

БИОЛОГИЯ

ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В ВУЗЫ



5-е издание, исправленное



Минск
«Вышэйшая школа»

УДК 57(075.4)
ББК 28я729
Б63

Авторы: Р.Г. Заяц, В.Э. Бутвиловский, В.В. Давыдов, И.В. Рачковская

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Биология : для поступающих в вузы / Р. Г. Заяц
Б63 [и др.]. – 5-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 639 с. : ил.
ISBN 978-985-06-2555-7.

Содержит программный материал по биологии за курс общеобразовательной школы, примеры решения задач по молекулярной биологии, генетике, эволюции и экологии, а также задачи для самоконтроля с ответами.

Предыдущее издание вышло в 2012 г.

Для абитуриентов учреждений высшего и среднего специального образования. Будет полезно слушателям подготовительных курсов и учащимся учреждений общего среднего образования.

УДК 57(075.4)
ББК 28я729

ISBN 978-985-06-2555-7

© Оформление. УП «Издательство
“Вышэйшая школа”», 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для успешного поступления и дальнейшего обучения в высших учебных заведениях медицинского, биологического и сельскохозяйственного профиля необходимы глубокие знания основ биологии.

Значение биологии как науки об общих закономерностях возникновения и развития жизни очень велико. Знание биологии необходимо для осмысления места человека в системе природы, понимания взаимосвязей организмов и окружающей их неживой природы. Без этого невозможно внедрение в жизнь современных биотехнологий на базе генной инженерии, дальнейшее развитие селекции животных, растений и микроорганизмов, прогнозирование экологических ситуаций в различных регионах и состояния биосферы в целом, распознавание, профилактика и лечение многих болезней растений, животных и человека.

Биология, по выражению академика И.В. Давыдовского, «является теоретической базой медицины», поэтому к абитуриентам, поступающим в вузы медико-биологического профиля, предъявляются высокие требования. Они должны показать знание строения и процессов жизнедеятельности вирусов, бактерий, грибов, растений, животных и человека, владеть основными терминами, понятиями, закономерностями, законами, концепциями и теориями биологии, уметь решать задачи по молекулярной биологии, генетике, эволюции и экологии, что позволит осознанно и правильно отвечать на вопросы тестовых заданий.

Настоящее пособие не дублирует школьные учебники, а разъясняет основные положения разделов курса биологии в соответствии с современными данными и с требованиями, предъявляемыми при централизованном тестировании. Главная задача пособия – доступно изложить абитуриентам сложные и важные вопросы программы, облегчив тем самым подготовку к централизованному тестированию.

При написании пособия авторы использовали многолетний опыт преподавания биологии на подготовительном отделении Белорусского государственного медицинского университета.

Все разделы пособия написаны кратко, четко, доступно, с одинаковой глубиной и степенью сложности. Порядок их расположения соответствует программе по биологии для поступающих в вузы. В пособии имеются образцы решения задач и задачи для самоконтроля по молекулярной биологии и генетике, эволюции и экологии.

Главы «Доклеточные формы жизни», «Доядерные организмы (прокариоты)», «Протисты», «Грибы» и «Растения» раздела «Многообразие органического мира» написала профессор И.В. Рачковская, главу «Животные» – доцент В.В. Давыдов, раздел «Биология человека» – доцент В.Э. Бутвиловский, раздел «Общая биология» – профессор Р.Г. Заяц.

Авторы выражают искреннюю благодарность и признательность всем сотрудникам кафедры биологии Белорусского государственного медицинского университета за помощь и поддержку при подготовке рукописи, а также профессору В.П. Андрееву и доценту Н.Д. Лисову – за ценные советы и замечания.

Все замечания и пожелания, направленные на улучшение книги, будут приняты с благодарностью.

Авторы



МНОГООБРАЗИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

Органический мир нашей планеты чрезвычайно разнообразен. Миллионы различных живых существ встречаются во всех средах обитания – в воздухе, в воде и в почве. Это доклеточные и доядерные организмы; одноклеточные, колониальные и многоклеточные – вирусы, бактерии, грибы, растения и животные. Многообразны не только их формы, но и размеры. Одни организмы можно увидеть только с помощью электронного (вирусы, бактерии) или светового (протисты, некоторые кишечнополостные, черви, членистоногие) микроскопов; другие достигают гигантских размеров (растения – баобаб и секвойя, животные – киты, слоны, жирафы).

В связи с таким многообразием возникает серьезная проблема изучения живых существ, их идентификации. Практически невозможно изучить каждый организм в отдельности. Необходима разработка классификации – объединения организмов по группам, или категориям, и изучение этих групп.

Попытки классификации живых объектов берут начало от древнегреческого философа и ученого Аристотеля (IV в. до н.э.). Первые классификации были примитивными и в основе своей не имели единого научного принципа построения, который отражал бы закономерный порядок в природе.

Шведский натуралист Карл Линней в работе «Система природы» (1735 г.) предложил основы систематики живых организмов, используя идею видов англичанина Джона Рея. Система Линнея была искусственной, так как учитывала один или несколько общих признаков, например число и расположение тычинок и пестиков в цветке. Развитие и совершенствование классификации живых организмов стало предметом науки систематики. В 1843 г. русский ботаник П.Ф. Горянинов опубликовал первую в России естественную (для того времени) систему расти-

тельного мира. Естественная система учитывает особенности внешнего и внутреннего строения, химический состав и течение биохимических реакций, родственные связи организмов и их происхождение. Законченной системы классификации до настоящего времени не существует.

Единицей систематики, по Линнею, является вид. Линней впервые дал понятия вида и рода, а в дальнейшем – и порядка как более крупной таксономической категории.

В настоящее время в систематике существуют следующие категории (таксономические единицы): вид, род, семейство, отряд (порядок), класс, тип (отдел), царство. Могут использоваться дополнительные категории: подвид, подотряд и т.д.

Вид – основная единица классификации живых организмов. **Вид** – это совокупность особей, заселяющих определенную территорию (*ареал*), сходных по строению, поведению, имеющих общее происхождение, скрещивающихся исключительно между собой и дающих плодовитое потомство.

Виды со сходными признаками объединяются в *роды*, роды – в *семейства*, семейства – в *порядки*, порядки – в *классы*. Близкие классы объединяются в *отделы*. Отделы объединяются в *подцарства*. Подцарства входят в состав *царства*.

Каждый вид растения обозначается двумя словами – названием рода и названием вида (они даются на латинском языке – международном языке систематики). В этом суть *бинарной (двойной) номенклатуры К. Линнея*. Например, систематическая принадлежность паслена черного выглядит следующим образом:

вид – Паслен черный
 род – *Паслен*
 семейство – П а с л е н о в ы е
 класс – Двудольные
 отдел – *Цветковые*
 подцарство – **Высшие растения**
 царство – **Растения**.

В настоящее время выделяют пять царств живой природы:

- ♦ **Бактерии** (Дробянки);
- ♦ **Протисты**;
- ♦ **Грибы**;
- ♦ **Растения**.
- ♦ **Животные**.

ДОКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ

Доклеточные, или неклеточные, формы жизни представлены вирусами и бактериофагами (фагами). **Вирусы** впервые были описаны Д.И. Ивановским (1892 г.). По размеру они меньше бактерий и различимы только в электронный микроскоп. К настоящему времени описано около 3 тыс. вирусов, поражающих клетки тканей растений, животных и человека. Вирусы распространены в природе повсеместно. Они являются внутриклеточными паразитами. У вирусов нет структур, присущих типичной клетке. Наука о вирусах получила название **вирусологии**.

