животные, у которых преимущественное развитие получили III и IV пальцы, покрытые роговыми копытами. У жвачных парнопалых (крупный рогатый скот, козы, олени, овцы) хорошо развита жевательная поверхность коренных зубов, имеются сложный желудок,

включающий рубец, сетку, книжку, сычуг и очень длинный кишечник. Такая особенность строения пищеварительного тракта связана с употреблением грубой малокалорийной пищи. У нежвачных (свиньи, бегемоты) и у мозолоногих (верблюды) желудок состоит из одного отдела. Парнопалые дают продукты питания — молоко, мясо, сало; сырье для кожевенной промышленности, шерсть; используются как тяговая сила. Некоторые парнокопытные — промежуточные хозяева бычьего и свиного цепней и основные хозяева сосальщиков. Через козье и овчье молоко передаются возбудители бруцеллеза и туберкулеза, а через молоко крупного рогатого скота — бруцеллез. Все копытные болеют ящуром, сибирской язвой и могут быть источником заражения человека.

**Отряд Непарнокопытные.** Растительоядные животные с развитым III пальцем, несущим копыто. К ним относятся лошади, ослы, носороги и зебры. Разводимые человеком ослы и лошади используются как ездовые животные.

**Отряд Приматы.** Самые высокоорганизованные млекопитающие. Кора больших полушарий мозга сильно развита, имеет сложную систему борозд и извилин. На пальцах имеются ногти. Зубы по строению и дифференцировке напоминают зубы человека. Тело покрыто волосным покровом, отсутствующим на лице, ладонях, подошвах. Имеется одна пара млечных желез.

В эволюционном отношении интересна группа человекообразных обезьян (шимпанзе, горилла, орангутан, гиббон), имеющих общее с человеком происхождение. Обезьяны — объекты медицинских исследований, так как по систематическому положению стоят к человеку ближе всех животных.

## АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Анатомия изучает форму и строение органов и составляемых ими систем человеческого тела в связи с выполняемыми функциями; физиология исследует жизненные функции организма и его отдельных частей. И строение, и функции органов взаимосвязаны, поэтому их понимание невозможно в отрыве друг от друга. Знание анатомического строения, согласованной функции органов и систем позволяет обосновать гигиенические условия труда

и отдыха, меры профилактики заболеваний для сохранения здоровья, трудоспособности и долголетия человека. Поэтому гигиена изучается в тесной связи с анатомией и физиологией.

Развитие анатомии связано с именами Аристотеля, Гиппократ, Галена, А. Везалия, У. Гарвея, Н. И. Пирогова, П. Ф. Лесгафта, И. И. Мечникова, В. П. Воробьева, В. Н. Тонкова, Н. М. Амосова и других ученых.

Анатомия человека включает следующие частные дисциплины: нормальную анатомию, изучающую строение здорового человека и его органы; патологическую анатомию — морфологию больного человека; топографическую анатомию — науку о местонахождении любого органа в человеческом теле; динамическую анатомию, изучающую двигательный аппарат с функциональных позиций, что имеет значение для правильного физического развития человека.

Анатомия исследует становление человека в его историческом развитии в процессе эволюции животных, используя сравнительно-анатомический метод. К анатомии примыкают гистология — наука о тканях, и эмбриология, которая изучает процессы образования половых клеток, оплодотворение, зародышевое развитие организмов.

Современная анатомия широко использует эксперимент и располагает новейшими методами исследования, включая современную оптику, рентгеновское излучение, применяет методы радиотелеметрии, пластические материалы, сплавы, консерванты и опирается на законы физики, химии, кибернетики, цитологии и др.

Физиологию можно разделить на три отдела — общую, сравнительную и специальную. Общая физиология исследует основные закономерности реагирования живых организмов на воздействия среды. Сравнительная физиология изучает специфические особенности функционирования целостного организма, а также тканей и клеток организмов, относящихся к разным видам. Сравнительная физиология тесно связана с эволюционной физиологией. Кроме того, существуют специальные разделы физиологии, изучающие физиологию различных видов животных (например, сельскохозяйственных, хищных и т. д.) или физиологию отдельных органов (сердца, почек, печени и т. д.), тканей, клеток.

Для изучения функций организма применяют различные методы. К ним относятся кратковременное или длительное наблюдение за работой органов при повыше-

нии функциональной нагрузки, действию на них раздражителей или при перерезке нервов, введении лекарственных веществ и т. п. Широко используются также инструментальные методы изучения, которые исключают какое-либо повреждение тканей и органов животных. С помощью различных приборов можно получить сведения об электрических процессах, происходящих в организме, о состоянии нервной системы, сердца и других органов. Современные методы позволяют регистрировать электрическую активность любого органа. С помощью оптических методов изучают внутреннюю поверхность стенки желудка, кишечника, бронхов, матки и т. д. Исследование тела с помощью рентгеновских лучей дает возможность изучать функционирование пищеварительной, сердечно-сосудистой и других систем у здорового и больного человека. Все большее значение приобретают радиотелеметрические способы передачи информации о физиологических процессах. Например, радиотелеметрию применяют для изучения состояния человека во время космических полетов. Для оценки функциональной активности органов человека широко используют биохимические исследования тканей, жидкостей организма — крови, спинно-мозговой жидкости, мочи и т. д. Таким образом, только с помощью всестороннего исследования организма можно глубоко понять принципы функционирования его на клеточном, тканевом, органном и системном уровнях.

Анатомия и физиология составляют основу медицинской науки. Современные успехи медицины поразительны: осуществляются операции на мозге, сердце, пересадка тканей и отторгнутых частей тела, переливание крови, пластические операции; синтезированы и успешно применяются гормоны, витамины, лечатся и предупреждаются с помощью лекарственных препаратов многие болезни, используются аппараты искусственного дыхания и кровообращения, искусственная «почка».

## **ОБЩИЙ ОБЗОР СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**

Организм человека имеет клеточное строение. Клетки образуют ткани — группы клеток, возникающие из одного зародышевого зачатка, имеющие сходное строение и выполняющие одни и те же функции. Различают четы-

ре группы тканей: эпителиальную, соединительную, мышечную, нервную.

**Эпителиальная ткань** образует кожные покровы и выстилает изнутри полые внутренние органы, выполняя защитную функцию, функцию обмена веществ между организмом и внешней средой. Различают однослойный и многослойный эпителий, который по форме клеток может быть плоским, цилиндрическим, кубическим.

**Соединительная ткань** состоит из клеток и неклеточного вещества с преобладанием последнего. В эту группу входят: собственно соединительная ткань, костная, жировая, а также хрящ, сухожилия, связки, кровь и лимфа. Все разновидности этой ткани имеют единое мезодермальное происхождение, но каждая из них различается по строению и выполняемой функции. Опорную функцию выполняют хрящевая и костная ткани. Хрящ состоит из разнообразных плотных волокон и клеток, вместе с костной тканью придает прочность позвоночнику и другим частям скелета. Костная ткань включает клетки и неклеточное вещество, имеющее форму пластинок, пропитанных минеральными солями. Питательную и защитную функции несут кровь и лимфа.

**Мышечная ткань** обладает свойством возбудимости и сократимости, благодаря которым осуществляются двигательные процессы внутри организма и перемещение организма или его частей. Различают два вида мышечной ткани: гладкую и поперечно-полосатую. Гладкая мускулатура составляет мышцы внутренних органов, выстилает стенки кишечника, кровеносных сосудов. Она образована веретеновидными одноядерными клетками длиной до 0,1 мм. Гладкомышечные клетки сокращаются ритмически и очень медленно, они меньше подвержены утомлению, чем поперечно-полосатые.

**Поперечно-полосатая мышечная ткань** составляет мускулатуру скелета, мышц языка, глотки, верхней части пищевода, гортани. Она состоит из волокон длиной 10—12 см. Отдельное волокно — это многоядерная клетка, в цитоплазме которой находятся тончайшие волокна — миофибриллы, расположенные параллельно и имеющие темные и светлые участки, которые образуют поперечные полосы. Мышечные волокна, соединяясь, слагают пучки, а пучки — мышцы.

**Нервная ткань** образована нервными клетками — нейронами и нейроглией. Нейроны состоят из тела и двух видов отростков: короткие ветвящиеся дендриты прово-

дят возбуждение к телу нейронов; длинные неветвящиеся аксоны передают импульсы от нейронов к другим клеткам или тканям. Нервные отростки, покрытые оболочками, составляют нервные волокна. Одни из них с помощью периферических окончаний воспринимают раздражение и называются чувствительными (афферентными) волокнами, другие при помощи окончаний передают возбуждение на рабочие органы и называются двигательными (эфферентными) волокнами — если подходят к мышцам, и секреторными — если подходят к железам. Переключение нервного импульса с одного нейрона на другой или с нервного окончания на орган происходит при помощи синапсов — участков соединений.

Нейроглия выполняет опорную, питательную и защитную функции. Ее клетки образуют оболочки нервных волокон, отделяя нервную ткань от других тканей организма.

Основные свойства нервной ткани — *возбудимость* и *проводимость*. Под действием различных раздражителей, как внешних, так и внутренних, возникшее возбуждение передается в центральную нервную систему по чувствительным волокнам, где переключается через вставочный нейрон на центробежные волокна, несущие возбуждение к действующему органу, вызывая ответную реакцию.

Ткани образуют комплексы — органы и системы органов. Орган — часть человеческого тела с присущей ему определенной формой, строением, функцией. Он представляет собой систему основных видов тканей, но с преобладанием одной (или двух) из них. Так, в состав сердца входят различные виды соединительной ткани, а также нервная и мышечная, но преимущество принадлежит последней. Она и определяет основные особенности строения и работы сердца. Помимо отдельных органов в состав организма входят системы органов — совокупность однородных органов, сходных по своему общему строению, функции и развитию (костно-мышечная, дыхательная, кровеносная, система органов пищеварения, выделения и т. д.).

## КОСТНО-МЫШЕЧНАЯ СИСТЕМА

**Скелет.** Скелет человека образован отдельными костями, соединенными между собой с помощью связок и суставных сумок. В скелете человека насчитывается бо-

лее 200 костей. Они образуют позвоночный столб, грудную клетку, скелет головы — череп, верхние конечности с плечевым поясом и нижние конечности с тазовым поясом (рис. 68). Скелет выполняет опорную и защитную функцию. Кости, как рычаги, приводятся в движение прикрепленными к ним мышцами под влиянием нервных импульсов, что и обеспечивает общую двигательную функцию. Хрящи образуют внутрисуставные мениски, диски между позвонками, передние концы ребер, полукольца трахеи, некоторые хрящи гортани, ушные раковины.

По форме все кости делятся на трубчатые (длинные и короткие), плоские и смешанные. К *длинным трубчатым* относятся бедренные кости, плечевые, кости предплечья, голени. В них различают среднюю часть — тело с полостью внутри, заполненной желтым костным мозгом, и концы костей, покрытые хрящом и образующие суставные поверхности. *Короткие трубчатые кости* находятся в кисти и стопе. *Плоские или широкие кости* небольшой толщины, но различны по длине и ширине (лопатка, кости черепа, грудина, кости таза). *Смешанные кости* — височные и кости основания черепа. Они включают элементы коротких и плоских костей. Форма костей зависит от выполняемых функций. Например, кости черепа и таза служат поддержкой и защитой для мягких тканей и органов, длинные кости конечностей участвуют в движении. В скелете сосредоточены минеральные соли (кальция, железа, фосфора).

**Строение кости.** Кость состоит из плотного компактного и губчатого вещества. Тело длинных костей образовано *компактным веществом*, которое тонким слоем простирается и на концы костей. Под слоем компактного вещества в коротких и плоских костях, а также на концах длинных костей находится *губчатое вещество*. Оно состоит из костных пластинок, расположенных в направлении действия силы давления и растяжения. Губчатое вещество и трубчатая форма длинных костей придают им прочность и уменьшают массу. Полость между перегородками губчатого вещества заполнена *красным костным мозгом* — тканью, образующей клетки крови. Полости трубчатых костей у новорожденных также заполнены красным костным мозгом, который с возрастом заменяется желтым, утрачивающим функцию кроветворения.

Сверху кость покрыта надкостницей (рис. 69) — соеди-

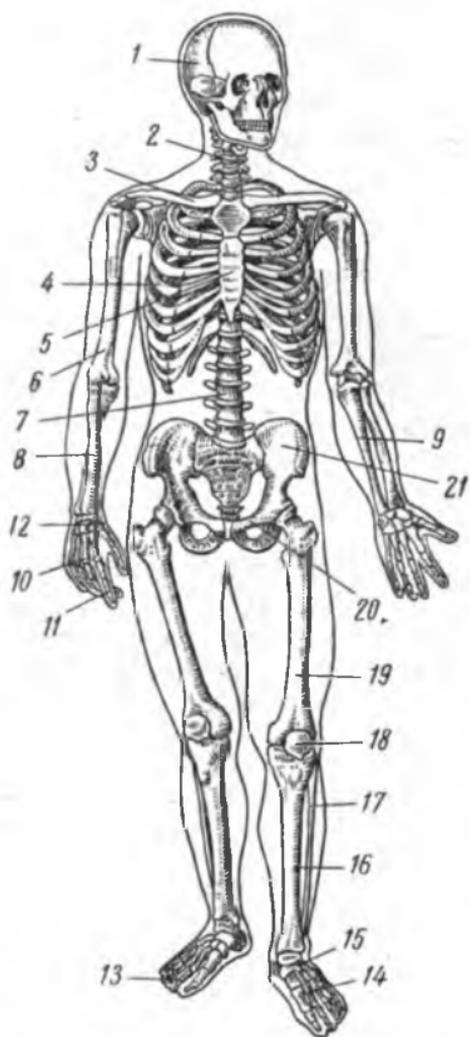


Рис. 68. Скелет человека (вид спереди):

1 — череп, 2, 7 — позвоночник, 3 — ключица, 4 — грудная клетка, 5 — грудина, 6 — плечевая кость, 8 — лучевая кость, 9 — локтевая кость, 10 — пясть, 11 — фаланги пальцев, 12 — запястье, 13 — фаланги пальцев ноги, 14 — плюсна, 15 — предплюсна, 16 — большая берцовая кость, 17 — малая берцовая кость, 18 — коленная чашечка, 19 — бедренная кость, 20 — лобковая кость, 21 — подвздошная кость

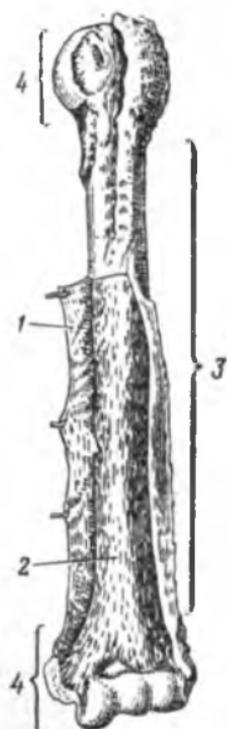


Рис. 69. Строение трубчатой кости:

1 — надкостница, 2 — плотное вещество кости, освобожденное от надкостницы, 3 — диафиз, 4 — эпифиз

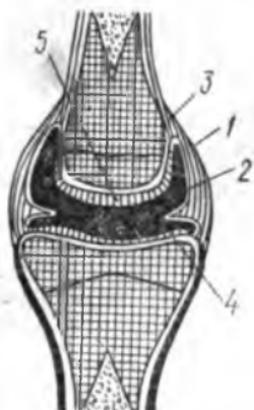


Рис. 70. Сустав (схема):

1 — суставная сумка, 2 — внутрисуставная жидкость, 3 — надкостница, 4, 5 — суставные поверхности, покрытые хрящом

нительнотканной пластинкой, сросшейся с костным веществом. Внутренний ее слой состоит из делящихся клеток — остеобластов, которые образуют костное вещество; следовательно, за счет надкостницы кость растет в толщину, а при переломе за счет нее кость восстанавливается. Внутренний слой надкостницы пронизан кровеносными сосудами и нервными волокнами, которые входят в толщу кости через отверстия; наружный слой состоит из соединительной ткани и выполняет защитную функцию. В молодом возрасте между концами и телом длинных костей сохраняются *хрящевые прослойки*. Их клетки способны размножаться, за счет чего кость растет в длину. Полное окостенение наступает к 20—25 годам.

В состав кости входит органическое вещество — *оссеин*, придающий ей эластичность и упругость; твердость кость приобретает благодаря накоплению в ней минеральных веществ (соединения кальция, фосфора). В костях детей больше органических веществ, поэтому они очень упруги, поддаются искривлению и менее ломки. У взрослого человека на две трети минеральных веществ приходится одна треть органических. К старости из-за преобладания минеральных солей кости становятся хрупкими и чаще подвержены переломам.

**Соединение костей.** Поверхность костей имеет разнообразные борозды, вырезки, бугры и бугорки, к которым прикрепляются сухожилия и мышцы. Имеются также отверстия, через которое проходят сосуды и нервы. Кости в скелете образуют различные виды соединений. В зависимости от выполняемых функций различают неподвижные, полуподвижные (непрерывные) и подвижные (прерывистые) соединения костей. *Неподвижные соединения* образуются с помощью швов (кости черепа) и сращения отдельных костей (крестец). *Полуподвижные* достигаются с помощью хрящей (тела позвонков), *подвижные* — благодаря суставам (так соединяются кости скелета конечностей). У большинства суставов конец одной кости выпуклый — суставная головка, а конец другой — вогнутый — суставная впадина, в которую входит соответствующая ей по форме суставная головка. Суставные поверхности покрыты слоем блестящего гладкого хряща, который уменьшает трение при движении (рис. 70). Концы костей заключены в суставную сумку, состоящую из волокнистой ткани с переплетающимися связками, придающими ей прочность. Сумка охватывает сочленяющиеся кости и прирастает к надкостнице, герме-

тически замыкая безвоздушную суставную полость. Внутренняя поверхность сумки выстлана оболочкой, которая выделяет вязкую жидкость, способствующую скольжению суставных поверхностей и уменьшению трения.

**Части скелета.** Скелет человека подразделяется на скелет туловища, скелет головы, скелет конечностей и их поясов. Скелет туловища включает позвоночник и кости грудной клетки. *Позвоночный столб* — опора туловища, он состоит из 33—34 позвонков и делится на отделы: шейный (7 позвонков), грудной (12), поясничный (5), крестцовый (5), копчиковый (4—5). Позвоночный столб имеет четыре изгиба: два из них (шейный и поясничный) обращены выпуклостью вперед и два (грудной и крестцовый) — назад. Каждый позвонок состоит из тела, дуги и отходящих от нее семи отростков: одного остистого, двух поперечных и двух пар суставных (рис. 71). Остистый отросток обращен кзади, к нему прикрепляются связки и мышцы спины; с поперечными отростками соединяются ребра, а суставные отростки служат для сочленения позвонков между собой. Между телом позвонка и дугой находится отверстие; при наложении позвонков друг на друга эти отверстия образуют позвоночный канал, в котором залегает спинной мозг.

Два первых шейных позвонка обеспечивают повороты головы. Первый позвонок, сочлененный с черепом, имеет вид кольца, второй снабжен зубовидным отростком, ко-

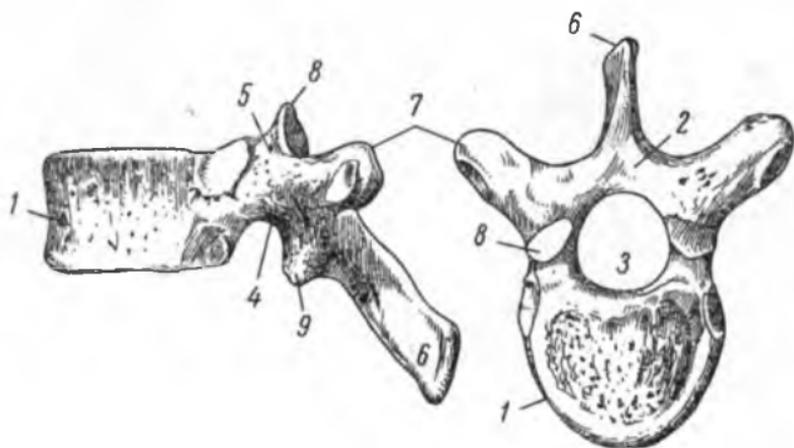


Рис. 71. Грудной позвонок:

1 — тело, 2 — дуга, 3 — позвоночное отверстие, 4 — нижняя вырезка, 5 — верхняя вырезка, 6 — остистый отросток, 7 — поперечный отросток, 8 — верхний суставной отросток, 9 — нижний суставной отросток

торый входит в углубление кольца первого. Наиболее массивные позвонки находятся в поясничном отделе, который выдерживает наибольшую тяжесть тела. Позвонки крестцового отдела срастаются в массивную кость — крестец, имеющий форму пирамиды, вершиной обращенной вниз. Копчиковые позвонки недоразвиты и представляют рудимент хвоста животных предков человека.

*Грудная клетка* имеет вид усеченного конуса и сплюснута в передне-заднем направлении. Она образована двенадцатью парами ребер, грудными позвонками и грудиной. Верхние семь пар ребер соединяются с помощью хрящей с грудиной, их называют истинными; следующие пять пар ребер называют ложными, из них восьмая, девятая и десятая пары соединяются с хрящом вышележащего ребра, образуя дугу, а одиннадцатая и двенадцатая пары хрящей не имеют, передние концы их свободны. Грудина представляет собой плоскую кость, состоящую из рукоятки, тела и мечевидного отростка; расположена по средней линии груди.

*Скелет черепа* состоит из парных и непарных костей. Большинство костей черепа плоские, соединены друг с другом швами. Некоторые кости имеют полости, заполненные воздухом, и образуют пазухи. В черепе различают мозговую и лицевую отделы (рис. 72). *Мозговой отдел* состоит из восьми костей: четыре из них непарные — затылочная, клиновидная, решетчатая, лобная и две парные — теменные и височные. Затылочная кость образует заднюю стенку черепа и его основание, имеет большое затылочное отверстие, через которое спинной мозг соединяется с головным. В центре основания черепа помещается клиновидная, или основная, кость. Лобная кость лежит впереди теменных и входит в состав крыши черепа. Для нее характерны лобные бугры и надбровные дуги. Решетчатая кость построена из тонких костных пластинок, между которыми находятся воздухоносные полости. Височные кости занимают передне-боковые стороны мозгового черепа. Теменные кости образуют середину крыши черепа. На их наружных поверхностях имеются выступы — теменные бугры.

*Лицевой отдел* формируют верхняя челюсть, образованная двумя сросшимися верхнечелюстными костями, носовые кости, сошник — непарная кость, участвующая в образовании перегородки носа, слезные кости, скуловые и небные. В этот отдел входит также непарная нижняя челюсть — единственная подвижно сочленяющая-

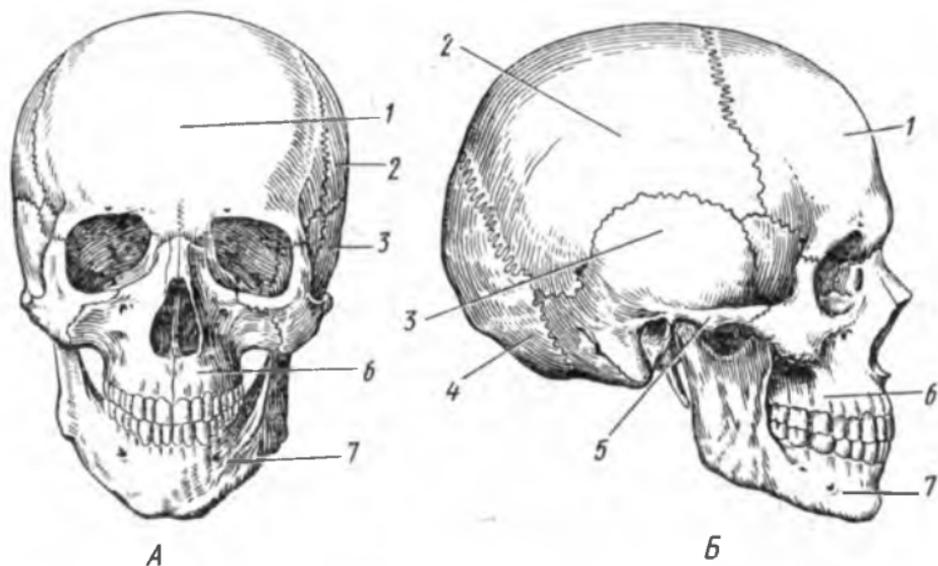


Рис. 72. Череп человека. А — спереди; Б — сбоку:

1 — лобная кость, 2 — теменные кости, 3 — височные кости, 4 — затылочная кость, 5 — скуловые кости, 6 — верхняя челюсть, 7 — нижняя челюсть

ся с помощью суставов кость черепа. Спереди на ее поверхности выделяется подбородочный выступ, свойственный только человеку.

*Скелет верхних конечностей* состоит из плечевого пояса и свободных конечностей рук. Плечевой пояс образован парными костями — лопаткой и ключицей. Лопатка — плоская кость треугольной формы, сочленяющаяся с плечевой костью и ключицей. Ключица одним концом соединяется с грудиной, другим — с лопаткой. Скелет верхней конечности состоит из плеча, предплечья и кисти. Плечо образовано одной трубчатой плечевой костью. Предплечье имеет две кости — локтевую и лучевую. Кости предплечья вместе с плечевой составляют сложный локтевой сустав, а с костями запястья — лучезапястный сустав. Кисть включает восемь небольших косточек запястья, расположенных в два ряда, пять косточек пястья, образующих ладонь, и четырнадцать фаланг пальцев, из которых большой палец имеет две фаланги, а остальные — по три. У человека большой палец противопоставлен остальным четырем.

*Скелет нижних конечностей* делится на скелет тазового пояса и скелет свободных конечностей — ног. Тазовый пояс включает парные тазовые кости, каждая из которых состоит из трех сросшихся костей: подвздош-

ной, седалищной, лобковой. Тазовый пояс вместе с крестцом образует таз, защищающий внутренние органы брюшной полости. Скелет нижней конечности включает бедро, голень и стопу. Бедро представлено длинной трубчатой бедренной костью. Ее головка в верхней части входит в углубление тазовой кости, образуя трехосный тазобедренный сустав — более прочный, но менее подвижный, чем плечевой. Голень включает большую и малую берцовые кости. В стопе различают предплюсну, состоящую из семи костей (наиболее крупные из них пяточная и таранная), плюсну, образованную пятью костями, и фаланги пальцев. Большой палец имеет две фаланги, остальные — по три. Кости голени соединяются с костями плюсны голеностопным суставом. В связи с прямохождением стопа человека приобрела сводчатую форму, что придает ей свойства рессоры и обеспечивает пружинистую походку.

**Мышцы, их строение и значение.** Сокращение мышц обеспечивает движение тела и удержание его в вертикальном положении. Вместе со скелетом мышцы придают телу форму. С деятельностью мышц связана функция отдельных органов: дыхания, пищеварения, кровообращения; мышцы гортани и языка участвуют в воспроизведении членораздельной речи.

В зависимости от строения мышцы делятся на *гладкие (непроизвольные)* и *поперечно-полосатые (произвольные)*. Сокращение поперечно-полосатой мышечной ткани подчинено сознанию. В теле человека насчитывается около 600 скелетных мышц, что составляет  $\frac{2}{5}$  общей массы тела. Особый вид мышечной ткани — сердечная мышца, образованная поперечно-полосатыми мышечными волокнами, но сокращается она непроизвольно. Следовательно, функциональные особенности, строение и происхождение отличают мышцу сердца от других групп мышц.

Скелетная мышца покрыта плотной соединительнотканной оболочкой. Она плотно соединена с мышечной тканью и препятствует ее чрезмерному растяжению. Между пучками волокон в мышце расположены кровеносные сосуды и нервы. На концах мышца переходит в сухожилие, обладающее большой прочностью, но в отличие от мышц не способное к сокращению. Сухожилия прикрепляются к двум соседним костям, соединенным суставом. При сокращении мышца приближает свободные концы костей друг к другу.

Различают мышцы: короткие и толстые, находящиеся

преимущественно в глубоких слоях около позвоночного столба; длинные и тонкие, расположенные на конечностях; широкие и плоские, сосредоточенные в основном на туловище.

По функции мышцы делятся на *сгибатели, разгибатели, приводящие, отводящие, вращатели*. Мышцы, движения которых сочетаются, например при сгибании, называются *синергистами* или *содружественными*, а мышцы, участвующие в противоположных действиях, — *антагонистами*. Мышцы-антагонисты не препятствуют деятельности мышц-синергистов: при сокращении сгибателей одновременно расслабляются разгибатели, что обеспечивает согласованность движений. Мышцы, сокращение которых вызывает движение конечности от тела, называются *отводящими*, а их антагонисты, приближающие конечность к телу, — *приводящими*. Мышцы-вращатели при своем сокращении вращают ту или иную часть тела (голову, плечо, предплечье).

В ответ на механические, химические и физические раздражения в мышцах возникает возбуждение, и они сокращаются. В целостном организме одиночного сокращения не наблюдается, так как к мышцам из центральной нервной системы поступает поток импульсов, раздражения следуют одно за другим, поэтому мышца отвечает длительным сокращением, которое называется *тетаническим*. При этом интервал между импульсами короче времени одиночного сокращения, и новое возбуждение в мышцах возникает раньше, чем закончилось предыдущее сокращение.

В живом организме мышцы никогда не бывают полностью расслаблены, даже в состоянии покоя они всегда находятся в некотором напряжении — *тонусе*. Тонус вызывается редкими импульсами, поступающими в мышцы из центральной нервной системы. Благодаря мышечному тонусу поддерживается устойчивость тела и его равновесие. В работающих мышцах интенсивный обмен веществ сопровождается освобождением и расходом большого количества энергии. Только получая энергию, мышцы способны сокращаться. Энергия доставляется в результате происходящего в мышцах распада гликогена на глюкозу, а глюкозы — на молочную кислоту. Конечные продукты распада — диоксид углерода и вода, а также выделяющаяся энергия. В процессе расщепления глюкозы в мышечной ткани поглощается кислород и накапливается аденозинтрифосфат (АТФ), а его

энергия служит источником энергии мышц. Транспортирует все эти вещества кровеносная система. При раздражении мышцы повышается проницаемость ее клеточной мембраны для ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ), которые устремляются внутрь мышечных волокон и активируют мышечный белок миозин. Последний представляет собой фермент, при его участии от АТФ отщепляется одна молекула фосфорной кислоты и освобождается энергия, идущая на сокращение мышцы. По окончании мышечного сокращения ионы кальция выводятся наружу и концентрация этого элемента выравнивается до исходной. Наряду с распадом АТФ в мышцах идет непрерывный процесс ресинтеза этого вещества.

Работа мышц носит *рефлекторный характер*. К мышцам подходят два вида нервных волокон: центроостремительные, по которым возбуждение идет от рецепторов мышц в центральную нервную систему, и центробежные, проводящие возбуждение от нервной системы к мышце, в результате чего она сокращается в ответ на полученное раздражение. При напряженной мышечной работе посредством нервной регуляции усиливается функция дыхания и кровообращения, улучшается питание мышц и снабжение их кислородом.

Мышцы не могут работать беспрерывно. Длительная работа приводит к снижению работоспособности, что проявляется в мышечном утомлении. Процесс утомления прежде всего связан с нарушением передачи нервных импульсов, идущих от головного мозга: между нейронами, между двигательным нервом и мышцей, которая, не получая возбуждения, перестает сокращаться. При быстрых сокращениях в мышцах накапливаются продукты распада, препятствующие переходу нервного возбуждения с нервного волокна на мышцу и затрудняющие их работу.

Большое значение в работе мышц имеет ритм: если перерывы между напряжением достаточны для отдыха мышц, утомление мало заметно, и, напротив, оно наступает быстро, если перерывы недостаточны для восстановления функции мышц. Во время отдыха продукты распада окисляются кислородом и удаляются из мышц вместе с кровью, их сократительная способность возобновляется. Мышечное утомление — нормальный физиологический процесс: с окончанием напряжения работоспособность мышц восстанавливается. В отличие от этого переутомление мышц является следствием глубо-

кого нарушения функций организма, вызванного хроническим утомлением. Оно возникает при отсутствии условий для восстановления работоспособности организма, чему способствуют антигигиенические условия труда, нарушение питания и рационального режима труда и отдыха. И. М. Сеченов показал, что наиболее быстрое восстановление работоспособности мышц наступает не при полном покое, а при активном отдыхе.

В организме человека различают мышцы туловища, головы, верхних и нижних конечностей (рис. 73).

В области груди располагаются сильные мышцы, приводящие в движение плечевой пояс и верхние конечности. Другая группа коротких мышц принимает участие в движении грудной клетки при дыхании, поэтому эта группа мышц называется дыхательной мускулатурой. В области груди располагается большая грудная мышца. Сокращаясь, она вращает плечо, опускает поднятую руку. К группе дыхательных мышц относят наружные и внутренние межреберные мышцы. Наружные межреберные мышцы при сокращении поднимают ребра, а внутренние опускают их, и таким образом они участвуют в акте вдоха и выдоха. Куполообразная мышца — диафрагма — отделяет грудную полость от брюшной. Сокращаясь, диафрагмальная пластина опускается, и вертикальный размер грудной полости увеличивается, что способствует акту вдоха.

На задней стороне туловища располагаются мышцы спины, образующие две группы: поверхностные и глубокие. Первые, плоские и широкие, лежат под кожей. К ним относятся трапециевидная, широчайшая мышца спины, мышца, поднимающая лопатку, и др. Глубокие мышцы занимают все пространство между позвонками и углами ребер. Одни из них способствуют выпрямлению позвоночника, другие — повороту шеи, наклону головы назад. Брюшную стенку составляют широкие мышцы: наружная и внутренняя косые, поперечная и прямая. Они образуют брюшной пресс. Одновременное сокращение всех мышц стенки живота обеспечивает напряжение брюшного пресса, что сопровождается надавливанием на внутренние органы брюшной полости и сжатием их, словно прессом.

Самая крупная мышца шеи — грудино-ключично-сосцевидная.

Мышцы головы подразделяются на две группы: жевательные и мимические. Собственно жевательная мыш-

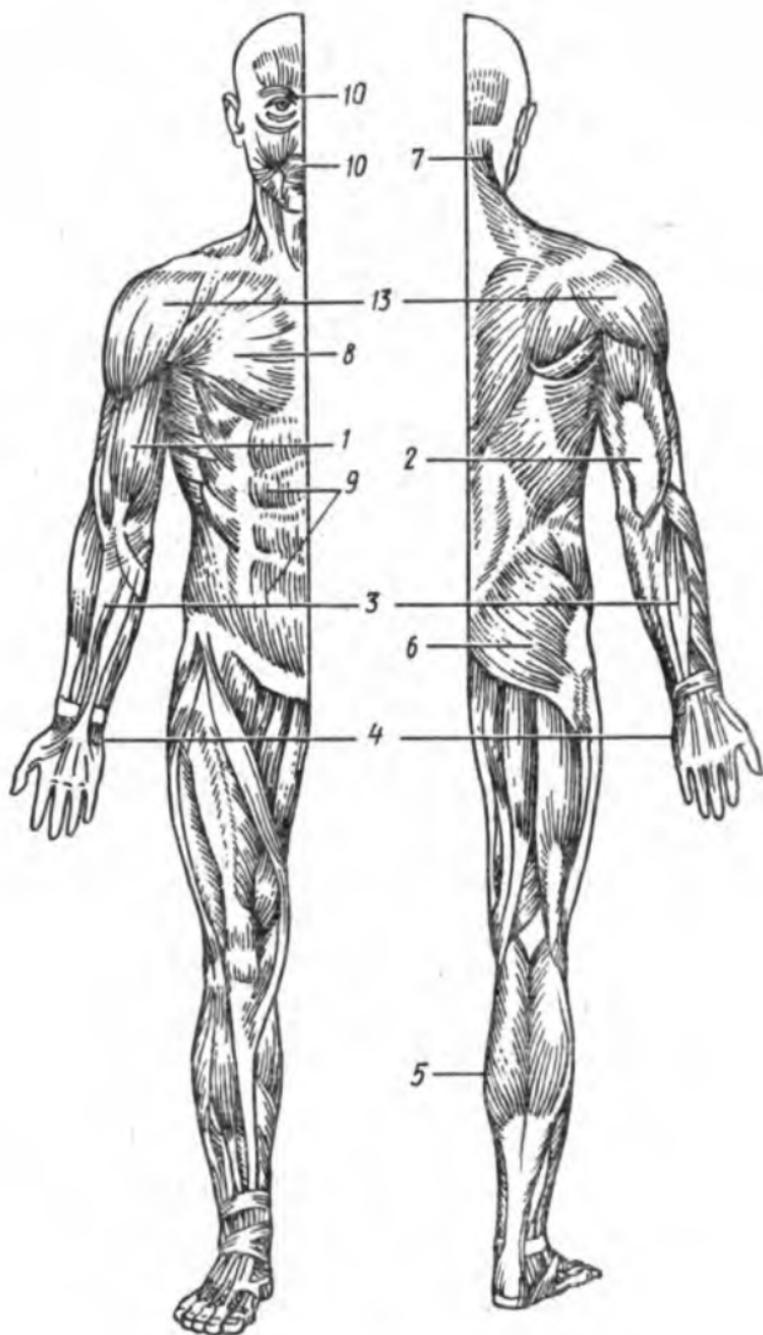


Рис. 73. Мышцы тела человека:

1 — двуглавая мышца, 2 — трехглавая мышца, 3 — мышцы предплечья, 4 — мышцы кисти, 5 — икроножная мышца, 6 — ягодичная мышца, 7 — мышцы затылка, 8 — большая грудная мышца, 9 — мышцы брюшного пресса, 10 — мимические мышцы лица

ца начинается от нижнего края скуловой кости и прикрепляется к нижней челюсти; сокращаясь, она поднимает нижнюю челюсть, участвуя в пережевывании пищи. Мимические мышцы прикрепляются одним концом к костям черепа, другим — к коже лица. Благодаря им лицо человека выражает те или иные эмоции: гнев, горе, радость. Кроме того, они участвуют в акте речи, дыхания. На лбу расположены лобные мышцы, вокруг глазницы — круговая мышца глаз (способствует закрыванию век). Вокруг ротового отверстия находится круговая мышца рта.

Мускулатура верхних конечностей подразделяется на мышцы плечевого пояса (дельтовидная, большая и малая грудная), которые обеспечивают его подвижность, и мышцы свободной конечности. Они располагаются как на передней, так и на задней поверхности скелета руки. Мышцы передней группы при сокращении сгибают плечевой и локтевой суставы, а мышцы задней группы — разгибают эти суставы. Важнейшие мышцы свободной конечности — двуглавая мышца (сгибает предплечье) и трехглавая мышца (на задней поверхности плечевой кости), разгибающая плечо и предплечье. На передней поверхности предплечья находятся мышцы-сгибатели предплечья, кисти и пальцев, на задней — мышцы-разгибатели предплечья, кисти и пальцев.

Мышцы нижних конечностей подразделяются на мышцы тазового пояса и свободной конечности. К мышцам таза относятся подвздошно-поясничная мышца и три ягодичные. Подвздошно-поясничная мышца сгибает бедро, а при неподвижной конечности — позвоночник в поясничном отделе. Самая крупная из ягодичных мышц — большая ягодичная (разгибает бедро). На задней поверхности бедра выделяются полусухожильная, полуперепончатая и двуглавая мышцы. Они перекидываются через тазобедренный и коленный суставы и, совместно сокращаясь, сгибают голень в коленном суставе, разгибая при этом бедро.

На передней поверхности бедра лежит четырехглавая мышца бедра. Начинается она четырьмя головками и прикрепляется к передней поверхности большой берцовой кости. Сокращаясь, эта мышца разгибает голень. На передней поверхности голени находятся мышцы-разгибатели стопы и пальцев, на задней стороне — их сгибатели. Важнейшие из них — икроножная и камбалообразная. Обе мышцы заканчиваются ахилловым сухожилием, ко-

торое прикрепляется к пяточному бугру. Икроножная мышца поднимает пятку при ходьбе и принимает участие в поддержании тела в вертикальном положении.

## ДЫХАНИЕ. СТРОЕНИЕ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Дыханием называется процесс газообмена между организмом и окружающей средой. Жизнедеятельность человека тесно связана с реакциями биологического окисления и сопровождается поглощением кислорода. Для поддержания окислительных процессов необходимо непрерывное поступление кислорода, который разносится кровью ко всем органам, тканям и клеткам, где большая его часть связывается с конечными продуктами расщепления, а организм освобождается от диоксида углерода. Сущность процесса дыхания и заключается в потреблении кислорода и выделении диоксида углерода.

Обмен газов между кровью и воздухом осуществляется дыхательной системой, включающей воздухоносные пути и легкие, в которых происходит газообмен (рис. 74). Воздухоносные пути начинаются носовой полостью, далее следуют гортань, трахея, бронхи. Воздух через наружные отверстия (ноздри) поступает в полость носа, которая разделена костно-хрящевой перегородкой на две половины. В каждой половине имеется по три носовые раковины: верхняя, средняя и нижняя, образующие соответственно три носовых хода. В нижний носовой ход

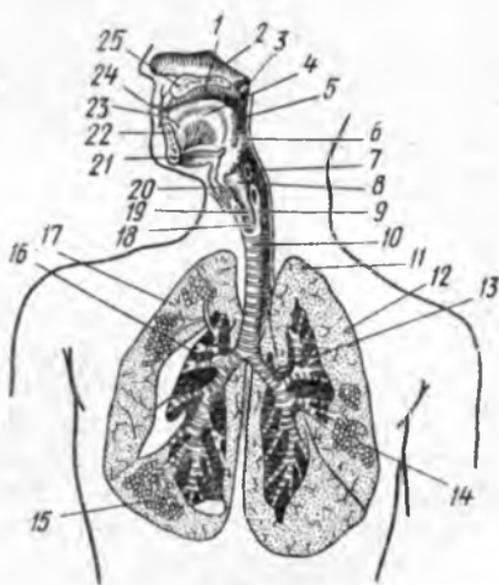


Рис. 74. Строение дыхательной системы (схема):  
 1 — ротовая полость, 2 — носовая полость, 3 — язычок, 4 — язык, 5 — глотка, 6 — надгортанник, 7 — черпаловидный хрящ, 8 — гортань, 9 — пищевод, 10 — трахея, 11 — верхушка легкого, 12, 17 — левое и правое легкое, 13, 16 — бронхи, 14, 15 — альвеолы, 18 — полость трахей, 19 — перстневидный хрящ, 20 — щитовидный хрящ, 21 — подъязычная кость, 22 — нижняя челюсть, 23 — преддверье рта, 24 — ротовое отверстие, 25 — твердое небо

открывается носо-слезный канал, по которому выделяется избыток слезной жидкости. Полость носа через внутренние отверстия сообщается с носоглоткой. Внутренняя поверхность полости носа покрыта слизистой оболочкой, верхний слой которой образован ресничным эпителием. Движением ресничек удаляется слизь вместе с осевшими на ней пылевыми частицами. Слизистая оболочка богата кровеносными сосудами, из которых клетки крови — лейкоциты — выходят на поверхность полости и участвуют в захвате и поглощении проникших микробов (явление фагоцитоза). Воздух, проходя через носовую полость, увлажняется, согревается, очищается от пыли и микроорганизмов. В верхней части носовой полости находятся окончания обонятельного нерва, воспринимающие различные резкие запахи. Из носоглотки и глотки воздух поступает в гортань, которая состоит из нескольких хрящей, укрепленных связками (щитовидный, перстневидный, два черпаловидных и надгортанник), и подъязычной кости. От отростков черпаловидных хрящей к внутренней поверхности щитовидного хряща протягиваются голосовые связки, между которыми находится голосовая щель. Колебания голосовых связок во время выдоха вызывают звук. В воспроизведении членораздельной речи кроме голосовых связок принимают участие также язык, губы, щеки, мягкое небо, надгортанник.

*Гортань* на уровне 6—7-го шейного позвонков переходит в дыхательное горло — *трахею*. Она состоит из 16—20 хрящевых полуколец, которые препятствуют спаданию ее стенок. Эти полукольца сзади объединены между собой соединительнотканной перепонкой с переплетающимися гладкими мышечными волокнами. Нижний конец трахеи делится на *два бронха*, состоящих из незамкнутых хрящевых колец. Бронхи многократно ветвятся, образуя в легких бронхиальное дерево. Самые тонкие их веточки называются *бронхиолами*. Бронхиолы переходят в альвеолярные ходы, на стенках которых находятся многочисленные тонкостенные выпячивания — *альвеолы*, оплетенные густой сетью капилляров. Между стенками альвеол и капилляров происходит газообмен.

*Легкие* занимают почти весь объем грудной полости и представляют собой упругие губчатые органы, богатые эластическими волокнами и густо пронизанные кровеносными сосудами, придающими им розовый цвет. Каждое легкое имеет верхушку и основание. В центральной

части легкого располагаются ворота, куда входят бронх, легочная артерия, нервы, а выходят легочные вены. Все эти образования, проходящие через ворота, образуют корень легкого. Правое легкое делится бороздами на три доли, левое — на две. Снаружи легкие покрыты плеврой, которая состоит из двух листков: внутренний покрывает все легкое, а в области его корня этот слой плевры переходит на диафрагму и внутреннюю поверхность грудной клетки, образуя наружный или пристеночный листок плевры. Между этими листками находится плевральная полость с небольшим количеством серозной жидкости. Жидкость уменьшает трение листков при дыхательных движениях легких.

**Вентиляция легких.** Количество воздуха, поступающего в легкие при каждом спокойном вдохе и выходящего при спокойном выдохе, называется *дыхательным объемом*. У взрослого человека он равен  $500 \text{ см}^3$ . Легочная вентиляция — это количество воздуха, проходящего за одну минуту через легкие, или произведение дыхательного объема на число дыхательных движений в минуту. В покое у взрослого человека она составляет 7 л воздуха в минуту. При глубоком вдохе человек может вдохнуть еще  $1500 \text{ см}^3$  воздуха (дополнительный воздух), а после обычного выдоха он еще способен выдохнуть  $1500 \text{ см}^3$  (резервный воздух). Сумма объемов дыхательного, резервного и дополнительного воздуха составляет *жизненную емкость*, т. е. количество воздуха, которое человек может выдохнуть после самого глубокого вдоха. В среднем у взрослого человека она равна  $3500 \text{ см}^3$ , ее определяют с помощью прибора спирометра. Величина жизненной емкости — показатель физического развития. Даже при максимальном выдохе легкие не спадаются, так как в них остается еще около  $1500 \text{ см}^3$  воздуха, который называется *остаточным*.

**Газообмен в легких и тканях.** Вдыхаемый атмосферный воздух содержит около 79% азота, 21% кислорода и 0,03% диоксида углерода. В основе газообмена в легких лежит разность концентрации газов: концентрация кислорода в поступившем в альвеолы воздухе выше, чем в капиллярах. Поэтому кислород из альвеол диффундирует через стенки кровеносных капилляров в кровь, насыщает ее и проникает в эритроциты, где вступает в непрочное соединение с гемоглобином, образуя оксигемоглобин. При взаимодействии гемоглобина с кислородом концентрация свободного кислорода

в плазме понижается, что способствует диффузии новых порций кислорода из легких и полному насыщению гемоглобина кислородом.