По форме вирусы могут быть **палочковидными, сферическими** или **гексагональными** (рис. 1). Они лишены основных признаков, свойственных всему живому, не имеют систем энергообеспечения и не могут размножаться в изолированном виде. Описаны две формы существования вируса: **покоящаяся (внеклеточная)** и **репродуцирующаяся (внутриклеточная)**. Одно из свойств живого – размножение – проявляется у вирусов при попадании в клетку хозяина. Они могут размножаться в цитоплазме или яд-

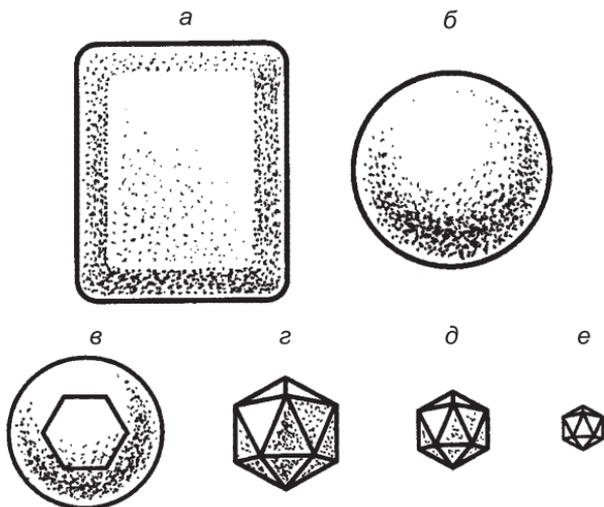


Рис. 1. Формы вирусов: а – вирус телячьей оспы; б – вирус паротита (свинки); в – вирус СПИДа; г – аденовирус (респираторный вирус); д – риновирус; е – полиовирус

ре клетки либо и в цитоплазме, и в ядре. Вирусы представляют собой, вероятно, обособившиеся генетические элементы клеток, которые приспособились к внутриклеточному паразитированию.

Строение типичного вируса следующее. Сердцевина содержит генетический аппарат вируса – ДНК или РНК. Молекулы нуклеиновых кислот могут быть одно- или двухцепочечными, линейными, а молекула ДНК иногда может быть и кольцевой. *Белковая капсула (капсид)* покрывает сердцевину вируса, защищает генетический аппарат и обуславливает ферментативные и антигенные свойства вируса. Капсид часто состоит из идентичных повторяющихся субъединиц – *капсомеров*. ДНК вируса не связана с белками (рис. 2).

Генетический аппарат вирусов при попадании их в клетку кодирует синтез вирусных частиц из биохимических предшественников клетки хозяина, используя биосинтетические и энергетические системы хозяина.

Существуют два основных типа взаимодействия вируса с клетками:

♦ вирус проникает в клетку, изменяет ее функции и использует для воспроизведения огромного числа себе подобных вирусов, вызывая гибель клетки;

♦ вирус проникает в клетку и встраивает свой геном в генетический аппарат клетки; клетка изменяется, но не погибает.

Бактериофаги (фаги, «пожиратели бактерий») – вирусы, паразитирующие только на бактериях. Впервые описаны Ф. Туортом (1915 г.). Фаги по структуре сходны с собственно вирусами и характеризуются структурным и химическим разнообразием. Они живут за счет бактерий, размножаются внутри бактериальных клеток и иногда способны разрушать клетки, в которых происходило их размножение.

Некоторые бактериофаги имеют головку и хвост. Головка содержит генетический аппарат фага и покрыта капсидом. Хвост имеет полую сердцевину (стержень), окруженную чехлом из спирального белка, и хвостовые нити на конце (рис. 2).

Обычно фаг прикрепляется к бактериальной клетке и впрыскивает в нее одиночную нить нуклеиновой кислоты. Белковая оболочка фага остается за пределами клетки

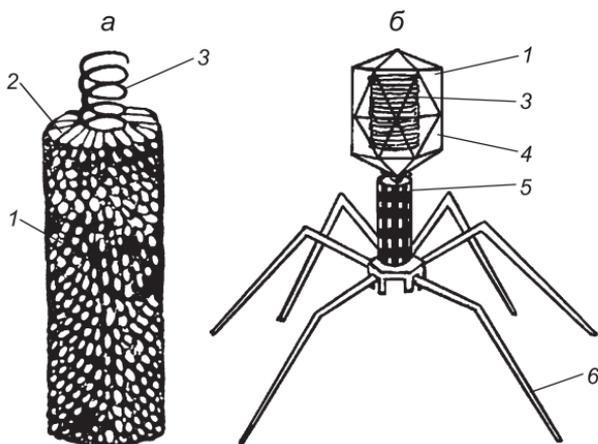


Рис. 2. Схема строения вируса (а) и бактериофага (б):
 1 – капсид (белковая капсула); 2 – капсомеры; 3 – нуклеиновая кислота; 4 – головка; 5 – хвост; 6 – хвостовые нити

хозяина. По «команде» ДНК фага вещества бактериальной клетки начинают расходоваться на синтез вирусной ДНК и белка (для построения капсида), и в конце концов бактериальная клетка погибает. Оболочка клетки разрушается, и из нее выходят сотни образовавшихся фагов. Каждый из них способен снова поражать бактерию и повторять жизненный цикл.

Значение вирусов и бактериофагов. Вирусы являются возбудителями болезней растений (например, вирус табачной мозаики), животных (вирус бешенства) и человека. Более 75% известных инфекционных заболеваний человека вызываются вирусами (например, вирус иммунодефицита человека – ВИЧ, гриппа, гепатита, кори и др.). Вирусы поражают клетки избирательно: вирус полиомиелита размножается только в нервных клетках человека, гепатита – в клетках печени.

Вирусы являются удобным объектом при расшифровке генетического кода и широко используются в работах по геной инженерии.

Бактериофаги иногда используются для лечения инфекционных заболеваний, вызываемых бактериями (например, дизентерии). Однако значение бактериофа-

гов для микробиологической промышленности отрицательно: они подавляют развитие полезных микроорганизмов (например, при производстве антибиотиков).

ДОЯДЕРНЫЕ ОРГАНИЗМЫ (ПРОКАРИОТЫ)

Царство **Бактерии** включает два подцарства – **Настоящие бактерии** и **Оксифотобактерии (цианобактерии)**. Бактерии – наиболее древняя группа представителей органического мира. Возраст пород, в которых обнаружены их споры, составляет 3,5 млрд лет.

Бактерии являются объектом исследования *микробиологии*.

Бактерии встречаются повсеместно, населяя все среды обитания. Наибольшее количество их находится в почве на глубине до 3 км (до 3 млрд в одном грамме). Бактерии обнаружены в пресной и соленой воде (в океане на глубине до 9 км), на ледниках и в горячих источниках. Их много в воздухе (на высоте до 120 км), в организмах животных и растений (как живых, так и мертвых). Не является исключением и организм человека.

Оптимальные условия для жизни бактерий – наличие влаги и питательных веществ, температура среды 35...40 °С. Прямой солнечный свет губителен для бактерий.

Бактерии представляют собой, как правило, микроскопические одноклеточные организмы размером от 0,2 до 10 мкм, в редких случаях – до 30–100 мкм. Существуют **неподвижные** (цианобактерии) и **подвижные** (настоящие бактерии) формы бактерий. Настоящие бактерии передвигаются с помощью одного или нескольких жгутиков (ворсинок), которые располагаются на всей поверхности тела или на определенном участке. У цианобактерий жгутики отсутствуют.

Настоящие бактерии (рис. 3) подразделяются на пять морфологических типов:

- ✦ **кокки** (*сферические формы*);
 - *диплококки* (расположенные попарно);
 - *стрептококки* (образуют цепочки);
 - *стафилококки* (в виде грозди винограда);
- ✦ **бациллы** (*палочковидные*);
- ✦ **спириллы** (*спиральные*);
- ✦ **вибрионы** (*в форме запятой*);
- ✦ **спирохеты** (*похожи на спириллы*).

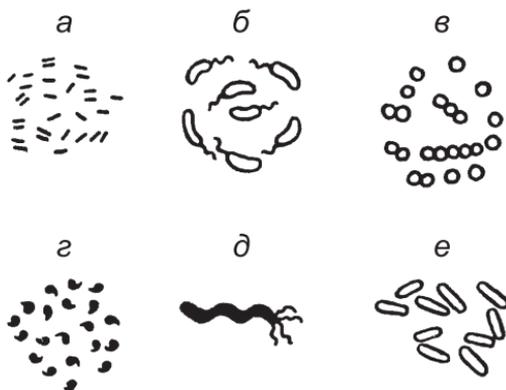


Рис. 3. Формы бактерий:
а, б, е – бациллы; в – кокки; г – вибрионы; д – спирилла

Цианобактерии (*носток*, *анабена*, *осциллятория*) представлены одиночными клетками, многоклеточными нитями или колониями; они имеют округлую форму, форму бочонка или цилиндра.