Перенасыщенная кислородом кровь по капиллярам поступает в органы и ткани. Газообмен в тканях происходит по тому же принципу, что и в легких: кислород из капилляров, где его концентрация высокая, переходит в тканевую жидкость с более низкой концентрацией кислорода. 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 диоксид углерода из клеток через тканевую жидкость поступает в капилляры. Выделяющийся  $\text{CO}_2$  расщепляет нестойкое соединение — оксигемоглобин и вступает в соединение с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин. В оттекающей от органов венозной крови  $\text{CO}_2$  находится как в связанном, так и в растворенном состоянии в виде угольной кислоты, которая в капиллярах легких легко расщепляется на  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$ . Угольная кислота может также вступать в соединения с солями плазмы, образуя бикарбонаты. В легких, куда поступает венозная кровь, кислород снова насыщает кровь, а  $\text{CO}_2$  из зоны высокого давления (капилляров) переходит в зону низкого давления (альвеолы).

Для нормального газообмена воздух в легких должен постоянно сменяться, что достигается ритмическими актами вдоха и выдоха. В легких нет мышечной ткани, поэтому они не могут сокращаться. Активная роль в дыхании принадлежит скелетным мышцам. При вдохе в результате сокращения наружных межреберных мышц и диафрагмы грудная клетка расширяется, ее объем увеличивается, а давление в грудной полости падает, становясь меньше атмосферного. Легкие растягиваются, давление воздуха в них уменьшается, и атмосферный воздух устремляется в легкие. При выдохе наружные межреберные мышцы расслабляются, объем грудной клетки уменьшается, а давление в плевральной полости увеличивается, при этом легкие частично спадаются и большая часть содержащегося в них воздуха выходит во внешнюю среду.

При глубоком вдохе грудная полость расширяется больше, чем при спокойном, так как сокращаются не только диафрагма и наружные межреберные мышцы, но и ряд других мышц. При глубоком выдохе все эти мышцы расслабляются, но, кроме того, сокращаются вну-

тренные межреберные мышцы, еще больше опускающие ребра, и мышцы стенки живота. Последние при своем сокращении сжимают брюшные органы, которые давят на диафрагму, увеличивая ее выпуклость, обращенную вверх, и объем грудной полости уменьшается больше, чем при нормальном выдохе.

**Нервная и гуморальная регуляция дыхания.** После вдоха всегда следует выдох, после выдоха — вдох. Такая последовательность обусловлена регулирующей функцией центральной нервной системы. В продолговатом мозгу расположен дыхательный центр, имеющий отдел вдоха и выдоха. При выдохе во время спадения легких раздражаются рецепторы, находящиеся в альвеолах. Возникшее здесь возбуждение по блуждающему нерву передается в дыхательный центр в отдел вдоха, который приходит в возбуждение и посылает нервные импульсы в спинной мозг, а оттуда по центробежным нервам импульсы поступают к наружным межреберным мышцам и диафрагме; сокращаясь, они вызывают расширение грудной клетки, и происходит вдох. Следовательно, вдох — это рефлекс на раздражение, вызванное выдохом. Теперь дыхательный центр, его отдел вдоха, не получает раздражений и не посылает возбуждение в дыхательные мышцы; происходит их расслабление, грудная клетка спадается и наступает выдох — рефлекс на раздражение, вызванное выдохом. Во время вдоха при растяжении легких раздражаются другие рецепторы альвеол, от них возбуждение поступает в дыхательный центр — отдела выдоха, а оттуда по блуждающему нерву — к внутренним межреберным мышцам, сокращение которых еще больше уменьшает объем грудной клетки.

Деятельность дыхательного центра регулируется и гуморальными факторами. В частности, повышение концентрации  $\text{CO}_2$  в крови, притекающей к головному мозгу, возбуждает дыхательный центр, активность которого вызывает усиленное сокращение дыхательной мускулатуры и учащение дыхания. При этом вдох продолжается до тех пор, пока концентрация  $\text{CO}_2$  не понизится до нормы. Этот механизм действует и при первом вдохе новорожденного.

В момент отделения детского места в крови ребенка резко нарастает концентрация  $\text{CO}_2$ , а это возбуждает дыхательный центр и он посылает импульсы к наружным межреберным мышцам и диафрагме, сокращение которых вызывает вдох.

**Гигиенические рекомендации** в отношении органов дыхания включают согревание воздуха, очищение его от пыли и болезнетворных организмов. Этому способствует носовое дыхание. На поверхности слизистой носа и носоглотки есть множество складок, обеспечивающих при прохождении воздуха его согревание, что предохраняет человека от простудных заболеваний в холодное время года. Благодаря носовому дыханию увлажняется сухой воздух, удаляется мерцательным эпителием осевшая пыль, предохраняется от повреждения зубная эмаль, которое происходило бы при вдыхании холодного воздуха через рот. Через органы дыхания в организм вместе с воздухом могут проникать возбудители гриппа, туберкулеза, дифтерии, ангины и др. Большинство их, так же как пылинки, прилипает к слизистой воздухоносных путей и удаляется из них ресничным эпителием, а микробы обезвреживаются слизью. Но часть микроорганизмов оседает в дыхательных путях и может вызвать различные заболевания.

Правильное дыхание возможно при нормальном развитии грудной клетки, что достигается систематическими физическими упражнениями на открытом воздухе, правильной позой во время сидения за столом, прямой осанкой при ходьбе и стоянии. В плохо проветриваемых помещениях воздух содержит от 0,07 до 0,1%  $\text{CO}_2$ , что очень вредно.

Большой вред здоровью наносит курение. Оно вызывает постоянное отравление организма и раздражение слизистых оболочек дыхательных путей. О вреде курения говорит и тот факт, что у курильщиков рак легких бывает значительно чаще, чем у некурящих. Табачный дым вреден не только самим курильщикам, но и тем, кто остается в атмосфере табачного дыма — в жилом помещении или на производстве.

Борьба с загрязнением атмосферного воздуха в городах включает систему очистных установок на промышленных предприятиях и широкое озеленение. Растения, выделяя в атмосферу кислород и испаряя в большом количестве воду, освежают и охлаждают воздух. Листья деревьев задерживают пыль, вследствие чего воздух становится чище и прозрачнее. Важное значение для здоровья имеют правильное дыхание и систематическое закаливание организма, для чего необходимо часто бывать на свежем воздухе, совершать прогулки, желательно за город, в лес.

## КРОВЬ, ЛИМФА, КРОВООБРАЩЕНИЕ

Кровь выполняет следующие функции: поставляет клеткам из органов дыхания кислород и выносит от них диоксид углерода; разносит по организму питательные вещества, которые в процессе пищеварения из кишечника поступают в кровеносные сосуды; удаляет из органов продукты распада, образующиеся в клетках в результате их жизнедеятельности; осуществляет гуморальную связь между органами, перенося гормоны; выполняет защитную функцию: проникшие в кровь микроорганизмы поглощаются и обезвреживаются лейкоцитами, а ядовитые продукты жизнедеятельности микроорганизмов нейтрализуются при участии специальных белков крови — антител.

**Внутренняя среда организма.** Обмен веществ между организмом и внешней средой заключается в поступлении в организм кислорода и питательных веществ и последующем выделении из него образующихся продуктов жизнедеятельности. Питательные вещества поступают в организм через органы пищеварения, а продукты распада выводятся из него через органы выделения. Связь между этими органами и клетками тела осуществляется через внутреннюю среду организма, которая состоит из крови, тканевой жидкости и лимфы.

Бесцветная прозрачная *тканевая жидкость* заполняет в организме промежутки между клетками. Она образуется из жидкой части крови — плазмы, проникающей в межклеточные щели через стенки кровеносных сосудов, и из продуктов обмена, постоянно поступающих из клеток. Ее объем у взрослого человека составляет приблизительно 20 л. Кровеносные капилляры не подходят к каждой клетке, поэтому питательные вещества и кислород из капилляров по законам диффузии вначале поступают в тканевую жидкость, а из нее поглощаются клетками. Следовательно, через тканевую жидкость осуществляется связь между капиллярами и клетками. Диоксид углерода, вода и другие продукты обмена, образующиеся в клетках, также за счет разности концентраций выделяются из клеток сначала в тканевую жидкость, а потом поступают в капилляры. Кровь из артериальной становится венозной и доставляет продукты распада к почкам, легким, коже, через которые они удаляются из организма. В межклеточниках слепо начинаются лимфатические капилляры, в них поступает тканевая жидкость, которая в лим-

фатических сосудах становится *лимфой*. Цвет лимфы желтовато-соломенный. Она на 95% состоит из воды, содержит белки, минеральные соли, жиры, глюкозу, а также лимфоциты (разновидность лейкоцитов). Состав лимфы напоминает состав плазмы, но белков здесь меньше, и в разных участках тела она имеет свои особенности. Например, в области кишечника в ней много жировых капель, что придает ей беловатый цвет.

*Кровь* — это разновидность соединительной ткани с жидким межклеточным веществом — плазмой и взвешенными в ней форменными элементами — эритроцитами, лейкоцитами и кровяными пластинками — тромбоцитами. Количество крови у взрослого человека составляет в среднем 4,5—5 л. Ее состав и физико-химические свойства, как и всей внутренней среды организма, относительно постоянны: кровяное давление, температура тела, осмотическое давление крови и тканевой жидкости, содержание в них белков, глюкозы, ионов натрия, кальция, калия, хлора, фосфора, водорода. Постоянство внутренней среды организма поддерживается непрерывной работой органов пищеварения, дыхания, выделения. Деятельность этих органов регулируется нервной системой, реагирующей на изменения внешней среды и обеспечивающей выравнивание сдвигов или нарушений в организме.

*Плазма крови* по объему составляет 55—60% (форменные элементы — 40—45%). Это желтоватая полупрозрачная жидкость. В ее состав входят вода (90—92%), минеральные и органические вещества (8—10%). Из минеральных веществ около 1% приходится на долю катионов натрия, калия, кальция, магния, железа и анионов хлора, серы, иода, фосфора. Больше всего в плазме ионов натрия и хлора, поэтому при больших кровопотерях для поддержания работы сердца в вены вводят изотонический раствор, содержащий 0,85% хлористого натрия. Среди органических веществ на долю белков (глобулин, альбумин, фибриноген) приходится около 7—8%, на долю глюкозы — 0,1%; жиры, мочевая кислота, липоиды, аминокислоты, молочная кислота и другие вещества составляют около 2%.

Белки плазмы регулируют распределение воды между кровью и тканевой жидкостью, придают вязкость крови, играют роль в водном обмене. Некоторые из них ведут себя как антитела, обезвреживающие ядовитые выделения болезнетворных микроорганизмов.

Белок фибриноген играет важную роль в свертывании крови. Плазма, лишенная фибриногена, называется *сывороткой*.

*Процесс свертывания крови* осуществляется при участии белка протромбина, который переводит растворимый белок фибриноген в нерастворимый фибрин, образующий сгусток. В обычных условиях в кровеносных сосудах отсутствует активный фермент тромбин, поэтому кровь остается жидкой и не свертывается, но есть неактивный фермент протромбин, который образуется при участии витамина К в печени и костном мозге. Неактивный фермент активируется в присутствии солей кальция и переводится в тромбин при действии на него фермента тромбопластина, выделяемого тромбоцитами. При порезе или уколе оболочки тромбоцитов разрушаются, тромбопластин переходит в плазму, и кровь свертывается. Образование тромба в местах повреждения сосудов — защитная реакция организма, предохраняющая его от кровопотери. Люди, у которых кровь не способна свертываться, страдают тяжелым заболеванием — *гемофилией*.

**Форменные элементы крови.** *Эритроциты* — безъядерные красные кровяные клетки, имеющие форму двояковогнутых дисков. Такая форма увеличивает поверхность клеток в 1,5 раза. Цитоплазма эритроцитов содержит белок *гемоглобин* — сложное органическое соединение, состоящее из белка глобина и пигмента крови гема, в состав которого входит железо. Основная функция эритроцитов — транспортировка кислорода и диоксида углерода. Эритроциты развиваются из ядерных клеток в красном костном мозге губчатого вещества кости. В процессе созревания они теряют ядро и поступают в кровь. В 1 мм<sup>3</sup> крови содержится от 4 до 5 млн. эритроцитов. Продолжительность жизни эритроцитов 120—130 дней, затем в печени и селезенке они разрушаются и из гемоглобина образуется пигмент желчи.

*Лейкоциты* — белые кровяные тельца, содержащие ядра и не имеющие постоянной формы. В 1 мм<sup>3</sup> крови человека содержится 6000—8000 лейкоцитов.

Лейкоциты образуются в красном костном мозге, селезенке, лимфатических узлах; продолжительность их жизни 2—4 дня. Разрушаются они также в селезенке. Основная функция лейкоцитов — защита организма от бактерий, чужеродных белков, инородных тел. Совершая амeboидные движения, лейкоциты проникают через стен-

ки капилляров в межклеточные пространства. Они чувствительны к химическому составу веществ, выделяемых микробами или распавшимися клетками организма, и передвигаются по направлению к этим веществам или распавшимся клеткам. Вступив с ними в контакт, лейкоциты своими ложноножками обволакивают их и втягивают внутрь клетки, где при участии ферментов они расщепляются. Лейкоциты способны к внутриклеточному пищеварению. В процессе взаимодействия с инородными телами многие лейкоциты гибнут. При этом вокруг чужеродного тела накапливаются продукты распада и образуется гной. Лейкоциты, захватывающие различные микроорганизмы и переваривающие их, И. И. Мечников назвал *фагоцитами*, а само явление поглощения и переваривания — *фагоцитозом*. Фагоцитоз — защитная реакция организма.

**Иммунитет** — это невосприимчивость организма к инфекционным и неинфекционным агентам и веществам, обладающим антигенными свойствами. В иммунной реакции невосприимчивости кроме клеток-фагоцитов принимают участие и химические соединения — *антитела*, представляющие собой растворимые белковые вещества — иммуноглобулины, вырабатываемые в ответ на появление в организме чужеродных белков. В плазме крови антитела склеивают чужеродные белки или расщепляют их. Антитела, обезвреживающие микробные яды (токсины), называют *антитоксинами*. Все антитела специфичны: они активны только по отношению к определенным микробам или их токсинам. Если в организме человека есть специфические антитела, он становится невосприимчивым к данным инфекционным заболеваниям.

Различают иммунитет *врожденный* и *приобретенный*. Первый обеспечивает невосприимчивость к тому или иному инфекционному заболеванию с момента рождения и наследуется от родителей, причем иммунные тела могут проникать через плаценту из сосудов материнского организма в сосуды эмбриона или новорожденные получают их с материнским молоком. Приобретенный иммунитет появляется после перенесения какого-либо инфекционного заболевания, когда в ответ на попадание чужеродных белков данного микроорганизма в плазме крови образуются антитела. В этом случае возникает естественный, приобретенный иммунитет. Иммунитет можно выработать искусственно, если ввести в организм человека ослабленные или убитые возбудители какой-либо болезни

(например, прививка оспы). Против ослабленных микроорганизмов вырабатываются антитела, нейтрализующие продукты жизнедеятельности живых возбудителей. Такой иммунитет обычно держится годами и называется *активным*. Иммунитет, приобретаемый путем введения в организм иммунной сыворотки из крови животных или человека, называют *пассивным* (например, противокоревая сыворотка). Он сохраняется 4—6 недель, а затем антитела постепенно разрушаются, иммунитет ослабевает, и для его поддержания необходимо повторное введение иммунной сыворотки.

**Переливание крови.** При большой потере крови нарушается постоянство внутренней среды организма, кровяное давление падает, уменьшается количество гемоглобина. В таких случаях в организм вводят кровь, взятую у здорового человека. Переливанием крови пользовались с давних времен, но часто это заканчивалось смертельным исходом. Объясняется это тем, что донорские эритроциты могут склеиваться в комочки, которые закупоривают мелкие сосуды и нарушают кровообращение. Склеивание эритроцитов — *агглютинация* — происходит в том случае, если в эритроцитах донора имеется склеиваемое вещество — *агглютиноген*, а в плазме крови реципиента находится склеивающее вещество — *агглютинин*. Известны два агглютиногена в эритроцитах (их обозначают буквами А и В) и два агглютенина в плазме —  $\alpha$  и  $\beta$ . Склеивание произойдет в том случае, если агглютиноген А встречается с агглютинином  $\alpha$ , а агглютиноген В — с агглютинином  $\beta$ . У различных людей в крови есть те или иные агглютенины и агглютиногены, и в связи с этим кровь всех людей разделена на 4 основные группы: I (O), II (A), III (B) и IV (AB). Соотношение агглютиногенов и агглютенинов в четырех группах, а отсюда и совместимость крови при переливании представлены в следующей таблице:

Группа	Агглютиноген в эритроцитах	Агглютинин в плазме крови или сыворотке
I (O)	Нет	$\alpha$ и $\beta$
II (A)	A	$\beta$
III (B)	B	$\alpha$
IV (AB)	AB	Нет

Изучение групп крови позволило разработать правила ее переливания. Лица, дающие кровь, называются *донорами*, а лица, получающие ее, — *реципиентами*. При переливании крови строго учитывают совместимость групп крови. При этом особо опасна возможность склеивания эритроцитов донора кровью реципиента. Эритроциты реципиента не подвергаются такой опасности, так как перелитая плазма крови донора разводится в несколько раз кровью реципиента, и содержащиеся в ней агглютинины обезвреживаются.

Любому реципиенту можно вводить кровь I группы (0), так как ее эритроциты не содержат агглютиногены и не склеиваются, поэтому лиц с I группой крови называют *универсальными донорами*, но им самим можно вводить кровь только I группы. Кровь людей II группы можно переливать лицам, имеющим II или IV группу крови, кровь III группы — лицам III и IV группы. Кровь от донора IV группы можно переливать только лицам данной группы, но им самим можно переливать кровь всех четырех групп. Людей с IV группой крови называют *универсальными реципиентами*.

**Сердце, его строение и работа.** Сердце — центральный орган кровообращения, обеспечивающий движение крови по сосудам. Это полый четырехкамерный мышечный орган, имеющий форму конуса, расположенный в грудной полости, в средостении. Он делится на правую и левую половины сплошной перегородкой. Каждая из половин состоит из двух отделов: *предсердия* и *желудочка*, соединяющихся между собой отверстием, которое закрывается створчатым предсердно-желудочковым клапаном. В левой половине клапан состоит из двух створок, в правой — из трех. Клапаны открываются в сторону желудочков. Этому способствуют сухожильные нити, которые одним концом прикрепляются к створкам клапанов, а другим — к сосочковым мышцам, расположенным на стенках желудочков. Во время сокращения желудочков сухожильные нити не дают выворачиваться клапанам в сторону предсердия (рис. 75).

В правое предсердие кровь поступает из верхней и нижней полых вен и венечных вен самого сердца, в левое предсердие впадают четыре легочные вены. Желудочки дают начало сосудам: правый — *легочному стволу*, который делится на две ветви и несет венозную кровь в правое и левое легкое, т. е. в малый круг кровообращения, левый желудочек дает начало *левой дуге аорты*, по

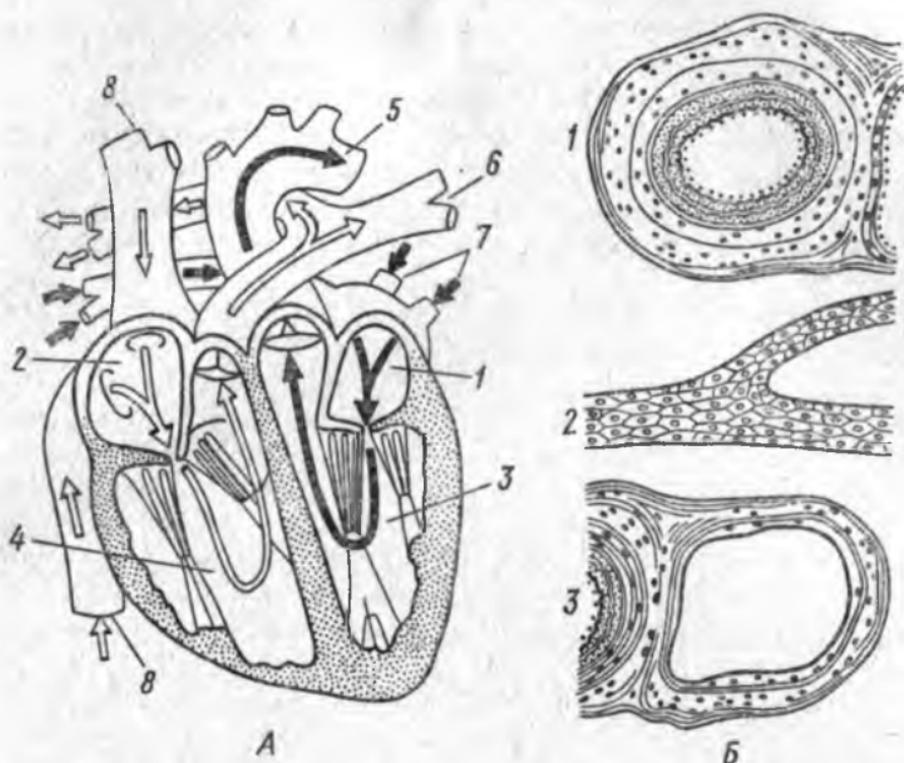


Рис. 75. Строение сердца и кровеносных сосудов человека.  
 А — строение сердца; Б — строение сосудов.

А: 1 — левое предсердие, 2 — правое предсердие, 3 — левый желудочек, 4 — правый желудочек, 5 — аорта, 6 — легочные артерии, 7 — легочные вены, 8 — полые вены; Б: 1 — артерии, 2 — капилляры, 3 — вены

которой артериальная кровь поступает в большой круг кровообращения. На границе левого желудочка и аорты, правого желудочка и легочного ствола имеются *полулунные клапаны* (по три створки в каждом). Они закрывают просветы аорты и легочного ствола и пропускают кровь из желудочков в сосуды, но препятствуют обратному току крови из сосудов в желудочки.

Стенка сердца состоит из трех слоев: внутреннего — *эндокарда*, образованного клетками эпителия, среднего — *миокарда* — мышечного и наружного — *эпикарда*, состоящего из соединительной ткани. Снаружи сердце покрыто соединительнотканной оболочкой — *околосердечной сумкой*, или *перикардом*. Миокард состоит из особой поперечно-полосатой мышечной ткани, которая сокращается произвольно. Для сердечной мышцы характерна *автоматия* — способность сокращаться под действием импульсов, возникающих в самом сердце. Это связано

с особыми нервными клетками, залегающими в сердечной мышце, в которых ритмично возникают возбуждения. Автоматическое сокращение сердца продолжается и при его изоляции из организма. При этом возбуждение, поступившее в одну точку, переходит на всю мышцу, и все ее волокна сокращаются одновременно. Мышечная стенка в предсердиях значительно тоньше, чем в желудочках.

Нормальный обмен веществ в организме обеспечивается непрерывным движением крови. Кровь в сердечно-сосудистой системе течет только в одном направлении: от левого желудочка через большой круг кровообращения она поступает в правое предсердие, затем в правый желудочек и далее через малый круг кровообращения возвращается в левое предсердие, а из него — в левый желудочек. Это движение крови обуславливается работой сердца благодаря последовательному чередованию сокращений и расслаблений сердечной мышцы.

В работе сердца различают три фазы. Первая — *сокращение предсердий*, вторая — сокращение желудочков — *систола*, третья — одновременное расслабление предсердий и желудочков — *диастола*, или пауза. В последней фазе оба предсердия заполняются кровью из вен, и она свободно проходит в желудочки, так как створчатые клапаны прижаты к стенкам желудочков. Затем сокращаются оба предсердия, и вся кровь из них поступает в желудочки. Вытолкнув кровь, предсердия расслабляются и вновь заполняются кровью. Поступившая в желудочки кровь давит на клапаны предсердий с нижней стороны, и они закрываются. При сокращении обоих желудочков в их полостях нарастает давление крови, и когда оно становится выше, чем в аорте и легочном стволе, их полулунные клапаны прижимаются к стенкам аорты и легочной артерии, и кровь начинает поступать в эти сосуды (в большой и малый круг кровообращения). После сокращения желудочков наступает их расслабление, давление в них становится меньше, чем в аорте и легочной артерии, поэтому полулунные клапаны заполняются кровью со стороны сосудов, закрываются и препятствуют возвращению крови в сердце. За паузой следует сокращение предсердий, затем желудочков и т. д.

Период от одного сокращения предсердий до другого называют *сердечным циклом*. Каждый цикл длится 0,8 с. Из этого времени на сокращение предсердий приходится

0,1 с, на сокращение желудочков — 0,3 с, а общая пауза сердца длится 0,4 с. Если частота сердечных сокращений увеличивается, время каждого цикла уменьшается. Это происходит в основном за счет укорочения общей паузы сердца. При каждом сокращении оба желудочка выбрасывают в аорту и легочную артерию одинаковое количество крови (в среднем около 70 мл), которое называется *ударным объемом крови*.

Работа сердца регулируется нервной системой в соответствии с воздействиями внутренней и внешней среды: концентрацией ионов калия и кальция, гормона щитовидной железы, состоянием покоя или физической работы, эмоционального напряжения. К сердцу как к рабочему органу подходят два вида центробежных нервных волокон, относящихся к вегетативной нервной системе. Одна пара нервов (*симпатические волокна*) при раздражении усиливает и учащает сердечные сокращения. При раздражении другой пары нервов (*ветви блуждающего нерва*) импульсы, поступающие к сердцу, ослабляют его деятельность.

Работа сердца связана с деятельностью других органов. Если возбуждение в центральную нервную систему передается от работающих органов, то из центральной нервной системы оно передается на нервы, усиливающие функцию сердца. Так рефлекторным путем устанавливается соответствие между деятельностью различных органов и работой сердца. Сердце сокращается 60—80 раз в минуту.

**Кровообращение.** Движение крови по сосудам называется кровообращением. Находясь в движении, кровь осуществляет свои основные функции: доставку питательных веществ и газов и выведение из тканей и органов конечных продуктов обмена веществ. Кровь движется по кровеносным сосудам — полым трубкам различного диаметра, которые, не прерываясь, переходят в другие, образуя замкнутую кровеносную систему. Различают три вида сосудов: артерии, вены и капилляры. *Артериями* называются сосуды, по которым кровь течет от сердца к органам. Самый крупный из них — аорта. Она берет начало от левого желудочка и разветвляется на артерии. Распределяются артерии в соответствии с двусторонней симметрией тела: в каждой половине есть сонная артерия, подключичная, подвздошная, бедренная и т. д. От них отходят ветви к костям, мышцам, суставам, внутренним органам.

В органах артерии ветвятся на сосуды более мелкого диаметра. Самые мелкие из артерий называются *артериолами*, которые в свою очередь распадаются на капилляры. Стенки артерий довольно толстые и состоят из трех слоев: наружного соединительнотканного, среднего гладкомышечного с наибольшей толщиной и внутреннего, образованного одним слоем плоских клеток. *Капилляры* — самые тонкие кровеносные сосуды в организме человека. Их диаметр составляет 4–20 мкм. Наиболее густая сеть капилляров в мышцах, где на 1 мм<sup>2</sup> ткани их насчитывается более 2000. Кровь по ним движется гораздо медленнее, чем в аорте. Стенки капилляров состоят только из одного слоя плоских клеток — *эндотелия*. Через такой тонкий слой и происходит обмен веществ между кровью и тканями.

Перемещаясь по капиллярам, артериальная кровь постепенно превращается в венозную, поступающую в более крупные сосуды, составляющие *венозную систему*. *Вены* — это сосуды, по которым кровь оттекает от органов и тканей к сердцу. Стенка вен, как и артерий, трехслойная, но средний слой содержит гораздо меньше мышечных и эластических волокон, чем в артериях, а внутренняя стенка образует карманоподобные клапаны, расположенные по направлению тока крови и способствующие ее продвижению к сердцу.

Распределение вен также соответствует двусторонней симметрии тела: каждая сторона имеет по одной крупной вене. От нижних конечностей венозная кровь собирается в бедренные вены, которые объединяются в более крупные подвздошные, дающие начало *нижней полой вене*. От головы и шеи венозная кровь оттекает по двум яремным венам, по одной с каждой стороны, а от верхних конечностей — по подключичным венам; последние, сливаясь с яремными венами, образуют безымянную вену на каждой стороне, которые, соединяясь, образуют *верхнюю полую вену*.

Все артерии, вены и капилляры в организме человека объединяются в два круга кровообращения: большой и малый (рис. 76).

*Большой круг кровообращения* начинается в левом желудочке и оканчивается в правом предсердии. Из левого желудочка отходит аорта, которая направляется вверх и влево, образуя дугу, а затем направляется вниз вдоль позвоночника. От дуги аорты ответвляются артерии меньшего диаметра, которые направляются в соответ-

ствующие отделы. От луковицы аорты отходят также венечные артерии, питающие сердце. Та часть аорты, которая находится в грудной полости, называется *грудной аортой*, а расположенная в брюшной полости — *брюшной*. От брюшной аорты сосуды отходят к внутренним органам. В поясничном отделе брюшная аорта разветвляется на подвздошные артерии, которые разделяются на более мелкие артерии нижних конечностей. В тканях кровь отдает кислород, насыщается диоксидом углерода и возвращается в составе вен от нижней и верхней части тела, образующих при слиянии верхнюю и нижнюю полые вены, впадающие в правое предсердие. Кровь от кишечника и желудка оттекает к печени, образуя систему воротной вены, и в составе печеночной вены поступает в нижнюю полую вену.

*Малый круг кровообращения* начинается в правом желудочке и оканчивается в левом предсердии. Из правого желудочка выходит легочный ствол, несущий венозную кровь в легкие. Здесь легочные артерии распадаются на сосуды более мелкого диаметра, переходящие в мельчайшие капилляры, густо оплетающие стенки альвеол, в которых происходит обмен газов. После этого кровь, насыщенная кислородом, оттекает по четырем легочным венам в левое предсердие.

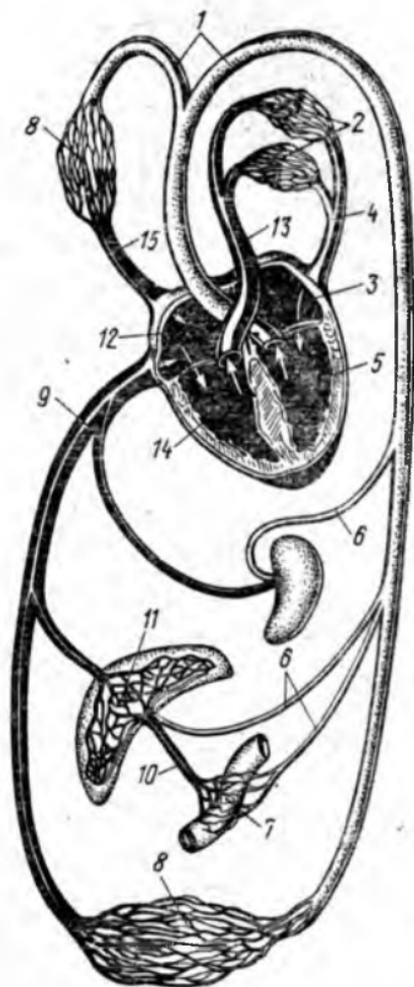


Рис. 76. Малый и большой круги кровообращения:

1 — аорта, 2 — капиллярная сеть легких, 3 — левое предсердие, 4 — легочные вены, 5 — левый желудочек, 6 — артерии внутренних органов, 7 — капиллярная сеть непарных органов брюшной полости, 8 — капиллярная сеть тела, 9 — нижняя полая вена, 10 — воротная вена печени, 11 — капиллярная сеть печени, 12 — правый желудочек, 13 — легочный ствол (артерия), 14 — правое предсердие, 15 — верхняя полая вена

Кровь движется по сосудам за счет ритмичной работы сердца, а также разницы давления в сосудах при выходе крови из сердца и в венах при возвращении ее в сердце. Во время сокращения желудочков кровь под давлением нагнетается в аорту и легочный ствол. Здесь развивается самое высокое давление — 150 мм рт. ст. По мере продвижения крови по артериям давление снижается до 120 мм рт. ст., а в капиллярах — до 20 мм. Самое низкое давление в венах; в крупных венах оно ниже атмосферного. Разница давлений в различных отделах кровеносной системы и вызывает движение крови: из области более высокого давления в область более низкого.

Кровь из желудочков выбрасывается порциями, а непрерывность ее течения обеспечивается эластичностью стенок артерий. В момент сокращения желудочков сердца стенки артерий растягиваются, а затем в силу эластической упругости возвращаются в исходное состояние еще до очередного поступления крови из желудочков. Благодаря этому кровь продвигается вперед. Ритмические колебания диаметра артериальных сосудов, вызываемые работой сердца, называются *пульсом*. Он легко прощупывается в местах, где артерии лежат на кости (лучевая, тыльная артерия стопы). Считая пульс, можно определить частоту сердечных сокращений и их силу. У взрослого здорового человека в состоянии покоя частота пульса равна 60—70 ударам в минуту. При различных болезнях сердца возможна *аритмия* — перебои пульса.

С наибольшей скоростью кровь течет в аорте: около 0,5 м/с. В дальнейшем скорость движения падает и в артериях достигает 0,25 м/с, а в капиллярах — приблизительно 0,5 мм/с. Медленное течение крови в капиллярах и большая протяженность последних благоприятствуют обмену веществ (общая длина капилляров в организме человека достигает 100 тыс. км, а общая поверхность всех капилляров тела составляет 6300 м<sup>2</sup>). Большая разница в скорости течения крови в аорте, капиллярах и венах обусловлена неодинаковой шириной общего сечения кровяного русла в его различных участках. Самый узкий такой участок — аорта, а суммарный просвет капилляров в 600—800 раз превышает просвет аорты. Этим объясняется замедление тока крови в капиллярах.

На движение крови по венам оказывает влияние присасывающее действие грудной клетки, так как давление в ней ниже атмосферного, а в брюшной полости, где на-

ходится большая часть крови, оно выше атмосферного. В среднем слое стенки вен не имеют эластических волокон, поэтому легко спадаются, а поступлению крови в сердце способствует сокращение скелетной мускулатуры, которая сдавливает вены. Важное значение в продвижении венозной крови имеют и карманообразные клапаны, препятствующие ее обратному току. Кроме того, в венозной части кровеносной системы общий просвет сосудов по мере приближения к сердцу уменьшается. Но здесь каждая артерия сопровождается двумя венами, ширина просвета которых в два раза больше, чем артерий. Этим объясняется, что скорость течения крови в венах в два раза меньше, чем в артериях.

Движение крови по сосудам регулируется нервно-гуморальными факторами. Импульсы, посылаемые по нервным окончаниям, могут вызывать или сужение, или расширение просвета сосудов. К гладкой мускулатуре стенок сосудов подходят два вида сосудодвигательных нервов: *сосудорасширяющие* и *сосудосуживающие*. Импульсы, идущие по этим нервным волокнам, возникают в сосудодвигательном центре продолговатого мозга.

При обычном состоянии организма стенки артерий несколько напряжены и их просвет сужен. Из сосудодвигательного центра по сосудодвигательным нервам непрерывно поступают импульсы, которые и обуславливают постоянный *тонус*. Нервные окончания в стенках сосудов реагируют на изменения давления и химического состава крови, вызывая в них возбуждение. Это возбуждение поступает в центральную нервную систему, результатом чего служит рефлекторное изменение деятельности сердечно-сосудистой системы. Таким образом, увеличение и уменьшение диаметров сосудов происходит рефлекторным путем, но тот же эффект может возникнуть и под влиянием *гуморальных факторов* — химических веществ, которые находятся в крови и поступают сюда с пищей и из различных внутренних органов. Среди них имеют значение сосудорасширяющие и сосудосуживающие. Например, гормон гипофиза — *вазопрессин*, гормон щитовидной железы — *тироксин*, гормон надпочечников — *адреналин* суживают сосуды, усиливают все функции сердца, а *гистамин*, образующийся в стенках пищеварительного тракта и в любом работающем органе, действует противоположно: расширяет капилляры, не действуя на остальные сосуды. Значительный эффект на работу сердца оказывает изменение содержания в крови

*калия и кальция.* Повышение содержания кальция увеличивает частоту и силу сокращений, повышает возбудимость и проводимость сердца. Калий вызывает прямо противоположное действие.

Расширение и сужение сосудов в различных органах существенно влияет на перераспределение крови в организме. В работающий орган, где сосуды расширены, направляется больше крови, в неработающий орган — меньше. Депонирующими органами служат селезенка, печень, подкожная жировая клетчатка. В случае кровопотери кровь из этих органов поступает в общий кровоток, что позволяет поддерживать кровяное давление.

**Первая помощь при кровопотерях** определяется характером кровотечения, которое может быть артериальным, венозным и капиллярным. Самое опасное *артериальное кровотечение*, возникающее при ранении артерий, при этом кровь ярко-алого цвета, и бьет сильной струей. Если повреждена рука или нога, необходимо поднять конечность, держать ее в согнутом состоянии, а поврежденную артерию прижать пальцем выше места ранения (ближе к сердцу); затем надо наложить тугую повязку из бинта, полотенца, куска материи выше места ранения (также ближе к сердцу). Тугую повязку нельзя оставлять больше полутора часов, поэтому пострадавшего необходимо как можно скорее доставить в медицинское учреждение. При *венозном кровотечении* вытекающая кровь более темного цвета; для его остановки поврежденную вену прижимают пальцем в месте ранения, руку или ногу перевязывают ниже его (дальше от сердца). При небольшой ране появляется *капиллярное кровотечение*, для прекращения которого достаточно наложить тугую стерильную повязку. Кровотечение остановится вследствие образования кровяного сгустка.

**Лимфообращение.** Движение лимфы по сосудам называется лимфообращением. Лимфатическая система способствует дополнительному оттоку жидкости из органов. Стенки лимфатических сосудов тонкие и подобно венам имеют клапаны. Движение лимфы очень медленное (0,3 мм/мин) и происходит благодаря сокращению мышц тела и стенок лимфатических сосудов. Она движется лишь в одном направлении — от органов к сердцу. *Лимфатические капилляры* переходят в более крупные сосуды, которые собираются в *правый и левый грудные протоки*, впадающие в крупные вены. По ходу лимфатических сосудов располагаются *лимфатические узлы*: в паху,

в подкленной и подмышечной впадинах, под нижней челюстью. В состав лимфатических узлов входят клетки, обладающие фагоцитарной функцией. Они обезвреживают микробы и утилизируют чужеродные вещества, проникшие в лимфу, в результате чего лимфатические узлы припухают, становясь болезненными. Клетки лимфатических узлов участвуют в образовании антител и лимфоцитов. Важное значение в выработке иммунитета имеют *миндалины* (лимфоидные скопления в области зева) и лимфатические узлы пищеварительного канала (рис. 77). Но иногда в складках и ткани миндалин сохраняются болезнетворные микроорганизмы, продукты обмена которых отрицательно влияют на функцию важнейших внутренних органов. Если в этих случаях обычные методы лечения не дают эффекта, прибегают к хирургическому удалению миндалин. Фагоцитарную функцию после удаления миндалин осуществляют другие лимфатические железы нашего организма.



Рис. 77. Схема расположения лимфатических узлов

## ОРГАНЫ ПИЩЕВАРЕНИЯ

Клетки и ткани организма человека нуждаются в постоянном пополнении питательными веществами. Организм получает их в составе пищи, содержащей белки, жиры, углеводы, которые используются в качестве строительного материала при росте и воссоздании новых клеток взамен отмирающих. Пища служит также источником энергии, которая расходуется в процессе жизнедеятельности организма.

Большое значение для нормальной жизнедеятельности имеют витамины, минеральные соли и вода, поступающие с пищей. Витамины входят в состав разнообразных ферментных систем, а вода необходима в качестве растворителя. Перед тем как быть усвоенной

организмом, пища подвергается механической и химической обработке. Эти процессы осуществляются в органах пищеварения, которые состоят из пищевода, желудка, кишечника, желез. Расщепление пищи невозможно без ферментов, вырабатываемых пищеварительными железами. Все ферменты в живых организмах имеют белковую природу; в небольших количествах они вступают в реакцию и по ее окончании выходят неизмененными. Ферменты отличаются специфичностью: например, фермент, расщепляющий белки, не действует на молекулу крахмала, и наоборот. Все пищеварительные ферменты способствуют растворению в воде исходного вещества, подготавливая его к дальнейшему расщеплению.

Каждый фермент действует при определенных условиях, лучше всего при температуре 38—40 °С. Ее повышение подавляет активность, а иногда и разрушает фермент. На ферменты оказывает влияние и химическая среда: одни из них активны только в кислой среде (например, пепсин), другие — в щелочной (птиалин и ферменты поджелудочного сока).

Пищеварительный канал имеет длину около 8—10 м, на своем протяжении он образует расширения — полости и сужения. Стенка пищеварительного канала состоит из трех слоев: внутреннего, среднего, наружного. Внутренний представлен слизистым и подслизистым слоями. Клетки слизистого слоя — самые поверхностные, обращены в просвет канала и вырабатывают слизь, а в расположенном под ним подслизистом слое залегают пищеварительные железы. Внутренний слой богат кровеносными и лимфатическими сосудами. Средний слой включает гладкую мускулатуру, которая, сокращаясь, передвигает пищу по пищеварительному каналу. Наружный слой состоит из соединительной ткани, образующей серозную оболочку, к которой на протяжении тонкой кишки прикрепляется брыжейка.

Пищеварительный канал делится на следующие отделы: ротовую полость, глотку, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник (рис. 78).

**Ротовая полость** снизу ограничена дном, образованным мышцами, спереди и снаружи — зубами и деснами, сверху — твердым и мягким небом. Задний отдел мягкого неба выпячивается, образуя язычок. Сзади и по бокам ротовой полости мягкое небо формирует складки — небные дужки, между которыми лежат небные миндалины. Миндалины есть у корня языка и в носоглотке,

В совокупности они образуют лимфоидное глоточное кольцо, в котором частично задерживаются проникающие с пищей микробы. В полости рта находится язык, состоящий из поперечно-полосатой мышечной ткани, покрытой слизистой оболочкой. В этом органе различают корень, тело и кончик. Язык участвует в перемешивании пищи и образовании пищевого комка. На его поверхности расположены нитевидные, грибовидные и листовидные сосочки, в которых оканчиваются вкусовые рецепторы; рецепторы корня языка воспринимают горький вкус, рецепторы кончика — сладкий, а рецепторы боковых поверхностей — кислый и соленый. У человека язык вместе с губами и челюстями выполняет функцию устной речи.

В ячейках челюстей находятся зубы, механически перерабатывающие пищу. У человека 32 зуба, они дифференцированы: в каждой по-

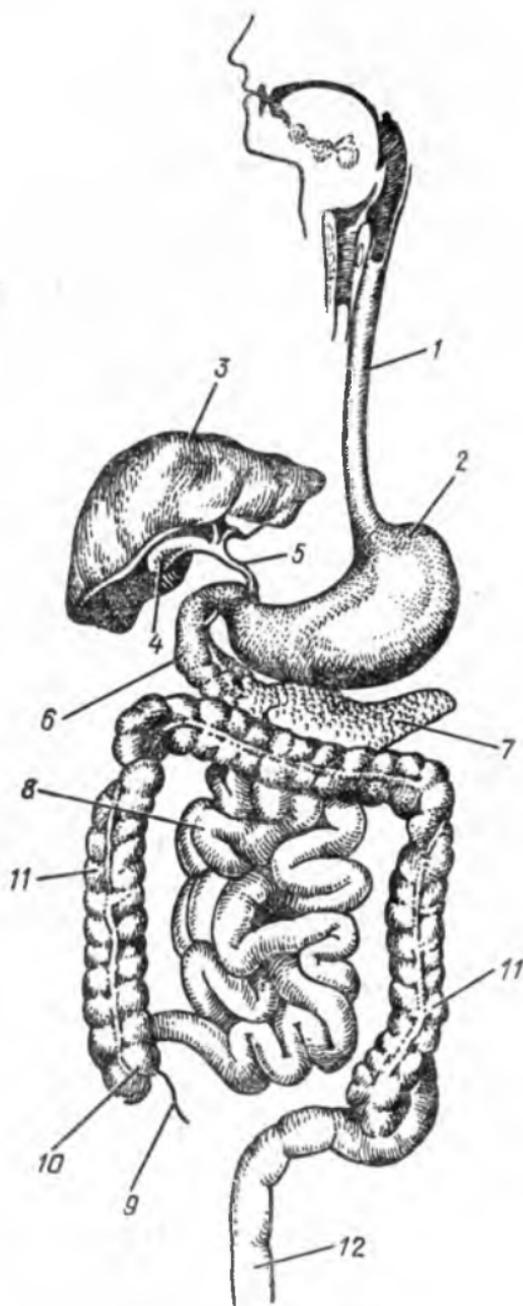


Рис. 78. Органы пищеварения человека:

1 — пищевод, 2 — желудок, 3 — печень, 4 — желчный пузырь, 5 — желчный проток, 6 — двенадцатиперстная кишка, 7 — поджелудочная железа, 8 — тонкая кишка, 9 — червеобразный отросток, 10 — слепая кишка, 11 — толстая кишка, 12 — прямая кишка

ловине челюсти имеются два резца, один клык, два малых коренных и три больших коренных. В зубе выделяют коронку, шейку и корень. Часть зуба, выступающая на поверхность челюсти, называется коронкой. Она состоит из дентина — вещества, близкого к кости, и покрыта эмалью, обладающей значительно большей плотностью, чем дентин. Суженная часть зуба, лежащая на границе между коронкой и корнем, называется шейкой. Часть зуба, находящаяся в лунке, именуется корнем. Корень, как и шейка, состоит из дентина и с поверхности покрыт цементом. Внутри зуба имеется полость, заполненная рыхлой соединительной тканью с нервами и кровеносными сосудами, образующими пульпу.

Слизистая оболочка рта богата железами, выделяющими слюну. В ротовую полость открываются протоки трех пар крупных слюнных желез: околоушных, подъязычных, подчелюстных и множества мелких. Слюна на 98—99% состоит из воды; из органических веществ в ней имеется белок муцин и ферменты пталин и мальтаза.

Ротовая полость сзади переходит в воронкообразную глотку, соединяющую рот с пищеводом. В глотке перекрещиваются пищеварительные и дыхательные пути. Акт глотания происходит в результате сокращения поперечно-полосатых мышц, и пища попадает в *пищевод* — мышечную трубку длиной около 25 см. Пищевод проходит через диафрагму и на уровне 11-го грудного позвонка открывается в желудок.

**Желудок** — это сильно расширенный отдел пищеварительного канала, расположенный в верхней части брюшной полости под диафрагмой. В нем выделяют входную и выходную части, дно, тело, а также большую и малую кривизну. Слизистая оболочка складчатая, что при заполнении пищей позволяет желудку растягиваться. В средней части желудка (в его теле) находятся железы. Они образованы тремя видами клеток, которые выделяют либо ферменты, либо соляную кислоту, либо слюну. На выходной части желудка железы, выделяющие кислоту, отсутствуют. Выходное отверстие замыкается сильной запирающей мышцей — сфинктером. Пища из желудка поступает в тонкий кишечник длиной 5—7 м. Его начальный отдел — двенадцатиперстная кишка, далее идут тощая и подвздошная. Двенадцатиперстная кишка (около 25 см) имеет форму подковы, в нее открываются протоки печени и поджелудочной железы.

**Печень** — самая крупная железа пищеварительного тракта. Она состоит из двух неравных долей и располагается в брюшной полости, справа под диафрагмой; левая доля печени прикрывает большую часть желудка. Снаружи печень покрыта серозной оболочкой, под которой залегает плотная соединительнотканная капсула; в воротах печени капсула образует утолщение и вместе с кровеносными сосудами внедряется в печень, разделяя ее на доли. В воротах печени проходят сосуды, нервы, желчный проток. Вся венозная кровь от кишечника, желудка, селезенки и от поджелудочной железы поступает в печень через воротную вену. Здесь кровь освобождается от вредных продуктов. На нижней поверхности печени расположен *желчный пузырь* — резервуар, в котором скапливается желчь, вырабатываемая печенью.

Основную массу печени составляют эпителиальные (железистые) клетки, продуцирующие желчь. Желчь поступает в печеночный проток, который, соединяясь с протоком желчного пузыря, образует общий желчный проток, открывающийся в двенадцатиперстную кишку. Желчь вырабатывается непрерывно, но когда пищеварения не происходит, она накапливается в желчном пузыре. В момент пищеварения она поступает в двенадцатиперстную кишку. Цвет желчи желто-бурый и обусловлен пигментом билирубином, образующимся в результате распада гемоглобина. Желчь горькая на вкус, содержит 90% воды и 10% органических и минеральных веществ.

Кроме эпителиальных клеток в печени имеются клетки звездчатой формы, обладающие фагоцитарными свойствами. Печень участвует в процессе обмена углеводов, накапливая в своих клетках *гликоген* (животный крахмал), который здесь же может расщепляться до глюкозы. Печень регулирует поступление глюкозы в кровь, тем самым поддерживая концентрацию сахара на постоянном уровне. В ней синтезируются белки фибриноген и протромбин, участвующие в свертывании крови. Одновременно она обезвреживает некоторые ядовитые вещества, образующиеся в результате гниения белков и поступающие с током крови из толстого кишечника. В печени происходит расщепление аминокислот, в результате чего образуется аммиак, который превращается здесь в мочевины. Работа печени по обезвреживанию ядовитых продуктов всасывания и обмена веществ составляет ее *барьерную функцию*.

**Поджелудочная железа** разделена перегородками на ряд долек. В ней выделяют *головку*, охватываемую изгибом двенадцатиперстной кишки, *тело* и *хвост*, прилегающие к левой почке и селезенке. По всей длине железы проходит ее проток, открывающийся в двенадцатиперстную кишку. Железистые клетки долек вырабатывают *поджелудочный*, или *панкреатический*, сок. Сок имеет выраженную щелочность и содержит несколько ферментов, участвующих в расщеплении белков, жиров и углеводов.

**Тонкий отдел кишечника** начинается двенадцатиперстной кишкой, которая переходит в тощую, продолжающуюся в подвздошную. Слизистая стенка тонкой кишки содержит много трубчатых желез, выделяющих кишечный сок, и покрыта тончайшими выростами — *ворсинками*. Их общее количество достигает 4 млн., высота ворсинок около 1 мм, совместная всасывающая поверхность составляет 4—5 м<sup>2</sup>. Поверхность ворсинки покрыта однослойным эпителием; в центре ее проходят лимфатический сосуд и артерия, распадающиеся на капилляры. Благодаря мышечным волокнам и нервным разветвлениям ворсинка способна сокращаться. Это осуществляется рефлекторно в ответ на соприкосновение с пищевой кашицей и усиливает циркуляцию лимфы и крови в период пищеварения и всасывания. Тощая и подвздошная кишка с их ворсинками — основное место всасывания питательных веществ.

**Толстая кишка** имеет сравнительно небольшую длину — около 1,5—2 м и объединяет слепую (с червеобразным отростком), ободочную и прямую кишку. Слепую кишку продолжает ободочная, в которую впадает подвздошная кишка. Слизистая оболочка толстого кишечника имеет полулунные складки, но ворсинок в ней нет. Брюшина, покрывающая толстую кишку, имеет жировые кольцеобразные складки. Конечный отдел пищеварительной трубки — прямая кишка, заканчивающаяся анальным отверстием.

**Переваривание пищи.** В ротовой полости пища размельчается зубами и смачивается слюной. Слюна обволакивает пищу и облегчает ее проглатывание. Фермент птимальин расщепляет крахмал до промежуточного продукта — дисахарида мальтозы, а фермент мальтаза превращает ее в простой сахар — глюкозу. Действуют они лишь в щелочной среде, но их работа продолжается также в нейтральной и слабокислой среде в желудке до тех

пор, пока пищевой комок не пропитается кислым желудочным соком.

В изучении слюноотделения большая заслуга принадлежит советскому ученому-физиологу акад. И. П. Павлову, который впервые применил *метод фистулы*. Этот метод был использован также при изучении пищеварения в желудке и кишечнике и позволил получить исключительно ценные сведения по физиологии пищеварения во всем организме.

В желудке происходит дальнейшее переваривание пищи. Желудочный сок содержит ферменты пепсин, липазу и соляную кислоту. *Пепсин* действует лишь в кислой среде, расщепляя белки до пептидов. *Липаза* желудочного сока разлагает только эмульгированный жир (жир молока).

*Желудочный сок* выделяется в две фазы. Первая начинается в результате раздражения пищей рецепторов ротовой полости и глотки, а также зрительных и обонятельных рецепторов (вид, запах пищи). Возникшее в рецепторах возбуждение по центростремительным нервам поступает в пищеварительный центр, расположенный в продолговатом мозгу, а оттуда — по центробежным нервам к слюнным железам и железам желудка. Сокоотделение в ответ на раздражение рецепторов глотки и рта является безусловным рефлексом, а сокоотделение в ответ на раздражение обонятельных и вкусовых рецепторов — условным рефлексом. Вторая фаза секреции вызывается механическими и химическими раздражениями. При этом раздражителями служат мясные, рыбные и овощные отвары, вода, соль, фруктовый сок.

Пища из желудка небольшими порциями продвигается в двенадцатиперстную кишку, куда поступают желчь, поджелудочный и кишечный соки. Скорость поступления пищи из желудка в нижележащие отделы неодинакова: жирная пища задерживается в желудке долго, молочная и содержащая углеводы переходит в кишечник быстро.

*Поджелудочный сок* — бесцветная жидкость щелочной реакции. Он содержит белковые ферменты *трипсин* и другие, которые расщепляют пептиды до аминокислот. *Амилаза*, *мальтаза* и *лактаза* действуют на углеводы, превращая их в глюкозу, лактозу и фруктозу. *Липаза* расщепляет жиры на глицерин и жирные кислоты. Продолжительность отделения поджелудочной железой сока, его количество и переваривающая сила зависят от характера пищи.

**Всасывание.** После механической и химической (ферментативной) переработки пищи продукты расщепления — аминокислоты, глюкоза, глицерин и жирные кислоты — всасываются в кровь и лимфу. Всасывание — сложный физиологический процесс, осуществляемый ворсинками тонкого отдела кишечника и идущий только в одном направлении — из кишечника в ворсинки. Эпителий стенок кишечника не просто осуществляет диффузию: он активно пропускает в полость ворсинки лишь некоторые вещества, например глюкозу, аминокислоты, глицерин; нерасщепленные жирные кислоты нерастворимы и всасываться ворсинками не могут. Большую роль при всасывании жиров играет желчь: жирные кислоты, соединяясь со щелочами и желчными кислотами, омыляются и образуют растворимые соли жирных кислот (мыла), которые легко проходят через стенки ворсинок. В дальнейшем их клетки из глицерина и жирных кислот синтезируют жир, свойственный человеческому организму. Капельки этого жира в отличие от глюкозы и аминокислот, поступающих в кровеносные сосуды, всасываются лимфатическими капиллярами ворсинки и разносятся лимфой.

Незначительное всасывание некоторых веществ начинается еще в желудке (сахара, растворенные соли, алкоголь, некоторые фармацевтические препараты). Пищеварение в основном заканчивается в тонком кишечнике; железы толстого кишечника выделяют преимущественно слизь. В толстом отделе кишечника в основном происходит всасывание воды (около 4 л за сутки), здесь формируются каловые массы. В этом отделе кишечника обитает огромное количество бактерий, при их участии расщепляется целлюлоза растительных клеток (клетчатка), которая проходит через весь пищеварительный тракт без изменения. Бактерии синтезируют некоторые витамины из группы В и витамин К, необходимые организму человека. Гнилостные бактерии толстых кишок вызывают гниение остатков белков с выделением ряда ядовитых для организма веществ. Их всасывание в кровь могло бы привести к отравлению, но в печени они обезвреживаются. В конечном отделе толстого кишечника — прямой кишке — каловые массы уплотняются и выводятся через заднепроходное отверстие.

**Гигиена питания.** Пищевые отравления возникают в результате потребления с пищей продуктов, содержащих ядовитые вещества. Такие отравления могут вы-

звать ядовитые грибы и ягоды, коренья, ошибочно принятые за съедобные, а также продукты, приготовленные из зерновых культур, куда попадают семена некоторых сорных ядовитых растений и споры или гифы грибов. Например, присутствие в хлебе спорыньи вызывает «злую корчу», примесь семян куколя — разрушение эритроцитов. Для предупреждения этих пищевых отравлений необходима тщательная очистка зерна от ядовитых семян и спорыньи. Отравления могут быть вызваны также соединениями металлов (медь, цинк, свинец), если они попадают в пищу. Особую опасность представляет отравление несвежей пищей, в которой размножились микроорганизмы и накопились ядовитые продукты их жизнедеятельности — токсины. Такими продуктами могут быть изделия из фарша, студень, колбаса, мясо, рыба. Они быстро портятся, поэтому их нельзя долго хранить.

### ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

Обмен веществ и энергии — основное свойство живого. В цитоплазме клеток органов и тканей постоянно идет процесс синтеза сложных высокомолекулярных соединений и одновременно с этим — их распад с выделением энергии и образованием простых низкомолекулярных веществ — диоксида углерода, воды, аммиака и др. Процесс синтеза органических веществ называется *ассимиляцией* или *пластическим обменом*. В ходе ассимиляции обновляются органоиды клетки и накапливается запас энергии. Распад структурных элементов клетки сопровождается выделением заключенной в химических связях энергии, а конечные продукты распада, вредные для организма, выводятся за пределы клетки и затем из организма.

Процесс распада органических веществ противоположен процессу ассимиляции и называется *диссимиляцией*. Подобного типа реакции идут с поглощением кислорода, поэтому расщепление органических веществ связано с окислением, а освобождающаяся при этом энергия идет на синтез АТФ, необходимой для ассимиляции.

Таким образом, ассимиляция и диссимиляция — это две противоположные, но взаимно связанные стороны единого процесса — обмена веществ. При нарушении ассимиляции и диссимиляции расстраивается весь обмен веществ. Непрерывный распад и окисление органических соединений возможны лишь тогда, когда количество

этих веществ в клетках постоянно пополняется. Поэтому при разработке пищевых норм учитываются калорийность пищевых продуктов: белков, жиров, углеводов с тем расчетом, чтобы расход энергии не превышал потребления.

Наряду с обменом органических веществ в организме человека осуществляется водный и солевой обмен. Эти вещества не являются источниками энергии и питательными веществами, но их значение для организма очень велико. Вода входит в состав клеток, межклеточной и тканевой жидкости, плазмы и лимфы. Общее ее количество в организме человека составляет 70%. В клетках вода химически связана с белками, углеводами и другими соединениями. Она растворяет органические и неорганические соединения. Всасывание питательных веществ в кишечнике, их поглощение клетками из тканевой жидкости и выведение из клеток конечных продуктов обмена может осуществляться только в растворенном состоянии и при участии воды. Вода — непосредственный участник всех реакций гидролиза.

Суточная потребность в воде взрослого человека 2,5—3 л. Эта потребность зависит от условий и температуры среды. Поступает вода в организм при питье и в составе пищи. В тонком и толстом отделах кишечника вода всасывается в кровь, откуда она поступает в ткани, а из них вместе с продуктами распада проникает в кровь и лимфу. Из организма вода выводится в основном через почки, а также кожу, легкие (в виде пара) и с калом. Обмен воды в организме тесно связан с обменом солей.

Минеральные вещества поступают в организм человека с пищей, откладываются в виде солей и входят в состав различных органических соединений. Так, железо включено в молекулу гемоглобина и участвует в транспортировке кислорода и диоксида углерода, иод — в состав гормона щитовидной железы, сера и цинк содержатся в гормонах поджелудочной железы. Для кроветворения необходимы железо, кобальт, медь; соли кальция и фосфора входят в состав костей; калий и натрий создают определенную концентрацию ионов в клеточной мембране и по обе стороны от нее и т. д. Общее количество минеральных веществ в теле человека составляет около 4,5%. Все эти элементы поступают в организм с пищей и водой. Железа много в яблоках, иода — в морской капусте, кальция — в молоке, сыре, брынзе, в яйцах и т. д. Человек нуждается в постоянном поступлении на-

трия и хлора. Натрий создает определенную концентрацию ионов в плазме, тканевой жидкости, хлор (составная часть соляной кислоты) — компонент желудочного сока. Эти важнейшие элементы организм получает с поваренной солью.

**Обмен белков.** Белковые пищевые продукты — творог, нежирное мясо, рыба, яйцо и другие, попав в пищеварительный тракт, подвергаются механической и химической обработке. В желудке белок расщепляется до пептидов, а в двенадцатиперстной кишке — до аминокислот. В тонком кишечнике аминокислоты всасываются в кровь и разносятся ко всем органам и тканям. В клетке из аминокислот синтезируются специфические для данной ткани белки. Так, в клетках мышц идет синтез белка миозина, в молочной железе — казеина и т. д. Часть белков, входящих в состав клеток органов и тканей, а также аминокислоты, поступившие в организм, но не использованные в синтезе белка, подвергаются распаду с освобождением 17,6 кДж энергии на 1 г вещества и образованием продуктов распада белка: воды, диоксида углерода, аммиака, мочевины и др. Все продукты диссимиляции белка выделяются из организма в составе мочи, пота и частично с выдыхаемым воздухом. В запас белки не откладываются. У взрослого человека их синтезируется столько, сколько необходимо для компенсации распавшихся белков. При избытке белковой пищи она преобразуется в жиры и гликоген. Потребность белков в сутки составляет 100—118 г. В детском организме синтез белков превышает их распад, что учитывается при составлении рационов питания.

**Обмен углеводов.** Углеводы, входящие в состав продуктов растительного происхождения, в организме человека расщепляются до *глюкозы*, которая поступает в кровь и разносится по всему телу. Содержание глюкозы в крови относительно постоянно и не превышает 0,08—0,12%. Если глюкоза поступает в кровь в большем количестве, то этот избыток в печени превращается в животный крахмал — *гликоген*, который накапливается, а затем при необходимости снова распадается до глюкозы. При расщеплении 1 г углеводов освобождается 17,6 кДж энергии. Ее потребление увеличивается с возрастанием нагрузки при физической работе. Часть энергии используется для механической работы и служит источником тепла, другая часть идет на синтез молекул АТФ. При избытке углеводов в организме они превращаются

в жиры. Суточная потребность углеводов составляет 450—500 г.

**Обмен жиров.** Жиры входят в состав растительной и животной пищи. Часть синтезированного в организме жира откладывается в запас, другая часть поступает в клетку, где вместе с жироподобными веществами (липоидами) служит пластическим материалом, из которого строятся мембраны клеток и органоидов. Жиры — важный источник энергии. При их окислении выделяются диоксид углерода, вода и освобождается энергия. Расщепление 1 г жиров сопровождается выделением 38,9 кДж энергии. Жиры могут синтезироваться в организме человека из углеводов и белков. Суточная потребность в них для взрослого человека 100 г.

Обмен жиров, белков и углеводов взаимосвязан. Отклонение от нормы обмена одного из этих веществ влечет за собой нарушение обмена других веществ. Например, при расстройстве обмена углеводов продукты их неполного распада нарушают обмен белков и жиров, расщепление которых тоже идет не до конца, с образованием ядовитых веществ, отравляющих организм.

**Витамины** (от лат. «вита» — жизнь) — органические соединения разнообразной химической природы, необходимые для нормального роста и развития организма. Они способствуют нормальному протеканию всех жизненных процессов в организме. Значение витаминов было доказано работами русского врача Н. И. Лунина в опытах над животными. Заболевания, развивающиеся при недостатке витаминов в организме, называются *авитаминозами*. Здоровому взрослому человеку требуется в сутки всего несколько миллиграммов различных витаминов. Экспериментально было доказано, что витамины входят в состав ферментов, которые, являясь биологическими катализаторами, ускоряют обмен веществ. При недостатке витаминов ферменты оказываются неполноценными, что приводит к нарушению обмена веществ. Витамины образуются в растительных организмах, но имеются и в продуктах животного происхождения. Обозначаются они заглавными буквами латинского алфавита: А, В, С, D, Е, К, РР, Н. Некоторые буквы, например В, охватывают целые группы: от В<sub>1</sub> до В<sub>15</sub>. Одни из них растворимы в жирах (А, D, Е), другие — в воде (В, С).

Важнейший из витаминов — витамин А. Его называют витамином роста, он участвует в окислительно-восстановительных реакциях обмена. При нехватке в орга-

низме витамина А наблюдается сухость кожи, сухость роговицы глаза и ее помутнение. С недостатком витамина А связано нарушение сумеречного зрения («куриная слепота»). Наиболее богаты витамином А печень рыб, сливочное масло, молоко, морковь, абрикосы и др.

**В и т а м и н С**, или аскорбиновая кислота, синтезируется в растениях и накапливается в шиповнике, лимоне, черной смородине, зеленом луке, плодах клюквы и др. В настоящее время разработан промышленный синтез витамина С. При его недостатке развивается цинга. Особенно чувствуется нехватка витамина С к весне (у человека появляется сонливость, усталость, апатия).

**В и т а м и н D** играет важную роль в обмене кальция, фосфора и в целом — в процессе образования костей. При отсутствии витамина D соли кальция и фосфора не откладываются в костях, а выводятся из организма и поэтому кости, особенно у детей, размягчаются. Под тяжестью тела ноги искривляются, на ребрах образуются утолщения — четки, задерживается развитие зубов. Наиболее богаты витамином D печень рыб, сливочное масло, икра, желток яйца. Растения содержат вещество, близкое к витамину D, — *эргостерин*, который под влиянием солнечных и ультрафиолетовых лучей переходит в витамин D. Эргостерин находится в коже человека, поэтому для детей необходимо пребывание на солнце.

**В и т а м и н ы группы В** (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub> и др.) регулируют многие ферментативные реакции обмена веществ, особенно обмена белков, аминокислот, нуклеиновых кислот. При их недостатке нарушаются функции нервной системы (например, болезнь бери-бери), желудочно-кишечного тракта (поносы), кроветворных органов (злокачественное малокровие) и др. Эти витамины содержатся в печени млекопитающих и некоторых рыб, в почках, петрушке и др.

*Авитаминозы*, возникающие от недостатка витаминов, могут развиваться как в случае нехватки одного из витаминов, так и нескольких из них. Расстройства здоровья человека возможны и при избытке витаминов.

## ОРГАНЫ ВЫДЕЛЕНИЯ

**Строение почек и их значение.** В процессе диссимиляции в организме образуются продукты распада, которые подлежат выведению: диоксид углерода, вода, соли, мочевины, мочевая кислота, ацетоновые тела и др. Основ-

ная роль в их выведении принадлежит специализированным органам выделения — почкам.

Почки — парные органы, расположенные в брюшной полости с обеих сторон позвоночника. Правая почка лежит несколько ниже левой. Они имеют бобовидную форму, вогнутый край их обращен к позвоночнику и имеет выемку — *ворота почек*, где проходят кровеносные и лимфатические сосуды, нервы и мочеточник. Почка покрыта капсулой из соединительной ткани. На разрезе почки выделяют два слоя: наружный темно-красный — *корковый*, в котором расположены почечные тельца, и внутренний, более светлый — *мозговой*, в котором проходят почечные канальцы (рис. 79). Канальцы образуют *пирамиды*, разделенные прослойками коркового вещества. Расширенной частью пирамиды прилегают к корковому веществу, вершиной — к центру почки, где располагается *почечная лоханка*. Ее суженный конец переходит в мочеточник, который впадает в мочевой пузырь.

*Нефрон* — структурная и функциональная единица почки. В его состав входит *капсула Шумлянского*, состоящая из однослойного эпителия и образующая двухслойную чашу. В эту чашу погружен *Мальпигиев клубочек*, имеющий около 50 капиллярных петель. Между стенками капсулы находится полость, от которой в корковом слое начинается извитой мочевой каналец первого порядка. Выпрямляясь, он переходит в мозговой слой. Здесь каналец образует *петлю Генле* и вновь возвращается в корковое вещество, переходя в извитой каналец второго порядка. В дальнейшем он выпрямляется и впадает в собирательную трубочку. Трубочки сливаются друг с другом и открываются общими протоками на вершинах пирамид почечными сосочками. Длина одного нефрона 35—50 мм. В каждой почке их насчитывается около 1 млн. Общая длина всех канальцев 70—100 км, а их поверхность составляет 6 м<sup>2</sup>.

Почки богато снабжены кровеносными сосудами. Вступая в почку, почечная артерия ветвится на мелкие сосуды, которые заканчиваются артериолами, входящими в капсулу нефрона. Приносящая артериола в полости капсулы распадается на капилляры, образуя Мальпигиев клубочек. Затем капилляры клубочка вновь сливаются в артериолу, которая выходит из капсулы. Эта артериола называется *выносящим сосудом*, по нему кровь оттекает от клубочка. После выхода из капсулы артериола вторично разветвляется на капиллярную сеть, густо опле-

тающую извитые канальцы первого и второго порядка. Далее капилляры сливаются в вены, которые, соединяясь, образуют почечную вену, впадающую в нижнюю полую вену. Следовательно, в почке *артерии дважды распадаются на сеть капилляров*, несущих артериальную кровь: на капилляры, образующие Мальпигиев клубочек в капсуле, и капилляры извитых канальцев. Но моча образуется только в извитых канальцах, где артериальная кровь капилляров превращается в венозную.

Процесс образования мочи идет в две фазы. В капсуле Мальпигиевых клубочков фильтруются вещества, приносимые кровью, через стенки капилляров в полость капсулы. Фильтрация обеспечивается разностью давлений крови в капиллярах и капсуле. Высокое кровяное давление в капиллярах создается тем, что диаметр приносящего сосуда больше, чем выносящего. К тому же почечные артерии отходят прямо от брюшной аорты и прогоняют кровь под большим давлением. Это обеспечивает фильтрацию веществ из плазмы в капсулу. Вместе с водой из капилляров фильтруются растворенные вещества: неорганические соли, мочевины, мочевая кислота, глюкоза, аминокислоты. Жидкость, поступающая в просвет капсулы, называется *первичной* или *фильтрационной мочью*, которая близка по составу плазме крови, но отличается от нее отсутствием белков. В сутки через почки проходит до 1500—1700 л крови и образуется 150—170 л первичной мочи. Из организма же выводится всего лишь около 1—1,5 л так называемой *вторичной*, или *конечной мочи*, образующейся во второй фазе мочеобразования. Во время второй фазы в почечных канальцах идет процесс обратного всасывания воды и некоторых составных ча-

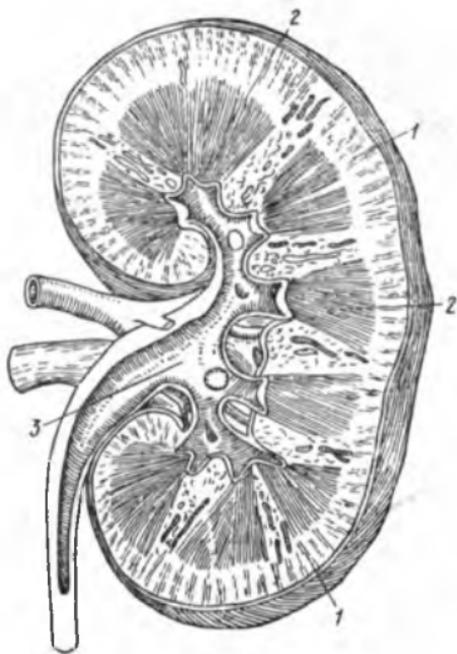


Рис. 79. Строение почки:

1 — корковый слой, 2 — мозговой слой, 3 — почечная лоханка

стей — сахара, аминокислот, в ней меньше концентрация хлористого натрия, а концентрация мочевины увеличена почти в 60—70 раз, т. е. до 2% (в плазме ее 0,03%). Желтый цвет мочи зависит от пигмента уробилина. Из почек моча выводится через мочеточники — трубки длиной до 30 см и шириной 3—6 мм, соединяющие почечную лоханку с мочевым пузырем. Мочевой пузырь лежит в полости таза и представляет собой резервуар емкостью до 750 мл.

Функции почек регулируются импульсами парасимпатического (блуждающего) и симпатического нервов. Первый расширяет кровеносные сосуды, второй — сужает. Это отражается на скорости образования первичной мочи, обратного всасывания воды и натрия из вторичной мочи. Кроме того, почки получают импульсы из высших нервных центров, находящихся в промежуточном мозге, которые действуют через центры симпатической нервной системы. Всасывание воды из первичной мочи усиливается антидиуретическим гормоном гипофиза, а гормон надпочечников адреналин вызывает уменьшение образования мочи, так как сужает почечные сосуды. Почки влияют также на ионный состав крови. Этому способствует гормон коры надпочечников альдостерон, который регулирует обратное всасывание солей натрия и калия в канальцах.

Отрицательно влияют на функцию почек злоупотребление острой пищей, содержащей много пряностей, и алкоголем, вызывающим раздражение нефронов. Разрушают почечный эпителий некоторые яды, которые могут попасть в организм при неосторожном обращении с ними и нарушении правил хранения ядовитых веществ.

## КОЖА

Кожа состоит из двух слоев: надкожицы, или наружного слоя, и собственно кожи — внутреннего слоя (рис. 80). *Надкожица*, или *эпидермис*, — поверхностный слой кожи эктодермального происхождения, образованный многослойным эпителием. Толщина его колеблется от 1/3 мм на веках до 4,8 мм на подошве стопы. В надкожице различают поверхностный роговой и глубокий ростковый, или основной, слой. *Поверхностный* слой состоит из мертвых, лишенных ядер, ороговевших клеток, которые в результате воздействия внешней среды постоянно слущиваются и заменяются новыми за счет клеток

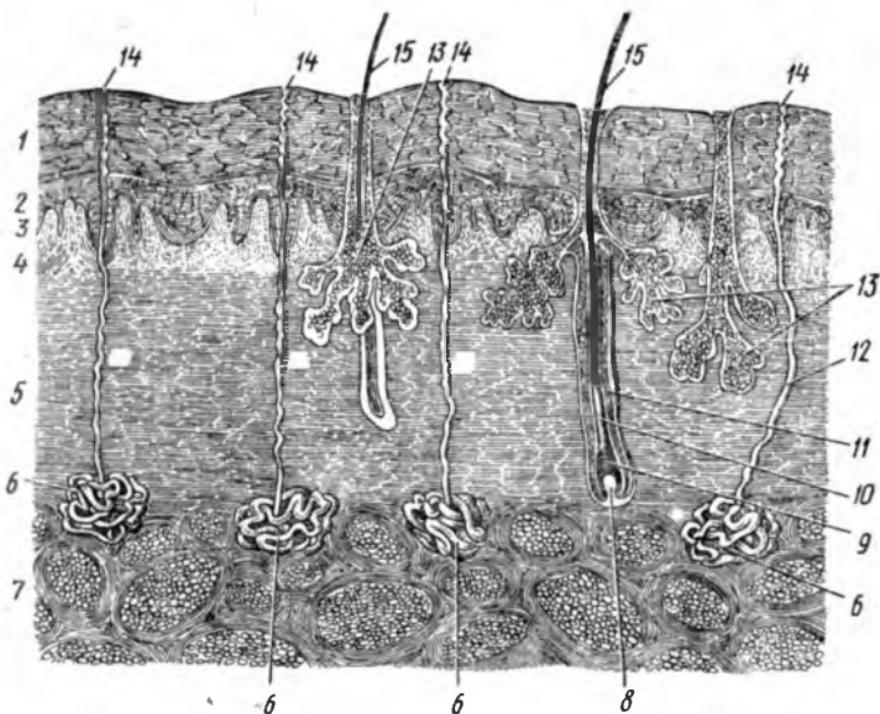


Рис. 80. Строение кожи:

1, 2 — эпидермис, 3 — пигментные клетки, 4, 5 — собственно кожа, 6 — потовая железа, 7 — жировая клетчатка, 8 — волосяной сосочек, 9 — волосяная луковица, 10 — корень волоса, 11 — волосяная сумка, 12 — канал потовой железы, 13 — сальная железа, 14 — выводные протоки потовых желез, 15 — волос

глубокого слоя, непрерывно размножающихся. Клетки *росткового слоя* имеют цилиндрическую форму с крупными ядрами; они быстро делятся и отодвигают к поверхности более старые клетки, которые теряют ядра, изменяют форму и ороговевают. В клетках *росткового слоя*, лежащего на границе с собственно кожей, образуется и откладывается *пигмент меланин* — красящее вещество, от количества которого зависит цвет кожи. Действие солнечных лучей усиливает отложение пигмента, а кожа темнеет. Пигмент не пропускает в организм ультрафиолетовые лучи, избыток которых оказывает вредное влияние.

Под эпидермисом находится собственно кожа — *дерма*, развивающаяся из мезодермы. Дерма вдается в эпидермис многоклеточными выступами — *сосочками*, образуя *сосочковый слой*. В глубине дермы имеются эластические волокна, придающие упругость коже и формирующие *сетчатый слой*. Еще глубже залегает подкожная

жировая клетчатка, защищающая тело от переохлаждения и смягчающая удары. В дерме проходят многочисленные кровеносные капилляры, лимфатические сосуды и нервные волокна, заканчивающиеся рецепторами. С их помощью воспринимаются боль, температура, механическое давление и т. д.

**Железы кожи, волосы, ногти.** В соединительной ткани собственно кожи расположены *потовые железы*. Они имеют вид длинных трубочек, нижний конец которых скручен в клубочек, лежащий на границе сетчатого слоя и подкожной жировой клетчатки. Выводной проток их открывается на поверхность эпидермиса потовой порой. К железе прилегают мышечные волокна, которые своими сокращениями обеспечивают выделение пота. Потовых желез на поверхности тела около 2—3 млн., и распределены они неравномерно: их много на лице, ладонях рук. При потоотделении отдается избыток тепла и удаляются некоторые продукты распада. Но в отличие от почек через кожу выводятся главным образом вода и растворенные соли.

Кожа человека покрыта волосами. Их корни находятся в дерме и окружены волосяной сумкой. У основания корень утолщается, образуя луковицу, в дно которой вдается волосяной сосочек с сосудами и нервами. На поверхности сосочка расположен ростковый слой, за счет деления клеток которого волос растет. К волосяной сумке прикрепляются гладкие мышцы, начинающиеся в дерме. Их сокращение изменяет положение волоса. В волосяную сумку открывается проток *сальной железы*. Жир смазывает волосы и смягчает кожу, придавая им эластичность. На пальцах рук и ног имеются ногти — пластинки из роговых чешуек эпидермиса. Они лежат на тыльной поверхности концевых фаланг в ногтевом ложе и окружены складками кожи — ногтевыми валиками. Под пластинкой ногтя находится соединительная ткань, сращенная с надкостницей. Ноготь несет защитную функцию, прикрывая кончики пальцев, поверхность которых наиболее чувствительна.

**Функция кожи.** Кожа играет большую роль во взаимодействии организма с внешней средой. Ее рецепторы воспринимают различные раздражения и передают их в центральную нервную систему, в результате чего у человека возникают ощущения боли, холода, прикосновения, тепла. Покрывая тело, кожа вместе с подкожной жировой клетчаткой защищает организм от повреждающих

воздействий внешней среды. Защитную функцию кожи выполняет и пигментный слой клеток эпидермиса, особенно у людей, живущих в южных широтах. Важное значение имеет потоотделение, которое осуществляется рефлекторно. Регулируется этот процесс центром потоотделения, расположенным в продолговатом мозге, и корой полушарий.

Участвуя в теплорегуляции, кожа играет большую роль в обмене веществ и энергии. Во время тяжелой физической работы обмен веществ, а следовательно, и образование тепла увеличиваются в несколько раз. А благодаря потоотделению, даже если температура окружающей среды будет значительно выше температуры тела человека, кожа способна отдавать тепло из организма, поддерживая постоянство температуры тела.

**Гигиена кожи.** Основное требование гигиены кожи — содержание ее в чистоте. Накапливающаяся на коже грязь (слущенный эпителий, жир, бактерии) способствует многим заболеваниям, так как органические вещества жира и пота, разлагаясь на поверхности, создают благоприятную среду для развития бактерий. Загрязнение кожи затрудняет функции потовых и сальных желез, что ведет к сухости кожи, ее растрескиванию и нарушению теплоотдачи.

## ЖЕЛЕЗЫ ВНУТРЕННЕЙ СЕКРЕЦИИ

Важное значение в жизнедеятельности человека и животных имеют биологически активные вещества — *гормоны*. Они вырабатываются особыми железами, которые богато снабжены кровеносными сосудами. Эти железы не имеют выводных протоков, и их гормоны поступают непосредственно в кровь, а затем разносятся по всему телу, осуществляя гуморальную регуляцию всех функций: они возбуждают или угнетают деятельность организма, влияют на его рост и развитие, изменяют интенсивность обмена веществ. В связи с отсутствием выводных протоков эти железы называются *железами внутренней секреции*, или *эндокринными*, в отличие от пищеварительных, потовых, сальных желез *внешней секреции*, имеющих выводные протоки.

По строению и физиологическому действию *гормоны специфичны*: каждый гормон оказывает мощное влияние на определенные процессы обмена веществ или работу органа, вызывая замедление или, наоборот, усиление его

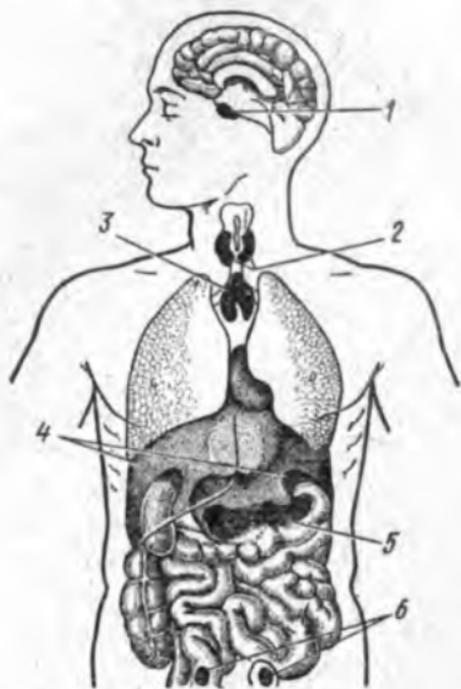


Рис. 81. Местоположение эндокринных желез человека:

1 — гипофиз, 2 — щитовидная железа, 3 — слюнная железа, 4 — надпочечники, 5 — поджелудочная железа, 6 — половые железы

функции. К железам внутренней секреции относятся гипофиз, щитовидная железа, околощитовидные железы, надпочечники, островковая часть поджелудочной железы, внутрисекреторная часть половых желез (рис. 81). Все они функционально взаимосвязаны между собой: гормоны, вырабатываемые одними железами, оказывают влияние на деятельность других желез, что обеспечивает единую систему координации между ними, которая осуществляется по принципу обратной связи. Главенствующая роль в этой системе принадлежит гипофизу, гормоны которого стимулируют деятельность других желез внутренней секреции.

**Гипофиз** — одна из центральных желез внутренней секреции, расположена под основанием головного мозга и имеет массу 0,5—0,7 г. Гипофиз состоит из трех долей: передней, средней и задней, окруженных общей капсулой из соединительной ткани. Один из гормонов передней доли оказывает влияние на рост. Избыток этого гормона в молодом возрасте сопровождается резким усилением роста — *гигантизм*, а при повышенной функции гипофиза у взрослого, когда рост тела прекращается, наступает усиленный рост коротких костей: предплюсны, плюсны, фаланг пальцев, а также мягких тканей (языка, носа). Такая болезнь называется *акромегалией*. Пониженная функция передней доли гипофиза приводит к карликовому росту. Гипофизарные карлики пропорционально сложены и нормально умственно развиты.

В передней доле гипофиза образуются также гормоны, влияющие на обмен жиров, белков, углеводов. В задней доле гипофиза вырабатывается антидиуретиче-

ский гормон, который снижает скорость образования мочи и изменяет водный обмен в организме.

**Щитовидная железа** расположена в передней области шеи, весит 30—60 г и состоит из двух долей, соединенных перешейком. Внутри железы имеются небольшие полости, или фолликулы, наполненные слизистым веществом, содержащим *гормон тироксин*. В состав гормона входит иод. Этот гормон влияет на обмен веществ, особенно жиров, на рост и развитие организма, усиливает возбудимость нервной системы, деятельность сердца. При разрастании ткани щитовидной железы количество гормона, поступающего в кровь, увеличивается, что приводит к заболеванию, которое называется *базедовой болезнью*. У больного повышается обмен веществ, что выражается в сильном исхудании, повышенной возбудимости нервной системы, усиленном потоотделении, быстрой утомляемости, пучеглазии.

При пониженной функции щитовидной железы возникает заболевание *микседема*, проявляющееся в слизистом отеке тканей, замедлении обмена веществ, задержке роста и развития, ухудшении памяти, нарушении психической деятельности. Если это случается в раннем детском возрасте, развивается *кретинизм* (слабоумие), характеризующийся умственной отсталостью, недоразвитием половых органов, карликовым ростом, непропорциональным строением тела. В горных районах встречается заболевание, известное под названием *эндемический зоб*, возникающее вследствие недостатка иода в питьевой воде. При этом ткань железы, разрастаясь, на некоторое время возмещает дефицит гормона, но и в этом случае его может быть недостаточно для организма. В целях профилактики эндемического зоба жителям соответствующих зон поставляют обогащенную иодом поваренную соль или добавляют ее в воду.

**Надпочечники** — парные железы, расположенные у верхнего края почек. Их масса — около 12 г каждая, вместе с почками они покрыты жировой капсулой. В них различают корковое, более светлое вещество, и мозговое, темное. В корковом слое вырабатываются несколько гормонов — *кортикостероидов*, оказывающих влияние на солевой и углеводный обмены, способствующих отложению гликогена в клетках печени и поддерживающих постоянную концентрацию глюкозы в крови. При недостаточной функции коркового слоя развивается *Аддисонова болезнь*, сопровождающаяся мышечной слабостью, оды-

шкой, потерей аппетита, уменьшением концентрации в крови сахара, понижением температуры тела. Кожа при этом приобретает бронзовый оттенок — характерный признак данного заболевания. В мозговом слое надпочечников вырабатывается гормон *адреналин*. Его действие многообразно: он увеличивает частоту и силу сердечных сокращений, повышает кровяное давление (при этом просвет многих мелких артерий сужается, а артерии головного мозга, сердца и почечных клубочков расширяются), усиливает обмен веществ, особенно углеводов, ускоряет превращение гликогена (печени и работающих мышц) в глюкозу, в результате чего работоспособность мышц восстанавливается.

**Поджелудочная железа** функционирует как смешанная железа, гормон которой — *инсулин* — вырабатывается клетками островков Лангерганса. Инсулин регулирует углеводный обмен, т. е. способствует усвоению клетками глюкозы, поддерживает ее постоянство в крови, переводя глюкозу в гликоген, который откладывается в печени и мышцах. Второй гормон этой железы — *глюкагон*. Его действие противоположно инсулину: при недостатке глюкозы в крови глюкагон способствует превращению гликогена в глюкозу. При пониженной функции островков Лангерганса нарушается обмен углеводов, а затем белков и жиров. Содержание глюкозы в крови возрастает с 0,1 до 0,4%, она появляется в моче, а количество мочи увеличивается до 8—10 л. Это заболевание называется *сахарным диабетом*. Его лечат путем введения человеку инсулина, извлеченного из органов животных.

Деятельность всех желез внутренней секреции взаимосвязана: гормоны передней доли гипофиза способствуют развитию коркового вещества надпочечников, усиливают секрецию инсулина, влияют на поступление в кровь тироксина и на функцию половых желез. Работу всех желез внутренней секреции регулирует центральная нервная система, в которой находится ряд центров, связанных с функцией желез. В свою очередь гормоны влияют на деятельность нервной системы. Нарушение взаимодействия этих двух систем сопровождается серьезными расстройствами функций органов и организма в целом.

## НЕРВНАЯ СИСТЕМА

В организме человека работа всех его органов тесно связана между собой, и поэтому организм функциони-

рует как единое целое. Согласованность функций внутренних органов обеспечивает нервная система, которая, кроме того, осуществляет связь организма как целого с внешней средой и контролирует работу каждого органа.

Различают *центральную* нервную систему (головной и спинной мозг) и *периферическую*, представленную отходящими от головного и спинного мозга нервами и другими элементами, лежащими вне спинного и головного мозга. Вся нервная система подразделяется на соматическую и вегетативную (или автономную). *Соматическая нервная* система осуществляет преимущественно связь организма с внешней средой: восприятие раздражений, регуляцию движений поперечно-полосатой мускулатуры скелета и др., *вегетативная* — регулирует обмен веществ и работу внутренних органов: биение сердца, перистальтические сокращения кишечника, секрецию различных желез и т. п. Обе они функционируют в тесном взаимодействии, однако вегетативная нервная система обладает некоторой самостоятельностью (автономностью), управляя многими произвольными функциями.

На разрезе мозга видно, что он состоит из серого и белого вещества. *Серое вещество* представляет собою скопление нейронов и их коротких отростков. В спинном мозге оно находится в центре, окружая спинно-мозговой канал. В головном мозге, наоборот, серое вещество расположено по его поверхности, образуя кору и отдельные скопления, получившие название ядер, сосредоточенных в белом веществе. *Белое вещество* находится под серым и составлено нервными волокнами, покрытыми оболочками. Нервные волокна, соединяясь, слагают нервные пучки, а несколько таких пучков образуют отдельные нервы. Нервы, по которым возбуждение передается из центральной нервной системы к органам, называются *центробежными*, а нервы, проводящие возбуждение с периферии в центральную нервную систему, называются *центростремительными*.

Головной и спинной мозг одет тремя оболочками: твердой, паутинной и сосудистой. *Твердая* — наружная, соединительнотканная, выстилает внутреннюю полость черепа и позвоночного канала. *Паутинная* расположена под твердой — это тонкая оболочка с небольшим количеством нервов и сосудов. *Сосудистая* оболочка сращена с мозгом, заходит в борозды и содержит много кровеносных сосудов. Между сосудистой и паутинной оболоч-

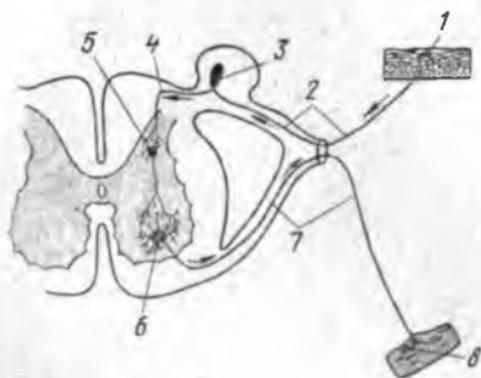


Рис. 82. Схема рефлекторной дуги:

1 — нервное окончание чувствительного волокна, 2 — чувствительное волокно, 3 — спинно-мозговой узел, 4 — центральная часть чувствительного волокна, 5 — вставочный нейрон, 6 — центробежный нейрон, 7 — двигательное нервное волокно, 8 — нервное окончание в мышце

ками образуются полости, заполненные мозговой жидкостью.

В ответ на раздражение нервная ткань приходит в состояние возбуждения, которое представляет собой нервный процесс, вызывающий или усиливающий деятельность органа. Свойство нервной ткани передавать возбуждение называется *проводимостью*. Скорость проведения возбуждения значительна: от 0,5 до 100 м/с, поэтому между органами и системами быстро устанавливается взаимодействие, отвечающее потребностям организма. Возбуждение проводится по нервным волокнам изолированно и не переходит с одного волокна на другое, чему препятствуют оболочки, покрывающие нервные волокна.

Деятельность нервной системы носит *рефлекторный характер*. Ответная реакция на раздражение, осуществляемая нервной системой, называется *рефлексом*. Путь, по которому нервное возбуждение воспринимается и передается к рабочему органу, называется *рефлекторной дугой*. Она состоит из пяти отделов: 1) рецепторов, воспринимающих раздражение; 2) чувствительного (центростремительного) нерва, передающего возбуждение к центру; 3) нервного центра, где происходит переключение возбуждения с чувствительных нейронов на двигательные; 4) двигательного (центробежного) нерва, несущего возбуждение от центральной нервной системы к рабочему органу; 5) рабочего органа, реагирующего на полученное раздражение (рис. 82).

Процесс торможения противоположен возбуждению: он прекращает деятельность, ослабляет или препятствует ее возникновению. Возбуждение в одних центрах нервной системы сопровождается торможением в других: нервные импульсы, поступающие в центральную нервную систему, могут задерживать те или иные рефлексы. Оба

процесса — *возбуждение* и *торможение* — взаимосвязаны. что обеспечивает согласованную деятельность органов и всего организма в целом. Например, во время ходьбы чередуется сокращение мышц сгибателей и разгибателей: при возбуждении центра сгибания импульсы следуют к мышцам-сгибателям, одновременно с этим центр разгибания тормозится и не посылает импульсы к мышцам-разгибателям, вследствие чего последние расслабляются, и наоборот.

**Спинальный мозг** находится в позвоночном канале и имеет вид белого тяжа, протянувшегося от затылочного отверстия до поясницы (рис. 83). По передней и задней поверхности спинного мозга расположены продольные борозды, в центре проходит спинно-мозговой канал, вокруг которого сосредоточено *серое вещество* — скопление огромного количества нервных клеток, образующих контур бабочки. По наружной поверхности тяжа спинного мозга расположено белое вещество — скопление пучков из длинных отростков нервных клеток.