Клетка большинства бактерий имеет слизистую *капсулу* белковой или полисахаридной природы, которая предохраняет ее от высыхания, является защитным покровом и содержит токсины. Клеточная стенка настоящих бактерий представлена одним или несколькими слоями сложного углевода *муреина*, под которым находится цитоплазматическая мембрана. В состав клеточной стенки цианобактерий входят целлюлоза, другие полисахариды, пектиновые вещества, некоторое количество муреина.

Бактерии относятся к **прокариотам** (доядерные организмы). Они не имеют оформленного ядра, а их генетический аппарат – *нуклеоид* – представлен кольцевой молекулой ДНК, которая не связана с белками, находится в цитоплазме и прикрепляется к цитоплазматической мембране с помощью специфических белков. В бактериальной клетке отсутствуют мембранные органоиды. Функции митохондрий, комплекса Гольджи и эндоплазматической сети выполняют впячивания цитоплазматической мембраны, называемые *мезосомами* (рис. 4). В цитоплазме бактериальных клеток содержится множество рибосом и различные включения (гранулы гликогена,

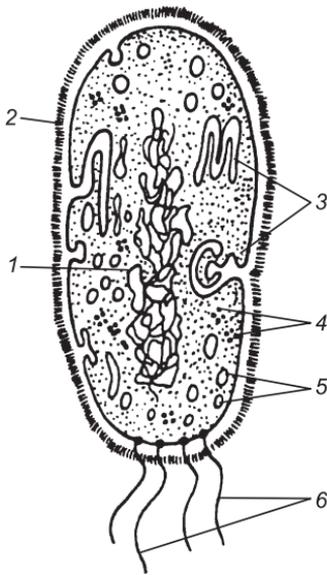


Рис. 4. Схема строения бактериальной клетки:

1 – нуклеоид; 2 – клеточная стенка; 3 – мезосомы; 4 – рибосомы; 5 – вакуоли; 6 – жгутики

белки, жиры). Цианобактерии имеют «газовые» (заполненные азотом) вакуоли для «парения» в воде.

Бактерии могут быть бесцветными или пигментированными. Окраска клеток цианобактерий – от сине-зеленой до фиолетовой, красноватой или почти черной. Они содержат пигменты: хлорофилл, каротины, ксантофиллы, фикоэритрин, фикоцианин.

По типу питания (ассимиляции) бактерии подразделяются на автотрофные и гетеротрофные.

Автотрофные бактерии синтезируют необходимые для их жизнедеятельности органические вещества из неорганических. Часть из них – *фотосинтезирующие* – используют для этих процессов

энергию Солнца (цианобактерии, пурпурные и зеленые). Они обитают в пресных и морских водах. Их зеленый пигмент называется *бактериохлорофиллом*. Фотосинтез у настоящих бактерий протекает в анаэробных условиях без выделения кислорода. У цианобактерий фотосинтез аэробный (с выделением кислорода), а конечный продукт – *гликопротеин*, схожий с гликогеном. Запасные питательные вещества настоящих бактерий: крахмал или гликоген, *волютин* (вещество, содержащее остатки фосфорной кислоты). Другая часть – *хемосинтезирующие* бактерии – используют для жизнедеятельности энергию различных экзотермических реакций: нитрифицирующие (почвенные бактерии) окисляют соли аммония до нитратов; железобактерии – закисное железо в окисное; водородные бактерии окисляют молекулярный водород; серные – соединения серы до сульфатов. Атмосферный азот фиксируют клубеньковые бактерии, азотобактер и цианобактерии с последующим восстановлением его до NH_3 .

У цианобактерий эту функцию выполняют *гетероцисты* – специализированные клетки с толстыми оболочками.

Большая часть бактерий является гетеротрофами (симбионты, сапробионты, паразиты). Бактерии способны вступать в симбиоз с протистами, водорослями, мхами и грибами.

Гетеротрофные бактерии используют для питания готовые органические вещества. Пищей *сапробионтам*, или бактериям гниения и брожения, служат органические вещества мертвых тел или выделения других организмов. Почвенные бактерии разлагают перегной, образуя вещества, необходимые для жизни растений. Молочнокислые бактерии превращают сахара в молочную кислоту; маслянокислые сбраживают углеводы, спирты, органические кислоты до масляной кислоты. *Паразитические бактерии* поселяются в живых организмах и питаются за их счет. Цианобактерии способны также к миксотрофному типу питания.

По типу диссимилиации бактерии могут быть аэробными или анаэробными. **Аэробные бактерии** обитают в условиях свободного доступа кислорода (в воздухе, на поверхности почвы, в верхних слоях водоемов). Они получают энергию в процессе окисления органических соединений до диоксида углерода и воды. **Анаэробные бактерии** обитают в бескислородных условиях и существуют за счет энергии, выделяемой при реакциях брожения. Примером аэробных бактерий является туберкулезная палочка, анаэробных – столбнячная палочка и молочнокислые бактерии. Факультативные анаэробы способны обитать в кислородной и бескислородной среде.

Основной способ размножения настоящих бактерий – простое бинарное деление, которое следует за удвоением кольцевой молекулы ДНК (каждые 20–30 мин при благоприятных условиях). Одна бактерия может образовывать за сутки более 600 млн новых клеток. В ряде случаев для бактерий характерен половой процесс – *конъюгация*, при которой между двумя клетками происходит обмен участками ДНК или целыми ее молекулами (рис. 5). Клетка-донор (мужская) через специальный канал-вырост передает молекулу ДНК или ее фрагменты в клетку-реципиент (женскую).

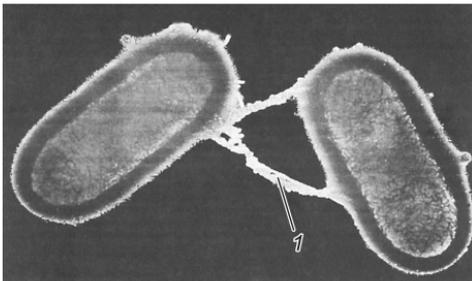


Рис. 5. Конъюгация бактерий:
1 – канал-вырост

Размножение цианобактерий происходит делением клетки надвое и фрагментацией нити в области гетероцист. Половой процесс у них отсутствует.

Попадая в неблагоприятные условия, многие бактерии образуют *споры*. При этом цитоплазма клетки сжимается, и клетка покрывается плотной оболочкой. Образование спор – это специализированная адаптация бактерий к неблагоприятным условиям окружающей среды. Споры – покоящиеся стадии бактерий. Они способны выдерживать кипячение в течение нескольких часов, сохранять жизнеспособность до нескольких десятков, а по некоторым данным, и сотен лет. Попадая в благоприятные условия, споры набухают, сбрасывают оболочку и дают начало новым бактериальным клеткам.

Значение бактерий. *Настоящие бактерии* принимают активное участие в круговороте веществ в природе. Это, например, большая группа гнилостных бактерий, которых называют природными санитарами. Они разрушают трупы животных и растительные остатки, превращая сложные органические соединения в минеральные (белки расщепляются до аммиака, аммиак окисляется до нитратов). С их участием образуется перегной и повышается плодородие почвы. Клубеньковые бактерии (у бобовых растений) и азотобактер способны усваивать атмосферный азот. Бактерии участвуют в образовании железорудных месторождений, в первых стадиях торфо- и углеобразования, а также в очистке сточных вод.

В основе получения кисломолочных продуктов, сыра, сливочного масла, квашения овощей, изготовления вина, силосования кормов лежат процессы брожения с участием уксуснокислых и молочнокислых бактерий.