В сером веществе различают передние, задние и боковые рога. В передних рогах залегают *двигательные*

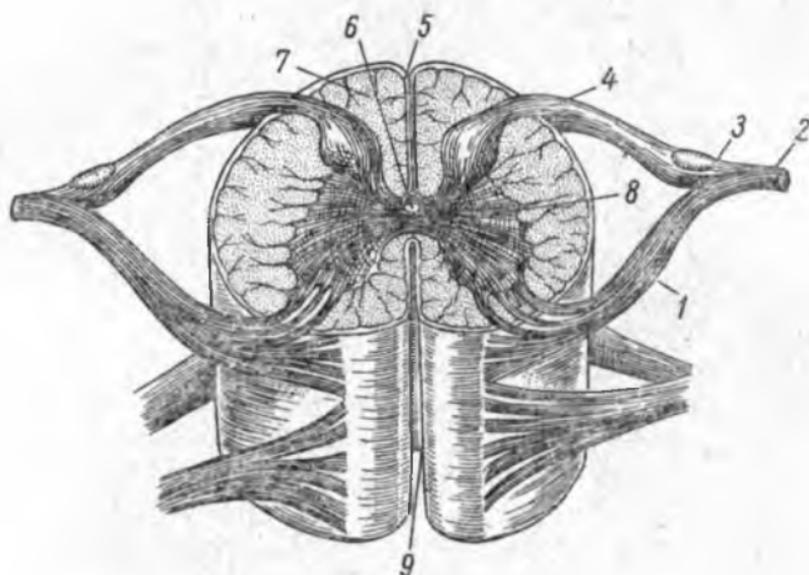


Рис. 83. Строение спинного мозга человека (поперечный разрез):

1 — передний корешок спинно-мозгового нерва, 2 — спинно-мозговой нерв, 3 — спинно-мозговой узел, 4 — задний корешок спинно-мозгового нерва, 5 — задняя продольная борозда, 6 — спинно-мозговой канал, 7 — белое вещество мозга, 8 — серое вещество мозга; 9 — передняя продольная борозда

нейроны, в задних — *вставочные*, которые осуществляют связь между чувствительными и двигательными нейронами. *Чувствительные нейроны* лежат вне тяжа, в спинно-мозговых узлах по ходу чувствительных нервов. От двигательных нейронов передних рогов отходят длинные отростки — *передние корешки*, образующие двигательные нервные волокна. К задним рогам подходят аксоны чувствительных нейронов, формирующие *задние корешки*, которые поступают в спинной мозг и передают возбуждение с периферии в спинной мозг. Здесь возбуждение переключается на вставочный нейрон, а от него — на короткие отростки двигательного нейрона, с которого затем по аксону оно сообщается рабочему органу.

В межпозвоночных отверстиях двигательные и чувствительные корешки соединяются, образуя *смешанные нервы*, которые затем распадаются на передние и задние ветки. Каждая из них состоит из чувствительных и двигательных нервных волокон. Таким образом, на уровне каждого позвонка от спинного мозга в обе стороны *отходит всего 31 пара* спинно-мозговых нервов смешанного типа. Белое вещество спинного мозга образует проводящие пути, которые тянутся вдоль спинного мозга, соединяя как отдельные его сегменты друг с другом, так и спинной мозг с головным. Одни проводящие пути называются *восходящими* или *чувствительными*, передающими возбуждение в головной мозг, другие — *нисходящими* или *двигательными*, которые проводят импульсы от головного мозга к определенным сегментам спинного мозга.

**Функция спинного мозга.** Спинной мозг выполняет две функции — рефлекторную и проводниковую.

Каждый рефлекс осуществляется строго определенным участком центральной нервной системы — нервным центром. Нервным центром называют совокупность нервных клеток, расположенных в одном из отделов мозга и регулирующих деятельность какого-либо органа или системы. Например, центр коленного рефлекса находится в поясничном отделе спинного мозга, центр мочеиспускания — в крестцовом, а центр расширения зрачка — в верхнем грудном сегменте спинного мозга. Жизненно важный двигательный центр диафрагмы локализован в III—IV шейных сегментах. Другие центры — дыхательный, сосудодвигательный — расположены в продолговатом мозгу. В дальнейшем будут рассмотрены еще некоторые нервные центры, контролирую-

щие те или иные стороны жизнедеятельности организма. Нервный центр состоит из множества вставочных нейронов. В нем перерабатывается информация, которая поступает с соответствующих рецепторов, и формируются импульсы, передающиеся на исполнительные органы — сердце, сосуды, скелетные мышцы, железы и т. д. В результате их функциональное состояние изменяется. Для регуляции рефлекса, его точности необходимо участие и высших отделов центральной нервной системы, включая кору головного мозга.

Нервные центры спинного мозга непосредственно связаны с рецепторами и исполнительными органами тела. Двигательные нейроны спинного мозга обеспечивают сокращение мышц туловища и конечностей, а также дыхательных мышц — диафрагмы и межреберных. Помимо двигательных центров скелетной мускулатуры, в спинном мозге находится ряд вегетативных центров.

Еще одна функция спинного мозга — проводниковая. Пучки нервных волокон, образующих белое вещество, соединяют различные отделы спинного мозга между собой и головной мозг со спинным. Различают восходящие пути, несущие импульсы к головному мозгу, и нисходящие, несущие импульсы от головного мозга к спинному. По первым возбуждение, возникающее в рецепторах кожи, мышц, внутренних органов, проводится по спинно-мозговым нервам в задние корешки спинного мозга, воспринимается чувствительными нейронами спинно-мозговых узлов и отсюда направляется либо в задние рога спинного мозга, либо в составе белого вещества достигает ствола, а затем коры больших полушарий. Нисходящие пути проводят возбуждение от головного мозга к двигательным нейронам спинного мозга. Отсюда возбуждение по спинно-мозговым нервам передается к исполнительным органам.

Деятельность спинного мозга находится под контролем головного мозга, который регулирует спинно-мозговые рефлексы.

Головной мозг расположен в мозговом отделе черепа (рис. 84). Средняя его масса 1300—1400 г. После рождения человека рост мозга продолжается до 20 лет. Состоит он из пяти отделов: переднего (большие полушария), промежуточного, среднего, заднего и продолговатого мозга. Внутри головного мозга находятся четыре сообщающиеся между собой полости — *мозговые желудочки*. Они заполнены спинно-мозговой жидкостью. I

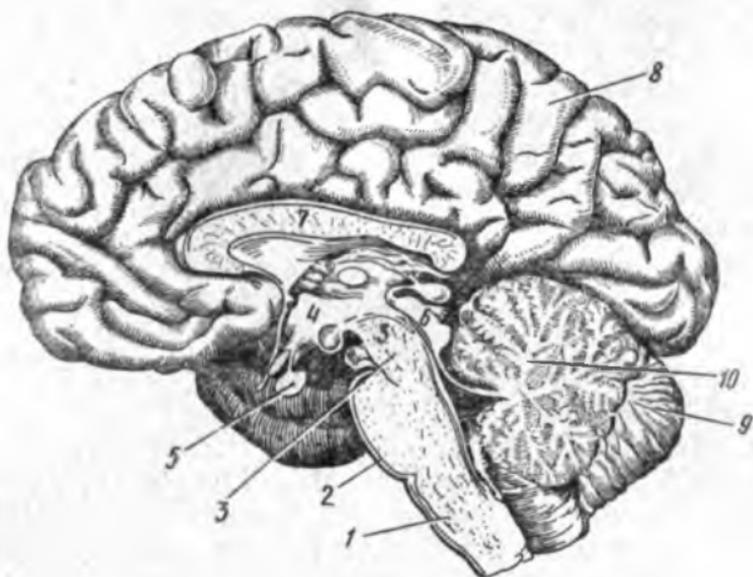


Рис. 84. Продольный разрез головного мозга:

1 — продолговатый мозг, 2 — варолиев мост, 3 — средний мозг, 4 — промежуточный мозг, 5 — гипофиз, 6 — четверохолмие, 7 — мозолистое тело, 8 — полушарие переднего мозга, 9 — полушарие мозжечка, 10 — червячок

и II желудочки расположены в больших полушариях, III — в промежуточном мозге, а IV — в продолговатом. Полушария (наиболее новая в эволюционном отношении часть) достигают у человека высокого развития, составляя 80% массы мозга. Филогенетически более древняя часть — ствол головного мозга. Ствол включает продолговатый мозг, мозговой (варолиев) мост, средний и промежуточный мозг. В белом веществе ствола залегают многочисленные ядра серого вещества. Ядра 12 пар черепно-мозговых нервов также лежат в стволе мозга. Стволовая часть мозга прикрыта полушариями головного мозга.

Продолговатый мозг — продолжение спинного и повторяет его строение: на передней и задней поверхности здесь также залегают борозды. Он состоит из белого вещества (проводящих пучков), где рассеяны скопления серого вещества — ядра, от которых берут начало черепные нервы — с IX по XII пару, в их числе языкоглоточный (IX пара), блуждающий (X пара), иннервирующий органы дыхания, кровообращения, пищеварения и другие системы, подъязычный (XII пара). Вверху продолговатый мозг продолжается в утолщение — *варолиев мост*, а с боков от него отходят нижние ножки мозжечка.

ка. Сверху и с боков почти весь продолговатый мозг прикрыт большими полушариями и мозжечком.

В сером веществе продолговатого мозга залегают жизненно важные центры, регулирующие сердечную деятельность, дыхание, глотание, осуществляющие защитные рефлексы (чихание, кашель, рвота, слезоотделение), секрецию слюны, желудочного и поджелудочного сока и др. Повреждение продолговатого мозга может быть причиной смерти вследствие прекращения сердечной деятельности и дыхания.

Задний мозг включает варолиев мост и мозжечок. *Варолиев мост* снизу ограничен продолговатым мозгом, сверху переходит в ножки мозга, боковые его отделы образуют средние ножки мозжечка. В веществе варолиева моста находятся ядра с V по VIII пары черепно-мозговых нервов (тройничный, отводящий, лицевой, слуховой).

*Мозжечок* расположен кзади от моста и продолговатого мозга. Поверхность его состоит из серого вещества (кора). Под корой мозжечка находится белое вещество, в котором имеются скопления серого вещества — ядра. Весь мозжечок представлен двумя полушариями, средней частью — червем и тремя парами ножек, образованных нервными волокнами, с помощью которых он связан с другими отделами головного мозга. Основная функция мозжечка — безусловнорефлекторная координация движений, определяющая их четкость, плавность и сохранение равновесия тела, а также поддержание тонуса мышц. Через спинной мозг по проводящим путям импульсы от мозжечка поступают к мышцам.

Контролирует деятельность мозжечка кора больших полушарий.

Средний мозг расположен впереди варолиева моста, он представлен *четверохолмием* и *ножками мозга*. В центре его проходит узкий канал (водопровод мозга), который соединяет III и IV желудочки. Мозговой водопровод окружен серым веществом, в котором лежат ядра III и IV пар черепно-мозговых нервов. В ножках мозга продолжают проводящие пути от продолговатого мозга и варолиева моста к большим полушариям. Средний мозг играет важную роль в регуляции тонуса и в осуществлении рефлексов, благодаря которым возможны стояние и ходьба. Чувствительные ядра среднего мозга находятся в буграх четверохолмия: в верхних заключены ядра, связанные с органами зрения, в нижних —

ядра, связанные с органами слуха. При их участии осуществляются ориентировочные рефлексy на свет и звук.

Промежуточный мозг занимает в стволе самое высокое положение и лежит кпереди от ножек мозга. Состоит из двух зрительных бугров, надбугорной, подбугорной области и коленчатых тел. По периферии промежуточного мозга находится белое вещество, а в его толще — ядра серого вещества. *Зрительные бугры* — главные подкорковые центры чувствительности: сюда по восходящим путям поступают импульсы со всех рецепторов тела, а отсюда — к коре больших полушарий. В надбугорной части (*гипоталамус*) находятся центры, совокупность которых представляет собой высший подкорковый центр вегетативной нервной системы, регулирующий обмен веществ в организме, теплоотдачу, постоянство внутренней среды. В передних отделах гипоталамуса располагаются парасимпатические центры, в задних — симпатические. В ядрах коленчатых тел сосредоточены подкорковые зрительные и слуховые центры.

К коленчатым телам направляется II пара черепно-мозговых нервов — зрительные. Ствол мозга связывают с окружающей средой и с органами тела черепно-мозговые нервы. По своему характеру они могут быть чувствительными (I, II, VIII пары), двигательными (III, IV, VI, XI, XII пары) и смешанными (V, VII, IX, X пары).

**Вегетативная нервная система.** Центробежные нервные волокна делятся на соматические и вегетативные. *Соматические* проводят импульсы к скелетным поперечно-полосатым мышцам, вызывая их сокращение. Они берут начало от двигательных центров, расположенных в стволовой части головного мозга, в передних рогах всех сегментов спинного мозга и, не прерываясь, достигают исполнительных органов. Центробежные нервные волокна, идущие к внутренним органам и системам, ко всем тканям организма, называют *вегетативными*. Центробежные нейроны вегетативной нервной системы лежат вне головного и спинного мозга — в периферических нервных узлах — ганглиях. Отростки ганглиозных клеток заканчиваются в гладких мышцах, в сердечной мышце и в железах.

Функция вегетативной нервной системы заключается в регулировании физиологических процессов в организме, в обеспечении приспособления организма к меняющимся условиям среды.

Вегетативная нервная система не имеет своих особых

чувствительных путей. Чувствительные импульсы от органов направляются по чувствительным волокнам, общим для соматической и вегетативной нервной системы. Регуляцию вегетативной нервной системы осуществляет кора больших полушарий головного мозга.

Вегетативная нервная система состоит из двух частей: симпатической и парасимпатической. *Ядра симпатической нервной системы* находятся в боковых рогах спинного мозга, от 1-го грудного до 3-го поясничного сегментов. Симпатические волокна покидают спинной мозг в составе передних корешков и входят затем в узлы, которые, соединяясь короткими пучками в цепь, образуют парный пограничный ствол, расположенный по обеим сторонам позвоночного столба. Далее из этих узлов нервы идут к органам, образуя сплетения. Импульсы, поступающие по симпатическим волокнам в органы, обеспечивают рефлекторную регуляцию их деятельности. Они усиливают и учащают сердечные сокращения, вызывают быстрое перераспределение крови путем сужения одних сосудов и расширения других.

*Ядра парасимпатических нервов* залегают в среднем, продолговатом отделах головного и крестцовом отделе спинного мозга. В отличие от симпатической нервной системы все парасимпатические нервы достигают периферических нервных узлов, расположенных во внутренних органах или на подступах к ним. Импульсы, проводимые этими нервами, вызывают ослабление и замедление сердечной деятельности, сужение венечных сосудов сердца и сосудов мозга, расширение сосудов слюнных и других пищеварительных желез, что стимулирует секрецию этих желез, усиливает сокращение мышц желудка и кишечника.

Большинство внутренних органов получает двойную вегетативную иннервацию, т. е. к ним подходят как симпатические, так и парасимпатические нервные волокна, которые функционируют в тесном взаимодействии, оказывая на органы противоположный эффект. Это имеет большое значение в приспособлении организма к постоянно меняющимся условиям среды.

Передний мозг состоит из сильно развитых полушарий и соединяющей их срединной части. Правое и левое полушария отделены друг от друга глубокой щелью, на дне которой лежит мозолистое тело. *Мозолистое тело* соединяет оба полушария посредством длинных отростков нейронов, образующих проводящие

пути. Полости полушарий представлены *боковыми желудочками* (I и II). Поверхность полушарий образована серым веществом или корой головного мозга, представленной нейронами и их отростками, под корой залегает белое вещество — проводящие пути. Проводящие пути соединяют отдельные центры в пределах одного полушария, либо правую и левую половины головного и спинного мозга или разные этажи центральной нервной системы. В белом веществе находятся также скопления нервных клеток, образующие подкорковые ядра серого вещества. Частью больших полушарий является обонятельный мозг с отходящей от него парой обонятельных нервов (I пара).

Общая поверхность коры полушарий составляет 2000 — 2500 см<sup>2</sup>, толщина ее — 2,5 — 3 мм. Кора включает более 14 млрд. нервных клеток, расположенных шестью слоями. У трехмесячного зародыша поверхность полушарий гладкая, но кора растет быстрее, чем мозговая корочка, поэтому кора образует складки — *извилины*, ограниченные бороздами; в них заключено около 70% поверхности коры. *Борозды* делят поверхность полушарий на доли. В каждом полушарии различают четыре доли: *лобную, теменную, височную и затылочную*. Самые глубокие борозды — центральные, отделяющие лобные доли от теменных, и боковые, которые отграничивают височные доли от остальных; теменно-затылочная борозда обособляет теменную долю от затылочной (рис. 85). Кпереди от центральной борозды в лобной доле находится передняя центральная извилина, позади нее — задняя центральная извилина. Нижняя поверхность полушарий и стволовая часть мозга называется *основанием мозга*.

Чтобы понять, как функционирует кора больших полушарий головного мозга, нужно вспомнить, что в организме человека имеется большое количество разнообразных высокоспециализированных рецепторов. Рецепторы способны улавливать самые незначительные изменения во внешней и внутренней среде.

Рецепторы, расположенные в коже, реагируют на изменения во внешней среде. В мышцах и сухожилиях находятся рецепторы, сигнализирующие в мозг о степени натяжения мышц, движениях суставов. Имеются рецепторы, реагирующие на изменения химического и газового состава крови, осмотического давления, температуры и др. В рецепторе раздражение преобразуется в нервные

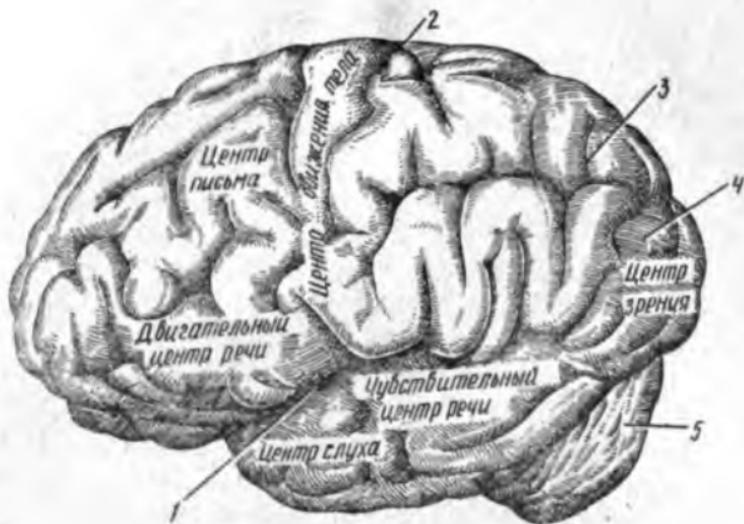


Рис. 85. Передний мозг:

1 — сильвиева борозда, 2 — центральная борозда, 3 — теменно-затылочная борозда, 4 — затылочная доля, 5 — мозжечок

импульсы. По чувствительным нервным путям импульсы проводятся к соответствующим чувствительным зонам коры головного мозга, где и формируется специфическое ощущение — зрительное, обонятельное и др.

Функциональную систему, состоящую из рецептора, чувствительного проводящего пути и зоны коры, куда проецируется данный вид чувствительности, И. П. Павлов назвал *анализатором*.

Анализ и синтез полученной информации осуществляется в строго определенном участке — зоне коры больших полушарий. Важнейшие зоны коры — двигательная, чувствительная, зрительная, слуховая, обонятельная. *Двигательная* зона расположена в передней центральной извилине впереди центральной борозды лобной доли, зона *кожно-мышечной чувствительности* — позади центральной борозды, в задней центральной извилине теменной доли. *Зрительная* зона сосредоточена в затылочной доле, *слуховая* — в верхней височной извилине височной доли, а *обонятельная* и *вкусовая* зоны — в переднем отделе височной доли.

Деятельность анализаторов отражает в нашем сознании внешний материальный мир. Это дает возможность млекопитающим приспособляться к условиям среды путем изменения поведения. Человек, познавая природные явления, законы природы и создавая орудия тру-

да, активно изменяет внешнюю среду, приспособлявая ее к своим потребностям.

В коре головного мозга осуществляется множество нервных процессов. Их назначение двояко: взаимодействие организма с внешней средой (поведенческие реакции) и объединение функций организма, нервная регуляция всех органов. Деятельность коры головного мозга человека и высших животных определена И. П. Павловым как *высшая нервная деятельность*, представляющая собой *условнорефлекторную функцию* коры головного мозга. Еще раньше основные положения о рефлекторной деятельности мозга были высказаны И. М. Сеченовым в его работе «Рефлексы головного мозга». Однако современное представление о высшей нервной деятельности создал И. П. Павлов, который, исследуя условные рефлексы, обосновал механизмы приспособления организма к изменяющимся условиям внешней среды.

Условные рефлексы вырабатываются в течение индивидуальной жизни животных и человека. Поэтому условные рефлексы строго индивидуальны: у одних особей они могут быть, у других отсутствуют. Для возникновения таких рефлексов необходимо совпадение во времени действия условного раздражителя с действием безусловного. Лишь многократное совпадение этих двух раздражителей приводит к образованию временной связи между двумя центрами. По определению И. П. Павлова, рефлексы, приобретаемые организмом в течение его жизни и возникающие в результате сочетания безразличных раздражителей с безусловными, называются условными.

У человека и млекопитающих новые условные рефлексы формируются в течение всей жизни, они замыкаются в коре головного мозга и носят временный характер, так как представляют временные связи организма с условиями среды, в которых он находится. Условные рефлексы у млекопитающих и человека вырабатываются очень сложно, так как охватывают целый комплекс раздражителей. В этом случае возникают связи между разными отделами коры, между корой и подкорковыми центрами и т. д. Рефлекторная дуга при этом значительно усложняется и включает рецепторы, воспринимающие условное раздражение, чувствительный нерв и соответствующий ему проводящий путь с подкорковыми центрами, участок коры, воспринимающий условное раздражение, второй участок, связанный с центром бе-

условного рефлекса, центр безусловного рефлекса, двигательный нерв, рабочий орган.

В течение индивидуальной жизни животного и человека бесчисленное множество образующихся условных рефлексов служит основой его поведения. Дрессировка животных также основана на выработке условных рефлексов, которые возникают в результате сочетания с безусловными (дача лакомств или поощрение лаской) при выполнении прыжков через горящее кольцо, поднятии на лапы и т. д. Дрессировка имеет значение в перевозке грузов (собаки, лошади), охране границ, на охоте (собаки) и т. д.

Различные раздражители внешней среды, действующие на организм, могут вызвать в коре не только образование условных рефлексов, но и их торможение. Если торможение возникает сразу при первом же действии раздражителя, его называют *безусловным*. При торможении подавление одного рефлекса создает условия для возникновения другого. Например, запах хищного животного тормозит поедание корма травоядным и вызывает ориентировочный рефлекс, при котором животное избегает встречи с хищником. В этом случае в отличие от безусловного у животного вырабатывается условное торможение. Оно возникает в коре полушарий в случае подкрепления условного рефлекса безусловным раздражителем и обеспечивает согласованное поведение животного в постоянно меняющихся условиях внешней среды, когда исключаются бесполезные или даже вредные реакции.

**Высшая нервная деятельность.** Поведение человека связано с условно-безусловной рефлекторной деятельностью. На основе безусловных рефлексов, начиная со второго месяца после рождения, у ребенка вырабатываются условные рефлексы: по мере его развития, общения с людьми и влияния внешней среды в больших полушариях головного мозга постоянно возникают временные связи между различными их центрами. Главное отличие высшей нервной деятельности человека — *мышление и речь*, которые появились в результате трудовой общественной деятельности. Благодаря слову возникают обобщенные понятия и представления, способность к логическому мышлению. Как раздражитель слово вызывает у человека большое количество условных рефлексов. На них базируются обучение, воспитание, выработка трудовых навыков, привычек.

Основываясь на развитии речевой функции у людей, И. П. Павлов создал учение о *первой и второй сигнальных системах*. Первая сигнальная система существует и у человека, и у животных. Эта система, центры которой находятся в коре головного мозга, воспринимает через рецепторы непосредственные, конкретные раздражители (сигналы) внешнего мира — предметы или явления. У человека они создают материальную основу для ощущений, представлений, восприятий, впечатлений об окружающей природе и общественной среде, и это составляет базу *конкретного мышления*. Но только у человека существует вторая сигнальная система, связанная с функцией речи, со словом слышимым (речь) и видимым (письмо).

Человек может отвлекаться от особенностей отдельных предметов и находить в них общие свойства, которые обобщаются в понятиях и объединяются тем или иным словом. Например, в слове «птицы» обобщены представители различных родов: ласточки, синицы, утки и многие другие. Подобным образом каждое другое слово выступает как обобщение. Для человека слово — это не только сочетание звуков или изображение букв, но прежде всего форма отображения материальных явлений и предметов окружающего мира в понятиях и мыслях. При помощи слов образуются общие понятия. Посредством слова передаются сигналы о конкретных раздражителях, и в этом случае слово служит принципиально новым раздражителем — *сигналом сигналов*.

При обобщении различных явлений человек открывает закономерные связи между ними — законы. Способность человека к обобщению составляет сущность *отвлеченного мышления*, которое отличает его от животных. Мышление — результат функции всей коры головного мозга. Вторая сигнальная система возникла в результате совместной трудовой деятельности людей, при которой речь стала средством общения между ними. На этой основе возникло и развивалось дальше словесное человеческое мышление. Головной мозг человека представляет собой центр мышления и связанный с мышлением центр речи.

**Сон и его значение.** Согласно учению И. П. Павлова и других отечественных ученых, сон — это глубокое охранительное торможение, предотвращающее переутомление и истощение нервных клеток. Он охватывает большие полушария, средний и промежуточный мозг. Во

время сна резко падает активность многих физиологических процессов, продолжают свою деятельность лишь отделы стволовой части головного мозга, регулирующие жизненно важные функции, — дыхание, сердцебиение, но и их функция снижена. Центр сна находится в гипоталамусе промежуточного мозга, в передних ядрах. Задние ядра гипоталамуса регулируют состояние пробуждения и бодрствования.

Засыпанию организма способствует монотонная речь, тихая музыка, общая тишина, темнота, тепло. При частичном сне некоторые «сторожевые» пункты коры остаются свободными от торможения: мать крепко спит при шуме, но ее будит малейший шорох ребенка; солдаты спят при грохоте орудий и даже на марше, но тотчас реагируют на приказы командира. Сон снижает возбудимость нервной системы, а следовательно, и восстанавливает ее функции.

В отношении физиологии сна нет и не может быть никаких сверхъестественных, надприродных истолкований его сущности. Сон — это естественный физиологический процесс, происходящий в материальных объектах — нервных структурах, он быстро наступает, если устраняются раздражители, препятствующие развитию торможения, такие, как громкая музыка, яркий свет и т. д.

С помощью ряда приемов, сохранив один возбужденный участок, у человека можно вызвать искусственное торможение в коре головного мозга (сноподобное состояние). Подобное состояние называется *гипнозом*. И. П. Павлов рассматривал его как частичное, ограниченное определенными зонами торможение коры. С наступлением наиболее глубокой фазы торможения слабые раздражители (например, слово) действуют эффективнее сильных (боль), наблюдается высокая внушаемость. Это состояние избирательного торможения коры используют в качестве лечебного приема, во время которого врач внушает больному, что необходимо исключить вредные факторы — курение и употребление алкоголя. Иногда гипноз может быть вызван сильным, необычным в данных условиях раздражителем. Это вызывает «оцепенение», временное обездвиживание, затаивание.

**Сновидения.** Как природа сна, так и сущность сновидений раскрыты на основе учения И. П. Павлова: во время бодрствования человека в мозгу преобладают процессы возбуждения, а при торможении всех участков коры развивается полный глубокий сон. При таком сне

не бывает никаких сновидений. В случае неполного торможения отдельные незаторможенные мозговые клетки и участки коры вступают между собой в различные взаимодействия. В отличие от нормальных связей в бодрствующем состоянии они характеризуются причудливостью. Каждое сновидение есть более или менее яркое и сложное событие, картина, живой образ, периодически возникающие у спящего человека в результате деятельности клеток, которые остаются во время сна активными. По выражению И. М. Сеченова, «сновидения — необычные комбинации бывалых впечатлений». Часто в содержание сна включаются внешние раздражения: тепло укрытый человек видит себя в жарких странах, охлаждение ног воспринимается им как хождение по земле, по снегу и т. д. Научный анализ сновидений с материалистических позиций показал полную несостоятельность предсказательного толкования «вещих снов».

**Гигиена нервной системы.** Функции нервной системы осуществляются путем уравнивания возбуждающих и тормозных процессов: возбуждение в одних пунктах сопровождается торможением в других. При этом в участках торможения восстанавливается работоспособность нервной ткани. Утомлению способствуют малая подвижность при умственной работе и однообразие — при физической. Утомление нервной системы ослабляет ее регулируемую функцию и может спровоцировать возникновение ряда болезней: сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных, кожных и т. д.

Наиболее благоприятные условия для нормальной деятельности нервной системы создаются при правильном чередовании труда, активного отдыха и сна. Устранение физической усталости и нервного переутомления наступает при переключении с одного вида деятельности на другой, при котором нагрузку будут испытывать поочередно разные группы нервных клеток. В условиях высокой автоматизации производства профилактика переутомлений достигается личной активностью работника, его творческой заинтересованностью, регулярным чередованием моментов труда и отдыха.

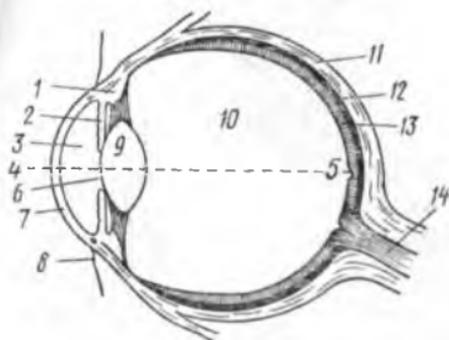
Большой вред нервной системе приносит употребление алкоголя и курение.

## ОРГАНЫ ЧУВСТВ

**Зрительный анализатор.** Представлен воспринимающим отделом — рецепторами сетчатой оболочки глаза,

Рис. 86. Схема строения глаза человека:

1 — ресничная мышца, 2 — радужная оболочка, 3 — водянистая влага, 4, 5 — оптическая ось, 6 — зрачок, 7 — роговица, 8 — конъюнктура, 9 — хрусталик, 10 — стекловидное тело, 11 — белочная оболочка, 12 — сосудистая оболочка, 13 — сетчатка, 14 — зрительный нерв



зрительными нервами, проводящей системой и соответствующими участками коры в затылочных долях мозга.

Глазное яблоко (рис. 86) имеет шаровидную форму, заключено в глазницу. Вспомогательный аппарат глаза представлен глазными мышцами, жировой клетчаткой, веками, ресницами, бровями, слезными железами. Подвижность глаза обеспечивают поперечно-полосатые мышцы, которые одним концом прикрепляются к костям глазничной впадины, другим — к наружной поверхности глазного яблока — белочной оболочке. Спереди глаз окружают две складки кожи — веки. Внутренние их поверхности покрыты слизистой оболочкой — конъюнктивой. Слезный аппарат состоит из слезных желез и отводящих путей. Слеза предохраняет роговицу от переохлаждения, высыхания и смывает осевшие пылевые частицы.

Глазное яблоко имеет три оболочки: наружную — фиброзную, среднюю — сосудистую, внутреннюю — сетчатую. Фиброзная оболочка непрозрачна и называется белочной или склерой. В передней части глазного яблока она переходит в выпуклую прозрачную роговицу. Средняя оболочка снабжена кровеносными сосудами и пигментными клетками. В передней части глаза она утолщается, образуя ресничное тело, в толще которого находится ресничная мышца, изменяющая своим сокращением кривизну хрусталика. Ресничное тело переходит в радужную оболочку, состоящую из нескольких слоев. В более глубоком слое залегают пигментные клетки. От количества пигмента зависит цвет глаз. В центре радужной оболочки есть отверстие — зрачок, вокруг которого расположены круговые мышцы. При их сокращении зрачок суживается. Радиальные мышцы, имеющиеся в радужной оболочке, расширяют зрачок. Самая внутренняя оболочка глаза — сетчатка, содержащая палочки и колбочки — светочувствительные рецепторы, представляю-

щие периферический отдел зрительного анализатора. В глазу у человека насчитывается около 130 млн. палочек и 7 млн. колбочек. В центре сетчатки сосредоточено больше колбочек, а вокруг них и на периферии расположены палочки. От светочувствительных элементов глаза (палочек и колбочек) отходят нервные волокна, которые, соединяясь через промежуточные нейроны, образуют *зрительный нерв*. В месте выхода его из глаза отсутствуют рецепторы, этот участок не чувствителен к свету и называется *слепым пятном*. Кнаружи от слепого пятна на сетчатке сосредоточены только колбочки. Этот участок называется *желтым пятном*, в нем наибольшее количество колбочек. Задний отдел сетчатки представляет собой дно глазного яблока.

За радужной оболочкой находится прозрачное тело, имеющее форму двояковыпуклой линзы — *хрусталик*, способный преломлять световые лучи. Хрусталик заключен в капсулу, от которой отходят цинновы связки, прикрепляющиеся к ресничной мышце. При сокращении мышцы связки расслабляются и кривизна хрусталика увеличивается, он становится более выпуклым. Полость глаза за хрусталиком заполнена вязким веществом — *стекловидным телом*.

Возникновение зрительных ощущений. Световые раздражения воспринимаются палочками и колбочками сетчатки. Прежде чем достигнуть сетчатки, лучи света проходят через светопреломляющие среды глаза. При этом на сетчатке получается действительное обратное уменьшенное изображение. Несмотря на перевернутость изображения предметов на сетчатке, вследствие переработки информации в коре головного мозга человек воспринимает их в естественном положении, к тому же зрительные ощущения всегда дополняются и согласуются с показаниями других анализаторов.

Способность хрусталика изменять свою кривизну в зависимости от удаленности предмета называется *аккомодацией*. Она увеличивается при рассматривании предметов на близком расстоянии и уменьшается при удалении предмета.

К нарушениям функции глаза относятся *дальнозоркость* и *близорукость*. С возрастом эластичность хрусталика уменьшается, он становится более уплощенным и аккомодация ослабевает. В это время человек хорошо видит только далекие предметы: развивается так называемая старческая дальнозоркость. Врожденная дально-

зоркость связана с уменьшенной величиной глазного яблока или слабой преломляющей силой роговицы или хрусталика. При этом изображение от далеких предметов фокусируется позади сетчатки. При ношении очков с выпуклыми стеклами изображение передвигается на сетчатку. В отличие от старческой при врожденной дальнорзости аккомодация хрусталика может быть нормальной.

При близорукости глазное яблоко увеличено в размере, изображение далеких предметов даже при отсутствии аккомодации хрусталика получается перед сетчаткой. Такой глаз ясно видит только близкие предметы и поэтому называется близоруким. Очки с вогнутыми стеклами, отодвигая изображение на сетчатку, исправляют близорукость.

Рецепторы сетчатки — палочки и колбочки — отличаются как по строению, так и по функции. С колбочками связано дневное зрение, они возбуждаются при ярком свете, а с палочками — сумеречное зрение, так как они возбуждаются при пониженном освещении. В палочках имеется вещество красного цвета — *зрительный пурпур*, или *родопсин*; на свету, в результате фотохимической реакции, он распадается, а в темноте восстанавливается в течение 30 мин из продуктов собственного расщепления. Вот почему человек, войдя в темную комнату, вначале ничего не видит, а через некоторое время начинает постепенно различать предметы (ко времени окончания синтеза родопсина). В образовании родопсина участвует витамин А, при его недостатке этот процесс нарушается и развивается «*куриная слепота*». Способность глаза рассматривать предметы при различной яркости освещения называется *адаптацией*. Она нарушается при недостатке витамина А и кислорода, а также при утомлении.

В колбочках содержится другое светочувствительное вещество — *иодопсин*. Он распадается в темноте и восстанавливается на свету в течение 3—5 мин. Расщепление иодопсина на свету дает *цветовое ощущение*. Из двух рецепторов сетчатки к цвету чувствительны только колбочки, которых в сетчатке три вида: одни воспринимают красный цвет, другие — зеленый, третьи — синий. В зависимости от степени возбуждения колбочек и сочетания раздражений воспринимаются различные другие цвета и их оттенки.

Глаз следует оберегать от разных механических воздействий, читать в хорошо освещенном помещении, дер-

жа книгу на определенном расстоянии (до 33—35 см от глаза). Свет должен падать слева. Нельзя близко наклоняться к книге, так как хрусталик в этом положении долго находится в выпуклом состоянии, что может привести к развитию близорукости. Слишком яркое освещение вредит зрению, разрушает световоспринимающие клетки. Поэтому сталеварам, сварщикам и лицам других сходных профессий рекомендуется надевать во время работы темные защитные очки. Нельзя читать в движущемся транспорте. Из-за неустойчивости положения книги все время меняется фокусное расстояние. Это ведет к изменению кривизны хрусталика, уменьшению его эластичности, в результате чего ослабевает ресничная мышца. Расстройство зрения может возникнуть также из-за недостатка витамина А.

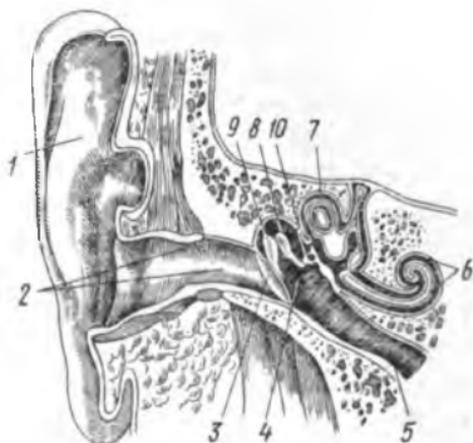
**Слуховой анализатор.** Воспринимающей частью слухового анализатора является ухо, проводящей — слуховой нерв, центральной — слуховая зона коры головного мозга. Орган слуха состоит из трех отделов (рис. 87): наружного, среднего и внутреннего уха. Ухо включает не только собственно орган слуха, с помощью которого воспринимаются слуховые ощущения, но и орган равновесия, благодаря чему тело удерживается в определенном положении.

Наружное ухо состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода. Раковина образована хрящом, покрытым с обеих сторон кожей. С помощью раковины человек улавливает направление звука. Мышцы, приводящие в движение ушную раковину, у человека рудиментарны. Наружный слуховой проход имеет вид трубки длиной 30 мм, выстланной кожей, в которой имеются особые железы, выделяющие ушную серу. В глубине слуховой проход затянут тонкой барабанной перепонкой овальной формы. Со стороны среднего уха, в середине барабанной перепонки, укреплена рукоятка молоточка. Перепонка упруга, при ударе звуковых волн она без искажения повторяет эти колебания.

Среднее ухо представлено барабанной полостью, которая с помощью слуховой (евстахиевой) трубы сообщается с носоглоткой; от наружного уха оно отграничено барабанной перепонкой. Составные части этого отдела — *молоточек*, *наковальня* и *стремечко*. Своей рукояткой молоточек срастается с барабанной перепонкой, наковальня же сочленена и с молоточком, и со стремечком, которое прикрывает овальное отверстие, ведущее во

Рис. 87. Строение органа слуха:

1 — ушная раковина, 2 — наружный слуховой проход, 3 — барабанная перепонка, 4 — полость среднего уха, 5 — слуховая трубка, 6 — улитка, 7 — полукружные каналы, 8 — наковальня, 9 — молоточек, 10 — стремечко



внутреннее ухо. В стенке, отделяющей среднее ухо от внутреннего, кроме овального окна находится еще круглое окно, затянутое перепонкой.

Внутреннее ухо, или лабиринт, расположено в толще височной кости и имеет двойные стенки: *лабиринт перепончатый* как бы вставлен в *костный*, повторяя его форму. Щелевидное пространство между ними заполнено прозрачной жидкостью — *перилимфой*, полость перепончатого лабиринта — *эндолимфой*. Лабиринт представлен *преддверием*, спереди от него находится улитка, сзади — *полукружные каналы*. Улитка сообщается с полостью среднего уха через круглое окно, затянутое перепонкой, а преддверие — через овальное окно.

Органом слуха является улитка, остальные ее части составляют органы равновесия. Улитка — спирально закрученный канал в  $2\frac{3}{4}$  оборота, разделенный тонкой перепончатой перегородкой. Эта перепонка спирально завита и называется *основной*. Она состоит из фиброзной ткани, включающей около 24 тыс. особых волокон (слуховые струны) разной длины и расположенных поперек вдоль всего хода улитки: самые длинные — у ее вершины, у основания — наиболее укороченные. Над этими волокнами нависают слуховые волосковые клетки — рецепторы. Это периферический конец слухового анализатора, или *кортиева орган*. Волоски рецепторных клеток обращены в полость улитки — эндолимфу, а от самих клеток берет начало слуховой нерв.

Восприятие звуковых раздражений. Звуковые волны, проходя через наружный слуховой проход, вызывают колебания барабанной перепонки и передаются слуховым косточкам, а с них — на перепонку овального окна, ведущего в преддверие улитки. Возникшее коле-

бание приводит в движение перилимфу и эндолимфу внутреннего уха и воспринимается волокнами основной перепонки, несущей на себе клетки кортиева органа. Высокие звуки с большой частотой колебаний воспринимаются короткими волокнами, расположенными у основания улитки, и передаются волоскам клеток кортиева органа. При этом возбуждаются не все клетки, а только те, которые находятся на волокнах определенной длины. Следовательно, первичный анализ звуковых сигналов начинается уже в кортиевом органе, с которого возбуждение по волокнам слухового нерва передается в слуховой центр коры головного мозга в височной доле, где происходит их качественная оценка.

**Вестибулярный аппарат.** В определении положения тела в пространстве, его перемещении и скорости движения большую роль играет вестибулярный аппарат. Он расположен во внутреннем ухе и состоит из *преддверия и трех полукружных каналов*, размещенных в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Полукружные каналы наполнены эндолимфой. В эндолимфе преддверия находятся два мешочка — *круглый и овальный* со специальными известковыми камешками — *статолитами*, прилежащими к волосковым рецепторным клеткам мешочков.

При обычном положении тела статолиты своим давлением раздражают волоски нижних клеток, при изменении положения тела статолиты также перемещаются и своим давлением раздражают другие клетки; полученные импульсы передаются в кору больших полушарий. В ответ на раздражение вестибулярных рецепторов, связанных с мозжечком и двигательной зоной больших полушарий, рефлекторно изменяются тонус мышц и положение тела в пространстве. От овального мешочка отходят три полукружных канала, имеющих вначале расширения — ампулы, в которых находятся волосковые клетки — рецепторы. Так как каналы расположены в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, то эндолимфа в них при изменениях положения тела раздражает те или иные рецепторы, и возбуждение передается в соответствующие отделы мозга. Организм рефлекторно отвечает необходимым изменением положения тела.

**Гигиена слуха.** В наружном слуховом проходе скопляется ушная сера, на ней задерживается пыль и микроорганизмы, поэтому необходимо регулярно мыть уши теплой мыльной водой; ни в коем случае нельзя

удалять серу твердыми предметами. Переутомление нервной системы и перенапряжение слуха могут вызвать резкие звуки и шумы. Особенно вредно действует продолжительный шум, при этом наступает тугоухость и даже глухота. Сильный шум снижает производительность труда до 40–60%. Для борьбы с шумами в производственных условиях применяют облицовку стен и потолков специальными материалами, поглощающими звук, индивидуальные противошумные наушники. Моторы и станки устанавливают на фундаенты, которые глушат шум от сотрясения механизмов.

**Кожный анализатор.** В коже находится большое количество рецепторов. Одни из них воспринимают *температурные* раздражения, другие — прикосновение и давление на кожу (*тактильные*). Их особенно много на кончиках пальцев, в коже ладоней, на кончике языка, на губах. Третьи воспринимают *болевые* раздражения. Возникшее в коже возбуждение по чувствительным нервам и проводящим путям передается в головной мозг в чувствительную зону (область теменных долей), где возникает соответствующее ощущение.

**Мышечное чувство.** Для человека важное значение имеет мышечно-суставное чувство, позволяющее при закрытых глазах правильно определить положение своего тела, находить предметы. Рецепторы двигательного анализатора находятся в мышцах, сухожилиях, связках и на суставных поверхностях. По нервам возбуждение от мышц и суставов передается в чувствительно-двигательную зону больших полушарий, где возникает ощущение, позволяющее различать изменения в положении отдельных частей и всего тела в пространстве. Благодаря мышечному чувству определяется масса и объем предметов, производится тонкий анализ движений и их координация. При нарушении функции двигательного анализатора походка становится неуверенной, шаткой, человек теряет равновесие.

**Вкусовой анализатор.** Его рецепторы расположены во вкусовых луковицах: на сосочках языка, слизистой оболочке ротовой полости, нёба, глотки. Рецепторы специфичны к восприятию вкусовых ощущений — кислого, горького, сладкого и соленого. На кончике языка воспринимается ощущение сладкого, на корне — горького, по бокам — кислого и соленого. Раздражителями могут быть только растворимые в воде вещества. Возбуждение с рецепторов передается по чувствительным нервам во

вкусовую зону, расположенную в височной доле коры головного мозга.

**Обонятельный** анализатор начинается рецепторами в верхней части носовой полости. Слизистая оболочка ее содержит обонятельные клетки. Длинные их отростки входят в состав обонятельного нерва, который проводит возбуждение в обонятельную зону височной доли коры. Раздражителями обонятельных клеток служат частицы пахучих веществ, находящихся во вдыхаемом воздухе. Во время приема пищи обонятельные ощущения дополняют вкусовые. При насморке обоняние притупляется, и пища кажется безвкусной. С помощью обоняния улавливается запах нежелательных примесей в атмосфере, по запаху иногда удается отличить недоброкачественную пищу от пригодной для еды.

Многие восприятия осуществляются одновременно несколькими анализаторами (зрением, осязанием, кожно-мышечным чувством), поэтому при утрате одного из них обостряются другие.

## РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА

У человека половые клетки формируются в специальных органах — гонадах (в яичниках у женщин и в семенниках у мужчин).

Женская половая клетка — яйцеклетка — гаплоидная, крупная, округлая, неподвижная (см. с. 44).

В процессе эмбриогенеза в женском организме закладывается около 400 тыс. первичных половых клеток, их размножение к моменту рождения прекращается и они превращаются в ооциты первого порядка. Каждый ооцит окружен эпителиальными клетками и образует яйцевой пузырек (*фолликул*). Лишь небольшая часть ооцитов яичника женщины созревает и дает начало яйцеклеткам. Этот процесс начинается с 12—13 лет и заканчивается к 50—53 годам. По мере роста ооцита фолликулярный эпителий разрастается, в нем появляется полость с жидкостью — образуется *Граафов пузырек*. Разрыв созревшего фолликула и выход яйцеклетки из яичника называется *овуляцией*. Она происходит в среднем раз в 29 дней. Созревает обычно одна яйцевая клетка поочередно то в одном, то в другом яичнике. Образование ооцита второго порядка происходит в маточной трубе. Здесь же яйцеклетка оплодотворяется сперматозоидом.

Мужская половая клетка — сперматозоид — формиру-

ется в семенниках в процессе сперматогенеза (см. с. 41). Ядро с гаплоидным набором хромосом находится в головке сперматозоида. На формирование половых клеток влияют секреты гипофиза, яичников, семенников и другие железы внутренней секреции.

В процессе оплодотворения яйцеклетка и сперматозоид сливаются, образуя диплоидную зиготу.

Процесс дробления зиготы совершается в течение 3—4 суток, когда зигота продвигается по маточной трубе к матке. Возникшие бластомеры образуют *морулу*, а затем однослойный зародыш — бластулу; в ней различают полость — *бластоцель* и стенку — *бластодерму*. В результате дробления поверхностно расположенных бластомеров формируется оболочка, участвующая в питании зародыша — *трофобласт*, а центральные бластомеры образуют *эмбриобласт*, из него развивается зародыш. Следовательно, образовавшийся зародышевый пузырек включает в себя трофобласт, окружающий полость с жидкостью, и эмбриобласт — зародышевый узелок, лежащий в полости.

Во вторую неделю происходит гастрюляция и трофобласт погружается в стенку матки: у семидневного зародыша эктодерма образует амниотический пузырек. Из зародыша, имеющего форму щитка, в полость бластулы выселяются клетки и заполняют ее. Вместе с трофобластом эти клетки формируют *хорион*. В дальнейшем развиваются зародышевые оболочки — *амнион* и *желточный мешок*. Желточный мешок функционирует как кроветворный орган. Производным желточного мешка является первичный мочевой пузырь — *аллантоис*. Впоследствии амнион обрастает зародыш и образует водную оболочку плода, защищающую его от повреждений и создающую здесь однородную жидкую среду. Часть хориона, обращенная к стенке матки, имеет ворсинки, врастает в ее ткани и формирует детское место, или плаценту, через которую плод питается. В плаценте переплетаются кровеносные сосуды плода и матери. Из крови материнского организма поглощаются питательные вещества, кислород и выделяются продукты распада.

После рождения ребенка его организм растет и развивается до 20—23 лет. Процесс развития подразделяют на четыре периода: 1) *грудной*, в течение которого ребенок питается высокоценным продуктом — молоком матери, содержащим все необходимые вещества для развития; 2) *ясельный* — от одного года до трех лет; 3) *дошколь-*

ный — от трех до семи лет; 4) *школьный* — от семи до 17 лет — период формирования основных физических, умственных и нравственных качеств человека.

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА.

### ИСТОРИЯ ЭВОЛЮЦИОННЫХ УЧЕНИЙ

Биологическая эволюция — это исторический процесс развития живой природы, сопровождающийся прогрессивным усложнением организмов, реже упрощением их организации, что в целом послужило причиной возникновения огромного многообразия органического мира. Основной вопрос теории эволюции живой природы — выяснение движущих сил и закономерностей возникновения видов.

Жизнь на Земле началась с наипростейших организмов — одноклеточных или еще более примитивных форм. Преобразование этих форм, длившееся на протяжении многих миллионов лет, привело к возникновению бесчисленных видов микроорганизмов, растений и животных. Однако такие представления могли утвердиться в науке в результате многовековой борьбы сторонников эволюции организмов с теми, кто стоял на противоположных позициях, отстаивая постоянство мира.

В древнейших центрах цивилизации (Индии, Китае, Египте, Ассирии, Вавилонии, Древней Греции) господствовали религиозно-мифологические взгляды на природу. В дальнейшем складывается представление о мире, содержащее элементы наивных материалистических и диалектических воззрений. Наиболее ярко эти представления отражены в философских системах мыслителей Древней Греции: мир существует вне и независимо от человека, он складывается из первоэлементов — мельчайших частиц вещества. Высказываются догадки о движении и развитии мира, о всеобщей связи явлений природы, борьбе и единстве противоположностей.

В рабовладельческом обществе в связи с обострением классовых противоречий наряду со стихийно материалистическим мировоззрением зарождается и его противоположность — идеализм. Основоположником и выразителем идеализма был **Платон** (427—347 гг. до н. э.), который считал, что идеи существуют самостоятельно и независимо от сознания человека. Вместо причинности

явлений природы он утверждал взгляд об изначальной целесообразности, т. е. присутствии в мире божественного начала.

Величайший мыслитель Древней Греции Аристотель (384—322 гг. до н. э.) считал материю основой вещей, однако ее развитие объяснял действием нематериального начала — души. Все природные тела Аристотель расположил в определенном порядке. В основании он поместил металлы, затем минералы, потом зоофиты (животно-растения), низшие растения, за ними низшие животные, высшие животные и человека. Система взглядов Аристотеля без существенных изменений сохранялась вплоть до XVI в.

Разложение рабовладельческого общества, становление феодализма и утверждение господства церкви в средние века характеризовалось широким распространением религиозной идеологии, глубоким упадком науки. Научное исследование природы начинается с эпохи Возрождения. Обоснование Н. Коперником гелиоцентрической системы мира в его труде «Об обращении небесных сфер» (1543) положило начало освобождению естествознания из-под влияния богословия, его революционному преобразованию. В этот период с одной стороны наблюдается подъем научной мысли, создается культура эпохи Возрождения, а с другой — набирает силу капиталистический способ производства, приведший к открытию новых земель и новых рынков. Великие путешествия первопроходцев того времени — Колумба, Марко Поло, Магеллана и других — обогатили знания человечества о растительном и животном мире. В Европе начинают культивировать ранее неизвестные, вывезенные из Америки картофель, табак, кукурузу, какао, кактусы, из Азии — корицу, гвоздику, мускатный орех и др.

Биологические науки быстро накапливают обширный фактический материал из области растительного и животного мира, а изобретение микроскопа открыло естествоиспытателям невидимый простым глазом мир микроскопических организмов. Усовершенствование микроскопа позволило приступить к изучению тонкого строения отдельных органов и тканей многоклеточных организмов, что послужило предпосылкой создания *клеточной теории*. Анатомические и морфологические исследования способствовали познанию многообразия форм живой природы, открывали пути к сравнительному анализу.

Вместе с тем такой узкоаналитический подход к изучению явлений жизни, изолированное рассмотрение отдельных органов вне связи со всем организмом неизбежно сопровождался расчленением целого на части и изучением этих частей вне связи друг с другом. Не только отдельные части организма, но и компоненты живой природы рассматривались как случайные, разрозненные, изолированные, а живые организмы — как вечно повторяемые пути рождения всегда себе подобных, возникающие совершенными в изначальной гармонии, данной творцом. В этих представлениях фактически отрицается процесс развития, дается *метафизическое истолкование явлений природы*. Но такие представления оказались в полном противоречии с результатами последующего развития науки и утверждением *материалистического понимания* окружающей природы и сущности жизни.

Одной из задач биологии в период ее революционного преобразования на грани XVII—XVIII вв. было приведение в систему накопленного фактического материала. Еще в 1583 г. А. Цезальпин (Флоренция) сделал первую попытку *классификации* растений. Он разделил их на цветковые и бесцветковые, первые — на деревья, кустарники и травы, а каждую из этих групп объединил в классы. Английский ботаник Джон Рей (1623—1705) в 1693 г. ввел в обиход единицу систематики — вид, основу которого составляет постоянство формы в поколениях. Вид как универсальную единицу и основную форму существования живого впервые обосновал знаменитый шведский натуралист К. Линней (1707—1778). Он доказал естественность, конкретность и качественную определенность вида (стабильность). *Вид*, по Линнею, — *это множество родственных, сходных по строению организмов, при размножении воспроизводящих себе подобных*. Имея четкое понятие вида, Линней создает основные принципы систематики растений и животных. В его системе органическая природа была подразделена на пять соподчиненных категорий: *классы, отряды, роды, виды и разновидности*. Исходной систематической единицей был вид, высшей — класс. Все растения он сгруппировал в 24 класса, животный мир — в 6 классов.

Систематическое положение того или иного растения Линней определил на основе наличия или отсутствия цветка, количества, формы, величины и строения тычинок и пестиков. Однако такие произвольно выбранные,

единичные признаки делали систему Линнея искусственной, так как при этом в одну группу объединялись весьма отдаленные формы. Например, сирень и душистый колосок (злак) оказались в одной группе лишь на том основании, что имеют по две тычинки. И наоборот, шалфей и мята, в действительности относящиеся к одному семейству губоцветных, Линнеем отнесены к разным семействам, потому что у шалфея две тычинки, а у мяты их четыре. В состав одного из классов попали ель, сосна, дуб, кукуруза, ряска.

Искусственность системы Линнея с очевидностью проявилась и на систематике животных. Например, к классу червей он отнес одноклеточных, губок, кишечнополостных, моллюсков, иглокожих и даже круглоротых. Класс птиц он подразделил на отряды, исходя из формы клюва, а класс насекомых — исходя из формы крыльев. Искусственность системы Линнея показывала сходство, но не отражала родства между видами. Под влиянием научного авторитета К. Линнея в естествознании того периода утвердилось представление о постоянстве и неизменности видов, что отражало метафизический подход к истолкованию явлений жизни.

Хотя Линней придерживался идеи сотворения мира и считал, что виды неизменны, в вопросе о месте человека в системе живой природы естествоиспытатель проявил себя как истинный натуралист, поместив в один отряд человека и обезьян на основе сходства их строения и общности функций.

Ценная заслуга Линнея — введение в научную практику *бинарной номенклатуры*: каждый вид он назвал двумя латинскими словами: первое обозначает принадлежность к роду, второе — видовой эпитет.

Несмотря на ряд недостатков, система живой природы, созданная Линнеем, имела громадное значение для последующего развития систематики и для выявления происхождения видов: если виды на основании сходства объединяются в роды, роды — в порядки (отряды) и далее в классы, то само собой напрашивается вывод о единстве живого мира и общности происхождения отдельных его форм. Вот почему дальнейшее развитие знаний о живой природе ставило перед естествоиспытателями новую задачу — выяснение источника внутреннего родства между разными видами растений и животных. Такую задачу могла разрешить только всесторонне обоснованная теория эволюции органической жизни.

Наиболее крупным эволюционистом до Дарвина был выдающийся французский естествоиспытатель **Ж. Б. Ламарк** (1744—1829). Этот ученый предпринял первую попытку создания целостной теории эволюции, которую изложил в книге «Философия зоологии» (1809). Изучая растительный мир Франции, Ламарк обратил внимание на существование в природе переходных форм, связывающих между собой близкие виды, и на этом основании сделал вывод о том, что виды изменяются. Ламарк был убежден в ошибочности представлений К. Линнея о постоянстве видов. Изменяемость видов с особой очевидностью выступает при исследовании культурных растений и домашних животных: их предки взяты человеком из дикой природы, однако домашнее содержание, перемена питания и скрещивание сделали эти формы неузнаваемыми по сравнению с дикими предшественниками.

Первоосновой изменчивости организмов Ламарк считал влияние внешней среды: например, у болотного лютика над водой развиваются цельные листовые пластинки, а в воде — глубоко рассеченные, наподобие пучка нитей. Аналогичные особенности наблюдаются у стрелолиста и др. Если растения, по Ламарку, изменяются непосредственно — в связи с изменением внешних условий (количество света, влаги, температуры, плодородие почвы), то животные — косвенно: с изменением внешней среды изменяются потребности животных, что влечет за собой изменение их привычек, которые в свою очередь вызывают напряженность новых групп мышц и нервной ткани. Вследствие этого одни органы, необходимые в новых условиях, постоянно упражняются, укрепляются и развиваются, другие вследствие неупотребления ослабевают, а затем постепенно атрофируются, исчезают, что выражается в изменении строения организмов.

На вопрос о том, какова судьба измененного или вновь возникшего органа — будет ли он наследоваться в потомстве, Ламарк отвечает положительно: признаки, приобретенные организмом в течение индивидуальной жизни, при последовательном повторении воздействий среды на многие поколения передаются по наследству. В результате этого каждое существо оказывается приспособленным к условиям жизни, устроенным целесообразно. Однако Ламарк не смог раскрыть истинный механизм формирования целесообразности: он считал, что животному от рождения присуще внутреннее стремление к усовершенствованию.

Ламарк приводит много примеров для пояснения своей теории. При скудном растительном покрове на почве жираф вынужден ощипывать листья с деревьев, постоянно вытягивая шею, для того чтобы достать их. Действие из поколения в поколение подобной привычки, как думал Ламарк, привело к тому, что передние ноги жирафа оказались длиннее задних, а шея сильно вытянулась. Подобно этому плавательные перепонки у водоплавающей птицы постепенно развились благодаря раздвиганию пальцев и растягиванию кожи между ними. Напротив, у китов и муравьедов редукция зубов связана с тем, что их предки начали проглатывать пищу, не пережевывая ее. У животных, ведущих подземный образ жизни, орган зрения не использовался, и в связи с неупражнением постепенно атрофировался: в одних случаях глаза стали крошечными с недоразвитым глазным нервом (крот), в других — исчезли совсем (слепыш).

Рассматривая животный мир в целом, Ламарк приходит к выводу о развитии живой природы в восходящем направлении, от простого к сложному, и поэтому считает необходимым всех животных, которых он объединяет в четырнадцать классов, расположить в порядке ступенчатого усложнения — *градации* (градус — ступень). При этом он выделяет шесть ступеней. Линнеевское рассмотрение животного мира начиналось от млекопитающих (высших животных) и кончалось наиболее простыми формами (черви, инфузории), т. е. в порядке упрощения, деградации. В действительности, как правильно подчеркивает Ламарк, в природе наблюдается не деградация, а усложнение организации. Такой порядок отражает процесс исторического развития жизни от низкоорганизованных к высшим формам.

Ламарк коснулся также проблемы происхождения человека, но осветил ее в самых общих чертах. Он полагал, что человек произошел от обезьяноподобных предков, перешедших от лазанья по деревьям к хождению по земле; перемена пищи вызвала изменение строения черепа, а совместная жизнь людей с потребностью обмена понятиями явилась причиной возникновения речи.

Положительные стороны учения Ламарка состоят в признании широкой изменчивости организмов под влиянием внешних условий, в утверждении поступательного характера развития органической природы. Ламарк впервые утвердил факт эволюции органического мира, послуживший отправной точкой для дальнейших разра-

боток теории эволюции. Однако он не сумел объяснить движущие силы эволюции и прежде всего механизм изменчивости видов. Его гипотеза о наследовании приобретенных признаков оказалась полностью несостоятельной и доказана также ненаследуемость изменений, возникших под влиянием упражнения и неупражнения органов. Совершенно ненаучно его утверждение о внутреннем стремлении к усложнению и совершенствованию организмов, ведущем, якобы, к прогрессивному их развитию, принимаемому Ламарком за главную движущую силу эволюции.

Большой вклад в изучение природы и в развитие эволюционных представлений о ней внесли отечественные ученые — М. В. Ломоносов, П. С. Паллас, А. Каверзнев и др., идеи эволюции изложены в трудах ученых-философов и писателей (А. И. Герцен и др.).

Таким образом, естествоиспытатели XVIII — начала XIX вв., признавая изменяемость видов, не сумели вскрыть естественно-исторические причины процесса эволюции, т. е. не показали, почему и как совершается этот процесс, а в явлениях целесообразности видели воплощение общей гармонии природы, исходящей от ее творца. Натуралисты убедились в существовании эволюции только тогда, когда Дарвин показал, как она осуществляется в форме закономерной изменяемости видов.

## ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ Ч. ДАРВИНА

Теория эволюции утвердилась в биологии благодаря работам выдающегося английского ученого Чарлза Дарвина (1809—1882), который в 1859 г. опубликовал свой основной труд «Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». В этой книге ученый впервые в истории биологии с материалистических позиций объяснил происхождение видов животных и растений.

Создание теории эволюции было подготовлено достижениями естествознания того периода и высоким уровнем развития капитализма. Англия первой половины XIX в. была страной развитой промышленности, сельского хозяйства и крупнейшей колониальной державой. Она вела оживленную торговлю со многими странами мира, в связи с чем возрастал спрос на сырье и стимулировалось развитие методов интенсивного растениеводства и животноводства. Достигла расцвета селекция —

наука о выведении новых и улучшении существовавших сортов растений и пород животных. Главным методом селекции в то время был *отбор* и сохранение к разведению лучших сортов растений или пород животных.

Селекционеры Англии в условиях крупнотоварного капиталистического производства создали ценные сорта пшеницы и других зерновых, картофеля, плодовых, декоративных растений, ряд пород крупного и мелкого рогатого скота, свиней, собак, кроликов, голубей, домашней птицы. Однако их работа не имела теоретического обоснования. Для изучения неисследованных стран в поисках источников сырья, новых рынков сбыта товаров английское правительство организует специальные экспедиции, в которых принимают участие и ученые. В одной из них совершил кругосветное путешествие в качестве натуралиста молодой Ч. Дарвин. Он собрал богатый фактический материал, послуживший источником при разработке теории эволюции.

Важнейшими научными предпосылками теории Дарвина были также теория Ч. Лайеля о постепенных изменениях поверхности Земли под действием природных сил, успехи палеонтологии, сравнительной эмбриологии и систематики. Важное значение в утверждении принципа развития живой природы имела клеточная теория (1839), которая убедительно показала единство строения растений и животных.

**Искусственный отбор.** Для обоснования исторического принципа развития живой природы Дарвин глубоко изучил многовековую практику земледелия и животноводства и пришел к выводу: многообразие пород домашних животных и возделываемых сортов растений является результатом *изменчивости, наследственности и искусственного отбора*.

Искусственный отбор осуществляется человеком и может быть двояким: *сознательным* (методическим) — в соответствии с поставленной целью, какую намечает себе селекционер, и *бессознательным*, когда человек не ставит перед собой цели по выведению породы или сорта с заранее заданными свойствами, а просто устраняет менее ценные особи и оставляет на племя лучшие. Бессознательный отбор проводился человеком на протяжении многих тысячелетий: даже дикари во время голода оставляли на племя более полезных животных, а убивали менее ценных. В неблагоприятные периоды первобытный человек в первую очередь употреблял ме-

нее лежкие плоды или более мелкие семена и в этом случае также совершал отбор, но бессознательный. Во всех случаях такого отбора сохранились наиболее продуктивные формы животных и более урожайные сорта растений, хотя человек здесь выступал как слепой фактор отбора, каким может быть любой другой фактор среды.

Многовековой практикой искусственного отбора были выведены многие ценные формы. В частности, к середине XIX в. в сельскохозяйственной практике зарегистрировано более 300 сортов пшеницы, в пустынях Северной Африки возделывалось 38 разновидностей финиковой пальмы, в Полинезии — 24 формы хлебного дерева и столько же сортов банана, в Китае — 63 сорта бамбука. Винограда насчитывалось около 1000 сортов, крыжовника — более 300, около 400 пород крупного рогатого скота, 250 пород овец, 350 пород собак, 150 пород голубей, много ценных пород кроликов, кур, уток и др. Сторонники постоянства видов считали, что каждый такой сорт или порода ведет начало от своего прямого предка. Однако Дарвин доказал, что источник многообразия пород животных и сортов культурных растений — один или небольшое число диких предков, потомки которых были преобразованы человеком в разных направлениях соответственно его хозяйственным целям, вкусам и интересам. При этом селекционер использовал присущую отбираемым формам наследственную изменчивость.

Дарвин выделял изменчивость определенную (теперь называется модификационной) и неопределенную. При *определенной, или групповой, изменчивости* все или почти все потомство особей, подвергавшихся действию одинаковых условий, изменяется в одном направлении; например, при нехватке пищи животные теряют в массе, в холодном климате шерсть у млекопитающих более густая и т. д. *Неопределенная, или индивидуальная, изменчивость* проявляется в бесконечно разнообразных, часто едва заметных, случайных, разнонаправленных отклонениях отдельных особей, живущих вместе, в пределах одного сорта, одной породы, одного вида (рис. 88 и 89). В настоящее время эту форму изменчивости называют *генотипической*. Изменчивость передается потомству не только при половом размножении, но и при вегетативном: нередко у растения вырастают побеги с новыми свойствами или развиваются почки, из которых формируются плоды с новыми качествами (виноград, крыжовник) — результат мутации в соматической клетке почки.

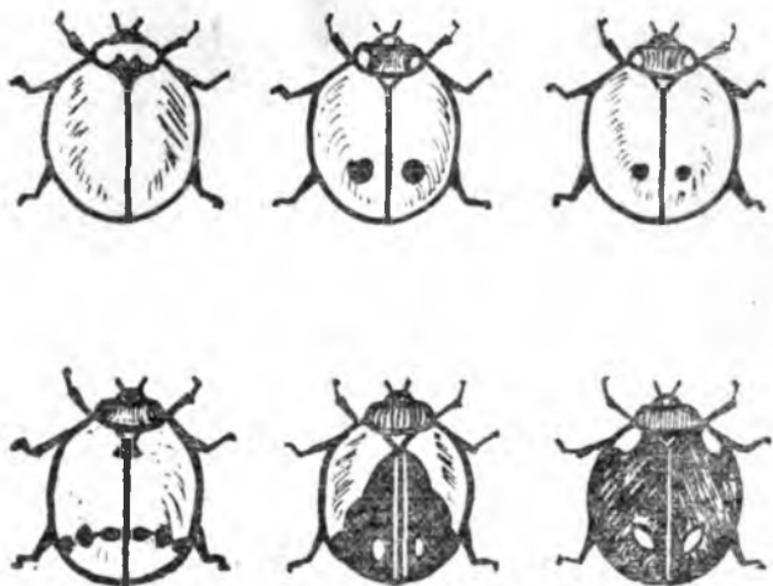


Рис. 88. Неопределенная изменчивость: неодинаковая пигментация крыльев и рисунка на крыльях божьих коровок



Рис. 89. Неопределенная изменчивость бобового растения

В явлениях изменчивости Дарвин открыл ряд важных закономерностей, а именно: при изменении одного какого-либо органа или признака возможно изменение других. Например, на участке прикрепления упражняемой мышцы к кости развивается гребень, у болотных птиц шея удлиняется одновременно с удлинением конечностей, толщина волоса у овец изменяется соответственно с увеличением толщины кожи. Такая изменчивость называется *соотносительной* или *коррелятивной*. На основе коррелятивной изменчивости селекционер может предсказать те или иные отклонения от первоначальной формы и проводить отбор в желаемом направлении.

**Естественный отбор** в отличие от искусственного осуществляется в самой природе и состоит в отборе в пределах вида наиболее приспособленных особей к условиям конкретной среды. Дарвин открыл известную общность в механизме искусственного и естественного отбора: при первой форме отбора в результаты воплощается сознательная или неосознанная воля человека, при второй — господствуют законы природы. В том и другом случае создаются новые формы, однако при искусственном отборе, несмотря на то что изменчивость затрагивает все органы и свойства животных и растений, полученные породы животных и сорта растений сохраняют признаки, полезные для человека, но не для самих организмов. Напротив, *естественный отбор* сохраняет особи, у которых изменения полезны для их собственного существования в данных условиях.

В природе постоянно наблюдается определенная и неопределенная изменчивость. Ее интенсивность здесь менее выражена, чем у домашних форм, так как изменение природной среды происходит малозаметно и чрезвычайно медленно. Возникающая качественная неоднородность особей внутри видов как бы выводит на эволюционную арену множество «претендентов», предоставляя естественному отбору браковать менее приспособленных к выживанию. Процесс природной «выбраковки», по Дарвину, осуществляется на основе *изменчивости, борьбы за существование* и *естественного отбора*. Материал для естественного отбора составляет неопределенная (генотипическая) изменчивость организмов. Именно по этой причине потомство любой пары диких (как, впрочем, и домашних) организмов оказывается неоднородным. Если изменения полезны, это повышает шансы на выживание и продолжение рода. Всякое вредное для организ-

ма изменение неукоснительно приведет к его уничтожению или невозможности оставить потомство. Выживание или гибель особи — конечный итог «борьбы за существование», которую Дарвин понимал не в прямом, а в переносном смысле. Он различал три формы борьбы за существование: а) *внутривидовую* — наиболее ожесточенную, так как особи одного вида нуждаются в сходных источниках питания, которые к тому же ограничены, в сходных условиях для размножения, одинаковых убежищах; б) *межвидовую* — борьбу между особями разных видов (растения и их части поедаются копытными, птицами, травоядные животные поедаются хищниками, болезнетворные бактерии и паразиты поражают растительные и животные организмы); в) *борьбу живых организмов с факторами неживой природы* — условиями внешней среды при засухе, наводнениях, ранних заморозках, выпадении града гибнут многие мелкие животные, птицы, черви, насекомые, травы.

В результате всех этих сложных взаимоотношений множество организмов погибает либо, будучи ослабленными, не оставляет потомства. Выживают особи, обладающие хотя бы минимальными полезными изменениями. Приспособительные признаки и свойства возникают не сразу, они накапливаются естественным отбором из поколения в поколение, что приводит к тому, что потомки отличаются от своих предков на видовом и более высоком систематическом уровне.

Борьба за существование неизбежна в связи с существующим в природе интенсивным размножением. Эта закономерность не знает исключений. Организмов всегда рождается больше, чем способных дожить до взрослого состояния и оставить потомков. Подсчеты показывают: если бы выживали все рождающиеся мыши, то в течение семи лет потомство одной пары заняло бы всю сушу земного шара. Самка рыбы трески за один раз мечет до 10 млн. икринок, одно растение пастушьей сумки дает 73 тыс. семян, белены — 446 500 и т. п. Однако «геометрическая прогрессия размножения» никогда не осуществляется, так как между организмами происходит борьба за пространство, пищу, убежище от врагов, конкуренция при выборе полового партнера, борьба за выживание при колебаниях температуры, влажности, освещения и т. п. В этой «схватке» большинство родившихся гибнет, не оставляя потомства, и поэтому в природе численность особей каждого вида в среднем остается постоянной.

Гибель большей части родившихся организмов происходит по разным причинам: хищник уничтожает травоядных животных, последние в свою очередь поедают тысячи луговых растений, многие растения погибают от засухи или от мороза или уничтожаются насекомыми, а сами насекомые поедаются насекомоядными птицами. Масса животных и растительных организмов гибнет или ослабляется под влиянием паразитов и болезней.

Смысл дарвиновского представления о борьбе за существование и о выживании наиболее приспособленных можно пояснить таким примером. Взрослая лягушка-бык откладывает около 15 тыс. икринок в год, сохраняя эту интенсивность размножения в течение пяти лет, следовательно, теоретически одна самка может произвести на свет 75 тыс. лягушек, но в действительности из отложенных икринок доживают до взрослого состояния в среднем две взрослые лягушки. Большая часть молодежи, едва вылупившись, становится жертвой рыб, птиц, змей, млекопитающих; часть из них гибнет от голода, часть — от болезней, паразитов. Когда выжившие головастики превращаются в лягушек и выползают на сушу, их там подстерегают хищные птицы. К тому времени, когда лягушки достигнут половой зрелости, т. е. через 3—5 лет, число сохранившихся особей резко уменьшается. Но можно не сомневаться в том, что выжившие лягушки — действительно отборные экземпляры. Их выживание не было случайным, это было выживание наиболее приспособленных. Только самые быстрые и ловкие головастики спаслись от хищников в воде; те, что плавали медленнее, оказались добычей врагов. Смогли выжить лишь те особи, которые первыми разыскали и схватили пищу (остальные погибли от голода), а также наиболее крепкие, устойчивые к болезням. Наконец, сохранились только те экземпляры, которые первыми спрятались, заметив надвигающуюся опасность, остальных уничтожили хищники.

В борьбе за существование не всегда выживают наиболее сильные и самые ловкие: черепаха и медлительна, и неуклюжа, но прочный панцирь — надежная защита от хищников; многие паразиты с упрощенным строением поселяются в организме животного или растения, к которому они хорошо приспособлены. Параллельное существование как высших, так и низших форм органической жизни получило логическое объяснение в теории Дарвина — как результат действия естественного отбора, со-

храняющего наиболее приспособленных: не пренебрегая в ряде случаев примитивностью организации, природа достигает биологического прогресса<sup>1</sup> (чаще наблюдается усложнение организмов, гораздо реже — упрощение).

Дарвин считал, что видообразованию способствуют следующие условия: 1) *большая плодовитость и широкое расселение вида в природе* (чем больше рождается особей и чем в более разнообразных условиях они обитают, тем больше вариантов изменчивости и тем более разнообразным будет исходный материал для естественного отбора), 2) *способность особей к наследственной изменчивости*, без которой невозможно возникновение отклонений для «испытания» отбором, 3) *изоляция*, в условиях которой обмена генов между популяциями не происходит и постепенно накапливаются изменения, отличающие изолированную популяцию от исходной.

В результате естественного отбора вид может измениться. От одной предковой формы могут также возникнуть два и более видов. Процесс расхождения видов в разных экологических условиях Дарвин назвал *дивергенцией*. Примером ее могут служить выюрки на Галапагосских островах (западнее Эквадора): одни питаются семенами, другие — кактусами, третьи — насекомыми. Каждая из этих форм отличается от другой величиной и формой клюва и могла возникнуть в результате дивергентной изменчивости и отбора. Еще более многообразны приспособления у плацентарных млекопитающих, среди которых встречаются наземные формы с быстрым бегом (собаки, олени), виды, ведущие древесный образ жизни (белка, обезьяна), животные, обитающие на земле и в воде (бобры, тюлени), живущие в воздушной среде (летучие мыши), водные животные (киты, дельфины) и виды с подземным образом жизни (кроты, землеройки). Все они происходят от единого примитивного предка — древесного насекомоядного млекопитающего (рис. 90).

Для естественного отбора имеет значение не выживание само по себе, а достижение организмом половозрелого возраста, успешное размножение и выживание потомства, которые и составляют основные критерии приспособленности, так как, размножаясь, половозрелая

---

<sup>1</sup> Биологический прогресс — высшая приспособленность вида к условиям среды, сопровождающаяся возрастанием численности особей этого вида и расширением зоны их расселения.

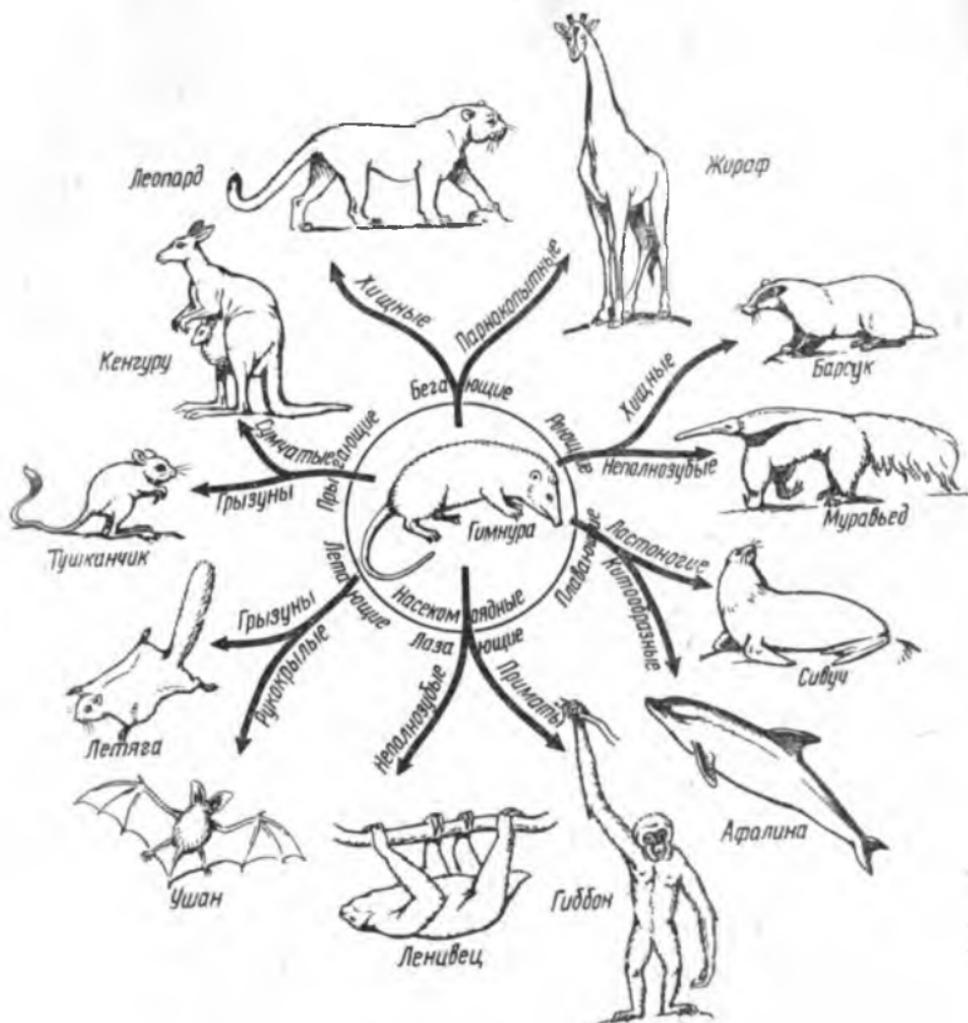


Рис. 90. Развитие различных типов приспособленности, берущих начало от сравнительно еще малоспециализированного организма: показано на представителях более высокоразвитых млекопитающих, произошедших от насекомоядных

особь вносит материал в общий фонд наследственной основы вида. Таким образом, сущность дарвиновского естественного отбора составляют «перепроизводство» потомства и всеобщая случайная изменчивость, при этом шансы выжить и продолжить род имеют особи, отличающиеся от множества других какими-либо полезными свойствами. В борьбе за существование особи не обязательно должны погибнуть, они могут выжить, не оставив потомства, но их генотип исчезнет из общего генофонда. И, напротив, генотип преуспевающих «претендентов»

становится массовым в данной популяции, давая основу для возникновения новых видов.

**Формы естественного отбора.** В условиях постоянного изменения среды естественный отбор устраняет неприспособленные формы и сохраняет наследственные уклонения, совпадающие с направлением изменившихся условий существования. Происходит либо смена нормы реакции, либо ее расширение (*нормой реакции* называется способность организма реагировать приспособительными изменениями на действие факторов среды; норма реакции — это пределы модификационной изменчивости, контролируемой генотипом данного организма). Эта форма отбора была открыта Ч. Дарвином и получила название *движущего*.

В качестве примера можно привести вытеснение темноокрашенной формой бабочки березовой пяденицы исходной светлой формы. На юго-востоке Англии в прошлом наряду со светлоокрашенной формой бабочки изредка встречались темноокрашенные. В сельской местности на коре березы светлая окраска оказывается защитной, они незаметны, а темноокрашенные, наоборот, выделяются на светлом фоне и становятся легкой добычей птиц. В индустриальных зонах в связи с загрязнением среды промышленной копотью темноокрашенные формы приобретают преимущество и быстро вытесняют светлых. Так, из 700 видов бабочек в этой стране за последние 120 лет сменили светлую окраску на темную 70 видов ночных бабочек. Такая же картина наблюдается и в других индустриальных зонах Европы. Аналогичными примерами может служить появление насекомых, устойчивых к инсектицидам, форм микроорганизмов, устойчивых к действию антибиотиков, распространение крыс, устойчивых к ядам, и т. д. (см. с. 324).

Советский ученый И. И. Шмальгаузен открыл *стабилизирующую* форму отбора, которая действует в постоянных условиях существования. Эта форма отбора направлена на сохранение имеющейся нормы. При этом постоянство нормы реакции поддерживается до тех пор, пока остается стабильной среда, особи же, уклоняющиеся от средней нормы, из популяции исчезают. Например, во время снегопада и сильного ветра погибли короткокрылые и длиннокрылые воробьи, а выжили особи, имевшие средние размеры крыльев. Или другой пример: устойчивое постоянство частей цветка по сравнению с вегетативными органами растения, так как пропорции

цветка приспособлены к размерам опыляющих насекомых (шмель не может проникнуть в слишком узкий венчик цветка, хоботок бабочки не может коснуться слишком коротких тычинок цветков с длинным венчиком). На протяжении миллионов лет стабилизирующий отбор оберегает виды от существенных изменений, но только до тех пор, пока условия жизни существенно не изменяются.

Выделяют также *разрывающий*, или *дизруптивный*, отбор, действующий в условиях разнообразной среды: отбирается не какой-либо один признак, а несколько различных, каждый из которых благоприятствует выживанию в узких пределах ареала популяции. В силу этого популяция расчленяется на несколько групп. Например, одни волки в Китскильских горах США похожи на легкую борзую и охотятся на оленей, другие волки той же местности, более грузные, с короткими ногами, нападают обычно на стада овец. Дизруптивный отбор действует в условиях резкого изменения среды: на периферии популяции выживают формы, имеющие разнонаправленные изменения, они дают начало новой группе, в которой вступает в действие стабилизирующий отбор. Ни одна из форм отбора не встречается в природе в чистом виде, так как факторы среды изменяются и действуют в совокупности, как целое. Однако в определенные исторические отрезки времени одна из форм отбора может стать ведущей.

Все формы естественного отбора составляют единый механизм, который, действуя на статистической основе как кибернетический регулятор, поддерживает равновесие популяций с окружающими условиями внешней среды. Творческая роль естественного отбора состоит не только в устранении неприспособленных, но и в том, что он направляет возникающие приспособления (результат мутаций и рекомбинаций), «выбирая» в длинном ряду поколений только те из них, которые в наибольшей степени оказываются пригодными в данных условиях существования, что и приводит к возникновению все новых и новых жизненных форм.

## ВИД И ЕГО КРИТЕРИИ

**Критерии вида.** Вид — структурная единица живой природы. Полностью однородных видов в природе не существует, так как в пределах своего ареала вид распа-

дается на отдельные популяции, которые отражают приспособленность к определенному местообитанию (экологической нише). Одни из них располагаются севернее, другие — южнее, третьи — в умеренной зоне и т. д. В силу несходства среды появляются более или менее выраженные различия у популяций и в целом у всего населения вида. Поскольку каждый вид имеет свой природный ареал, между ними существуют различия, а конкретный вид отличается от других совокупностью признаков — критериев.

Наиболее общими критериями, характеризующими вид, являются *морфологический* и *биологический*; морфологический указывает на сходство внешнего и внутреннего строения, биологический характеризует его разнообразные свойства и признаки. В число критериев вида входят также: 1) *географический* (распространенность особей вида в определенном ареале), 2) *экологический* (конкретное местообитание, специфическая экологическая ниша), 3) *физиолого-биохимический* (определяет сходство проявлений жизнедеятельности и биохимических показателей), 4) *генетический*. По генетическому критерию разные виды в природных условиях полностью отграничены друг от друга невозможностью полового размножения.

**Вид и его реальность.** Ч. Дарвин в своей книге «Происхождение видов» и в других работах исходил из факта изменчивости видов, превращения одного вида в другой. Отсюда его трактовка вида как устойчивого и одновременно изменяющегося с течением времени, приводящего сначала к появлению разновидностей, которые он назвал «зарождающимися видами».

*Видом называется совокупность особей (образующих популяции), имеющих общие морфофизиологические свойства, единство происхождения, занимающих определенное пространство (часть суши или водоема), свободно скрещивающихся между собой и оставляющих плодовитое потомство.* К этому можно добавить, что особи одного вида имеют одинаковый кариотип и сходное поведение. Существенно и то, что вид представляет собой универсальную дискретную (дробимую) единицу организации жизни. Вид — это качественная ступень живой природы, он существует как результат внутривидовых взаимоотношений, которые обеспечивают его жизнь, воспроизведение и эволюцию.

Главная черта вида — относительная стабильность его генофонда, поддерживаемая репродуктивной изоляцией

особей от других таких же видов. Единство вида поддерживается свободным скрещиванием между особями, в результате которого осуществляется постоянный поток генов во внутривидовом сообществе. Поэтому каждый вид на протяжении многих поколений устойчиво существует на той или иной местности, в этом проявляется его реальность. В то же время генетическая структура вида постоянно перестраивается под влиянием эволюционных факторов (мутации, рекомбинации, отбор), и поэтому вид оказывается неоднородным. Он распадается на популяции, расы, подвиды.

Генетическая обособленность видов достигается географической (родственные группы разделены морем, пустыней, горным хребтом) и экологической изоляцией (несовпадение сроков и мест размножения, обитание животных в различных ярусах биоценоза). В тех случаях, когда межвидовое скрещивание все же происходит, гибриды либо ослаблены, либо стерильны (например, гибрид осла и лошади — мул), что указывает на качественную обособленность вида и его реальность. По определению К. А. Тимирязева, «вида как категории строго определенной, всегда себе равной и неизменной, в природе не существует. Но вместе с этим мы должны признать, что виды, в наблюдаемый нами момент, имеют реальное существование».

**Популяция.** В пределах ареала какого-либо вида его особи распространены неравномерно, так как в природе нет идентичных условий для существования и размножения. Например, колонии кротов встречаются лишь в отдельных луговинах, заросли крапивы — по оврагам и канавам, лягушки одного озера бывают отделены от другого соседнего озера и т. д. Население вида распадается на естественные группировки — популяции. Однако эти разграничения не устраняют возможности скрещивания между особями, занимающими пограничные участки. Плотность населения популяции подвержена значительным колебаниям в разные годы и различные сезоны года. Популяция — это форма существования вида в конкретных условиях среды и единица его эволюции.

*Популяция представляет собой совокупность свободно скрещивающихся особей одного вида, длительно существующих на определенной части ареала внутри вида и относительно обособленных от других популяций. Особи одной популяции обладают наибольшим сходством по всем признакам, присущим виду, вследствие того, что*

возможность скрещивания внутри популяции выше, чем между особями соседних популяций и они испытывают одинаковое давление отбора. Несмотря на это популяции генетически неоднородны вследствие непрерывно возникающей наследственной изменчивости.

Дарвиновская дивергенция (расхождение признаков и свойств потомков по отношению к исходным формам) может происходить только путем дивергенции популяций. Впервые это положение в 1926 г. обосновал С. С. Четвериков, показав, что за кажущейся внешней однородностью любой вид обладает огромным скрытым запасом генетической изменчивости в форме множества разнообразных рецессивных генов. Этот генетический резерв неодинаков в разных популяциях. Именно поэтому популяция является элементарной единицей вида и элементарной эволюционной единицей.

## **ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ ОРГАНИЗМОВ К УСЛОВИЯМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ И ЕЕ ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ**

Объяснив на основе естественного отбора происхождение видов как грандиозный и всеохватывающий процесс последовательной смены приспособлений, теория Дарвина впервые в истории естествознания *с материалистических позиций* объяснила и явление *целесообразного строения органических форм*. Формы приспособлений как отражение целесообразности бесконечно разнообразны: плавательный пузырь в теле рыбы наполнен воздухом и облегчает массу ее тела; преодолеть болота удобнее на длинных ногах с широко расставленными пальцами, как у цапли, или с широкими копытами, как у лося; у прыгающих животных сильнее развиты задние конечности (кенгуру, кузнечик, лягушка). У животных, ведущих подземный образ жизни, конечности лопатообразной формы и приспособлены для рытья земли. Существуют целесообразные приспособления у растений и животных на суточные и годичные колебания температуры и влажности.

Приверженцы идеалистических взглядов и служители церкви в явлениях приспособленности организмов и их целесообразного строения видели выражение общей гармонии природы, исходящей, якобы, от ее творца. Теория Ч. Дарвина отвергает какое бы то ни было участие в возникновении приспособлений сверхъестественных сил, она убедительно доказала, что весь животный и растительный мир со времени своего появления совершен-

ствуется по пути целесообразных приспособлений к условиям обитания: к воде, воздуху, солнечному свету, силе тяжести. Удивительная гармония живой природы, ее совершенство создаются самой природой: борьбой за выживание. Эта борьба есть та сила, которая придает крепость корням, изощренную красоту цветам, вызывает причудливую мозаику листорасположения и оттачивает зубы, дает могучую силу мускулам, остроту зрения, слуха и чутья многим животным.

Приспособленность как выражение целесообразности проявляется во всем. Например, хищники имеют когти, клыки, клювы, ядовитые зубы, от которых жертве бывает очень трудно спастись. Но в борьбе за жизнь вырабатывались и средства защиты: одни на силу отвечают силой, других спасают ноги, у третьих возникла раковина, панцирь, иглы и т. п. Множество слабых и беззащитных насекомых, будучи безвредными или съедобными, за долгие годы действия естественного отбора переняли окраску и форму шершней, ос, стали похожи на ядовитые или несъедобные формы. Их раздражительная окраска или форма в то же время охранительна, так как совпадает с фоном окружающей среды: хищников она делает незаметными и помогает им подкрадываться к добыче, преследуемым видам дает возможность скрыться от врагов. Если бы насекомые, преследуемые птицами, не имели окраски под цвет зеленой травы или древесной коры, их бы истребили пернатые. Оперение тундровой куропатки сливается с тоном скал и вершин, покрытых лишайниками, вальдшнеп незаметен среди засохшей и опавшей дубовой листвы и т. д. Выраженный приспособительный характер носит способность животных принимать «угрожающую» или «устрашающую» окраску и позу: у гусеницы винного бражника спереди имеются глазоподобные пятна, в момент опасности она приподнимает переднюю часть тела, отпугивая этим птиц.

Разнообразные приспособления исключают возможность самоопыления у большинства растений, позволяют им распространять плоды и семена или благодаря колючкам противостоять поеданию травоядными животными. Аромат и яркая окраска цветков возникли как приспособления для привлечения насекомых, которые, посещая цветки, перекрестно опыляют эти растения, либо как приспособление к более эффективному поглощению солнечных лучей определенной длины.

В учении о естественном отборе Дарвин не только материалистически обосновал приспособленность организмов (их целесообразное строение), но и показал ее *относительный характер*. Так, предупредительная и покровительственная окраска, различные другие защитные приспособления действуют далеко не на всех преследователей, но, имея приспособления, особи реже подвергаются нападению. Обладатели жала — осы, пчелы, шершни — без затруднения поедаются мухоловками, щурками. Летучая рыба, выскакивая из воды в воздух, ловко спасается от хищной рыбы, но этим пользуется альбатрос, настигающий свою добычу в воздухе. Панцирь черепахи — хорошая защита, однако орел поднимает ее в воздух и бросает на скалы; панцирь разбивается, и орел съедает черепаху.

Каждое животное и растение не может быть полностью приспособленным ко всем условиям, какие складывались в течение всей жизни на Земле. Любое приспособление сохраняется до тех пор, пока поддерживается естественным отбором, но исчезает, как только перестает быть полезным. В качестве примера смены приспособлений можно привести развитие покровительственной окраски у бабочки березовой пяденицы (см. с. 315). —

Таким образом, основа теории Дарвина — *учение о естественном отборе — главном и направляющем факторе эволюции*. В борьбе за существование на основе наследственной изменчивости происходит последовательная смена приспособлений и выживание наиболее приспособленных, возрастает многообразие форм живой природы, совершается процесс видообразования и осуществляется общее поступательное развитие растительного и животного мира. В этой теории получили разрешение две проблемы: механизм видообразования и происхождение целесообразности органического мира. В последарвиновский период на основе теории эволюции была создана естественная система растений и животных, вобравшая в себя все достижения биологических наук, отразившая родство организмов между собой и весь ход эволюционного развития органического мира.

В своей книге «Происхождение видов» ученый писал, что развиваемые им взгляды, сделавшись общепринятыми, произведут глубокий переворот в области естествознания. Действительно, теория Дарвина представляет собой блестящее обоснование проблемы развития органического мира, которое дано с материалистических

позиций. Дарвин утвердил в биологии исторический принцип, показав, что через естественный отбор постепенно совершается смена приспособлений и осуществляется поступательный характер эволюции жизни. Движущей силой эволюционного процесса является борьба за существование, его итогом — выживание наиболее приспособленных.