Бактерии используются при производстве удобрений. Бактерии пищеварительного тракта жвачных животных расщепляют целлюлозу. В химической промышленности бактерии применяются для получения этилового и бутилового спиртов, уксусной кислоты, ацетона, полимеров. Без бактерий невозможны процессы, происходящие при сушке табачных листьев, дублении кожи, мацерации волокон льна, обработке каучука.

В ряде случаев деятельность бактерий имеет негативные последствия. Сапротрофные бактерии, поселяясь на продуктах питания (мясе, рыбе, масле), делают их непригодными для употребления в пищу. Некоторые виды бактерий повреждают рыболовные сети, сено в стогах. Фитопатогенные бактерии вызывают черный бактериоз пшеницы, паршу картофеля, бактериоз огурцов и капусты, пятнистость и рак томатов.

В медицинской промышленности бактерии используются для получения ряда антибиотиков, витаминов, гормонов и ферментов. Бактерии-симбионты кишечника человека синтезируют витамины группы В и К, расщепляют целлюлозу до моносахаридов. Бактерии являются объектами исследований в молекулярной биологии и генной инженерии.

Некоторые бактерии-паразиты (болезнетворные бактерии) поселяются на покровах тела или в организме человека и вызывают такие заболевания, как тиф, холера, дифтерия, столбняк, туберкулез, ангина, сибирская язва, бруцеллез, чума. Заражение человека может происходить при контакте с больными, а также через воду и продукты питания, в которых находятся бактерии или их споры. Токсин почвенной бактерии *кlostридиума* способен вызывать столбняк.

Борьба с болезнетворными бактериями проводится по разным направлениям. Помещение, где находится больной, подвергают обработке химическими веществами (этиловый спирт, хлорамин, хлорная известь) – *дезинфекция* или УФ-лучами, регулярно проветривают. Строго контролируется чистота водных источников и продуктов питания. Для предохранения продуктов от попадания в них бактерий в различных отраслях пищевой промышленности широко используется *пастеризация*.

зация – способ обеззараживания продуктов нагреванием их в течение 20–30 мин до температуры 60...70 °С. Термическая обработка в домашних условиях рекомендуется в виде кипячения, тщательного проваривания или прожаривания. В больницах инструментарий и перевязочный материал подвергают *стерилизации*, которая приводит к полному уничтожению микроорганизмов. Это может быть обработка растворами перекиси водорода, сухим горячим воздухом (60 мин при температуре 160...200 °С) или нагреванием под давлением до 120 °С в течение 30 мин. С целью предупреждения заражения человека бактериальными (инфекционными) заболеваниями проводят предохранительные прививки. И, наконец, большая роль отводится соблюдению населением, особенно детьми, основных гигиенических требований (мытьё рук перед едой, поддержание чистоты тела и одежды и т. д.).

Цианобактерии часто вызывают «цветение воды» в загрязнённых водоемах, так как способны к гетеротрофному питанию остатками органических веществ. Бактерии, обитающие в воде, служат кормом для рыб и мелких животных. Кроме того, они обогащают почву органическими веществами и азотом, а водоемы и воздух – кислородом. В тропиках на рисовых полях с целью обогащения почвы соединениями азота искусственно разводят некоторые виды анабены.

ПРОТИСТЫ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОТИСТОВ

Наука, изучающая протистов, называется *протистологией*. Термин введен Э. Геккелем (1866 г.).

К царству Протисты относят одноклеточных и колониальных эукариот. Распространены они практически повсеместно. Места обитания: влажная почва, лужи, пресные и морские водоемы; некоторые являются паразитами растений, животных и человека. Многие виды протистов входят в состав *планктона* (мелкие организмы, живущие в толще воды и пассивно переносимые течением). Размеры тела представителей – от нескольких микрометров до 2–3 мм. Форма тела разнообразна: непостоян-

ная (*амеба*), шаровидная (*хлорелла*), овальная с одним заостренным концом (*эвглена*), в виде отпечатка стопы (*инфузория туфелька*).

Тело протистов представлено одной клеткой или колонией клеток, которые выполняют функции целого организма. Клетка содержит одно или несколько ядер. Цитоплазма, как правило, неоднородна; в ней можно выделить два слоя – наружный, более светлый и однородный (*эктоплазма*) и внутренний, зернистый (*эндоплазма*), в котором содержатся различные органоиды и включения.

Наружные покровы гетеротрофных протистов – *плазматическая мембрана* или *пелликула*, у морских обитателей – *раковина* (наружный скелет минерального или органического происхождения); у автотрофных протистов – *целлюлозная оболочка*.

По образу жизни протисты могут быть свободноживущими и паразитическими. Органоидами движения являются *псевдоподии* (*ложноножки*), *жгутики* и *реснички*. Встречаются и неподвижные формы.

По типу питания протисты подразделяются на автотрофные (*хлорелла*, *вольвокс*), автогетеротрофные (*эвглена зеленая*, *хламидомонада*) и гетеротрофные (*амеба обыкновенная*, *инфузория туфелька* и паразитические представители). Переваривание пищи происходит в *пищеварительных вакуолях*. Непереваренные остатки выбрасываются из клетки в любой ее части или через специальное отверстие – *порошицу*, а жидкие продукты обмена и излишки воды выделяются с помощью *сократительных вакуолей*, которые также поддерживают осмотическое давление в клетке.

Дыхание осуществляется всей поверхностью тела, чему способствуют сократительные вакуоли.

Ответная реакция организма на внешние воздействия – *раздражимость* – проявляется в виде двигательных реакций по направлению к раздражителю или от него, которые называются *таксисами*. Например, передвижение эвглены в освещенные участки водоема – *положительный фототаксис*.

Размножаются протисты бесполым путем; у некоторых видов имеет место половой процесс.

Неблагоприятные условия окружающей среды (изменение температуры и влажности) многие протисты переносят в состоянии *цисты*. При *инцистировании* (образо-

вание цисты) клетка округляется, сжимается, отбрасывает или втягивает органоиды движения и покрывается плотной оболочкой. Циста – это покоящаяся стадия. При наступлении благоприятных условий происходит *эксцистирование* – сбрасывание оболочки, восстановление органоидов движения и активного образа жизни протистов.

СВОБОДНОЖИВУЩИЕ ПРОТИСТЫ

К **автотрофным протистам** относятся хлорелла и вольвокс (рис. 6).

Хлорелла встречается в пресной и морской воде, на влажной почве. Она нетребовательна к условиям обитания, поэтому встречается повсеместно. Это одноклеточное микроскопических размеров, шаровидной формы. Под плотной целлюлозной оболочкой находятся цитоплазма, ядро, зеленый *хроматофор* (рис. 6). Жгутики и «глазок» отсутствуют. Хлорелла и ее споры неподвижны. Она быстро размножается бесполом путем (делением). Половой процесс неизвестен. Интенсивный процесс фотосинтеза позволяет хлорелле выделять большие количества кислорода и накапливать органические вещества.

Вольвокс – колониальная шаровидная форма протистов, зеленого цвета, размером 1–3 мм, обитает в небольших пресных водоемах. Отдельные клетки в количестве до 60 тыс. расположены по периферии в один слой.

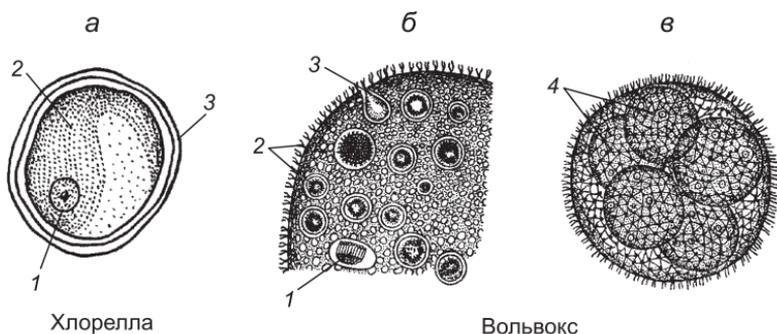


Рис. 6. Автотрофные протисты:

а – хлорелла (1 – ядро; 2 – хроматофор; 3 – оболочка); *б* – участок колонии вольвокса; *в* – бесполое размножение вольвокса (1 – микрогаметы; 2 – жгутики; 3 – макрогаметы; 4 – дочерние колонии)

Каждая клетка имеет два жгутика, которые обеспечивают вращательное движение колонии. Внутри полость шара заполнена слизью, снаружи студенистое вещество более плотное и обеспечивает постоянную форму тела. Клетки связаны между собой цитоплазматическими *тяжами*. Большинство клеток являются *вегетативными*, выполняющими функции движения и питания. Более крупные клетки, не имеющие жгутиков, являются *генеративными* (их 4–10). Они выполняют функцию размножения. Бесполое размножение происходит при их делении и образовании новых дочерних колоний, которые растут и выходят наружу после разрушения и гибели материнской колонии. При половом размножении часть генеративных клеток образует *женские гаметы*, часть – *двужгутиковые сперматозоиды*. Гаметы сливаются, образуя *зиготу*, которая после периода покоя многократно делится и дает начало новой колонии.

Представителями **автогетеротрофных протистов** являются эвглена зеленая и хламидомонада.

Эвглена зеленая обитает в прудах с загрязненной водой, в лужах и в любых водоемах со стоячей водой. Тело эвглены имеет длину 0,5 мм. Форма его овальная; передний конец тупой, задний – заостренный. На переднем конце расположен *жгутик* – вырост цитоплазмы, который является органоидом движения. Эвглена как бы «ввинчивается» в воду и передвигается довольно быстро. Цитоплазма ее делится на два слоя – эктоплазму и эндоплазму. Уплотненный наружный слой эктоплазмы называется *пелликулой*; благодаря ему эвглена имеет постоянную форму тела. Ближе к заднему концу располагается округлое ядро (рис. 7). Эвглена зеленая представляет собой организм с признаками растения и животного. На свету она осуществляет автотрофное питание благодаря наличию зеленого пигмента в особых образованиях – *хроматофорах*. В темноте и при наличии в среде растворенных органических веществ эвглена переходит на гетеротрофный способ питания. Такой смешанный тип питания получил название *миксотрофного*. Продуктом ассимиляции у эвглены является близкий к крахмалу полисахарид *парамил*. Дыхание и выделение продуктов обмена происходит путем осмоса и диффузии. Сократительная вакуоль, расположенная на переднем конце тела, осуществляет осмо-

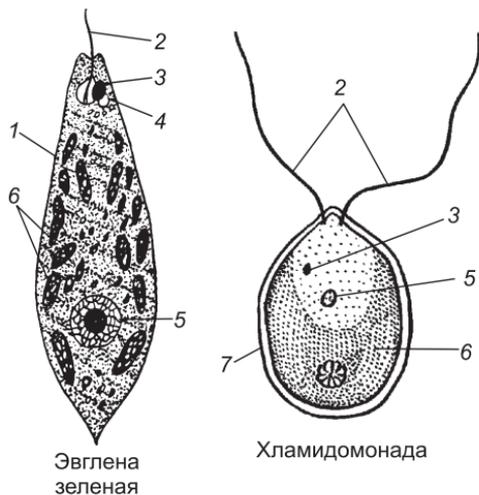


Рис. 7. Автогетеротрофные протисты:
 1 – пелликула; 2 – жгутики; 3 – стигма; 4 – сократительная вакуоль; 5 – ядро; 6 – хроматофоры; 7 – оболочка

регуляцию и выведение жидких продуктов обмена. На переднем конце тела эвглены располагается *стигма* – светочувствительный глазок ярко-красного цвета, благодаря которому эвглена передвигается в сторону освещенной части водоема (положительный фототаксис). Эвглена размножается бесполом путем – продольным делением надвое при митотическом делении ядра. При наступлении неблагоприятных условий жгутик отбрасывается, клетка округляется, покрывается плотной оболочкой и образуется циста.

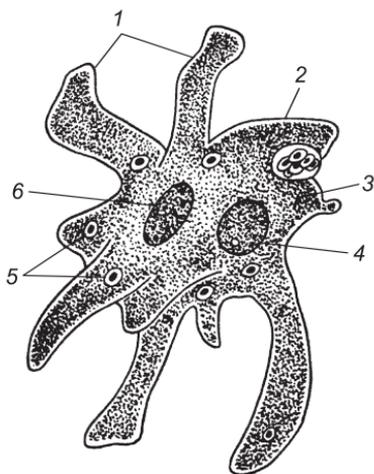
Х л а м и д о м о н а д а встречается в лужах и мелких водоемах, загрязненных органическими отбросами. Это одноклеточное имеет микроскопические размеры, шаровидную или овальную форму тела (рис. 7). Клетка ее покрыта прозрачной, немного отстающей пектиновой оболочкой («хламида» – одежда древних греков, «монада» – простейший организм). Передний конец тела заострен, и на нем находятся два жгутика, с помощью которых хламидомонада быстро передвигается в воде. Под оболочкой располагается цитоплазма; в ней имеются ядро, светочувствительный «глазок» – *стигма*, крупная вакуоль с клеточным соком и две маленькие пульсирующие вакуоли. Пиг-

менты (преимущественно хлорофилл) находятся в *хроматофоре*, который имеет вид чаши. Хламидомонада обладает положительными фототаксисом и аэротаксисом и обычно находится в верхних слоях водоема. На свету в хроматофоре происходит процесс фотосинтеза. Хламидомонада способна поглощать и готовые органические вещества, растворенные в воде (на этом ее свойстве основано использование зеленых протистов для очистки воды).

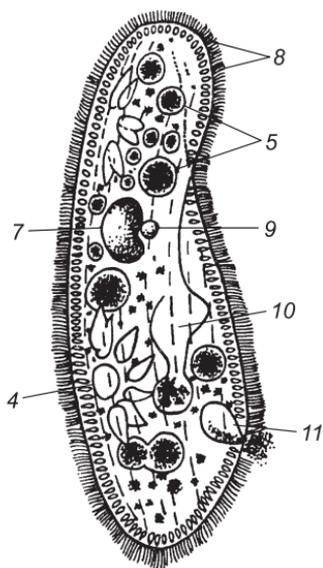
При благоприятных условиях внешней среды хламидомонада размножается делением: клетка отбрасывает жгутики, ее содержимое делится на 4–8 частей, каждая из которых дает начало новой особи. «Цветение» воды – это массовое размножение хламидомонады. С наступлением холодов или при пересыхании водоема под оболочкой материнской клетки образуются 32 или 64 гаметы. Они выходят из клетки в воду и, попарно сливаясь, образуют *зиготу* (сливаются только гаметы, образованные разными особями). Зигота покрывается плотной оболочкой и зимует. Весной она делится и дает начало новым, обычно четырем, хламидомонадам.

Представителями **гетеротрофных протистов** являются амеба обыкновенная и инфузория туфелька.

Амеба обыкновенная обитает в пресных водоемах в придонном иле. Ее размеры – 0,2–0,5 мм. Тело амебы покрыто плазматической мембраной и не имеет постоянной формы. Она медленно «перетекает» по субстрату, образуя ложноножки в любой части тела. Цитоплазма четко подразделяется на два слоя – эктоплазму и эндоплазму (рис. 8). Клетка содержит одно пузыревидное ядро. Пищей амебы являются другие одноклеточные, бактерии. Захват твердых или жидких частиц происходит по типу фагоцитоза или пиноцитоза. Ложноножки окружают пищевую частицу. Она попадает в цитоплазму и вокруг нее образуется пищеварительная вакуоль, в которой под действием ферментов происходит процесс внутриклеточного пищеварения. Питательные вещества переходят из вакуоли в цитоплазму, а непереваренные остатки выбрасываются из нее наружу в любой части тела. Излишки жидкости, поступающие осмотически через мембрану в тело амебы, и жидкие продукты обмена удаляются сократительной вакуолью. Дыхание амебы – поглощение кислорода и выделение углекислого газа – происходит диф-



Амеба



Инфузория

Рис. 8. Гетеротрофные протисты:

1 – ложноножки; 2 – эктоплазма; 3 – эндоплазма; 4 – сократительная вакуоль; 5 – пищеварительные вакуоли; 6 – ядро; 7 – макронуклеус; 8 – реснички; 9 – микронуклеус; 10 – клеточный рот; 11 – порошица

фузно всей поверхностью тела. Амеба размножается бесполом путем – делением тела надвое. Вначале митотически делится ядро, затем перетяжкой – цитоплазма. В результате образуются две дочерние особи. Такое деление может повторяться несколько раз в течение суток. Неблагоприятные условия амеба переживает в состоянии цисты. Переносимые ветром из высохших водоемов цисты амеб способствуют распространению этих одноклеточных.