Учение Дарвина высоко оценили К. Маркс, Ф. Энгельс, В. И. Ленин. В частности, Ф. Энгельс в работе «*Анти-Дюринг*», считая природу пробным камнем диалектики, указал на Дарвина, который «...нанес сильнейший удар метафизическому взгляду на природу, доказав, что весь современный органический мир, растения и животные, а следовательно, также и человек, есть продукт процесса развития, длившегося миллионы лет»<sup>1</sup>. В. И. Ленин писал, что 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>2</sup>.

Очень скоро идеи дарвинизма проникли во все биологические дисциплины, стимулировали их развитие и послужили основой для дальнейшей разработки теории эволюции, особенно в учении о популяциях и понимании сущности вида. Успехи экспериментальной и теоретической генетики позволили в общих чертах выяснить механизмы наследственности и наследственной изменчивости, что сделало возможным объединение генетики и дарвинизма. Это нашло свое отражение в учении о микроэволюции.

## МИКРО- И МАКРОЭВОЛЮЦИЯ

*Микроэволюцией* называются явления и процессы, происходящие в пределах вида, в его элементарных эволюционных единицах — популяциях и приводящие к видообразованию. По учению Ч. Дарвина, видообразование начинается с одной примитивной формы, потомки которой все более отклоняются по многим признакам от родоначальной формы (дивергенция), давая начало всему многообразию современного органического мира. Одна-

<sup>1</sup> Маркс К. и Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 19, с. 205.

<sup>2</sup> Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 1, с. 139.

ко в настоящее время установлено, что видообразование начинается не с отдельной особи, а с внутривидовых группировок — популяций — в результате перестройки их структуры.

Основные положения учения о микроэволюции заключаются в следующем. Ареной эволюционного процесса служат биогеоценозы. *Биогеоценоз* — это исторически сложившаяся устойчивая совокупность популяций разных видов, связанных между собой и с окружающей неживой природой обменом веществ, энергии и информации. Примером таких группировок может служить однородный участок луга, леса, степи, поля. Популяции каждого вида в биогеоценозе контактируют и взаимодействуют с популяциями других видов и с условиями неживой природы, в результате чего осуществляются борьба за существование и естественный отбор.

Необходимыми предпосылками эволюционного процесса служат изменения генетического состава популяции вследствие мутаций разного типа и обмен генетическим материалом при половом размножении (рекомбинативная наследственная изменчивость), которые усиливают генетическую неоднородность состава отдельных популяций, создавая возможность для их эволюционирования в разных направлениях (дивергенция). Важная роль в процессах микроэволюции принадлежит популяционным волнам — колебаниям численности популяций под влиянием резких перепадов погоды, урожая кормов, наводнений, лесных пожаров, засухи, морозов и др. Массовая гибель или, напротив, резкий подъем численности тех или иных популяций («волны жизни») приводят к случайному и резкому изменению концентрации различных генов внутри популяций. В итоге мутации, рекомбинации и популяционные волны поставляют эволюционный материал в сферу действия естественного отбора. Существенное значение в эволюционном процессе имеет и изоляция, т. е. возникновение различных барьеров (географического, физиологического, генетического), ограничивающих либо исключаящих свободное скрещивание исходных форм, усиливая их расчленение и закрепляя возникшие генетические и морфофизиологические различия популяций. Результатом микроэволюции может быть внутривидовое многообразие форм, обеспечивающее их пластичность в изменяющихся условиях среды и способствующее их процветанию. Разнонаправленность микроэволюционных процессов в популяциях,

разобщенных территориально, может привести к образованию географических разновидностей, подвидов или видов.

Мутационный процесс и популяционные волны поставляют элементарный эволюционный материал; изоляция, особенно физиологическая, определяет становление и усиление межпопуляционных различий. Но эти факторы — в отдельности и в совокупности — не направляют эволюционный процесс. *Только естественный отбор выступает единственным и направляющим фактором и может быть назван фактором «творческим»*, он определяет вероятность достижения определенными индивидами воспроизводительного возраста, а также сохраняет либо устраняет вероятность оставления потомства одними формами организмов по сравнению с другими. Естественный отбор происходит на фоне избирательной гибели неприспособленных форм и приводит к накоплению полезных изменений, способствуя совершенствованию приспособлений популяций.

В конечном итоге микроэволюционный процесс, действующий в разнообразных популяциях, *завершается видообразованием*. Непрерывность микроэволюционного процесса, лежащего в основе любого эволюционного явления, подтверждает возникновение различных рас наземных улиток с преобладанием среди них разновидностей, имеющих расцветку и полосатость раковины под фон растительности луга, леса, почвы. Примерами быстрой эволюции, также идущей в результате преобразования популяций и обусловленной деятельностью человека, служит появление лекарственно устойчивых рас микроорганизмов, распространение в некоторых местностях Англии и Дании разновидности крысы, устойчивой к действию сильного яда.

*Макроэволюция* — процесс эволюционных преобразований надвидового масштаба, происходящих на больших пространствах, на протяжении больших отрезков времени, который приводит к возникновению высших систематических групп — родов, семейств, отрядов, классов, типов (отделов). Макроэволюция совершается на основе микроэволюционных процессов, т. е. действия факторов наследственной изменчивости, генетической дифференцировки, изоляции при направляющем действии естественного отбора. Сходство таких групп обуславливается общностью происхождения, а различия — результатом приспособленности к разной среде. Дивергенция

(расхождение) начинается внутри вида, в его популяциях, при образовании географических подвидов. Она необратима и возникает вследствие разнообразия генетической структуры вида, а также разнонаправленности действия естественного отбора.

Дивергенция может возникнуть в следующих случаях: 1) в результате распада одного вида на два дочерних, 2) вследствие образования из исходной формы нескольких дочерних и 3) отщепления (предковый вид существует одновременно с дочерними, происшедшими из обособленных в разное время популяций).

В более или менее одинаковых условиях существования животные, относящиеся к разным систематическим группам, могут приобретать сходное строение. Такое сходство — *конвергенция* — возникает при одинаковой функции и ограничивается лишь органами, непосредственно связанными с одними и теми же факторами среды.

У позвоночных животных конвергентное подобие обнаруживают ласты морских рептилий и млекопитающих (у ихтиозавров, плезиозавров и ластоногих). Сходный образ жизни сумчатых и плацентарных млекопитающих привел их независимо друг от друга к формированию приспособлений путем конвергенции (например, европейский крот и сумчатый крот, сумчатый летун и белка-летяга, сумчатый волк и обыкновенный волк). Однако исторически сложившаяся организация в целом никогда не конвергирует. Сходение признаков затрагивает в основном лишь те органы, которые непосредственно связаны с подобными условиями среды. Конвергентное сходство строения органов наблюдается у групп животных, далеко отстоящих друг от друга в систематическом отношении. У организмов, обитающих в воздухе, имеются крылья для полета. Но крылья птицы и летучей мыши — измененные конечности, а крылья бабочки — вырост стенки тела.

Органы, выполняющие сходные функции, но имеющие принципиально различное строение и происхождение, называются *аналогичными*. Аналогичны жабры рака и рыбы, роющие конечности крота и медведки.

Морфологические особенности организмов, приобретаемые в процессе дивергенции, имеют некоторую единую основу в виде генофонда родственных форм. Конечности лазающих, скачущих, плавающих, роющих млекопитающих отличаются друг от друга, но все они имеют

единый план строения и представляют собой пятипалую конечность, характерную для класса млекопитающих в целом. Поэтому органы, соответствующие друг другу по строению и имеющие общее происхождение, независимо от выполняемых ими функций называются *гомологичными*.

## ГЛАВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Эволюционный процесс носит приспособительный характер и сопровождается усложнением среды для каждой из эволюционирующих групп организмов. Отсюда — повышение организации жизни, ее прогрессивное развитие. Одновременно идет специализация применительно к узким рамкам среды обитания, а в некоторых случаях и упрощение структурной организации форм. Примерами могут служить кроты, дятлы, черепахи, змеи, паразитические организмы и др.

Учение о биологическом прогрессе и его главных направлениях разработано А. Н. Северцовым. В соответствии со взглядами этого ученого биологический прогресс характеризуется: 1) возрастанием приспособленности организмов к среде обитания, 2) увеличением численности особей данной группы, 3) появлением многообразия форм, 4) более широким распространением (расширением ареала). В настоящее время биологический прогресс переживают насекомые, птицы, млекопитающие, круглые черви — нематоды. Последние заселяют почву, моря и океаны, а также паразитируют у растений, животных и человека.

Главными направлениями биологического прогресса являются ароморфозы, идиоадаптации и дегенерации. *Ароморфоз* (от греч. «айро» — поднимаю, «морфо» — форма, образец) — это такое качественное изменение, при котором значительно увеличивается приспособленность группы, повышается ее жизнедеятельность в новых условиях обитания, что дает широкие преимущества данной группе и способствует расширению ее ареала. Например, появление у плоских червей двусторонней симметрии тела и третьего зародышевого листка послужило основой для усложнения в последующих группах животных пищеварительной системы, мускулатуры, кровеносной и выделительной систем, а также возникновения скелета у позвоночных и т. п. Применительно к отдельным группам,

например у млекопитающих, ароморфозы обусловили разделение сердца на четыре камеры и дифференцировку двух кругов кровообращения с одновременным увеличением рабочей емкости легких, усложнение головного мозга и органов чувств, а отсюда и развитие сложных реакций поведения, более гибкое приспособление к быстрой смене обстановки. У растений ароморфозы обеспечили переход из водной среды на сушу, от размножения спорами к размножению семенами. Ароморфозы всегда открывают широкий простор дивергентной эволюции и ведут к биологическому прогрессу.

*Идиоадаптации* (от греч. «идиос» — особенность, «адаптация» — приспособление) — это эволюционные приспособления к специальным условиям среды, наступающие после ароморфозов. При этом общего подъема уровня организации и интенсивности жизнедеятельности организмов не происходит. Например, возникновение млекопитающих стало эволюционным изменением на уровне ароморфоза, но в дальнейшем, без коренных преобразований организации, наступает широкая адаптивная радиация этой группы, при этом появляются многие новые виды, роды, семейства и т. д., которые приспособились к обитанию в разнообразных условиях суши, в водной и воздушной среде (см. рис. 90).

*Дегенерация* — это эволюционные изменения, сопровождающиеся упрощением организации (от лат. «дегенераре» — вырождение), которое несмотря на это приводит к биологическому прогрессу. Например, переход многих видов к паразитизму ведет к потере органов чувств, пищеварительной системы, у растительных форм — к утрате листа, преобразованию корней в присоски и т. п. В этих случаях организмы оказываются в новой, более простой среде с меньшим количеством взаимосвязей. Так, асцидия (подтип Оболочники, или Личиночнохордовые) в личиночной фазе существования ведет активный подвижный образ жизни и имеет более прогрессивные черты строения (трубчатая нервная система, наличие органов чувств, хорды, активный поиск и захват пищи), а в результате регрессивного метаморфоза взрослая форма асцидии переходит к сидячему образу жизни, у нее рассасывается хорда, упрощаются нервная система, органы чувств, образуется очень прочная оболочка, что в совокупности делает ее малоуязвимой. С другой стороны, взрослая форма, приспособившись к более простой среде обитания, вступает в конкурентные взаимоотношения

с другими формами организмов и поэтому, несмотря на упрощенную организацию, успешно выживает.

Таким образом, многие паразиты, относящиеся к животному или растительному миру, или сидячие животные при значительном упрощении своей организации оказались на пути биологического прогресса. Это дополнительно иллюстрирует тот факт, что эволюция в живой природе носит приспособительный характер, который достигается тремя путями: 1) общим повышением организации и активизацией жизнедеятельности, 2) узкой специализацией, 3) упрощением строения и функций.

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Жизнь — одно из сложнейших явлений природы. Со времен глубокой древности она казалась людям таинственной и непознаваемой — вот почему в этой области человеческого познания всегда шла острая борьба между материализмом и идеализмом, между наукой и религией. Приверженцы религиозных идеалистических взглядов считали жизнь духовным, нематериальным началом, возникшим в результате божественного творения. В средние века жизнь связывалась с присутствием в организмах некоей «жизненной силы», недоступной для познания средствами науки и практики.

Теории вечности жизни, согласно которым зародыши жизни странствуют в межзвездном пространстве и в отдаленное время были занесены на Землю, не решают проблемы, так как они оставляют открытым принципиальный вопрос о первичном зарождении жизни в глубинах Космоса.

Как сущность жизни, так и ее происхождение тесно переплетаются с определением самого понятия жизнь. Попытки такого определения можно найти в трудах Аристотеля, И. Канта, Ж. Кювье, Ж. Б. Ламарка, однако все они оказались несостоятельными. Лишь в последней четверти XIX в. Ф. Энгельс дал следующее определение сущности жизни: «Жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является *постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой*, причем с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 616.

В этом определении подчеркнута первостепенное значение белков — материального субстрата жизни и обмена веществ в живом. Последующее развитие биологии подтвердило и значительно углубило понимание роли белков в поддержании жизни. Вместе с тем успехи в различных областях современного естествознания, установление уникальной роли нуклеиновых кислот в хранении и передаче наследственной информации, познание строения вирусов и бактериофагов стимулировали поиски новых подходов к определению жизни. В настоящее время *жизнь определяют как взаимодействие белков и нуклеиновых кислот, осуществляемое организмами во взаимосвязи с условиями жизни.*

Жизнь — это совокупность некоторых начал: структурной организации (органойды клетки), сочетаний трех потоков — материалов, энергии и информации, упорядоченности в пространстве (молекулярный, надмолекулярный, клеточный, тканевый уровни и др.) и упорядоченности во времени (очередность протекания обмена веществ). Основопологающими свойствами жизни можно считать *наличие многих различных компонентов, связанных между собой, и упорядоченность и сложность этих связей, придающая форму и устойчивость живым организмам.* Например, в куске угля, состоящем из атомов углерода, все связи между ними одинаковы; в теле амебы или другого существа компоненты исключительно разнообразны, а связи между ними едва ли поддаются учету. И чем выше уровень организации жизни, тем сложнее связи между частями.

Живое неотделимо от неживого, оно связано с неживой природой общностью химического состава, так как в организмах имеются почти все элементы периодической системы Менделеева, среди которых особая роль принадлежит углероду. Он обнаруживается в спектрах всех классов звезд, а с понижением температуры на космических телах появляются соединения углерода с водородом (СН, СН<sub>4</sub> и др.) и азотом (СN). Углерод — основа построения всех органических соединений: белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот, пигментов, витаминов. Разнообразие свойств углерода сообщает его соединениям то громадное многообразие, которое лежит в основе живого. Предыстория и история жизни — это эволюция углеродистых соединений, которая закономерно завершилась зарождением жизни на Земле.

Гигантское газово-пылевое космическое облако, из которого возникла Солнечная система и ее планеты, было насыщено газообразными и твердыми соединениями углерода. Космические пылинки включали также железо с примесью никеля, силикаты, кобальт и замерзшую воду. Возникшая из них Земля по мере возрастания гравитационных сил и под влиянием радиоактивного распада элементов подверглась вторичному разогреву, что явилось причиной утраты ею более легких элементов, насыщения атмосферы парами воды и образования первичного океана. На отдельные элементы и их простейшие соединения в атмосфере Земли, на ее поверхности и в гидросфере воздействовали космические лучи, электрические (грозовые) разряды, давление толщи воды, в связи с чем элементы и их соединения претерпевали разнообразные химические превращения. До возникновения жизни атмосфера Земли носила восстановленный характер: весь кислород был в связанном состоянии, входя в состав воды, диоксида и оксида углерода и др.; в ней содержались также аммиак ( $\text{NH}_3$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), водород (H), цианистое соединение (CN) и замерзшая, кристаллическая вода.

В недрах Земли было много карбидов — соединений углерода с железом, никелем, кобальтом, которые при вулканических извержениях выделялись на поверхность и вступали во взаимодействие с водой. В результате этого в первичном океане накапливались разнообразные углеводороды и другие сочетания элементов, ставшие исходным материалом, эволюция которого завершилась возникновением жизни на Земле.

Согласно общепринятой теории акад. А. И. Опарина неживая материя прошла следующие исторические этапы на пути возникновения жизни. Первоначально происходило накопление простейших углеводородов, затем образовались сложные белковоподобные, нуклеиноподобные и многие другие органические соединения и, наконец, возникли простейшие формы живого, обладавшие свойством обмена веществ, самосохранения и самовоспроизведения.

Согласно этим представлениям первоначальный запас углеводородов непрерывно пополнялся их образованием путем взаимодействия карбидов с оксидами горных пород, аморфного углерода, углерода графита с водородом. Водород выделялся также из воды в результате распада ее молекул при действии ультрафиолетовых лучей

Солнца. Насыщенная углеводородами земная атмосфера почти зеркально «отражалась» в составе первичного океана Земли, в котором эти вещества накапливались, увлекаемые ливнями. Концентрация углеводородов и других простейших органических соединений в первичном океане нарастала также «снизу» — из земных пород и продуктов вулканической деятельности.

Всевозможные взаимодействия и превращения веществ приводили к накоплению многообразных соединений углеводородов и их производных. Такие усложнения веществ не таили в себе ничего сверхъестественного: они протекали в соответствии с законами астрофизики и химии. Это подтверждено многочисленными экспериментами, в которых смоделированы условия первичной земной атмосферы. Так, С. Миллер в изолированном приборе из смеси метана, аммиака, водорода и паров воды, которые подвергались действию слабых электрических разрядов, синтезировал аминокислоты (т. е. те исходные «единицы», из которых строятся молекулы белков), а также спирты, сахара, альдегиды и др. Аналогичные опыты проведены во многих лабораториях мира, в том числе в Советском Союзе.

Изучая вопрос о путях превращения простейших соединений углерода и азота, таких, как  $\text{CH}$ ,  $\text{CN}$ ,  $\text{CS}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$  и др., в более сложные, многие исследователи основную роль в этом процессе отводят воздействию ультрафиолетового (УФ) излучения Солнца, считая его главным энергетическим фактором в ускорении химических реакций на древней Земле. По оценке упомянутого С. Миллера, на долю УФ-излучения Солнца приходилось более 2640 кДж на  $1 \text{ см}^2$  в год и лишь 16 кДж/ $\text{см}^2$  в год за счет электрических разрядов в атмосфере. Массивный, ничем не задерживаемый поток УФ-излучения Солнца сильно активировал многие химические реакции в атмосфере и гидросфере Земли (в то отдаленное время в атмосфере Земли еще не было слоя озона, который образовался позже и задерживал большую часть УФ-излучения). Способность УФ-излучения ускорять синтез сложных органических соединений, включая аминокислоты, впервые доказали советские исследователи А. П. Терентьев, Т. Е. Павловская и А. Г. Пасынский (1959).

За последние десятилетия искусственно синтезированы исходные «единицы» нуклеиновых кислот — азотистые основания, а также аденозинтрифосфат, исполь-

зубый в живых организмах как высокоэнергетическое вещество. Результаты этих и многих других экспериментов помогают наглядно представить условия и процессы, происходившие в далеком прошлом на Земле, когда в ее недрах, на поверхности, в воде и атмосфере возникали и накапливались почти все соединения, которые в настоящее время обнаруживаются в составе живых организмов. С возникновением этих веществ как бы завершилась предыстория жизни.

На последующих этапах развития материи в местах наибольшей концентрации органического вещества между отдельными молекулами складывался простейший обмен веществ, шло объединение разрозненных молекул и образование их комплексов. Такие «сообщества» молекул, называемые коацерватами, отграничивались от окружающего раствора при помощи жироподобных пленок, которые явились прообразом мембран. Благодаря этому коацерваты приобретали индивидуальность и устойчивость, а тесное взаиморасположение молекул в них способствовало возникновению регулярного и целенаправленного обмена веществ, обеспечивающего устойчивость и самосохранение отдельных коацерватов. На этой стадии мог действовать элементарный отбор: сохранялись наиболее устойчивые коацерваты, в которых уже происходило взаимодействие молекул. Такие системы поглощали из окружающего раствора разнообразные вещества и могли расти, а по достижении определенных размеров распадаться на более мелкие капельки. Те из них, в которых взаиморасположение молекул содействовало устойчивости обменных реакций, сохранялись, в них повторялась исходная направленность обмена веществ, рост и снова распад — *прообраз размножения*. Элементарное «размножение» в таких системах коацерватов постепенно приобретало регулярность, а возникшие «потомки» становились все более точными копиями материнских.

Отбор и выживание таких все более упорядоченных систем, *обладавших самообновлением, самосохранением и самовоспроизведением*, завершили последний этап химической эволюции материи: **на Земле возникла доклеточная живая система**. Полагают, что это произошло более 3 млрд. лет тому назад, следовательно, добиологическая эволюция на Земле продолжалась не менее 2 млрд. лет, а с момента зарождения жизни шло ее непрерывное усложнение, появлялись качественно различные уровни —

от предклеточных форм до клеток, от колониальной ассоциации их до многоклеточных организмов, от жизни в избранных участках до всеобщего расселения в воде, почве, атмосфере.

В познании сущности жизни и в решении проблемы ее возникновения еще много неясного, однако синтез ряда ферментов, некоторых гормонов и некоторых природных генов создает предпосылки лабораторного воспроизведения ее простейших форм.

## ЭВОЛЮЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА НА ЗЕМЛЕ

Ход и направление процесса возникновения видов в соответствии с основными положениями теории эволюции Ч. Дарвина подкрепляются данными из различных разделов биологии, в том числе данных из области палеонтологии, которые служат вещественными доказательствами, так как основаны на изучении ископаемых остатков некогда живших организмов. В результате поступательного развития жизни на смену одним группам организмов приходили другие, в то время как третьи изменялись мало, а четвертые вымикали. На основе находок ископаемых форм в отложениях земных пластов удается проследить подлинную историю живой природы. Так были созданы палеонтологические ряды лошади (В. О. Ковалевский), слона, некоторых птиц, моллюсков и др. — от наиболее примитивных исходных форм до современных их представителей. Применение радиоизотопного метода позволяет с большой точностью определить возраст пород в местах залегания палеонтологических остатков и возраст ископаемых организмов.

На основе данных палеонтологии всю историю жизни на Земле подразделяют на эры и периоды (табл. 1).

**1. Архейская эра** — древнейший этап в истории Земли, когда в водах первичных морей возникла жизнь, которая была представлена первоначально *доклеточными* ее формами и *первыми клеточными* организмами. Анализ осадочных пород этого возраста показывает, что в водной среде обитали бактерии и синезеленые водоросли.

**2. Протерозойская эра.** На грани архейской и протерозойской эры произошло усложнение строения и функций организмов: возникли многоклеточность, половой процесс, который усилил генетическую неоднородность ор-

Таблица 1. Геохронологическая шкала

Эры		Периоды и их длительность, млн. лет	Животный и растительный мир
название и длительность, млн. лет	возраст, млн. лет		
Кайнозойская (новой жизни) 60 – 70	60 – 70	Антропоген 1,5 – 2	Появление и развитие человека. Животный и растительный мир принял современный облик
		Верхнетретичный (неоген) 25 Нижнетретичный (палеоген) 41	Господство млекопитающих птиц. Появление лемуринов и долгопятов – низкоорганизованных приматов, позднее – парапитеков, дриопитеков. Расцвет насекомых. Продолжается вымирание крупных пресмыкающихся. Исчезают многие группы головоногих моллюсков. Господство покрытосеменных растений. Сокращение флоры голосеменных растений
Мезозойская (средней жизни) 173	240 ± 10	Меловой 70	Появление высших млекопитающих и настоящих птиц, хотя еще распространены зубастые птицы. Преобладают костистые рыбы. Резко сокращается численность папоротников и голосеменных. Появление и распространение покрытосеменных
		Юрский 58	Господство пресмыкающихся. Появление археоптерикса. Расцвет головоногих моллюсков. Господство голосеменных
		Триасовый 45	Начало расцвета пресмыкающихся. Появление первых млекопитающих, настоящих костистых рыб. Исчезновение семенных папоротников
Палеозойская (древней жизни) 330	570	Пермский 45	Быстрое развитие пресмыкающихся. Возникновение звероподобных пресмыкающихся. Вымирание трилобитов. Исчезновение лесов каменноугольного периода. Появление и развитие голосеменных.
		Каменноугольный (карбон) 55 – 75	Расцвет земноводных. Возникновение первых пресмыкающихся. Появление скорпионов, пауков, летающих форм насекомых. Сокращение численности трилобитов. Развитие высших споровых и семенных папоротников. Преобладание древних плаунов и хвощей. Развитие грибов

Эры		Периоды и их длительность, млн. лет	Животный и растительный мир
название и длительность, млн. лет	возраст, млн. лет		
		Девонский 50 – 70  Силурийский 30  Ордовикский 60  Кембрийский 70	Расцвет щитковых. Появление кистеперых рыб и стегоцефалов. Возникновение грибов. Развитие, а затем вымирание псилофитов. Распространение на суше высших споровых  Пышное развитие кораллов, трилобитов. Появление бесчелюстных позвоночных – щитковых. Широкое распространение водорослей. В конце периода – выход растений на сушу (псилофиты)  Расцвет морских беспозвоночных, трилобитов, моллюсков, археоциат  Широкое распространение водорослей
Протерозойская (ранней жизни) 2000	2600 ± 100		Представлены все типы беспозвоночных. Появление первичных хордовых – подтипа бесчерепных
Архейская (самая древняя) 900	3500		Следы жизни незначительны. Обнаружены остатки бактерий и одноклеточных водорослей

организмов и дал обширный материал для отбора, более разнообразными стали фотосинтезирующие растения. Многоклеточность организмов сопровождалась повышением специализации клеток, их объединением в ткани и функциональные системы.

Проследить в деталях эволюцию животных и растений в протерозойскую эру довольно трудно из-за перекристаллизации осадочных пород и уничтожения органических остатков. В отложениях этой эры обнаружены лишь *отпечатки бактерий, водорослей, низших типов беспозвоночных и низших хордовых*. Крупным шагом в эволюции было появление организмов с двусторонней симметрией тела, дифференцированного на передний и задний отделы, левую и правую стороны, выделение спинной и брюшной поверхности. Спинная поверхность

у животных служила защитой, а на брюшной располагались рот и органы захвата пищи.

**3. Палеозойская эра.** Животный и растительный мир достиг большого разнообразия, стала развиваться наземная жизнь.

В палеозое различают шесть периодов: кембрийский, ордовикский, силурийский, девонский, каменноугольный, пермский. В кембрийском периоде жизнь была сосредоточена в воде (она покрывала значительную часть нашей планеты) и представлена более совершенными *многоклеточными водорослями*, имевшими расчлененное слоевище, благодаря которому они активнее синтезировали органические вещества и явились исходной ветвью для наземных листостебельных растений. Широкое распространение в морях получили беспозвоночные, в том числе *плеченогие моллюски*, а из членистоногих — *трилобиты*. Самостоятельным типом двухслойных животных того периода были археоциаты, формировавшие рифы в древних морях. Они вымерли, не оставив потомков. На суше обитали лишь *бактерии* и *грибы*.

В ордовикском периоде климат был теплым даже в Арктике. В пресных и солоноватых водах этого периода пышного развития достигли планктонные *водоросли*, разнообразные *кораллы* из типа кишечнополостных, существовали представители почти всех типов *беспозвоночных* в том числе трилобиты, моллюски, иглокожие. Широко представлены были бактерии. Появляются первые представители бесчелюстных позвоночных — *щитковые*.

В конце силурийского периода в связи с горообразовательными процессами и сокращением площади морей часть водорослей оказалась в новых условиях среды — в мелких водоемах и на суше. Многие из них погибли. Однако в результате разнонаправленной изменчивости и отбора отдельные представители приобрели признаки, способствовавшие выживанию в новых условиях. Появились первые наземные споровые растения — псилофиты (рис. 91). Они имели цилиндрический стебель около 25 см высоты, вместо листьев — чешуйки. Важнейшие приспособления у них — возникновение покровной и механической тканей, корнеподобных выростов — *ризоидов*, а также элементарной проводящей системы.

В девоне численность псилофитов резко сократилась, на смену им пришли их преобразованные потомки,

высшие растения — плауновидные, моховидные и папоротниковидные, у которых развиваются настоящие вегетативные органы (корень, стебель, лист). Возникновение вегетативных органов повысило эффективность функции отдельных частей растений и их жизнеспособность как гармонически целостной системы. Выход на сушу растений предшествовал выходу животных. На Земле растения накапливали биомассу, а в атмосфере — запас кислорода. Первыми обитателями суши из беспозвоночных были пауки, скорпионы, многоножки. В девонских морях было много рыб, среди них — челюстные панцирные, имевшие внутренний хрящевой скелет и внешний прочный панцирь, подвижные челюсти, парные плавники. Пресные водоемы населяли кистеперые рыбы, у которых было жаберное и примитивное легочное дыхание. С помощью мясистых плавников они перемещались по дну водоема, а при пересыхании переползали в другие водоемы. Группа кистеперых рыб явилась предками древних земноводных — стегоцефалов. Стегоцефалы обитали в болотистой местности, выходили на сушу, но размножались только в воде.

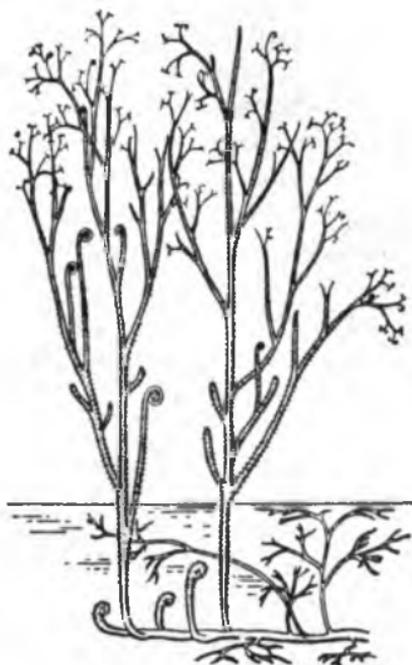


Рис. 91. Первые наземные растения — псилофиты

В каменноугольном периоде распространились гигантские папоротникообразные, которые в условиях теплого влажного климата расселились повсеместно. В этот период достигли расцвета древние земноводные.

В пермский период климат стал более сухим и холодным, что привело к вымиранию многих земноводных. К концу периода число видов земноводных стало резко сокращаться, и до наших дней сохранились лишь мелкие земноводные (тритоны, лягушки, жабы). На смену древовидным споровым папоротникообразным пришли семенные папоротники, давшие начало голосе-

менным растениям. Последние имели развитую стержневую корневую систему и семена, оплодотворение у них проходило в отсутствие воды. Вымерших земноводных сменила более прогрессивная группа животных, произошедшая от стегоцефалов, — *пресмыкающиеся*. У них были сухая кожа, более плотные ячеистые легкие, внутреннее оплодотворение, запас питательных веществ в яйце, защитные яйцевые оболочки.

4. Мезозойская эра включает три периода: триасовый, юрский, меловой.

В триасе широко распространились *голосеменные растения*, особенно хвойные, занявшие господствующее положение. Одновременно широко расселились *пресмыкающиеся*: в морях обитали ихтиозавры, плезиозавры, в воздухе — летающие ящеры, разнообразно были представлены пресмыкающиеся и на земле. Гигантские пресмыкающиеся (бронтозавры, диплодоки и др.) вскоре вымерли. В самом начале триаса от пресмыкающихся отделилась группа мелких животных с более совершенным строением скелета и зубов. Эти животные приобрели способность к живорождению, постоянную температуру тела, у них было четырехкамерное сердце и целый ряд других прогрессивных черт организации. Это были первые *примитивные млекопитающие*.

В отложениях юрского периода мезозоя обнаружены также останки первоптицы — *археоптерикса*. Он сочетал в своем строении признаки птиц и пресмыкающихся.

В меловом периоде мезозоя от голосеменных отделилась ветвь растений, имевших орган семенного размножения — цветок. После оплодотворения завязь цветка превращается в плод, поэтому развивающиеся семена внутри плода защищены мякотью и оболочками от неблагоприятных условий среды. Многообразие цветков, различных приспособлений для опыления и распространения плодов и семян позволило *покрытосеменным (цветковым)* растениям широко распространиться в природе и занять господствующее положение. Параллельно с ними развивалась группа членистоногих — *насекомых*, которые, будучи опылителями цветковых растений, в большой мере способствовали их прогрессивной эволюции. В этом же периоде появились *настоящие птицы* и *плацентарные млекопитающие*. Признаки высокой степени организации у них — постоянная температура тела, полное разделение артериального и венозного тока кро-

ви, повышенный обмен веществ, совершенная терморегуляция, а у млекопитающих, кроме того, живорождение, вскармливание детенышей молоком, развитие коры головного мозга — позволили этим группам также занять господствующее положение на Земле.

**5. Кайнозойская эра** подразделяется на три периода: палеоген, неоген и четвертичный. В палеогене, неогене и начале четвертичного периода цветковые растения благодаря приобретению многочисленных частных приспособлений заняли большую часть суши и представляли субтропическую и тропическую флору. В связи с похолоданием, вызванным наступлением ледника, субтропическая флора отступила к югу. В составе наземной растительности умеренных широт стали преобладать *листопадные деревья*, приспособленные к сезонному ритму температур, а также *кустарники и травянистые растения*. Расцвет травянистых приходится на четвертичный период. Большое распространение получили теплокровные животные: птицы и млекопитающие. В ледниковое время обитали пещерные медведи, львы, мамонты, шерстистые носороги, которые после отступления ледников и потепления климата постепенно вымирали, а животный мир приобрел современный облик.

Главное событие этой эры — формирование человека. К концу неогена в лесах обитали небольшие хвостатые млекопитающие — *лемуры и долгопяты*. От них произошли древние формы обезьян — *парапитеки*, ведущие древесный образ жизни и питавшиеся растениями и насекомыми. Их далекие потомки — ныне живущие *гibbonы, орангутаны* и вымершие мелкие древесные обезьяны — *дриопитеки*. Дриопитеки дали начало трем линиям развития, которые привели к *шимпанзе, горилле*, а также вымершему *австралопитеку*. От австралопитеков в конце неогена произошел *человек разумный*.

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

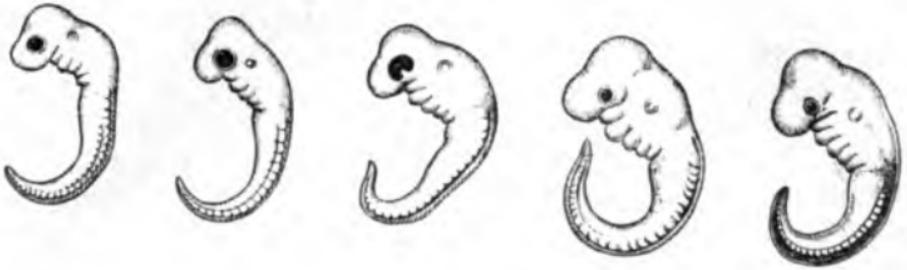
Возникновение человека — высшая ступень развития жизни. Происхождение человека могло получить свое научное объяснение лишь на основе теории эволюции. Первую попытку последовательно осветить эту проблему предприняли Т. Гексли (Англия), Э. Геккель (Германия) и П. Брока (Франция). Однако решающий вклад в доказательство животного происхождения человека внес

Ч. Дарвин, который в своих трудах «Происхождение человека и половой отбор» (1871) и «Выражение эмоций у человека и животных» (1872), подвергнув анализу обширные данные из области систематики, сравнительной анатомии, эмбриологии, а также изучив и сопоставив поведенческие реакции животных и человека, пришел к выводу о поразительном сходстве человека с животными, особенно значительном с человекообразными обезьянами.

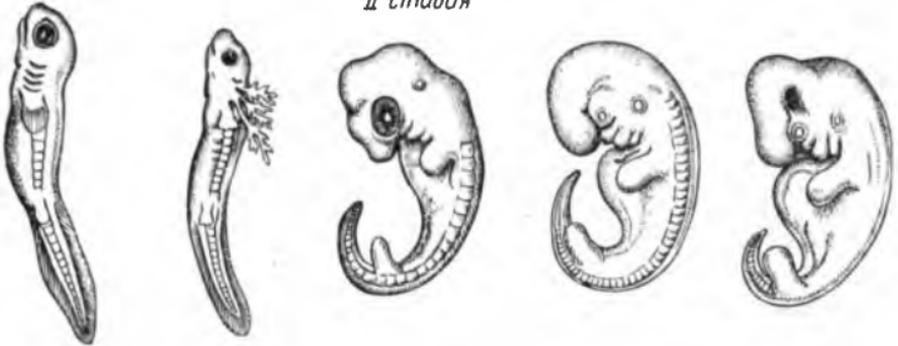
**Положение человека в системе животного мира.** По строению и расположению своих органов человек относится к классу млекопитающих. Наиболее существенные признаки, присущие как человеку, так и млекопитающим, — это молочные, сальные и потовые железы, волосяной покров тела, специализированные зубы (резцы, клыки, предкоренные и коренные), четырехкамерное сердце и левая дуга аорты, легочное дыхание, наличие диафрагмы, высокоразвитый головной мозг, внутриутробное развитие зародыша, вскармливание детеныша молоком. И у человека, и у животных единые звенья тканевого обмена веществ, сходно осуществляются рост и индивидуальное развитие, единый для всего органического мира принцип хранения и реализации генетического кода и др. Максимальное сходство человека обнаруживается с представителями семейства человекообразных обезьян, или *антропоидов*: гориллой, шимпанзе, орангутаном, гиббоном. Общность внутреннего строения человека и антропоидов дополняется внешним сходством: у них единый план строения верхних и нижних конечностей, отсутствие хвоста, очень сходные ушные раковины, наличие ногтей на пальцах и др.

Почти невозможно отличить зародыши человека, приматов и других позвоночных животных на ранних этапах развития (рис. 92). У эмбриона человека образуются хорда, жаберные борозды, жаберные дуги и соответствующая сеть кровеносных сосудов, подобно тому, как это имеет место у древнейших акулых рыб. В процессе эмбрионального развития у человека появляется, а затем исчезает ряд других подобных признаков, но некоторые из них сохраняются в виде *рудиментов*, указывая на явную связь с животным миром. К их числу относятся: копчик — остаток хвоста, выраженный в позвоночнике эмбриона в возрасте 1,5—3 месяцев внутриутробного развития, наружный волосяной покров, червеобразный отросток слепой кишки, подкожные мускулы, которые

*I стадия*



*II стадия*



*III стадия*



*Рыба*

*Саламандра*

*Черепаха*

*Крыса*

*Человек*

Рис. 92. Зародышевое сходство у позвоночных животных. Эмбрионы всех позвоночных животных на ранних стадиях развития более сходны друг с другом, чем на поздних стадиях

развиты у человека только на лице и в виде рудимента имеется подкожная ушная мышца и др. Всего у человека насчитывается более 90 рудиментов.

*Атавизмы* (от лат. «атавус» — предок) представляют собой признаки, отсутствующие у ближайших, но свойственные очень далеким предкам человека. Например, густой волосяной покров тела, появление дополнительных сосков у женщин и мужчин, случаи рождения

людей с хвостом и др. (рис. 93). Все эти факты в свое время дали основание Ч. Дарвину прийти к заключению, что человек и млекопитающие произошли от одного общего древнего предка.

Благодаря развитию мимической мускулатуры антропоиды могут выражать общие эмоции: плач, смех, гнев или возбуждение и т. п. Антропоиды болеют многими инфекционными болезнями, присущими человеку (туберкулез, брюшной тиф, детский паралич, дизентерия и др.). У шимпанзе встречается болезнь Дауна (умственная отсталость), возникновение которой, как и у человека, связано с присутствием в кариотипе животного третьей хромосомы из 21-й пары. Выявлены черты сходства по группам крови. Биохимические и молекулярные исследования показали, что по сходству белков альбуминов наиболее близки к человеку шимпанзе, горилла, орангутан; у павиана и мартышки эти белки имеют незначительное сходство с белками человека, и совсем далеки по этому признаку от человека долгопяты и лемуры. Советский биохимик А. Н. Белозерский проанализировал результаты молекулярной гибридизации ДНК для выявления степени общности генетической информации в хромосомах человека и некоторых обезьян. Оказалось, что количество сходных нуклеотидных последовательностей в ДНК у человека и шимпанзе составило 91%, у человека и гиббона — 76, у человека и макака резуса — 66%, т. е. чем ближе в систематическом отношении животные

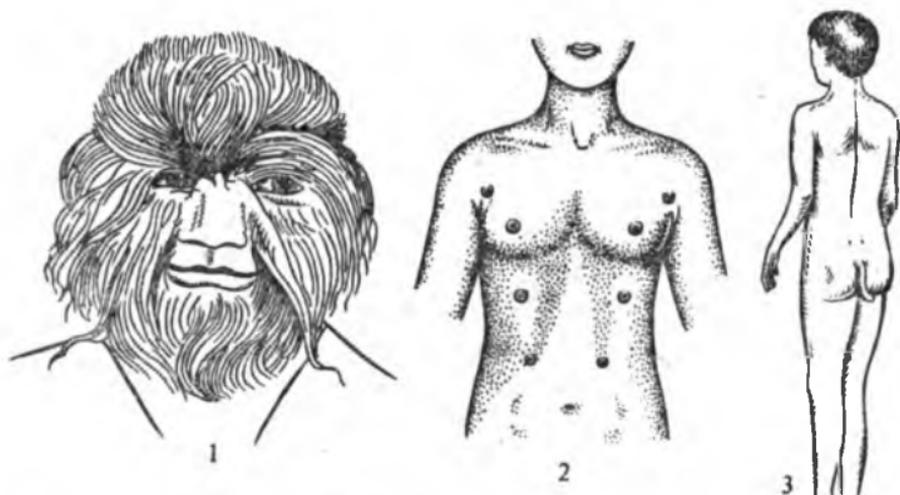


Рис. 93. Атавизмы у человека:

1 — волосатый человек, 2 — многососковость у человека, 3 — хвостатый мальчик

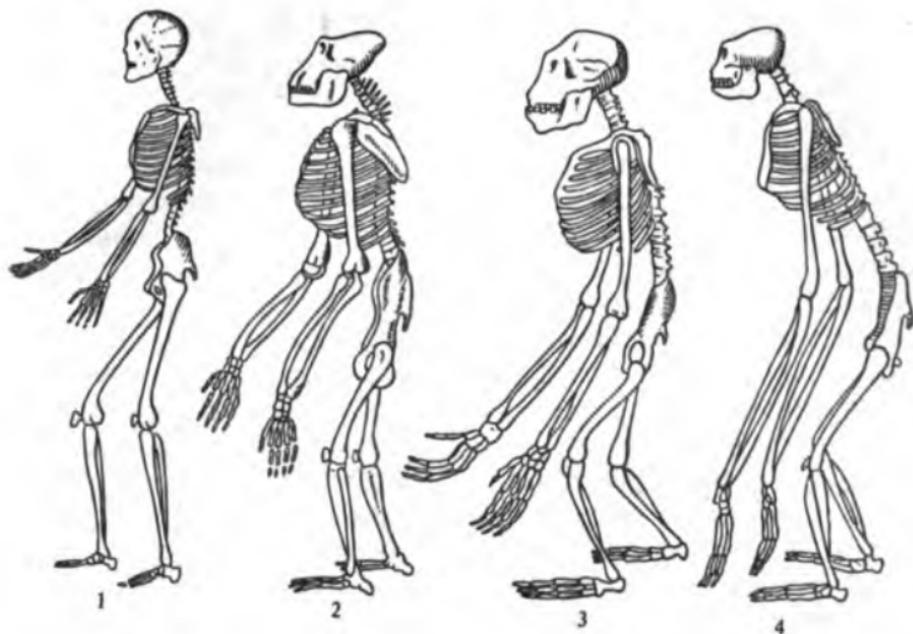


Рис. 94. Скелеты человекообразных обезьян и человека:  
 1 — человек, 2 — горилла, 3 — орангутан, 4 — гиббон

стоят к человеку, тем большее между ними сходство в молекулярной структуре ДНК.

Человек унаследовал от приматов такие черты, как широкие плечи и широкая плоская грудь, общность строения локтевого и запястного суставов, кистей рук и всего верхнего пояса, — те качества, которые у обезьян возникли благодаря древесному образу жизни (рис. 94).

Способность к хватанию и противопоставление большого пальца остальным, выраженные у всех приматов, не только сохранились у человека, но продолжали развиваться. Антропоиды способны использовать подходящие предметы в качестве «орудия» или «оружия» для достижения определенной цели, что послужило важнейшей предпосылкой возникновения *трудовой деятельности человека*.

Близость человека к антропоидам прослеживается и по другим особенностям, однако каждая из человекообразных обезьян обладает лишь некоторой совокупностью наиболее общих с человеком признаков. Например, по величине ближе всех к человеку горилла, шимпанзе, орангутан, по массе тела и длине конечностей — шимпанзе, по форме бедренных костей — гиббон, по строению костей таза, стоп и величине головного мозга — горилла и т. п. По данным антрополога А. Киз-

са, у человека и гориллы 385 общих морфологических признаков, у человека и шимпанзе — 369, у человека и орангутана — 359. Гиббон и низшие обезьяны имеют 117—113 общих с человеком признаков.

Однако человека выделяют из мира животных *принципиальные биологические отличия*, такие, как вертикальное положение тела и передвижение на двух ногах, высокая степень развития рук и способность выполнять разнообразные, тонкие и высокоточные операции, большой объем головного мозга, который в 2,5 раза превышает мозг антропоидов и в 3,5 раза — площадь его поверхности, и, наконец, речь, которая свойственна только человеку. Не случайно Ч. Дарвин в свое время сделал вывод о том, что ни одна из современных человекообразных обезьян не является непосредственным родоначальником людей. Родословную человека составляет длинная цепь его предшественников, она уходит в глубину времен на десятки миллионов лет, и последним звеном перед первыми людьми была ископаемая человекообразная обезьяна. Неизвестный при жизни Дарвина ископаемый предшественник человека был обнаружен впоследствии, подтвердив научное предвидение гениального ученого.

Все же Дарвин лишь частично, с чисто биологических позиций, осветил вопрос о происхождении человека, он не смог раскрыть социальные факторы превращения предков человека в людей. Проблема движущих сил, лежащих в основе выделения человека из царства животных, может быть решена лишь на базе общего учения о природе и обществе, *на основе диалектического и исторического материализма*. Создатели материалистического учения об обществе — К. Маркс и Ф. Энгельс — наметили общие установки в решении проблемы формирования человека, *раскрыли роль труда* в жизни людей и подчеркнули, что именно совместный труд явился движущей силой преобразования животного предка в человека. По словам К. Маркса, люди своим трудом выбились из первоначального животного состояния. Осуществляя трудовые процессы, воздействуя на «внешнюю природу и изменяя ее», человек одновременно «изменяет свою собственную природу»<sup>1</sup>.

Ф. Энгельс в специальном очерке «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» последовательно развил трудовую теорию происхождения человека, ко-

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 23, с. 188.