Инфузория туфелька имеет наиболее сложную организацию. Места обитания инфузорий – водоемы с загрязненной стоячей водой. Длина ее тела составляет 0,1–0,3 мм. Инфузория имеет постоянную форму тела в виде отпечатка стопы человека. Наружный слой эктоплазмы образует прочную эластичную *пелликулу*. Органоидами движения являются *реснички* – короткие плазматические выросты, покрывающие тело протиста; число их достигает 10–15 тыс. (рис. 8). В цитоплазме между рес-

ничками располагаются особые защитные образования – *трихоцисты*. При механическом или химическом раздражении инфузории трихоцисты выстреливают длинную тонкую нить, которая внедряется в тело врага или жертвы и вводит ядовитое вещество, обладающее парализующим действием.

Для инфузорий характерен сложный ядерный аппарат. Вегетативное ядро, или *макронуклеус*, регулирует обменные процессы в клетке и является полиплоидным. Генеративное ядро – *микронуклеус* – значительно меньших размеров, обычно диплоидное и отвечает за передачу наследственной информации при половом процессе и размножении инфузорий. Питается инфузория бактериями, водорослями и одноклеточными животными, которые бичением более крупных ресничек «загоняются» в углубление, называемое *клеточным ртом (цитостом)*. Далее пищевая частица проходит через *клеточную глотку (цитофаринкс)* в цитоплазму, где вокруг нее формируется пищеварительная вакуоль. По мере продвижения пищеварительной вакуоли в эндоплазме под действием ферментов в ней происходит процесс переваривания пищи. Непереваренные остатки выбрасываются наружу через специальное отверстие – *порошицу*, которое расположено на заднем конце тела. Дыхание и выделение жидких продуктов обмена происходит всей поверхностью тела и двумя сократительными вакуолями, расположенными на переднем и заднем концах тела и осуществляющими осморегуляцию. Каждая из них состоит из центрального резервуара и расположенных венчиком 5–7 приводящих каналов. Жидкость из цитоплазмы собирается по каналам в центральный резервуар, который выводит ее из клетки, сокращаясь каждые 20–25 с. Сокращение вакуолей происходит поочередно.

Размножается инфузория тубелька бесполом способом – поперечным делением на две части. Начинается размножение с деления ядер. Микронуклеус проходит митотическое деление, а макронуклеус перешнуровкой делится пополам, но предварительно в нем происходит удвоение количества молекул ДНК. Последним этапом процесса бесполого размножения является разделение цитоплазмы поперечной перетяжкой. Кроме того, для инфузории характерен половой процесс – *конъюгация*, во время кото-

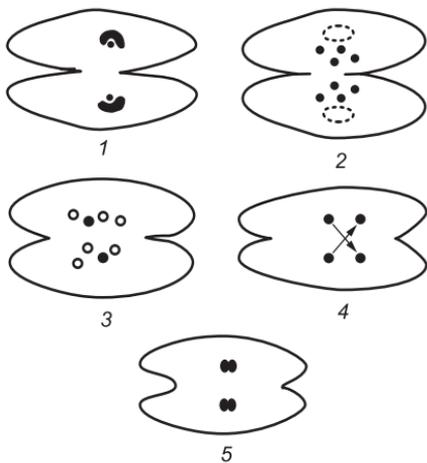


Рис. 9. Этапы конъюгации инфузорий:

1 – временное соединение инфузорий в области ротовых отверстий; 2 – разрушение макронуклеусов и деление микронуклеусов; 3 – мейотическое деление микронуклеусов; 4 – образование женского и мужского гаплоидных ядер и обмен частями микронуклеуса; 5 – слияние гаплоидных ядер

рого происходит обмен генетической информацией (рис. 9). Половой процесс сопровождается перестройкой ядерного аппарата. Макронуклеус разрушается, а микронуклеус делится мейотически с образованием четырех ядер. Три из них отмирают, а оставшееся ядро делится еще раз митозом и образует женское и мужское гаплоидные ядра. Две инфузории временно соединяются цитоплазматическими мостиками в области ротовых отверстий. Мужское ядро переходит в клетку партнера и сливается там с женским ядром. После этого восстанавливается макронуклеус, и инфузории расходятся. Таким образом, при конъюгации происходит обновление генетической информации, появление новых признаков и свойств без увеличения числа особей, поэтому конъюгацию нельзя назвать размножением. В жизненном цикле инфузории туфельки конъюгация чередуется с бесполом размножением.

Раздражимость проявляется у инфузории в форме таксисов. Неблагоприятные условия она переживает в состоянии цисты.

ПАЗАРИТИЧЕСКИЕ ПРОТИСТЫ

Амеба дизентерийная паразитирует в кишечнике человека. Распространена повсеместно. В отличие от амебы обыкновенной имеет несколько жизненных форм: цисту, мелкую просветную форму (в просвете кишки) и

крупную тканевую (в стенке кишки). Источником заражения человека являются плохо вымытые овощи и фрукты, вода из открытых водоемов, загрязненных цистами амёб. Болезнь называется *амёбной дизентерией*. Паразит разрушает слизистую кишечника, вызывает образование язв и частый жидкий стул с примесью крови.

И н ф у з о р и я б а л а н т и д и й – паразит толстой кишки человека, вызывающий заболевание *балантидиаз (инфузорная дизентерия)*. Человек заражается цистами, как и в случае с дизентерийной амёбой. Балантидий разрушает слизистую кишечника, что приводит к образованию язв. Признаки балантидиаза аналогичны амёбной дизентерии – частый жидкий стул с кровью. Основным источником образования и выделения цист во внешнюю среду – свиньи.

М а л я р и й н ы й п л а з м о д и й паразитирует в клетках печени и эритроцитах крови человека и вызывает тяжелое заболевание – *малярию*. Заражение человека происходит через укус самки малярийного комара, в организме которой паразит проходит цикл полового размножения. Вегетативные формы плазмодия со слюной комара попадают в кровь человека и заносятся в клетки печени. Пройдя в них цикл тканевой *шизогонии* (бесполое размножение многократным делением), они попадают в кровь и в эритроцитах также проходят цикл многократного деления. Образовавшиеся в результате шизогонии новые формы паразита разрушают эритроцит и, поступая в кровь, поражают новые эритроциты. С выходом плазмодиев из эритроцитов связано повышение температуры у больных малярией. Для окончания цикла развития малярийные плазмодии снова должны попасть в организм комара (во время сосания крови больного человека самкой комара). Малярия характеризуется лихорадкой, поражением печени, селезенки, иногда головного мозга. Заболевание тяжелее протекает у детей и может заканчиваться смертью.

В настоящее время на земном шаре малярией болеют около 2 млн человек. Как массовое заболевание она регистрируется в странах Африки, Латинской Америки, Южной Азии. Благодаря комплексу мероприятий, предложенных отечественными паразитологами, в нашей стране удалось ликвидировать массовые заболевания малярией. Эти мероприятия включают осушение болот (места размножения малярийного комара), химические и биологи-

ческие меры борьбы с переносчиком заболевания – малярийным комаром – на всех стадиях его развития (личинка, куколка, крылатое насекомое), разработку эффективных методов лечения и предупреждения малярии (лекарства и прививки).

Значение протистов. В природе протисты участвуют в круговороте веществ, выполняют роль санитаров, очищая водоемы, являются пищей для многих водных животных. Наличие среди одноклеточных протистов колониальных форм со специализированными по функциям клетками позволяет предположить происхождение многоклеточных организмов от одноклеточных. Протисты, поселяющиеся в организме человека, питаются за его счет и вызывают различные заболевания. Примерами являются: дизентерийная амеба и инфузория балантидий (паразиты толстого кишечника), лямблия (паразит печени и тонкого кишечника), трипаносомы и малярийные плазмодии (паразиты крови).

ГРИБЫ

Представители царства **Грибы** – своеобразные организмы (свыше 100 тыс. видов), сочетающие в себе признаки и растений, и животных. Возраст – около 3 млрд лет. Распространены повсеместно. Растут на богатой органическими веществами почве, в сырых затененных местах, на растительных остатках, на пищевых продуктах, на живых тканях растений и животных. Наука, изучающая грибы, называется *микологией*.

Тело гриба представлено *мицелием*, или грибницей, и состоит из тонких ветвящихся нитей, называемых *гифами*. Мицелий развивается из спор (зооспоры, спорангиоспоры, конидии) на поверхности или внутри субстрата. Продолжительность жизни мицелия – от нескольких дней (у плесневых грибов) до нескольких лет (у шляпочных). У дрожжей мицелий отсутствует, а тело представлено одиночными клетками. Некоторые грибы имеют *неклеточный мицелий* – он сильно ветвится и представляет собой как бы одну клетку. Клеточная стенка образована *хитином*, под которым располагаются белки и пигменты. Цитоплазма клеток грибов может содержать до 20–30

мелких ядер, гранулы гликогена, капли липидов, а вакуоли – гранулы белков.

По типу питания грибы подразделяются на *сапробионтов* (плесневые, шляпочные) и *паразитов* (ржавчинные, головневые).

Черты сходства грибов с растениями:

- ✦ наличие клеточной стенки;
- ✦ рост в течение всей жизни;
- ✦ неподвижность;
- ✦ всасывание питательных веществ;
- ✦ размножение спорами;

Черты сходства грибов с животными:

- ✦ отсутствие хлоропластов;
- ✦ в составе клеточной стенки полисахарид хитин;
- ✦ гетеротрофность (сапробионты или паразиты);
- ✦ продукт обмена мочевины;
- ✦ запасное питательное вещество гликоген.

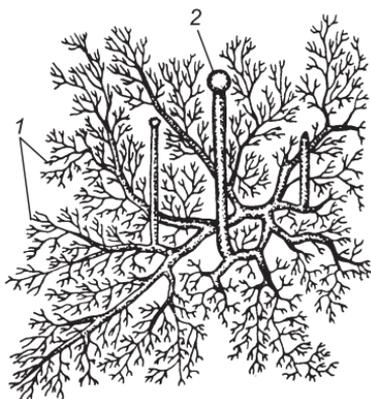
Для грибов характерно бесполое размножение спорами, вегетативное – частями грибницы или почкованием. У некоторых видов возможен половой процесс (*изогамия* и *анизогамия*). Половое размножение происходит с образованием гамет в специальных органах – *антеридиях* и *архегониях*.

Наиболее широко распространены представители классов **Сумчатые грибы (Аскомицеты)** и **Базидиальные грибы (Базидиомицеты)**. В первый класс входят плесени, дрожжи, спорынья, мучнисто-росные грибы, сморчки, строчки, трюфели. Представители второго класса – шляпочные, ржавчинные и головневые грибы.

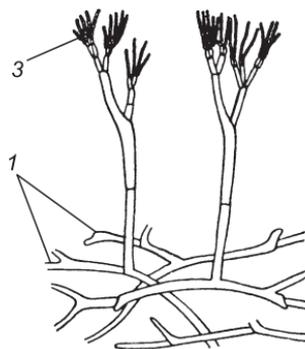
Аскомицеты получили свое название благодаря наличию сумки (от лат. asc – сумка) – мешковидного образования, в котором после оплодотворения развиваются *аскоспоры*. У базидиомицетов органом полового спороношения является *базидия*, которая образует *базидиоспоры* экзогенно (наружно).

Представителями **плесневых грибов** являются мукор (головчатая плесень) и пеницилл (сизая, зеленая плесень).

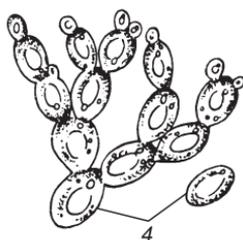
М у к о р часто встречается в виде белого пушка на портящихся овощах, фруктах, ягодах, хлебе. Отсюда и название «плесневые» грибы. Они обитают на почве и продуктах, богатых углеводами. Гифы грибницы не имеют перегородок и представляют собой гигантские сильно разветв-



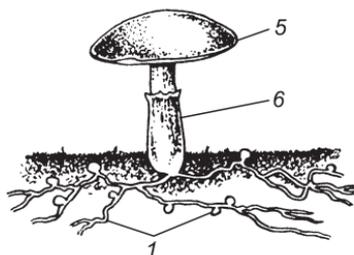
Мукур



Пеницилл



Дрожжи



Шляпочный гриб

Рис. 10. Схема строения грибов:

1 – мицелий; 2 – спорангий; 3 – конидии; 4 – почкующаяся клетка дрожжей; 5 – шляпка плодового тела; 6 – ножка плодового тела

ленные клетки с многочисленными ядрами. На одиночных бесцветных нитях – *спорангиеносцах* (длиной до 10 см) развиваются *спорангии* (в виде черных «головок»), в которых созревают *эндогенные споры* (рис. 10). Они служат для бесполого размножения. Мукур может также размножаться делением мицелия.

Пеницилл (*к и с т е в и к*) распространен повсеместно; чаще встречается в умеренной климатической зоне в верхних слоях почвы. Гифы пеницилла состоят из клеток, имеющих одно или несколько ядер. *Конидиеносец* – многоклеточный и ветвящийся. На его верхушке расположены цепочки *конидий* (споры наружного происхождения). По форме они напоминают кисть, что дало пенициллу на-

звание «кистевик» (рис. 10). Различные виды пеницилла являются сапробионтами или паразитами. Способы размножения такие же, как у мукора.

Значение плесневых грибов. *Головчатая плесень* приводит в негодность продукты питания, может вызывать болезни человека и животных. Некоторые виды мукора используют в качестве закваски для сбраживания продуктов питания («соевый сыр» и др.), получения спирта из картофеля и антибиотика рамицина.

Пеницилл вызывает порчу продуктов питания растительного происхождения, участвует в разложении растительных и животных тканей погибших организмов. Различные виды пеницилла являются продуцентами антибиотиков, ферментов и органических кислот, используются в сыроварении (приготовление сыров «рокфор» и «камамбер»).

Дрожжи – сборная группа представителей царства **Грибы**, которые не имеют типичного мицелия и образуются одиночными шаровидными или овальными клетками. В природе встречаются там, где имеются сахара – на поверхности растений, на ягодах, в некоторых цветках, в соке деревьев. Пекарские дрожжи встречаются только в культуре. Все дрожжи – гетеротрофы с окислительным или бродильным типом обмена веществ.

Размножаются дрожжи делением клетки надвое или почкованием (рис. 10). При почковании образуются почки клеток. Половой процесс происходит при слиянии двух клеток с образованием зиготы, из которой формируется сумка с 4–8 спорами.

Значение дрожжей. Отдельные виды дрожжей патогенны и вызывают болезни человека, животных и растений. Дрожжи широко используются в пищевой (хлебопечение, пивоварение, виноделие) и в микробиологической (как продуценты кормового белка, витаминов, технического спирта, ферментов и др.) промышленности. Пищевые дрожжи содержат до 55% белка, который по своему составу близок к белку мяса. Пивные дрожжи часто прописывают больным, страдающим гиповитаминозами, поскольку они содержат тиамин, рибофлавин, никотиновую кислоту и другие витамины.

||| Как модель эукариотических клеток дрожжи используют для генетических, радиобиологических и биоэнергетических исследований.