торая и в настоящее время служит мощным оружием материалистической науки в вопросе о происхождении и развитии человека и общества. В этой работе были впервые раскрыты естественно-исторические закономерности развития физического типа и мышления «формирующихся людей».

Человеческий труд начинается с изготовления орудия, которое может быть сделано, если в воображении его создателя складываются законченные черты, мыслительный образ такого орудия и осознанная цель труда. На первых порах весь процесс изготовления орудий проходил методом «проб и ошибок», еще не сложилась точная последовательность операций, которая неизбежно приводила бы к поделке заданного орудия. Изменение условий обитания наших далеких предков (сокращение площади водоемов, исчезновение лесной растительности, возникновение полупустынь) вынудило многие виды приматов перейти от древесного образа жизни к обитанию в условиях открытых пространств, что усилило давление естественного отбора. В безлесных пространствах антропоиды перешли на питание новыми растениями и мелкими животными. В складывающихся обстоятельствах могли выжить те группы обезьян, которые обладали способностью использовать природные предметы (камни, палки, кости животных), а затем специально обрабатывать их, что развивало трудовую деятельность, которая в свою очередь стала фактором изменения биологической природы наших далеких предков.

Отряд приматов, от которых идет прямой путь к человеку, возник около 70 млн. лет тому назад от насекомоядных млекопитающих. К приматам относятся: лемуры (Мадагаскар), тупайи (Индия), лори (обитатели тропической Африки и Азии), долгопяты (Индокитай), обезьяны Нового Света, обезьяны Старого Света и человекообразные обезьяны (рис. 95). Важнейшим условием выживания обезьян на деревьях была способность передвижения по горизонтальным ветвям при одновременной поддержке за верхние ветви, отличная ориентировка в пространстве, развитие органов чувств и соответствующих областей головного мозга, стадный образ жизни. Эти особенности оказались исключительно ценными для их обладателей в условиях, когда в связи с похолоданием климата в северных и южных широтах земного шара и поредением, а затем и исчезновением лесного покрова в ряде областей Африки, существовать стало труднее.

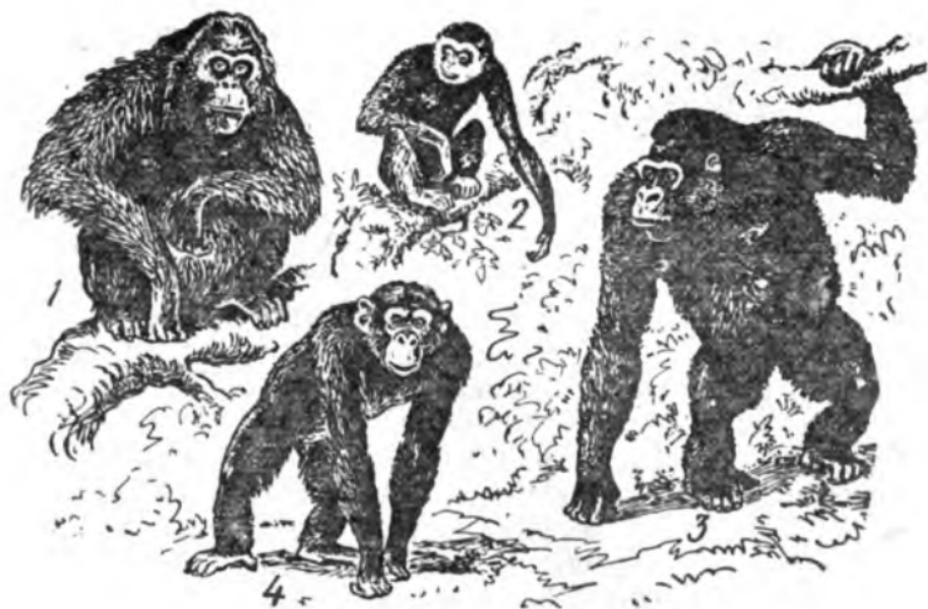


Рис. 95. Человекообразные обезьяны:  
1 — орангутан, 2 — гиббон, 3 — горилла, 4 — шимпанзе

Общее развитие человекообразных обезьян происходило в двух направлениях. Одни все больше приспосабливались к жизни на деревьях (где такая растительность сохранилась) и становились все более узкоспециализированными. Другие шли по пути приспособления к жизни на земле, хождению на двух ногах, освобождению верхней конечности от помощи в ходьбе и превращению ее в орган труда. В беслесных пространствах переход к стопохождению, обладание высокоразвитой ориентировкой, тонким слухом и объемным зрением сыграли исключительно полезную роль для выживания, особенно в борьбе с многочисленными хищниками.

В этих условиях наши далекие предки все чаще употребляли «подручные» предметы: палку, камень, обломки костей, с помощью которых они выкапывали корневища, клубни растений, доставали насекомых, дробили кости и т. п. Для многих поколений обезьян все эти предметы оставались случайными и не становились орудиями труда, так как использовались инстинктивно и в том виде, в каком они были в природе.

Само по себе употребление различных предметов в качестве орудий еще не означает рассудочной деятельности: дятловый галапагосский вьюрок выковыривает насекомых из щелей зажатой в клюве кактусовой колюч-

кой, африканский стервятник разбивает яйца страуса камнями, очень сложный «трудовой» инстинкт у пчел, бобров, многих птиц и обезьян по добыванию пищи, постройке гнезд, защите от врагов. В каждой из этих операций животное, проявив инстинктивную деятельность, пускает в ход зубы, лапы, клюв, а обезьяны — верхние и нижние конечности, используя природные предметы, но не орудия труда. Глубоко справедливы слова К. Маркса: «Паук совершает операции, напоминающие операции ткача, и пчела постройкой своих восковых ячеек посрамляет некоторых людей-архитекторов. Но и самый плохой архитектор от наилучшей пчелы с самого начала отличается тем, что, прежде чем строить ячейку из воска, он уже построил ее в своей голове»<sup>1</sup>. Какими бы ни были смыслены перечисленные животные в использовании готовых предметов природы, главное состоит в том, что «ни одна обезьянья рука не изготовила когда-либо хотя бы самого грубого каменного ножа»<sup>2</sup>.

*Труд начинался с того момента, когда предок человека стал осознанно обрабатывать естественные предметы с преднамеренной целью, придавая им определенную форму, когда мышление и воля, хотя бы и в примитивной форме, сознательно руководят деятельностью рук, направленной на достижение поставленной цели.* Таким образом, сущность трудовой деятельности, выделившей первых людей из стада обезьян, заключается в том, что *материальной обработке предмета труда предшествует идеальная переработка его в мысли.* Такое активное отражение предметного мира характерно только для человеческого мышления.

В процессе очеловечивания действовал комплекс факторов: прямохождение, регулярное употребление орудий для добывания пищи и защиты от врагов, упрочение общественной жизни и вместе с тем подавление звериных инстинктов. Вся совокупность указанных свойств формировалась не в одной какой-нибудь группе обезьян, а во многих из них — в одних раньше, в других позже. Различной была у них и степень приспособленности к выживанию в сложившихся условиях. Всестороннее и взаимосвязанное преобразование наших предков было процессом длительным, и «наверное протекли сотни тысяч

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 23, с. 189.

<sup>2</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 487.

лет... прежде чем из стада лозящих по деревьям обезьян возникло человеческое общество» (Ф. Энгельс)<sup>1</sup>.

Некоторые сообщества человекообразных обезьян так и не овладели способностью к изготовлению орудий и не пришли в своем развитии к систематической трудовой деятельности. Впоследствии многие из них исчезли с лица земли, не справившись с трудностями существования, особенно в связи с конкуренцией с популяциями тех же близких видов. Но первые люди появились в тех сообществах обезьян, в которых добывание средств существования с помощью изготовленных орудий стало специфически характерным для них.

Трудовые процессы, являясь биологически выгодными, приобретали массовый характер, способствовали освоению разнообразных природных территорий. Яснее осмысливались операции по изготовлению орудий, накапливался опыт, совершенствовались органы труда. Рука становилась не только органом труда, но и сама изменилась как *продукт труда*. Большое значение в эволюции антропоидов имела их способность к манипулированию предметами (исследовательский рефлекс) и стадный образ жизни, при котором складываются разнообразные и сложные формы общения между особями (жестикаляция, мимика, звуки). Кроме того, сила, динамичность и уравновешенность нервных процессов у антропоидов находятся на более высоком уровне, что явилось важнейшей физиологической предпосылкой для *формирования высшей нервной деятельности человека*. Трудовая деятельность, стадный образ жизни и использование в питании мясной пищи стимулировали развитие головного мозга.

В условиях высокоразвитой стадности возникла элементарная способность воспроизводить в уме связные представления о различных предметах или действиях и их существенных отличиях, что стало необходимой предпосылкой для развития отвлеченных *мыслительных и речевых способностей*. Как пишет советский антрополог В. В. Бунак (1972), подвижное сочетание в уме представлений о предметах и явлениях приводит к образованию представлений об общих свойствах сходных предметов. Воспроизводимое в уме представление, связывающее разносистемные свойства, называется *понятием*. Овладение понятиями считается первым рубежом, отде-

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 491.

лившим человека от животного, а умение разнообразно сочетать понятия было следующей ступенью отвлеченного мышления, осуществляемого с участием в этом мыслительном процессе голосовых возбуждений. Звуки, воспроизводимые голосовыми органами, стали формой обозначения предметов, а затем и понятий о них, выражаемых словами, — такие сигналы постепенно приобрели понятийное содержание. На первых порах речь была несовершенной, слова неточны, фонетическая основа их бедна и груба. Однако преимущества сплочения сообщества формирующихся людей с помощью речевых сигналов становились очевидными, а тренировка и подражание делали речь все более членораздельной и совершенной.

Таким образом, усложняющиеся трудовые операции при изготовлении орудий, совершенствование мыслительной функции мозга, общение людей во время охоты и изготовления орудий труда, необходимость передать накопленный опыт и поделиться переживаниями все больше вовлекали в работу речевые органы, связанные с определенными центрами коры головного мозга, и в целом способствовали развитию членораздельной речи.

На изменение физического облика первобытных людей и на развитие головного мозга большое влияние оказало использование мясной пищи и огня. Мясная пища необходима не только как высококалорийный продукт, но и для пополнения незаменимых аминокислот в организме, которых в большинстве растительных продуктов содержится очень мало или нет совсем; в целом переход к употреблению мясной пищи стимулировал использование огня и развитие охоты, а затем и приручение животных. Использование огня способствовало выживанию наших предков в борьбе с хищниками и продвижению в ранее недоступные местности с холодным климатом, огонь согревал первобытного человека, делал его пищу более переваримой и дольше сохраняемой.

Трудовая деятельность, развитие речи и общественной жизни изменили облик человекоподобных предков, а через разделение труда — и взаимоотношения людей. Итогом глубочайших преобразований строения и функций организма наших предков стало объединение ранее независимых друг от друга явлений — манипулирования предметами и стадного образа жизни: манипулирование приобрело характер трудовых движений, а стадо стало человеческим обществом в его первоначальной форме.

Труд — коренной признак, отличающий человеческое общество от животного стада: животные — пассивные объекты своей истории, люди делают свою историю сами.

**Этапы становления человека.** По данным палеонтологических находок (ископаемых остатков), около 30 млн. лет назад на Земле появились древние приматы — *парапитеки* и *проплиопитеки*, жившие на открытых пространствах и на деревьях. Их челюсти и зубы были подобны челюстям и зубам человекообразных обезьян. Парапитеки дали начало современным гиббонам и орангутанам, а также вымершей ветви древесных обезьян — *дриопитекам*. Последние в своем развитии разделились на три линии: одна из них привела к современной горилле, другая — к шимпанзе, третья — к австралопитеку, а от него — к человеку. Родство дриопитека с человеком установлено на основе изучения строения челюсти и зубов, обнаруженных в 1856 г. во Франции.

Костные остатки австралопитеков (рис. 97, 4. 6) впервые обнаружены в 1924 г. в Южной Африке (к настоящему времени сделано более 250 подобных находок в пяти пунктах Юго-Восточной Африки). Они были ростом с шимпанзе и массой около 50 кг, объем мозга (в средних величинах) достигал  $520 \text{ см}^3$  — по этому признаку австралопитек стоит ближе к человеку, чем любая из ископаемых и современных обезьян. Строение тазовых костей и положение головы было сходно с таковыми человека, что свидетельствовало о выпрямленном положении тела. Они жили около 9 млн. лет тому назад в открытых степях, питались растительной и животной пищей. «Орудия», которыми пользовались австралопитеки, не несли на себе следов искусственной обработки, это были камни, палки, крупные кости и челюсти антилоп.

Не обладая узкой специализацией общего строения, австралопитеки дали начало более прогрессивной форме, получившей название *Человек умелый*. Костные остатки его были обнаружены в 1959 г. и в последующие годы антропологом Луисом Лики в Олдовайском ущелье (Танзания). Возраст этих находок определен примерно в 2 млн. лет. Рост этого существа достигал 150 см, объем головного мозга был на  $100 \text{ см}^3$  больше, чем у австралопитека, зубы человеческого типа, фаланги пальцев, как и у человека, сплющены. Хотя в нем и сочетались признаки как обезьян, так и человека, переход этого су-

щества к изготовлению галечных орудий свидетельствует о появлении у него трудовой деятельности.

В 1972 г. на территории Кении Ричард Лики обнаружил череп и некоторые кости существа, резко отличного от австралопитеков, жившего около 3 млн. лет тому назад. Объем его мозговой полости составлял 810 см<sup>3</sup>. В его черепе отсутствовал выдающийся надглазничный валик, а весь облик был более человекоподобен.

Значение открытий последних лет состоит в том, что они постепенно заполняют пробелы в цепи существ, ведущей от животных к людям. Если до недавнего времени прародиной человека считалась Центральная и Юго-Восточная Азия, теперь, судя по обилию находок костных остатков и орудий труда, она вполне обоснованно переместилась в Африку, где помимо Человека умелого найдены также остатки существ уровня питекантропа и их каменные орудия более совершенной формы, чем орудия Человека умелого. Большое значение имеет находка костных остатков кениапитека (жившего 12—14 млн. лет тому назад), обнаруженных в 1962 г. в Кении. Это существо заполняет пробел в цепи между дриопитеками и австралопитеками. Все ископаемые представители семейства Гоминиды, особенно австралопитеки, рассматриваются как предшественники человека. Эволюция физических особенностей первых людей, включая человека современного, охватывает три этапа: древнейшие люди, или архантропы, древние люди, или палеоантропы, и современные люди, или неантропы.

Первый представитель архантропов — *яванский человек*, или *питекантроп*, — обезьяночеловек прямоходящий (рис. 96). Его костные остатки обнаружены Е. Дюбуа в 1891 г. на о. Ява (Индонезия). Первоначально возраст питекантропа определяли равным 1 млн. лет, но, согласно более точной современной оценке, ему немногим более 400 тыс. лет. Питекантроп был прямоходящим существом, его рост составил около 170 см, объем черепной коробки — 900 см<sup>3</sup>. Несколько позже существовал *синантроп*, или *китайский человек*. Многочисленные остатки были найдены за период с 1927 по 1963 г. в пещере вблизи Пекина и в провинции Шанси. Это существо использовало огонь и изготовляло каменные орудия. К этой же группе древнейших людей относится и *гейдельбергский человек* (по находке 1907 г.).

На смену архантропам появились *неандертальцы*, или *палеоантропы* (рис. 96), которые 250—100 тыс. лет то-



Рис. 96. Очертания черепов современных и ископаемых приматов

му назад были широко расселены на территории Европы, Африки, Передней и Южной Азии и на юге нашей страны. Неандертальцы изготовляли разнообразные каменные орудия: ручные рубила, скребла, остроконечники, пользовались огнем, употребляли грубую одежду. Объем их мозга возрос до 1400 см<sup>3</sup>. Особенности строения нижней челюсти показывают, что у них была зачаточная речь. Они жили группами по 50—100 особей и во время наступления ледников использовали пещеры, выгоняя из них диких зверей.

Неандертальцев сменили люди современного типа — кроманьонцы (см. рис. 96), или неантропы. Они появились около 50 тыс. лет тому назад (костные остатки их найдены в 1868 г. во Франции). Кроманьонцы образуют единственный род и вид *Гомо сапиенс* — *Человек разумный*. У них полностью сгладились обезьяньи черты, еще сохранявшиеся в облике неандертальцев, на нижней челюсти имелся характерный подбородочный выступ, указывающий на их способность к членораздельной речи, а по искусству изготовления разнообразных орудий из камня, кости и рога кроманьонцы ушли далеко вперед по сравнению с неандертальцами. Они приручали животных и начали осваивать земледелие, что позволило избавиться-

ся от голода и добывать разнообразную пищу. В отличие от их предшественников эволюция кроманьонцев проходила под большим влиянием социальных факторов (сплочение коллектива, взаимоподдержка, совершенствование трудовой деятельности, более высокий уровень мышления). Возникновение кроманьонцев — завершающий этап формирования человека современного типа. На смену первобытному человеческому стаду пришел первобытный родовой строй, завершивший становление человеческого общества, дальнейший прогресс которого стал определяться социально-экономическими законами, раскрытыми К. Марксом, Ф. Энгельсом, В. И. Лениным. Общее направление развития человека показано на рис. 97. Ныне живущее человечество распадается на ряд групп, называемых расами.

**Человеческие расы** — это исторически сложившиеся территориальные общности людей, обладающие единством происхождения и сходством морфологических признаков. В настоящее время на Земле проживает более 4 млрд. человек, говорящих более чем на 2,5 тыс. языках и отличающихся материальной и духовной культурой, а также наследственными физическими признаками: строением лица, пропорциями тела, цветом кожи, формой и цветом волос. По всем этим признакам современное человечество делится на три основные расы: *европеоидную*, *негроидную* и *монголоидную*. Эти расы возникли в результате расселения людей неандертальского и кроманьонского типа, у которых в неодинаковых условиях климато-географической среды и изоляции стали складываться приспособительные расовые признаки и различия. Например, сильная пигментация кожи у австралоидов и негроидов служит защитным приспособлением от ожогов ультрафиолетовыми лучами, спирально завитые волосы играют роль изолирующей воздушной прокладки, предохраняя голову от перегрева, широкий нос быстрее охлаждает вдыхаемый воздух, а узкий, удлиненный, наоборот, быстрее согревает холодный. Монголоиды характеризуются плоским лицом, уменьшающим возможность обморожения, узкими глазами с жировой прослойкой в веках (защита от инсоляции и от мороза), редкой бородой, не способствующей конденсации влаги при дыхании.

С развитием общественных связей, ростом миграционных процессов, межрасовых браков и смешением признаков обособленность человеческих рас постепенно

сглаживалась и морфологические различия между ними уменьшались. В связи с этим в пределах основных рас выделяют не менее 30 *антропологических типов*, или *вторичных рас*: индо-средиземноморскую и балтийскую в пределах европеоидной, австралоидную в пределах негроидной, индейскую (американскую) и малайскую в пределах монголоидной и др. Все расы относятся к одному виду — Гомо сапиенс и находятся на одном биологическом уровне, а расовые различия второстепенны. Невозможно установить существенной разницы между расами в сознании, мышлении, речи, в трудовой деятельности, в физиологических и анатомических особенностях. Различия в уровне экономического и культурного развития отдельных рас возникли под влиянием социальных, а не биологических закономерностей.

В капиталистических странах некоторые ученые подходят к оценке рас с антинаучных, реакционных позиций. При этом они считают, что общественная сущность людей отражает биологические закономерности, а расы разделяют на «высшие» и «низшие». Этими предпосылками обосновывается господство одних рас и народов над другими. Европейские и американские расисты до недавнего прошлого, а кое-кто и теперь относят себя к «высшей» расе, всех же других причисляют к «низшим». Отсталость в социальном развитии некоторых народов расисты стремятся объяснить их биологической и умствен-

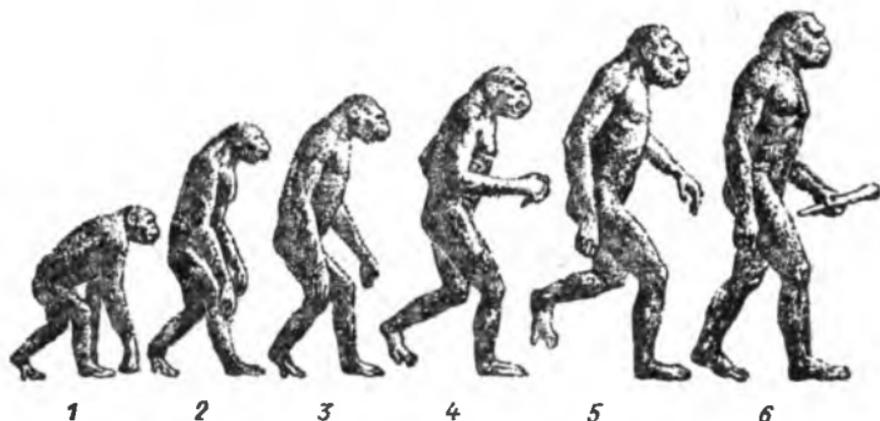


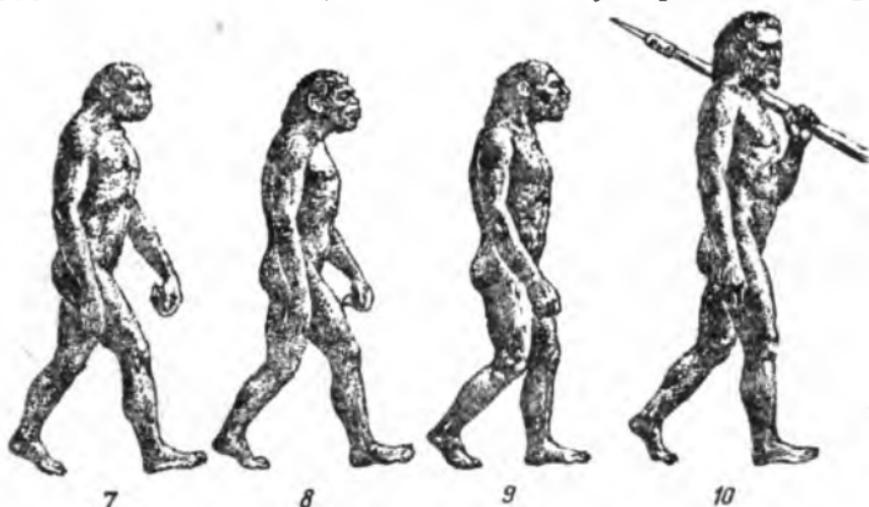
Рис. 97. Ряд форм, отражающих развитие

1 — дриопитек, 2 — ориопитек, 3 — питек, 4 — парантроп, 5 — поздний питек, 6 — архантроп, 7 — поздний

ной «неполноценностью». При этом утверждается, что расы происходят от разных предков: европеоидная — от неандертальцев, монголоидная — от синантропов, негроидная — от австралопитеков; их развитие проходило, якобы, неравномерно: быстрее у «высших» рас, медленнее — у «низших». Однако данные палеонтологии доказывают единство человеческих рас, повсеместность распространения неандертальцев во всем Старом Свете, расселение которых и изоляция отдельных групп привели к расообразованию.

Расизм в фашистской Германии в годы второй мировой войны стал официальной идеологией гитлеровского государства и служил оправданием массового уничтожения людей. Расистские предрассудки в форме дискриминации негритянского населения проявляются в настоящее время в США, а в ЮАР осуществляется открытый расизм и апартеид в отношении местного африканского населения. В Израиле процветает сионизм как одна из форм расизма. Расизм, апартеид, сионизм ничего общего с наукой не имеют, они преследуют крайне реакционные политические цели, стремясь оправдать социальное неравенство, классовое угнетение, империалистические войны, расовую дискриминацию.

Несостоятельность расизма доказана всем ходом исторического развития человечества. Особенно убедителен в этом отношении социалистический путь развития наро-



щих последовательные этапы человека:

рамапитек, 4 — ранний австрало-австралопитек, 7 — человек умелый, неандерталец, 10 — кроманьонец

дов нашей страны, которых Великая Октябрьская социалистическая революция избавила от угнетения. Отсталые в экономическом и культурном отношении народы бывших окраин царской России гигантскими шагами продвинулись на пути цивилизации, успешно овладевают передовыми способами промышленного и сельскохозяйственного производства, постигают вершины духовной культуры. Быстрый рост экономики и культуры наблюдается у народов, сбросивших колониальный гнет в странах Азии, Африки и Латинской Америки.

Экономическое, культурное и политическое неравенство рас и народов, возникшее на определенной ступени развития общества, будет сглаживаться по мере перехода этих народов на путь социализма и окончательно исчезнет с построением самого справедливого, самого гуманного общества — коммунистической цивилизации.

## ОРГАНИЗМ И СРЕДА

Все живое на Земле связано со средой обитания, которая включает разнообразные географические области и населяющие их сообщества живых организмов. По характеру действия связи организма со средой могут быть: *абиотическими* (сюда относятся факторы неживой природы — физические и химические условия среды) и *биотическими* (факторы живой природы — межвидовые и внутривидовые взаимоотношения).

Жизнедеятельность организмов невозможна без постоянного притока энергии извне. Ее источником является Солнце. Вращение Земли вокруг своей оси приводит к неравномерному распределению энергии Солнца, его теплового излучения. В связи с этим атмосфера над сушей и океаном нагревается неодинаково, а различия в температуре местности и давлении вызывают перемещения воздушных масс, изменение влажности воздуха, что влияет на ход химических реакций, физических превращений и прямо или косвенно — на все биологические явления (характер расселения жизни, биоритмы и т. п.).

Регулирующее влияние на плотность жизни оказывает комплекс факторов: свет, температура, вода, минеральные питательные вещества и др. Эволюция жизни осуществлялась в направлении эффективного приспособления к этим факторам: колебаниям влажности, освещения, температуры, ветра, силы тяжести и др. Взаимосвязи организмов между собой и со средой обитания изу-

чает наука *экология*. Рассмотрим значение отдельных экологических факторов.

**Свет** — основной источник энергии на Земле. Природа света двойственна: с одной стороны он представляет собой поток элементарных физических частиц — корпускул, или фотонов, не имеющих заряда, с другой — обладает волновыми свойствами. Чем меньше длина волны фотона, тем выше его энергия, и наоборот. Энергия фотонов служит источником обеспечения энергетических потребностей растений при фотосинтезе, поэтому зеленое растение не может существовать без света.

Свет (освещенность) представляет собой мощный стимул активности организмов — *фотопериодизма* в жизни растений (рост, цветение, опадание листвы) и животных (линька, накопление жира, миграции и размножение птиц и млекопитающих, наступление стадии покоя — диапаузы, поведенческие реакции и др.). Продолжительность светового дня зависит от географической широты. С этим связано существование растений длинного дня, цветение которых наступает при продолжительности светлого периода суток 12 ч и более (картофель, рожь, овес, пшеница и др.), и растений короткого дня с фотопериодом 12 ч и менее (большинство тропических цветковых растений, соя, просо, конопля, кукуруза и многие другие растения умеренной зоны). Но есть растения, цветение которых не зависит от длины дня (томаты, одуванчик и др.). Ритмы освещенности вызывают у животных различную активность в дневное и ночное время суток или в сумерки, а также сезонные явления: весной — подготовку к размножению, осенью — к зимней спячке, линьку.

Коротковолновая радиация Солнца (290 нм) представляет собой ультрафиолетовые лучи (УФ). Большая часть их поглощается слоем озона в верхних участках атмосферы; на Землю проникают УФ-лучи с меньшей энергией (300—400 нм), которые губительны для многих микроорганизмов и их спор; в организме человека и животных эти лучи активируют синтез витамина Д из холестерина и образование пигментов кожи и глаза. Средневолновая радиация (600—700 нм) представляет собой оранжевую часть спектра и поглощается растением при фотосинтезе.

Как проявление приспособительных реакций на смену дня и ночи у животных и человека наблюдается суточная ритмичность интенсивности обмена веществ, частоты

дыхания, сердечных сокращений и уровня кровяного давления, температуры тела, клеточных делений и т. д. У человека выявлено более ста физиологических процессов биоритмологического характера, благодаря которым у здоровых людей наблюдается согласованность различных функций. Исследование биоритмов имеет большое значение для разработки мер, облегчающих адаптацию человека к новым условиям при дальних перелетах, переселении людей в районы Сибири, Дальнего Востока, Севера, Антарктиды.

Считают, что нарушение регуляторных механизмов по поддержанию внутренней среды организма (гомеостаза) — следствие урбанизации и индустриализации: чем дольше организм изолирован от внешних климатических факторов и находится в комфортных условиях микроклимата помещения, тем заметнее снижаются его приспособительные реакции к перемене погодных факторов, нарушается способность к терморегуляции, чаще возникают расстройства сердечно-сосудистой деятельности.

*Биологический эффект* фотонов состоит в том, что их энергия в организме животных вызывает возбужденное состояние электронов в молекулах пигментов (порфиринов, каротиноидов, флавинов), которые возникший избыток своей энергии передают другим молекулам, и таким путем запускается цепь химических превращений. Белки и нуклеиновые кислоты поглощают УФ-лучи с длиной волны 250—320 нм, что может вызвать генетический эффект (генные мутации); лучи меньшей длины волны (200 нм и меньше) не только возбуждают молекулы, но и могут их разрушить.

В последние годы большое внимание уделяется изучению процесса фотореактивации — способности клеток микроорганизмов ослаблять и полностью устранять повреждающий эффект УФ-облучения ДНК, если облученные клетки выращивать затем не в темноте, а на видимом свете. Фотореактивация — явление универсальное, осуществляется при участии специфических клеточных ферментов, действие которых активируется квантами света определенной длины волны.

**Температура** оказывает регулирующее влияние на многие процессы жизни растений и животных, изменяя интенсивность обмена веществ. Активность клеточных ферментов лежит в пределах от 10 до 40 °С, при низких температурах реакции идут замедленно, но при достижении оптимальной температуры активность ферментов вос-

становливается. Пределы выносливости организмов в отношении температурного фактора для большинства видов не превышают 40–45 °С, пониженные температуры оказывают менее неблагоприятное воздействие на организм, чем высокие. Жизнедеятельность организма осуществляется в пределах от –4 до 45 °С. Однако небольшая группа низших организмов способна обитать в горячих источниках при температуре 85 °С (серные бактерии, синезеленые водоросли, некоторые круглые черви), многие низшие организмы легко выдерживают очень низкие температуры (их устойчивость к замерзанию объясняется высокой концентрацией солей и органических веществ в цитоплазме).

У каждого вида животных, растений и микроорганизмов выработались необходимые приспособления как к высоким, так и к низким температурам. Так, многие насекомые при наступлении холодов скрываются в почве, под корой деревьев, в трещинах скал, лягушки зарываются в ил на дне водоемов, некоторые наземные животные впадают в спячку и оцепенение. Приспособление от перегрева в жаркое время года у растений выражается в увеличении испарения воды через устьица, у животных — в виде испарения воды через дыхательную систему и кожные покровы. Животные, не обладающие системой активной терморегуляции (холонокровные, или пойкилотермные), колебания внешней температуры переносят плохо, поэтому их ареалы на суше относительно ограничены (амфибии, рептилии). С наступлением холодов у них снижается обмен веществ, потребление пищи и кислорода, они погружаются в спячку или впадают в *состояние анабиоза* (резкое замедление жизненных процессов при сохранении способности к оживлению), а при благоприятных погодных условиях пробуждаются и снова начинают активную жизнь. Споры и семена растений, а среди животных — инфузории, колероватки, клопы, клещи и др. — могут много лет находиться в состоянии анабиоза. Теплокровность у млекопитающих и птиц дает им возможность переносить неблагоприятные условия в активном состоянии, пользуясь убежищами, поэтому они в меньшей степени зависят от окружающей среды. В период чрезмерного повышения температуры в условиях пустыни животные приспособились переносить жару путем погружения в *летнюю спячку*. Растения пустынь и полупустынь весной за очень короткий срок завершают вегетацию и после созревания семян сбрасывают листву,

вступая в фазу покоя (тюльпаны, мятлик луковичный, иерихонская роза и др.).

**Вода.** Энергией Солнца вода поднимается с поверхности морей и океанов и возвращается на Землю в виде разнообразных осадков, оказывая разностороннее влияние на организмы. Вода — важнейший компонент клетки, на ее долю приходится 60—80% ее массы. Биологическое значение воды обусловлено ее физико-химическими свойствами. Молекула воды полярна, поэтому она способна притягиваться к различным другим молекулам и ослаблять интенсивность взаимодействия между зарядами этих молекул, образуя с ними гидраты, т. е. выступать в качестве растворителя. Многие вещества вступают в разнообразные химические реакции только в присутствии воды.

Диэлектрические свойства, наличие связей между молекулами обуславливают большую теплоемкость воды, что создает в живых системах «тепловой буфер», предохраняя неустойчивые структуры клетки от повреждения при местном кратковременном освобождении тепловой энергии. Поглощая тепло при переходе из жидкого в газообразное состояние, вода производит охлаждающий эффект испарения, используемый организмами для регуляции температуры тела. Благодаря большой теплоемкости вода играет роль основного терморегулятора климата. Ее медленное нагревание и охлаждение регулируют колебания температуры океанов и озер: летом и днем в них накапливается тепло, которое они отдают зимой и ночью. Стабилизации климата способствует также постоянный обмен диоксидом углерода между воздушной и водной оболочками земного шара и горными породами, а также растительным и животным миром. Вода выполняет транспортную роль в перемещении веществ почвы сверху вниз и в обратном направлении. В почве она служит средой обитания для одноклеточных организмов (амебы, жгутиковые, инфузории, водоросли).

В зависимости от режима влаги растения в местах их обычного произрастания подразделяются на *гигрофиты* — растения избыточного увлажнения мест, *мезофиты* — растения достаточно увлажненных мест и *ксерофиты* — растения сухих местообитаний. Есть еще группа водных цветковых растений — *гидрофиты*, которые обитают в водной среде (стрелолист, элодея, роголистник).

Недостаток влаги служит ограничивающим фактором, определяющим границы жизни и ее зональное рас-

пределение. При недостатке воды у животных и растений вырабатываются приспособления к ее добыванию и сохранению. Одна из функций листопада — приспособление против избыточной потери воды. У растений засушливых мест листья мелкие, иногда в форме чешуек (в этом случае стебель принимает на себя функцию фотосинтеза); той же цели служит распределение устьиц на листе, которое может уменьшать испарение воды. Животные в условиях сильно пониженной влажности во избежание потери воды активны ночью, днем они скрываются в норах и даже впадают в оцепенение или спячку. Грызуны не пьют воду, а пополняют ее с растительной пищей. Свообразным резервуаром воды для животных пустынь являются жировые отложения (горб у верблюда, подкожные отложения жира у грызунов, жировое тело у насекомых), из которых поступает вода, образующаяся в организме при окислительных реакциях в ходе расщепления жира. Таким образом, все факты приспособленности организмов к условиям жизни — яркая иллюстрация целесообразности в живой природе, возникшей под влиянием естественного отбора.

К абиотическим факторам относятся также атмосферные газы, минеральные вещества, барометрическое давление, движение воздушных масс и гидросферы (течение), минеральная основа почвы, соленость воды и почвы.

Остановимся на значении минеральных элементов. Ряд неорганических веществ находится в организме в составе солей, а при диссоциации образуют ионы (катионы и анионы):  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Значение ионного состава в клетке выявляется на многих сторонах ее жизнедеятельности. Например, калий избирательно взаимодействует с сократительным белком мышц — миозином, снижая вязкость клеточного сока и вызывая расслабление мышц. Кальций усиливает вязкость цитоплазмы и стимулирует мышечное сокращение, снижает порог возбудимости нервов и освобождается из мембранной системы при мышечном сокращении. В больших дозах кальций потребляется моллюсками и позвоночными, которым он необходим для роста раковины и костей. Натрия много у животных преимущественно во внеклеточной жидкости, а калия — внутри клетки; их взаимоперемещение создает разность электрических потенциалов между жидкостями внутри и вне клеток, что лежит в основе передачи нервных импульсов.

Ионы магния оказывают влияние на агрегацию рибосом: при снижении их концентрации рибосома распадается на две части. Магний входит в состав молекулы хлорофилла и некоторых ферментов. Для осуществления фотосинтеза растениям необходимы Mn, Fe, Cl, Zn; для азотистого обмена — Mo, B, Co, Cu, Si. В состав молекулы гемоглобина входит железо, в состав гормона щитовидной железы — йод. Цинк участвует во многих реакциях гидролиза, разрывая связи между атомами углерода и кислорода. Отсутствие или недостаток  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ведет к потере возбудимости клетки и ее гибели.

В природных условиях недостаток тех или других микроэлементов приводит к развитию эндемичных (своих только определенной местности) заболеваний человека: эндемического зоба (недостаток йода в питьевой воде), флюороза и кривотости зубов (избыточное поступление в организм фтора) и др. Недостаток меди в травах, произрастающих на болотистых и торфяных почвах, ведет к анемии у крупного рогатого скота, расстройству пищеварительной системы, поражению центральной нервной системы, изменению цвета шерсти и т. д.

Нежелателен также избыток микроэлементов. В частности, в некоторых местностях известен стронциевый рахит и хронический молибденовый токсикоз у животных (понос у крупного рогатого скота, падение удоя, изменение цвета шерсти). Многие вопросы о роли микроэлементов в возникновении тех или иных физиологических нарушений изучены пока недостаточно.

**Биотические факторы** представлены сообществами растительных и животных организмов. Между ними исторически сложились многообразные формы влияний и связей: соревнуясь за вещества, энергию и пространство, они удерживают друг друга в определенных природных ареалах (на суше или в гидросфере). Для поддержания жизни организма необходима пища: автотрофы нуждаются в неорганических веществах, световой энергии, воде, гетеротрофы — в органических соединениях. Травоядные животные поедают растения, а выделениями животных и их трупами питаются различные навозные и трупоядные насекомые, черви, а также гнилостные микроорганизмы. Многие животные поселяются на растениях, питаются ими, спасаются на них от врагов (тля, майские жуки, белки). В эту цепочку взаимосвязей включаются еще хищники и паразиты. **Хищничество** —

форма биотических связей, при которых один организм убивает другого и съедает его. Взаимоотношения «хищник — жертва» часто встречаются в природе. Хищники зависят от травоядных и плотоядных животных, которыми они питаются, а также от растений, под пологом которых они укрываются. Таким образом, жизнь каждого вида или популяции находится под контролем комплекса биотических факторов, которые имеют не менее важное значение, чем абиотические. Самые тесные и жизненно важные взаимоотношения складываются в цепях питания.

Автотрофные организмы (фототрофы и хемотрофы) — единственные создатели первичных органических веществ и главные накопители энергии. Созданные ими вещества служат основой для большинства химических превращений, источником всей жизни на Земле.

Фотосинтетическая активность автотрофов зависит от различий в климате, почве, от видового состава и особенностей самих автотрофов. Продукция органического вещества лимитируется условиями, необходимыми для фотосинтеза и корневого питания: наивысшей продуктивности она достигает во влажном тропическом поясе, минимальной — в условиях короткой вегетации и низкой температуры (тундра), а также в пустынях и при избыточном увлажнении (болота). Мертвые растительные (и животные) остатки при участии животных, микроорганизмов и грибов и при воздействии физических и химических агентов разлагаются и пополняют запасы минерального питания растений, участвуют в накоплении почвенного гумуса, обогащают почву и приземные слои атмосферы диоксидом углерода. Отмершие части растений образуют подстилку в лесах или войлок в лугах и степях, которые существенно влияют на газообмен почвы, проницаемость осадков и их испарение, на тепловой режим поверхностного слоя почвы, прорастание семян, деятельность почвенных животных и микроорганизмов. Растения не только производят пищу, но и предоставляют убежища другим организмам, играют важную роль в укреплении и преобразовании почвы.

Гетеротрофные организмы используют уже готовые органические вещества, созданные автотрофами, либо питаются разлагающимися остатками. К ним относятся бесхлорофильные растения (грибы-сапрофиты, грибы-паразиты, грибы-симбионты и большинство бак-

терий, паразитические растения), а также все животные во всем многообразии видового состава. Потребляя готовые органические вещества, организмы данной группы расходуют их на построение своего тела. Точно так же как автотрофы, в процессе дыхания гетеротрофы потребляют кислород и выделяют диоксид углерода.

Гетеротрофы подразделяют на подгруппы *фитофагов*, *зоофагов* (включая паразитов), которые питаются живыми организмами или их тканями, и *сапрофитов*, потребляющих в пищу мертвые органические вещества. Растительноядные беспозвоночные — фитофаги — поедают до 40% органического вещества, создаваемого зелеными растениями. Среди них выделяют листоедов, цветоедов, семяплодоедов, короедов, древесиноедов, корнеедов.

*Почвенные сапрофаги* — наиболее активная живая система, участвующая в превращении веществ и энергии. Численность их огромна: в почвах Европы на 1 м<sup>2</sup> встречается до 1,5 миллиардов простейших, до 20 млн. нематод, сотнями тысяч исчисляются коловратки, мелкие земляные черви, клещи, тысячами — разнообразные насекомые, многоножки, сотнями — дождевые черви и моллюски. Они прожорливы, быстро размножаются, поедают мертвые растительные остатки и экскременты фитофагов (беспозвоночных и позвоночных), пропуская их через пищеварительный тракт и выбрасывая в почву огромную массу экскрементов, смешанных с землей. Почвенные сапрофаги, особенно дождевые и круглые черви, пауки, многоножки, личинки насекомых, клещи, а также роющие грызуны, улучшают структуру почвы, ее аэрацию, углубляют гумусовый горизонт, повышают плодородие почвы.

Позвоночных животных, обитающих в почве, сравнительно мало (крот, полевки, суслики). Они питаются либо только растительной, либо смешанной пищей. Зоофаги включают разнообразную группу хищников (клещи, насекомые, позвоночные).

В преобразовании органических остатков и в вовлечении в биологический круговорот неорганических элементов исключительно велика роль *почвенных микроорганизмов* (минерализация органических соединений, разрушение и синтез минералов, фиксация азота атмосферы). На 1 га почвы по массе приходится от 300 до 3000 кг микроорганизмов. Процессы разложения и переработки органического вещества в почве при участии микроорганизмов осуществляются путем последовательных реакций:

вначале расщепляются углеводы неспорообразующими микроорганизмами, затем вступают в работу спороносные формы, которые частично перерабатывают грубые углеводы; расщепление целлюлозы и лигнина идет при участии плесневых грибов, жиры разлагают неспорообразующие бактерии и грибы (пеницилл, аспергилл), азотистые вещества — гнилостные формы микроорганизмов от аммонифицирующих до денитрифицирующих. При участии серобактерий и грибов расщепляются также фосфор- и серосодержащие вещества. Фиксацию атмосферного азота осуществляют клубеньковые бактерии, а также свободноживущие в почве азотобактер, клостридий и несколько видов синезеленых водорослей (за один сезон только клубеньковые бактерии накапливают до 200—300 кг/га азота). Синтезированные ими в почве нитраты используются высшими растениями для образования белка и других соединений.

**П а р а з и т и з м** — форма антагонистических взаимоотношений между организмами, при которой паразит использует другой организм в качестве источника пищи и среды обитания, питаясь соками, тканями либо пищей своего хозяина. Паразитизм чрезвычайно широко распространен, около половины классов животного мира включают паразитические виды, а некоторые классы полностью состоят из паразитических животных.

К паразитам относятся все вирусы, многие бактерии, грибы и простейшие животные, а также некоторые многоклеточные растения и животные. Формы проявления, местообитания и циклы развития паразитов весьма разнообразны. Медицинское значение паразитов обусловлено их способностью вызывать заболевания человека — вирусные, бактериальные и грибковые *инфекции*. Внедрения животных паразитов — *инвазии* — вызывают такие болезни, как малярия, аскаридоз, чесотка и др. Возбудители многих инфекционных и инвазионных заболеваний передаются кровососущими клещами и насекомыми (такие болезни называются *трансмиссивными*). Многие вопросы паразитизма, природной очаговости инфекционных и инвазионных болезней и распространения их возбудителей при помощи кровососущих переносчиков разработаны акад. Е. Н. Павловским и его учениками.

Живые сообщества, помимо суши, населяют также гидросферу: реки, озера, моря и океаны, где кроме морской растительности обитают рыбы, многообразные бес-

позвоночные животные, водные птицы, пресмыкающиеся, млекопитающие. Биологические объекты гидросферы поставляют человеку продукты питания, жемчуг, перламутр, кораллы. В Мировом океане обитает более 150 тыс. видов гидробионтов, общая масса живого населения морей и океанов составляет примерно 20—30 млрд. т. Годовая продукция гидробионтов исчисляется цифрой 606,4 млрд. т, но из этого количества высокопитательной пищи человек использует не более 35 млн. т. (у наземной растительности, включая возделываемые сорта, годовая продукция составляет всего лишь 60 млрд. т).

Растительность Мирового океана представлена водорослями. Одни из них крупные, ведут прикрепленный, донный образ жизни и называются бентосными (придонными), другие — микроскопические, парящие водоросли, распространенные в толще и на поверхности воды — фитопланктон, в основном представленный диатомовыми водорослями. Водоросли исключительно быстро накапливают биомассу, что позволяет разводить их искусственно и получать хорошие урожаи высокопитательной растительной массы.

Животный мир океанов представлен пелагическими формами, обитающими в верхних слоях воды, а также бентосными — представителями классов кишечнополостных, червей, членистоногих, в том числе ракообразных, а также моллюсков, иглокожих, костистых рыб. Пелагические виды либо активно плавают, либо взвешены в воде и парят в ней. Самыми крупными морскими животными являются киты, акулы, кальмары, дельфины; все активно передвигающиеся формы составляют нектон («нектос» — плавающий).

В рассмотренных сообществах наземных и водных организмов могут складываться взаимоотношения различных типов: хищник — жертва (например, лисы — зайцы, волки — олени, насекомоядные растения — насекомые), паразит — хозяин (питание соками, тканями либо пищей хозяина), конкуренция — питание одной и той же пищей особями одного и разных видов (олени и зубры, травоядные млекопитающие и саранча, ласка и норка и др.), симбиоз различных типов (совместное обитание), подразделяющийся на следующие виды: 1) квартиранство, когда жилище одного вида заселяется особями других видов (норка крысы-песчанки заселяется свыше 200 видами других животных), 2) комменсализм —

совместная жизнь двух видов, один из которых использует пищу другого, не причиняя ему вреда (норка морского червя, раковина моллюска или речная губка служат приютом для мелких подвижных форм), 3) мутуализм — форма сожительства двух видов, совершенно необходимая для роста и выживания обоих (водоросль и гриб у лишайников, жгутиковые в кишечнике термитов, бобовые растения и азотфиксирующие бактерии на их корнях, рак-отшельник и актиния и др.), *антибиоз* (против жизни) — способность организмов вырабатывать вещество (антибиотик), подавляющее другие, конкурирующие с ним организмы (гриб пеницилл подавляет рост бактерий, кустарники выделяют токсины-фитонциды, подавляющие прорастание семян других растений).

Перечисленные типы взаимоотношений существенно влияют на скорость и направление естественного отбора, служат причиной возникновения новых приспособлений. В системе «растительное животное — растение» плотность животных играет для растения роль фактора отбора, а если растение приобретает изменение, ограничивающее его поедание, в свою очередь оно станет фактором отбора и окажет влияние на плотность животных, которые им питались. Такие формы взаимоотношений, как квартиранство, комменсализм и мутуализм, могут переходить от безвредного или взаимовыгодного симбиоза в паразитизм.

Хищники, паразиты, болезнетворные микроорганизмы ограничивают скорость роста популяции, ее величину, т. е. регулируют численность особей, при этом выгоду получает не только хищник или паразит, но и популяция в целом: уничтожаются обычно ослабленные особи, что приводит к отбору более жизнеспособных, и тем самым поддерживается и совершенствуется приспособленность вида к выживанию в данной среде. Конкуренция между особями (борьба за выживание) охватывает многие стороны жизни: овладение жизненным пространством, пищей, способность противостоять хищникам, выработка устойчивости к заболеваниям или подверженность им. Обычно близкородственные виды, ведущие сходный образ жизни и имеющие общий источник питания, не обитают в одних и тех же местах, а если и живут вместе, то потребляют разную пищу, либо активны в разное время. При этом наиболее устойчивыми будут такие виды, особи которых способны питаться разнообразной пищей. В конечном итоге в *сообществах по-*

пуляций межвидовая конкуренция все более обособляет природные участки, например луг, лес, степь, озеро и т. п., а внутривидовая — совершенствует их использование.

В результате эволюции возрастает приспособленность организмов к среде обитания, усложняется организованность жизни: увеличивается разнообразие живых существ и усложняется их строение, происходит коренное преобразование абиотической среды, поскольку «живые организмы являются одной из самых могущественных геохимических сил планеты» (В. И. Вернадский, 1967).

Природные группировки организмов на суше и в гидросфере образуют *биоценозы* — исторически сложившиеся комплексы относительно устойчивых саморегулирующихся сообществ популяций разных видов в определенных условиях среды. Биоценоз объединяет множество видов. В структурном отношении его составляют: 1) фотосинтезирующие растения — *продуценты*, или накопители органической массы, они начинают круговорот веществ; 2) животные — *потребители первого порядка* (растительноядные), *второго порядка* (плотоядные) и *потребители третьего порядка* (всеядные) — *консументы*; 3) разрушители мертвого органического вещества — *деструкторы* — завершают круговорот веществ путем разложения органики до диоксида углерода, воды и минеральных элементов (в основном, это грибы и микроорганизмы, отчасти простейшие и почвенные беспозвоночные); 4) *участок неживой природы* с запасом минеральных элементов. Все перечисленные компоненты любого биоценоза тесно связаны между собой единством территории, общим потоком энергии (от Солнца к автотрофам и от них — к гетеротрофам), обменом биогенных химических элементов, сезонными колебаниями климатических условий, численностью и взаимной приспособленностью видов всех уровней организации.

Плотность жизни в биоценозах обусловлена географической зональностью: она более насыщена у экватора и разрежена в высоких широтах. Зональность в природе определяется неравномерным распределением солнечной энергии по широте и связанным с ним различием в соотношении тепла и влаги, светового режима, движения атмосферы. Изобилию тепла и влаги — главных факторов жизни — соответствуют изобилие жизни и громадное разнообразие видов растительного и животного мира (тропики и субтропики). Низкая продуктивность расти-

тельности и скудость ее видового состава обусловлены меньшим количеством тепла и влаги (тундра).

Распространение наземных растений определяется главным образом климатом и почвами, а распространение животных зависит от климата и растительности. В дальнейшем сами растения и животные, своим присутствием изменяя среду обитания, в свою очередь влияют на свое распространение. Например, растительный покров воздействует на освещенность, движение воздуха, влажность, температуру своей зоны. На поверхности почвы и в зоне корневой системы накапливаются растительные остатки, разнообразные кислоты, вырабатываемые корневой системой. Все это, вместе взятое, влияет на сток дождевой воды, температуру почвы, образование гумуса и формирование почвы, на ее водный режим, содержание питательных веществ, воздухопроницаемость, кислотно-щелочное равновесие. Возникшие изменения сказываются на обитателях почвы, а они в свою очередь влияют на другие организмы. Взаимосвязанная цепь преобразований может привести к вытеснению одних организмов и замене их другими. Так совершается, например, смена болота лугом: недостаток кислорода, низкие температуры на дне болота подавляют жизнедеятельность микроорганизмов, разлагающих органические вещества до минеральных. Отмершие части растений не перегнивают, накапливаются, исключаются из круговорота веществ. Болото мелеет, уступает место лугу.

Другим примером смены биоценозов может служить искусственная посадка деревьев на участках степи. Высаженные здесь сеянцы дуба через 20—30 лет поднимаются на высоту 10—15 м, смыкаются кронами и образуют дубовую рощу. Появление леса сопровождается изменением микроклимата, характера почвы и подстилки, усилением микробиологической деятельности и разложением органических веществ почвы и отмерших частей растений; из травяного покрова исчезают светолюбивые степные травы и образуемая ими плотная дернина, появляются новые виды птиц, в почве возрастает численность влаголюбивых видов и т. п.

В горах зональность проявляется в вертикальном направлении, что выражается в смене видового состава сообществ в зависимости от высоты над уровнем моря. Таким образом, *окружающая организмы среда выступает как целостная система взаимосвязей природных факторов*

(неорганические и биотические компоненты) и факторов, связанных с вмешательством человека в природные процессы, протекающие в биосфере в целом.

## БИОСФЕРА И ЧЕЛОВЕК

Биосфера — область распространения жизни, охватывающая часть земного пространства — нижние слои атмосферы, гидросферу, литосферу (поверхность суши, почву). В этих пределах сосредоточена жизнь и проявляется геологическая деятельность растений, животных, микроорганизмов, а на последнем этапе истории Земли — и человека. В составе биосферы выделяют *живое вещество* (совокупность организмов и их остатков) и *косное вещество* (физическая среда обитания). Определенные группы организмов оказывают то или иное влияние на окружающую среду. Например, зеленые растения обогащают ее (при фотосинтезе) кислородом, животные (при дыхании) — диоксидом углерода; растения извлекают громадные массы углерода из атмосферы, а микроорганизмы, разлагая органическое вещество, возвращают большую часть его обратно и т. д.

Биосфера тесно связана с деятельностью человека, ее сохранность и равновесие зависят от него. Биосфера для человека — источник материального и энергетического потребления, т. е. источник жизненно необходимых ресурсов. В ней он находит многие идеи технического прогресса, в общении с живой природой формируются лучшие черты характера людей, достигается полноценный отдых, рождаются возвышающие человека эмоции. В то же время из биосферы исходят разнообразные неблагоприятные влияния: болезни человека, домашних животных и возделываемых растений, порча продуктов, повреждение промышленных изделий, зданий, дорог, мостов, кораблей, разнообразных культурных ценностей.

Приостановить деградационные процессы в биосфере, обусловленные производственной деятельностью человека, так же как и противодействовать неблагоприятным влияниям на человека со стороны компонентов биосферы, — одна из важнейших глобальных международных программ, стоящих перед нынешним и будущим поколениями людей.

Наука о биосфере разрабатывалась учеными разных стран. Однако основной вклад в разработку учения о живой оболочке Земли и закономерностях ее эволюции

внесли представители отечественной науки: В. В. Докучаев, К. А. Тимирязев, В. Р. Вильямс, Б. Б. Полянов, Н. И. Вавилов, В. Н. Сукачев, А. И. Опарин, А. П. Виноградов и особенно акад. В. И. Вернадский. Еще в 30-х годах В. И. Вернадский разработал учение о биологической оболочке Земли — биосфере, рассматривал жизнь не как сумму особей или видов, а как единый, всеобщий и мощный фактор, охватывающий все вещество верхнего слоя планеты, как результат деятельности живого вещества с момента появления жизни на Земле. Живое вещество Земли, объединяя всю совокупность живых организмов, вовлекает в круговорот косную материю планеты, аккумулирует энергию Космоса и преобразует ее в энергию земных процессов — химическую, механическую, тепловую, электрическую. В непрерывном обмене веществ с косной материей (неживым веществом) живое вещество обеспечивает образование нового живого вещества, которое не только замещает отмирающие его массы, но и приобретает новое качество в процессе эволюции органического мира.

Живое вещество планеты осуществляет интенсивную геохимическую деятельность, оно образует кислород атмосферы, формирует мощные пласты известняков, мела, огромные массы каменного угля, нефти и др.

В течение последних 10 тыс. лет возникла и развивалась новая форма геохимической деятельности, связанная с миграцией химических элементов, независимая от поглощения их живым веществом, но обусловленная влиянием техники, созданной человеком. С этого времени возникает новая стадия — биосфера переходит в ноосферу — сферу разума.

Живая оболочка Земли толщиной 20—40 км включает полностью гидросферу, верхнюю часть литосферы и нижнюю часть атмосферы (рис. 98). В верхнем твердом слое Земли — литосфере — проникновение жизни вглубь ограничено высокой температурой и давлением, отсутствием света. Атмосфера простирается над Землей на высоту свыше 1000 км и включает тропосферу (до 15 км над Землей), стратосферу (высотой до 90—100 км) и ионосферу. В пределах атмосферы ограничивающими факторами служат излучения, недостаток влаги, кислорода, низкие температуры. Жизнь здесь возможна в пределах тропосферы и то лишь для некоторых представителей, временно переместившихся из других областей биосферы (летающие формы, бактерии, споры, пыльца растений).

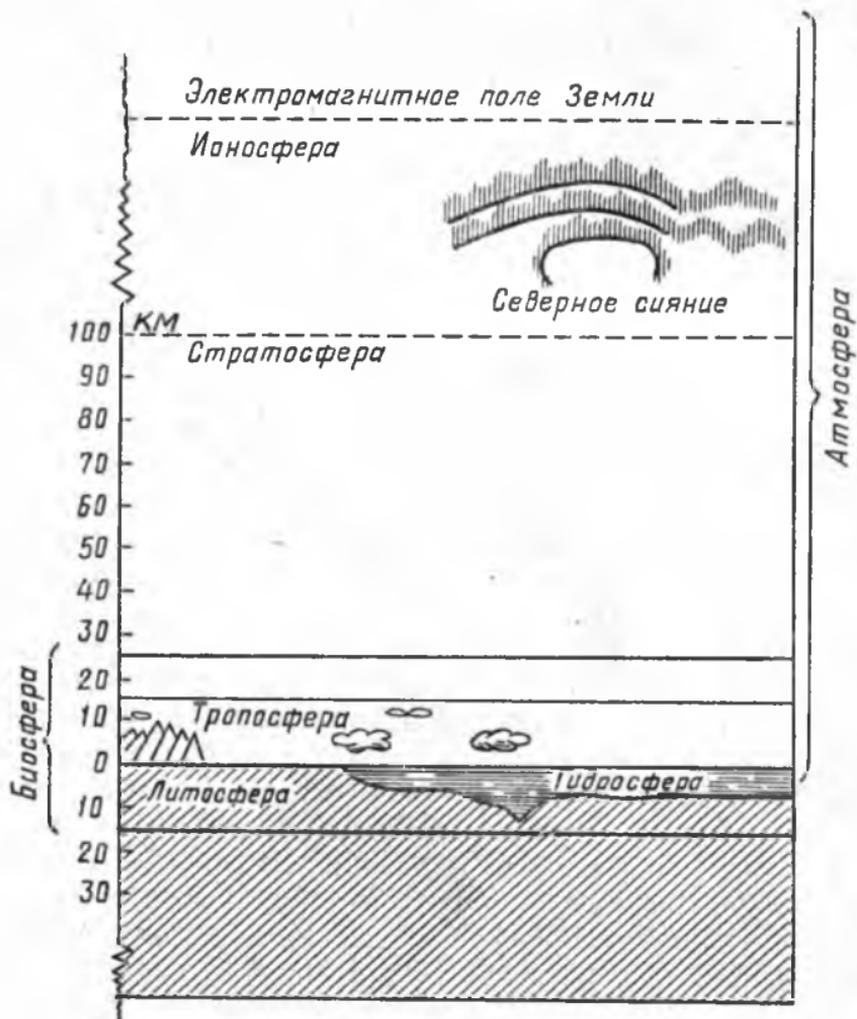


Рис. 98. Схема геосфер

Следующая оболочка Земли — *гидросфера* — объединяет океаны, моря, озера, реки и составляет 70,8% всей поверхности Земли. В океанах некоторые формы жизни проникают на глубину до 10 км, ограничивающими факторами являются давление толщи воды, отсутствие света и особенности газового состава.

В биосфере условно выделяют элементарные целостные единицы — *биогеоценозы* — совокупность популяций разных видов, обитающих в определенной местности. Биологический компонент биогеоценоза составляет *биоценоз*, объединяющий сообщества растительных и животных организмов, населяющих участок биосферы с однородными условиями существования (*биотоп*).

Взаимные связи внутри биогеоценоза поддерживаются в процессе круговорота биогенных веществ в цепях питания. При этом в результате жизнедеятельности организмов в круговорот вовлекаются наиболее распространенные на Земле химические элементы — углерод, водород, кислород, азот и т. д. Весь круговорот органических веществ и неорганических элементов, осуществляемых живыми организмами, составляет основу биосферы и основное условие поддержания жизни в ней. Так, углерод входит в состав разнообразных органических веществ, из которых состоит все живое. Кислород необходим для дыхания, которое обеспечивает существование организмов. В процессе фотосинтеза в зеленом растении углерод диоксида углерода и водород воды используются для синтеза органических веществ, а освобождающийся кислород поступает в атмосферу. Им дышат разные организмы, а конечный продукт дыхания  $\text{CO}_2$  поступает в атмосферу. Животный организм обычно использует для своего существования организмы других видов и сам отдает в среду то, что могут использовать другие.

**Цепи питания, или трофические связи,** представляют собой взаимодействие автотрофных и гетеротрофных организмов, создающих круговорот биогенных химических элементов. Первичными накопителями веществ и энергии являются *автотрофы*, от них пищевая связь идет к *растительноядным* животным, затем — к *плотоядным* первого или второго порядка и далее — к *всеядным*. Многие другие организмы питаются *мертвыми органическими остатками* (или падалью) и минерализуют эти остатки, которые становятся доступными для усвоения растениями. Таким образом, в биогеоценозе все компоненты находятся в строго определенных соотношениях, и этим достигается его динамическое равновесие во времени (рис. 99).

Трофические связи образуют так называемое *правило пирамиды чисел*. В биоценозах поддерживается сопряженная численность видов и осуществляется естественная саморегуляция, как выражение разносторонней приспособленности организмов разных видов друг к другу и к абиотическим условиям среды. При этом растения, используя энергию солнца, в процессе фотосинтеза накапливают органические вещества (но улавливают лишь 2—3% всего потока лучистой энергии), а животное, питающееся растением, превращает в вещество своего тела в среднем 10% потребляемой энергии, заключенной

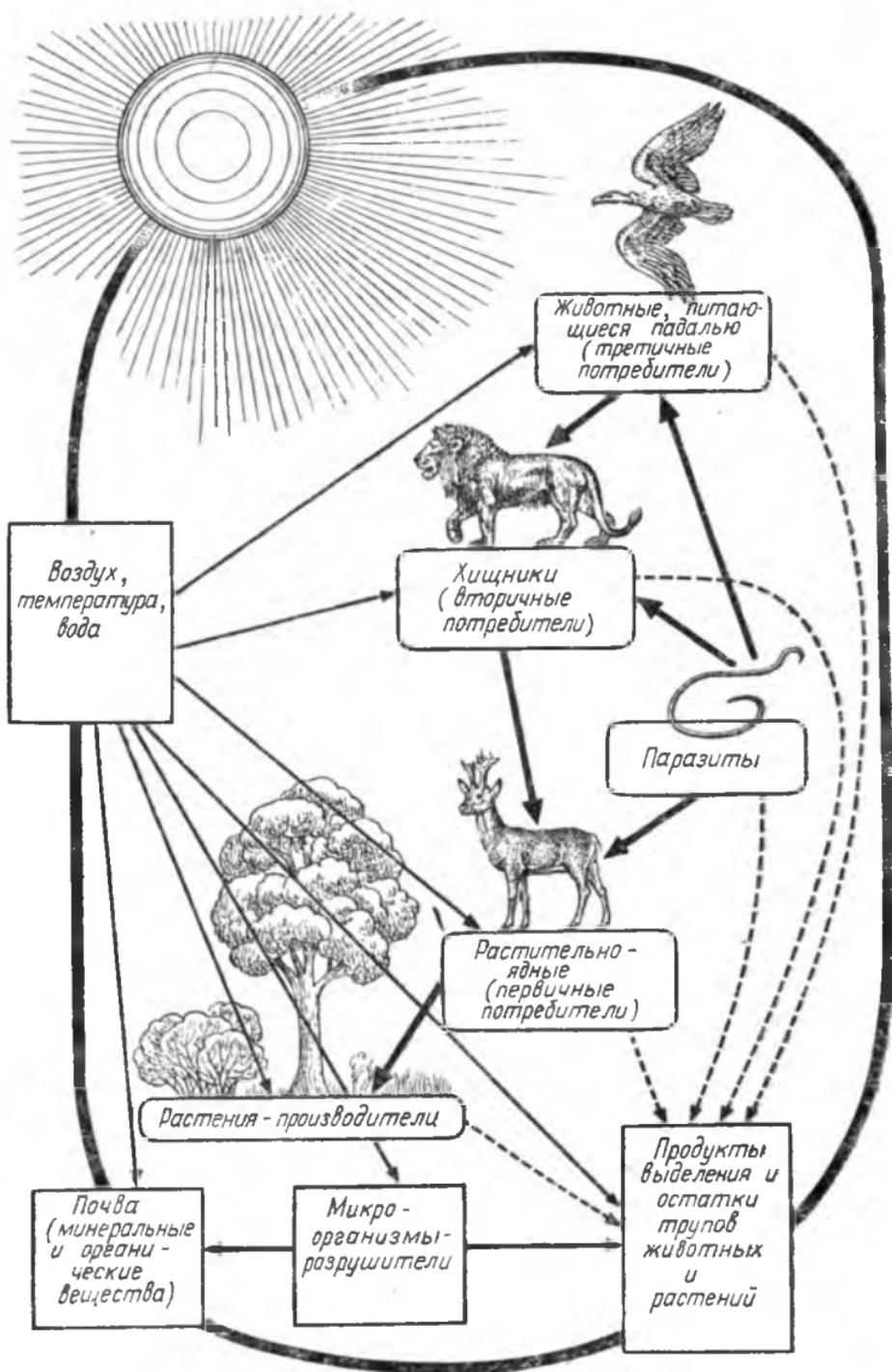


Рис. 99. Цепь питания в Африканской саванне

в тканях растения. Остальная часть энергии теряется с выделяемым теплом, уходит в почву или в воду в виде непереваренных остатков. В последующих звеньях пищевых связей потеря энергии и вещества также велика — не менее 90%. Следовательно, продукция растительной массы должна быть в несколько раз больше общей массы травоядных животных. Биомасса последующих звеньев цепи питания тоже прогрессивно уменьшается, образуя подобие пирамиды (рис. 100).

Суммарной деятельностью живых организмов определяется газовый состав атмосферы, концентрация солей в гидросфере, образование почвенного покрова и преобразование литосферы, формирование и отложение торфа, углей, нефти, известняков, железной руды и др.

В природных условиях численность всего «населения» биоценоза регулируется автоматически на основе обратной связи: с уменьшением массы растительности снижается численность травоядных животных, что вызывает сокращение количества хищников, питающихся растительноядными животными и т. п. Возможны и периодические подъемы численности или «волны жизни», например, под влиянием необычных погодных условий, увеличения запасов кормов. По достижении перенаселенности популяций в действие вступают такие регуляторы, как массовая гибель в результате заболеваний у грызунов, возрастание численности хищников, борьба между обитателями соседних муравейников, фаговая инфекция у бактерий. В результате всех этих явлений численность возросших популяций значительно снижается, что приводит к восстановлению равновесия.

С возникновением жизни она сама стала ведущим фактором преобразования видов и дальнейшей эволюции биосферы, повышения ее «организованности», а следовательно, и более эффективного использования жизненных ресурсов. Возрастание уровня «организованности» биосферы отмечено историческими вехами (скачками): преобразованием бескислородной атмосферы в кислородную под влиянием фотосинтеза (ставшее началом развития биосферы), что послужило основой для развития аэробов, возникновением *многоклеточности* и связанным с ней значительным возрастанием жизненности организмов, появлением *позвоночных животных*, сменой *леса голосеменных растений лесом покрытосеменных* в конце мелового периода, что вызвало значительное преобразование животного мира на суше.

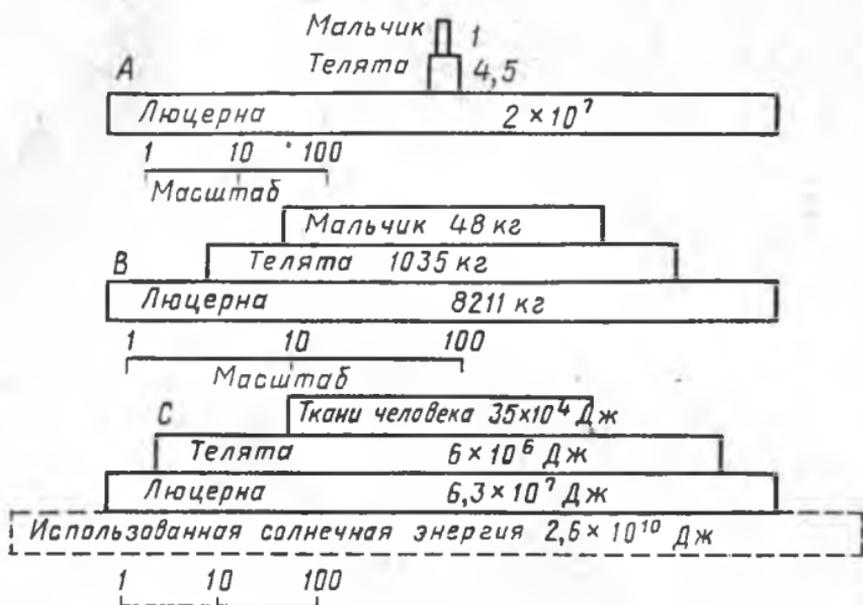


Рис. 100. Пирамиды чисел, биомасс и энергии применительно к идеальной экосистеме

Качественно новый этап в развитии биосферы начался с возникновения в четвертичном периоде (антропогене) человека, ставшего одним из самых значительных событий в ее истории. Воздействие человека на природу непрерывно возрастало и особенно усилилось с развитием современной машинной технологии производства, играющей ведущую роль во взаимоотношениях человека с природой. О масштабах такого воздействия можно судить по энергетическому показателю: современное человечество расходует потенциальную энергию биосферы почти в 10 раз быстрее, чем она накапливается деятельностью организмов, связывающих солнечную энергию на Земле. Ежегодно добывается более 7 млрд. т металлов, угля, нефти и т. д., одновременно из недр Земли извлекается 50—70 млрд. т горных пород (за счет вулканической деятельности на Земле за тот же срок перемещается всего лишь 3 млрд. т породы). Человек меняет русла рек, создает новые водные бассейны, искусственно выводит новые породы животных и сорта растений, истребляет некоторые виды животных. Прямым укором человечеству является факт исчезновения за истекшие 2 тыс. лет 106 видов крупных млекопитающих и за последние 50 лет — еще 40 видов (исчезли морская корова, дикие лошади — тарпаны, зубр в Европе и др.).

На протяжении минувших 500 лет при участии человека истреблено почти две трети лесов, а ведь лес сдерживает ветры и таяние снега, увлажняет поля и поддерживает в реках постоянный уровень воды. Пожары и полное обезлесение огромных пространств Северной Америки, Китая, Европы повлекли за собой значительное иссушение климата, усиление водной и ветровой эрозии, обмеление рек, заиление озер, гибель некоторых растений, резкое снижение рыбных запасов и т. п. Изменяет сложившееся в природе равновесие широкая химизация сельского хозяйства с применением различных ядохимикатов для борьбы с сорной растительностью и вредителями полей, садов, лесов. При этом гибнут не только опасные вредители и сорняки, но вместе с тем и полезные насекомые, а также паразиты и хищники, являющиеся естественными регуляторами природного равновесия популяций. Случайно выжившие насекомые-вредители, не встречая своих естественных врагов (паразитов, хищников), дают вспышку численности, что наносит ощутимый ущерб растениеводству. Под влиянием нерационального применения ядохимикатов гибнут также птицы, звери, рыбы и даже люди. Это вызывает большую тревогу во многих странах мира. Природные богатства катастрофически уменьшаются при хищническом истреблении рыбы во время нереста, массовом вылавливании мальков, отстреле птиц и пушных зверей.

Промышленные предприятия иногда спускают в реки и озера отходы, содержащие соединения ртути, свинца, кадмия, вредные для животных и человека, а в ряде капиталистических стран туда же сбрасываются отходы производства, основанные на использовании атомной энергии, что приводит к повышенной радиоактивности вод, почвы, воздуха и таит в себе серьезную опасность для многих животных и для здоровья человека, так как все звенья биосферы объединены трофическими связями. Расточительный подход к природе в условиях капитализма обусловлен его социально-экономической сущностью, удовлетворением потребностей наживы, обогащения. Хищническое хозяйствование капиталистического мира приводит к экологическому кризису, что выражается в истощении почв, истреблении ценных видов растений и животных, разграблении природных богатств, загрязнении всей окружающей среды. В недрах капитализма созданы средства, которые направлены против человека и грозят ему уничтожением: орудия атомной, радиологи-

ческой, химической, биологической, метеорологической войн, а в настоящее время разрабатывается оружие массового уничтожения людей — нейтронное, лазерное, инфразвуковое. Таким образом, за время своего развития человеческое общество превратилось в могучую силу, способную не только существенно нарушить равновесие биосферы, но и вызвать необратимую ее деградацию. Только социализм как общественная система исключает использование любых достижений научно-технического прогресса как средства агрессии, разрушения и угроз.

В нашей стране забота об охране природы была в центре внимания партии и правительства с первых дней установления Советской власти. В. И. Ленин заложил правовые основы природопользования и охраны среды. Его указания нашли свое отражение в ряде Декретов, изданных в первые годы Советского государства, а также в серии последующих законоположений об охране природы и создании в стране заповедников и заказников.

Верховный Совет СССР за последние годы принял основы земельного, водного законодательства, основы законодательства о недрах, о здравоохранении. Правительством СССР принят ряд постановлений о мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов, по защите Каспийского, Черного и Азовского морей, бассейнов рек Волги и Урала, по сохранению богатства озера Байкал.

Главнейшее свойство биосферы — взаимосвязь и сопряженность эволюции всех ее структур — положено в основу разработки проблемы «Биосфера и человечество». Наша страна — инициатор осуществления не только национальных, но и двусторонних и международных программ по разработке норм, регулирующих деятельность промышленных фирм, инициатор международного сотрудничества в области эксплуатации техники, рационального использования природных ресурсов, проведения совместных научных исследований биосферы, оказания экспертной помощи и др. Многие из подобных соглашений уже подписаны нашей страной с США, Англией, Францией, Швецией и Канадой (в отношении Арктики). В этой связи особую важность имеют указания XXV и XXVI съездов КПСС о развитии социалистического природопользования, о необходимости борьбы за мир, в условиях которого возможно практическое воплощение социальных и научно-технических завоеваний в ин-

тересах гармоничного взаимодействия «Человек — общество — биосфера».

Научно обоснованное, плановое управление биосферой явится решающим в превращении биосферы в сферу разума, которую В. И. Вернадский назвал ноосферой: от эволюции под влиянием биологических факторов и стихийных сил природы (биогенез) к эволюции, управляемой человеческим сознанием (ноогенез).

Необходимость рационального регулирования человеком своих взаимоотношений с окружающей средой можно показать на таком примере. Для повышения плодородия почвы и предотвращения ее полного истощения необходимо осуществить механизацию и химизацию сельского хозяйства, но для этого потребуется строительство машиностроительного и химического заводов; для производства энергии, необходимой этим заводам, можно перегородить плотиной реку, нанеся трудновосполнимый урон рыбному хозяйству, одновременно придется затопить огромное количество плодородных земель. Действующие заводы станут загрязнять атмосферу, почву, водоемы; карьер для получения ископаемого сырья будет уродовать природный ландшафт и отнимать у сельского хозяйства дополнительные площади угодий. В эту цепь неизбежно будут вовлечены в качестве сырья и источников энергии нефть, уголь, газ, сланцы, руды, а их изъятие из недр повлечет новую деградацию биосферы. Весь этот комплекс сооружений производственных объектов необходим для восстановления и поддержания только одного природного ресурса — почвы.

Эффективная производственная деятельность общества в сочетании с естественным функционированием биосферы возможны лишь в условиях ноосферы. Этому отвечает производственная деятельность общества в условиях социализма, имеющая плановый, рациональный и гармонический характер, при котором природа рассматривается как общенациональное богатство.

Научно-технический прогресс может служить людям, дальнейшему развитию человеческой цивилизации лишь в условиях мира, полного равноправного сотрудничества между народами. Коммунистическое преобразование общества — необходимая предпосылка на магистральном пути преобразования биосферы в ноосферу и перевода эволюции на путь ноогенеза, совершающегося под действием антропогенных факторов по направлениям, разрабатываемым человеком.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Авитаминозы 265  
 Авотрофные организмы 77, 90, 91, 102, 104, 112, 136, 363, 368  
 Аденин 28  
 Аденозинтрифосфорная кислота 18, 32, 34, 35, 94, 228, 229, 263  
 Аксон, 220  
 Актин 26  
 Акулы 183, 186  
 Аллантоис 182, 213, 299  
 Аллель 56, 57, 60  
 Амеба 134, 137  
 Амебиаз 138  
 Аминокислота 24, 29, 95, 259, 260  
 Амнион 182, 213, 299  
 Амфибии 188  
 Анатомия 216, 217  
 Антеридии 114, 117, 118  
 Антенны 160  
 Антибиоз 112, 367  
 Антитела 26, 242  
 Аорта 244, 245, 247, 248  
 Артерии 247, 249, 250, 252  
 Археогонии 114, 117, 118  
 Археоптерикс 203, 338  
 Археоцитаты 336  
 Аскарида 151  
 Ассимиляция 32, 34, 89, 92, 261  
 Атавизмы 341  
 Ахроматиновое веретено 38, 39
- Бактерии** 56, 75, 103, 104, 333, 364, 365  
 Белки 24, 34, 259  
 Бесчерепные 178  
 Биогеоценозы 130, 323, 372  
 Биосфера 370, 371  
 Бластула 49  
 Борьба за существование 310, 311, 312
- Вакуоли** 21, 137  
 Вены 248, 249, 250, 252  
 Вид 103, 302, 313, 316, 322  
 Видообразование 313, 317, 318, 322, 325  
 Вирусы 22, 56, 333  
 Витамины 264  
 Водоросли 106, 335, 336  
 Возбудимость 52, 220, 276  
 Волны жизни 323, 375
- Гаметофит 114, 118, 120, 122  
 Гаметы 43, 44, 45, 58, 97  
 Гастрюла 49  
 Гемолимфа 167, 168  
 Гемоглобин 26, 234, 235, 241  
 Ген 35, 51, 54, 55, 56, 57, 74  
 Генетика 53  
 Генная инженерия 56  
 Генотип 54, 58, 59, 63  
 Гетерозис 72, 74
- Гетеротрофные организмы 104, 108, 363  
 Гибридизация 72, 73, 74  
 Гидра 141  
 Гипофиз 268, 272  
 Гифы 110, 111  
 Гликолиз 32  
 Головной мозг 182, 183, 185, 190, 194, 201, 211, 279  
 Голосеменные 118, 337, 338  
 Гормоны 34, 251, 271  
 Грибы 74, 109  
 — плесневые 74, 110  
 — шляпочные 111
- Двоякодышащие рыбы** 186  
 Двудольные 123  
 Дегенерация 327  
 Дезоксирибонуклеиновая кислота 27, 28, 29, 30, 34, 38, 55  
 Диафрагма 192, 193, 209, 230  
 Дивергенция 323, 325  
 Диссимиляция 32, 34, 261  
 Дробление 47  
 Дрожжи 75, 111  
 Дыхание 34, 84  
 Дыхательная система:  
 — позвоночных 183, 190, 193, 199, 211  
 — человека 233, 234, 235, 236
- Жабры** 155, 158, 160  
 Жгутиковые 135  
 Железы внутренней секреции 251, 271  
 Жизнь 7, 329  
 Жиры 27, 259, 260, 264
- Закон гомологических рядов** 70  
 — единообразия гибридов первого поколения 59, 60  
 — Моргана 65  
 — независимого расхождения аллелей и свободного, независимого их комбинирования 63, 64  
 — расщепления Менделя 60  
**Законы Менделя** 58  
 Зародышевый мешок 97, 100  
 Земноводные 182, 188, 337  
 Зигота 43, 47, 100, 299  
 Змеи 195  
 Зооспоры 108  
 Зудень чесоточный 165
- Изменчивость** 53, 67  
 — генотипическая 67, 68, 308  
 — комбинативная 69, 70  
 — мутационная 30, 68, 308  
 — фенотипическая 67, 308  
**Иммунитет** 243, 253  
**Инбридинг** 73  
**Инвазии** 365  
**Интерфаза** 38  
**Инфузории** 135, 139, 140

- Камбий 78, 83, 87, 88, 89  
 Капилляры 248, 250, 251, 252, 258  
 Кариотип 66  
 Кишечнополостные 134, 141  
 Клетка 13, 14  
 Клеточная теория 13, 14  
 Клещи 164  
 Коацерваты 332  
 Код 29  
 Кодон 28  
 Кожа человека 268  
 Кожные покровы позвоночных 181  
 Кольчатые черви 134, 153, 157, 180  
 Комплекс Гольджи 18  
 Конъюгация 47, 108  
 Копуляция 47  
 Кора мозга 283, 284, 286  
 Корень 80  
 — боковые 80  
 — главный 80  
 — придаточные 80  
 Корневая система 80  
 — мочковатая 80  
 — стержневая 80  
 Корневой волосок 81  
 Корневище 43, 86  
 Кровь 240  
 Кроссинговер 43, 44, 55, 65  
 Круги кровообращения 181, 184, 190,  
 193, 201, 211  
 Круглоротые 181, 182  
 Ксилема 79, 83, 87, 88  
 Кукушкин лен 114  
 Кутикула 79, 91, 145, 150
- Ламинария 109  
 Ланцетник 179  
 Лейкоциты 241, 242  
 Ленточные черви 148, 149, 150  
 Лизосомы 19  
 Лимфа 239, 260  
 Лимфатические узлы 252, 253  
 Липоиды 27  
 Лист 89  
 Листья простые 90  
 — сложные 90  
 Листорасположение 91  
 Личинка 48, 144, 148, 153, 154, 168,  
 177, 191  
 Лишайники 112  
 Луб 88  
 Луковица 43, 86
- Макроэволюция 322, 324  
 Малошестинковые 155  
 Мальпигиевы сосуды 163, 168  
 Малярийный плазмодий 138  
 Мейоз 43, 44, 97  
 Мезодерма 49, 145  
 Мембрана цитоплазматическая 14  
 Метанефридии 154, 159  
 Микроэволюция 322  
 Митоз 37, 47  
 Митохондрии 18
- Мицелий 110, 111  
 Млекопитающие 182, 208, 338, 339  
 Многощетинковые 155  
 Моллюски 173, 336  
 — брюхоногие 176  
 — двусторчатые 174  
 — плеченюгие 366  
 Морула 49, 299  
 Моховидные 113, 337  
 Мускулатура:  
 — позвоночных 183, 189, 192, 199, 209  
 — человека 227, 228  
 Мутации 68  
 — генные 30, 69, 323  
 — индуцированные 69  
 Мышление 287
- Надпочечники 273  
 Наскомые 166, 338  
 Наследственность 53  
 Нейроглия 219, 220  
 Нейроны 52, 219, 220, 275, 277, 278  
 — центробежные 52, 53  
 — центростремительные 52, 53  
 Нервная система:  
 — позвоночных 182  
 — человека 274  
 Нефрон 266  
 Ноосфера 371  
 Нуклеиновые кислоты 22, 27, 28, 30,  
 35, 44  
 Нуцеллус 38, 120
- Оболочка целлюлозная 15, 77, 78, 79  
 Оболочки 176  
 Овогенез 43  
 Однодольные 122  
 Онтогенез 47, 127  
 Оплодотворение 47, 100, 114, 118, 121  
 Опыление 72, 99, 120  
 Органогенез 50, 127  
 Органоиды 14, 134, 135  
 Органы чувств позвоночных 185, 191,  
 195, 201, 202, 211  
 Отбор 71, 72  
 — естественный 310, 315, 320, 321  
 — искусственный 307
- Папоротниковидные 117, 337  
 Паразитические организмы 104, 111,  
 135, 147, 165, 172  
 Паразитизм 105, 111, 146, 151, 157, 172  
 Паукообразные 159, 162  
 Паренхима 79, 88, 89, 92, 145  
 Партеогенез 47, 161, 168  
 Первозщеры 195, 196, 197  
 Переливание крови 243  
 Печеночный сосальщик 146  
 Пищеварительные железы 254, 256, 257  
 Пищеварительная система:  
 — позвоночных 183, 189, 193, 199, 209  
 — человека 253—261  
 Пивяки 157  
 Плазма крови 240, 241

- Пластиды 19, 92, 93, 94, 106  
 Плацента 213  
 Плауновидные 117  
 Плоды 100, 121  
 — настоящие 100  
 — ложные 100  
 Плоские черви 145  
 Плотность жизни 368  
 Побег 85, 95  
 Позвоночные 180  
 Полиплоидия 68, 72  
 Полипы коралловые 144  
 — гидроидные 141, 142  
 Популяция 53, 318  
 Популяционные волны 323, 324  
 Порода 71, 73, 208, 308  
 Почка 181, 185, 191, 195, 202, 265  
 Почка растения 85  
 — листовые 85  
 — придаточные 85  
 — цветочные 85  
 Почкование 42, 111  
 Правило доминирования 59, 60  
 — биологической пирамиды 373  
 Пресмыкающиеся 182, 191, 338  
 Пробка 79, 88  
 Прокариоты 22, 103, 106  
 Простейшие 134  
 Протонефриды 145, 150  
 Псилофиты 336  
 Птицы 197, 338  
 Пульс 250  
 Пучки проводящие 79, 86, 88, 92  
 Пыльца 97, 98, 99, 100, 119  
  
**Радиолярии** 135  
**Развитие** 47, 125, 126  
 — постэмбриональное 50, 126  
 — эмбриональное 47, 125, 126, 127  
**Раздражимость** 26, 51, 52, 53, 135  
**Размножение** 42  
 — бесполое 42  
 — вегетативное 42, 43  
 — половое 43  
**Раковинные корненожки** 135  
**Ракообразные** 159, 160, 336  
**Растения:**  
 — однодомные 98  
 — высшие 103, 113  
 — двудомные 98  
 — низшие 102, 103  
**Расы человеческие** 353  
**Ресничные черви** 146  
**Рефлекс** 52, 53, 220, 276, 286, 287  
**Рефлекторная дуга** 51  
**Рецепторы** 53, 276, 284  
**Речной рак** 259  
**Рибонуклеиновая кислота** 18, 21, 22, 30, 31, 35, 36  
 — информационная 31, 35  
 — рибосомная 31, 32  
 — транспортная 31, 35, 36  
**Рибосома** 18, 22, 32  
**Рудименты** 340  
  
**Рыбы** 180, 337  
 — кистеперые 186—188, 337  
 — костные 183  
 — лучеперые 187  
 — осетровые 186  
 — хрящевые 183, 186  
  
**Сапрофиты** 104, 109, 364, 373  
**Саркодовые** 135, 137  
**Свертывание крови** 241  
**Сегментация тела** 153, 157  
**Селекция** 70, 308  
**Семейство цветковых** 103, 122, 123  
 — бобовые 124  
 — злаки 122  
 — крестоцветные 123  
 — лилейные 123  
 — пасленовые 124  
 — розоцветные 124, 125  
 — сложноцветные 124  
**Семя** 95, 97, 100, 101, 102, 121, 122, 123  
**Семядоля** 100, 101, 102, 122, 123  
**Семяпочка** 97, 100, 120  
**Сердце позвоночных** 181  
 — человека 244  
**Симбиоз** 80, 109, 110, 366  
**Симметрия тела** 141, 145, 326, 335  
**Система органов** 220  
 — дыхания 233  
 — костномышечная 220  
 — кровообращения 239  
**Систематика растений и животных** 102, 103, 134, 302, 317, 324  
**Скелет беспозвоночных** 144, 158  
 — земноводных 188  
 — млекопитающих 209  
 — позвоночных 181  
 — пресмыкающихся 192  
 — птиц 198  
 — рыб 183, 186, 187  
 — человека 220  
**Скрещивание** 53, 56, 58, 63  
 — анализирующее 61  
 — дигибридное 57, 63  
 — моногибридное 57, 59  
 — полигибридное 57  
**Сновидения** 289  
**Сорт** 71, 72, 73, 308  
**Сосна** 219  
**Сосальщики** 146, 147  
**Соцветия** 98, 101  
**Сперматозоиды** 46, 299  
**Сперматогенез** 43  
**Спермий** 47, 97, 100, 121  
**Спинной мозг** 275, 277, 278, 279  
**Спорангий** 42, 109, 110, 114, 118  
**Споровики** 135, 138  
**Спорофит** 114, 118, 122  
**Споры** 42, 105, 108, 110, 114, 118  
**Стебель** 84  
 — лазающий 84  
 — прямостоящий 84  
 — ползучий 84

Стебель укороченный 85  
Стегоцефалы 187, 337  
Сумчатые 214  
Суставы 223, 224  
Сцифоидные 141, 143

Таксис 52, 135  
Тимин 28  
Ткани растений 78, 123  
– меристематические 78, 81, 85, 86  
– механическая 79, 87, 88  
– основная 79, 89  
– покровная 78, 81, 88  
– проводящая 79, 82, 86, 87, 88, 89, 91  
– эпидерма 79, 91  
Ткани человека 218  
– мышечная 219, 227  
– нервная 219, 276  
– соединительная 219, 221, 239  
– эпителиальная 219, 234, 254  
Трахен 158, 163, 167, 234  
Транскрипция 29, 31, 35  
Трансляция 29, 35  
Трихоцисты 135, 140  
Триплеты 28, 35  
Тромбоциты 240, 241  
Тропизмы 52, 126, 127  
Трудовая теория происхождения человека 343, 344  
Тычинка 96, 97, 98, 99

Углеводы 26, 263  
Устьица 91, 93, 118

Фаги 22  
Фагоцитоз 17, 242  
Фазы мейоза 43, 44  
Факторы природы 356  
– абиотические 356, 357  
– антропогенные 376  
– биотические 356, 362  
Ферменты 18, 25, 32, 35, 55  
Фенотип 54, 58, 59, 61, 63, 64, 68  
Фитоценоз 130  
Флоэма 79, 82, 87, 88, 92  
Фотопериодизм 128, 357  
Фотосинтез 93

Хвойные 118  
Хвоцевидные 116  
Хитин 158, 160, 162, 166  
Хозяин 138, 146, 148  
– основной 139, 147, 149  
– промежуточный 138, 146, 149  
Хламидомонада 108  
Хлорелла 108  
Хлорофилл 19, 94  
Хроматиды 40, 41, 44  
Хроматин 14, 21  
Хромосомы 21, 38, 40, 42, 43, 54, 65, 66  
Хромосомные перестройки (абберации) 69  
Хроматофоры 106, 135  
Хордовые 177  
Хорион 213, 299  
Цветковые 95, 121, 338  
Цветок 95, 121, 338  
Цветоложе 96  
Центриоли 20, 38, 44  
Цепи питания 373  
Цепни 149  
Циста 135, 147  
Цитоплазма 17  
Чашелистики 96  
Черепахи 196  
Черепные 178, 180  
Чечевички 88  
Чешуйчатые 195  
Членистоногие 157, 336, 338  
Штаммы 71, 74  
Щитковые 336  
Эволюция биологическая 300  
– человека 339  
Эктодерма 49, 141  
Энтодерма 49, 141  
Эндосперм 97, 100, 101, 102, 120  
Эндоплазматическая сеть 17  
Эритроциты 241  
Эукариоты 22  
Ядро 14, 21, 37, 135, 140  
– зародышевого мешка 97, 100  
Ядрышко 14, 22  
Яйцекладущие 213  
Яйцеклетка 46, 97, 114, 120, 298

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	6
<b>Общая биология</b> . . . . .	<b>13</b>
Учение о клетке . . . . .	13
Строение клетки . . . . .	14
Размножение организмов . . . . .	42
Индивидуальное развитие организмов . . . . .	47
Раздражимость и движение клеток . . . . .	51
Основы генетики и селекции . . . . .	53
Закономерности наследования признаков . . . . .	56
<b>Ботаника</b> . . . . .	<b>75</b>
Ткани растений . . . . .	78
Вегетативные органы . . . . .	80
Цветок, его строение и функции . . . . .	95
Соцветия и их биологическая роль . . . . .	98
Систематика растений . . . . .	102
Растение как целостный организм . . . . .	125
<b>Зоология</b> . . . . .	<b>133</b>
Тип Простейшие . . . . .	134
Тип Кишечнополостные . . . . .	141
Тип Плоские черви . . . . .	145
Тип Круглые черви . . . . .	150
Тип Кольчатые черви . . . . .	153
Тип Членистоногие . . . . .	157
Тип Моллюски . . . . .	173
Тип Хордовые . . . . .	177
<b>Анатомия и физиология человека</b> . . . . .	<b>216</b>
Общий обзор строения и функций организма человека . . . . .	218
Костно-мышечная система . . . . .	220
Дыхание. Строение органов дыхания . . . . .	233
Кровь, лимфа, кровообращение . . . . .	239
Органы пищеварения . . . . .	253
Обмен веществ . . . . .	261
Органы выделения . . . . .	265
Кожа . . . . .	268
Железы внутренней секреции . . . . .	271
Нервная система . . . . .	274
Органы чувств . . . . .	290
Развитие человеческого организма . . . . .	298
<b>Закономерности эволюции органического мира. История эволюционных учений</b> . . . . .	<b>300</b>
Теория эволюции Ч. Дарвина . . . . .	306
Вид и его критерии . . . . .	316
Приспособленность организмов к условиям внешней среды и ее относительность . . . . .	319
Микро- и макроэволюция . . . . .	322
Главные направления биологической эволюции . . . . .	326
Возникновение жизни на Земле . . . . .	328
Эволюция растительного и животного мира на Земле . . . . .	333
<b>Происхождение человека</b> . . . . .	<b>339</b>
<b>Организм и среда</b> . . . . .	<b>356</b>
<b>Биосфера и человек</b> . . . . .	<b>370</b>
<b>Предметный указатель</b> . . . . .	<b>380</b>

1 р. 10 к.