Тело **шляпочного гриба** – многолетняя грибница – находится в почве, а на ее поверхности мицелий образует *плодовое тело* (плотное сплетение пучков гифов), состоящее из ножки и шляпки (см. рис. 10). Срок жизни плодового тела от 5–10 до 40 дней. Шляпка предназначена для образования спор. Верхний ее слой – *кожица* – обычно окрашен. Нижний слой представлен *пластинками* – *пластинчатые грибы* (волнушки, сыроежки, грузди) или пронизан *трубочками* – *трубчатые грибы* (боровики, подосиновики, маслята).

Шляпочные грибы распространены практически повсеместно там, где имеются леса. Их называют *грибамисимбионтами*. Известно, например, что рыжики встречаются в сосновых и еловых лесах, белые грибы – вблизи берез, сосен, елей и дубов. Гифы гриба вступают в симбиоз с корнями деревьев (так называемая *микориза*, или грибокорень). Грибы – гетеротрофы, они питаются готовыми органическими веществами. Нити грибницы оплетают корни и проникают внутрь их, заменяя дереву корневые волоски. Грибница поглощает из почвы воду, растворы минеральных веществ и проводит их в корни дерева. Взамен она получает органические вещества (углеводы), которые образует растение в процессе фотосинтеза.

Размножение шляпочных грибов происходит бесполом и половым способами. Бесполое размножение осуществляется спорами и частями грибницы.

||| **Значение шляпочных грибов.** Более 200 видов шляпочных грибов Беларуси съедобны и являются продуктами питания человека. Химический состав грибов: вода, белки, жиры, сахара, кислоты, минеральные соли, витамины, летучие масла. Белки грибов составляют до 30% их массы, но усваиваются в пищеварительном тракте человека лишь на две трети. Наиболее часто в пищу употребляют белые грибы, подберезовики, подосиновики, грузди, сыроежки, лисички, маслята, опять. Из шляпочных грибов искусственно разводят шампиньоны и вешенки.

||| Необходимо иметь в виду, что отравления несвежими или старыми съедобными грибами, а также ядовитыми

|| (их известно около 25 видов), являются крайне тяжелыми и могут привести к смерти. Поэтому, собирая грибы, надо уметь отличать ядовитые от съедобных. Смертельно ядовитые для человека – бледная поганка и мухомор вонючий.

Значение грибов. Негативна роль в природе и жизни человека **грибов-паразитов**. Они поселяются на всех частях растения. Поражая культурные растения, они значительно снижают их урожайность. На клубнях картофеля грибы-паразиты вызывают появление «черной гнили», на плодах яблоны и груши – «плодовой гнили», на ягодах крыжовника и смородины – «мучнистой росы». Все грибковые заболевания растений распространяются очень быстро, так как мелкие споры грибов переносятся с больных растений на здоровые ветром, осадками, червями, слизнями, насекомыми.

Паразитом многих злаковых является спорынья, образующая на колосьях плотные сплетения грибов в виде чернофиолетовых рожков. Аскоспоры спорыньи заражают злаки во время цветения. Мука, приготовленная из такого зерна, непригодна к употреблению, так как вызывает у человека сильное отравление («злые корчи»), которое может привести к смерти. Алкалоиды спорыньи (эрготамин, эргометрин и др.) используются для лечения сердечно-сосудистых, нервных и ряда других заболеваний. Паразитами растений являются также ржавчинные (ржавчина хлебных злаков) и головневые грибы.

Домовой гриб и трутовик разрушают древесину. Споры трутовика поражают дерево через различные повреждения ствола или ветвей и прорастают. Образующаяся грибница разрушает древесину, делает ее трухлявой. Пораженное дерево обычно погибает. Плодовое тело трутовика многолетнее, по форме напоминает копыто. Споры образуются на нижней его поверхности.

Определенные виды грибов являются возбудителями заболеваний человека. Чаще это кожные заболевания – стригущий лишай, кандидозы, дерматомикозы, эпидермофития, мукоромикозы легких (ложный туберкулез), головного мозга и других органов. У животных и птиц грибы поражают внутренние органы.

Грибы вызывают также коррозию металлов, повреждают лакокрасочные покрытия, книги и ткани.

РАСТЕНИЯ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТЕНИЙ

.....
Ботаника (botanē – трава, растение) – наука о растениях.
.....

Ботаника является комплексной дисциплиной, в состав которой входят разделы, изучающие строение растений (*анатомия*), процессы их жизнедеятельности (*физиология*), классификацию (*систематика*), распределение растений на земном шаре и структуру растительных сообществ (*геоботаника*), взаимосвязь растений и окружающей среды (*экология*), ископаемые растения прошлых геологических эпох (*палеоботаника*).

Растительный мир богат и разнообразен. Он насчитывает более 500 тыс. видов. Разнообразие растительного мира заключается в наличии одноклеточных и многоклеточных форм; одно-, двух- и многолетних растений; трав, кустарников и деревьев. Огромные пространства суши покрыты лесами и лугами. Растения заселяют все водные пространства. Они встречаются в пустынях и высоко в горах.

Значение растений. В первую очередь оно определяется тем, что растения способны к фотосинтезу. Зеленые растения снабжают кислородом все живые существа, обитающие на Земле. В процессе фотосинтеза они поглощают углекислый газ и выделяют кислород, создают органические вещества, которые служат пищей человеку и животным, увлажняют воздух. Поглощая из почвы растворы минеральных солей, растения участвуют в круговороте веществ в природе, в процессах почвообразования. Человек использует растения в качестве продуктов питания (злаковые, плодовые, овощные), как источник сырья для промышленности (каучуконосные, сахаристые, эфирно-масличные, волокнистые, лекарственные). Велико также эстетическое значение растений в жизни человека.

Царство **Растения** включает два подцарства – **Низшие растения** (классы **Водоросли**, **Лишайники**) и **Высшие растения** (классы **Моховидные**, **Папоротниковидные**, **Голосеменные**, **Покрытосеменные**).

НИЗШИЕ РАСТЕНИЯ

ВОДОРΟΣЛИ

Водоросли – группа низших растений (около 20 тыс. видов), которые могут достигать нескольких метров в длину (ламинария). Водоросли обитают в пресной и морской воде, во влажной почве, на скалах, на коре деревьев, на заборах и крышах домов. Есть водоросли, поселяющиеся в горячих источниках и на ледниках.

Настоящих тканей у водорослей нет. Их тело может быть представлено колонией клеток или многоклеточным слоевищем.

Все водоросли – автотрофы. Их клетки содержат хлорофилл и другие пигменты (синий, бурый, красный, оранжевый), которые находятся в специальных образованиях – *хроматофорах*. Хроматофоры разнообразны по форме: ленты, изрезанные пластинки и др. Не являясь хлоропластами, они также имеют мембранную структуру. В качестве запасного питательного вещества в них часто откладывается крахмал.

Размножаются водоросли бесполом и половым способами. Наиболее простые способы бесполого размножения – *фрагментация* и *деление слоевища*. Бесполое размножение может осуществляться *зооспорами* (подвижные клетки со жгутиками), которые образуются в *зооспорангиях*. У водорослей имеет место как половой процесс (конъюгация), так и половое размножение, которое происходит с образованием мужских и женских гамет.

Водоросли по содержанию пигментов подразделяются на зеленые, бурые и красные.

Представителями **зеленых водорослей** являются спирогира и улотрикс.

Спирогира – самая распространенная водоросль пресных водоемов, где ее скопления образуют основную массу зеленой тины. Нити спирогиры, свободно плавающие и неветвящиеся, состоят из довольно крупных цилиндрических клеток, покрытых слизью и плотной целлюлозной оболочкой. Хроматофор представлен спирально закрученной лентой. В цитоплазме находятся большая вакуоль с клеточным соком, а также ядро, «подвешенное» на протоплазменных нитях (рис. 11). Рост нити в длину происходит за счет поперечного деления клеток.

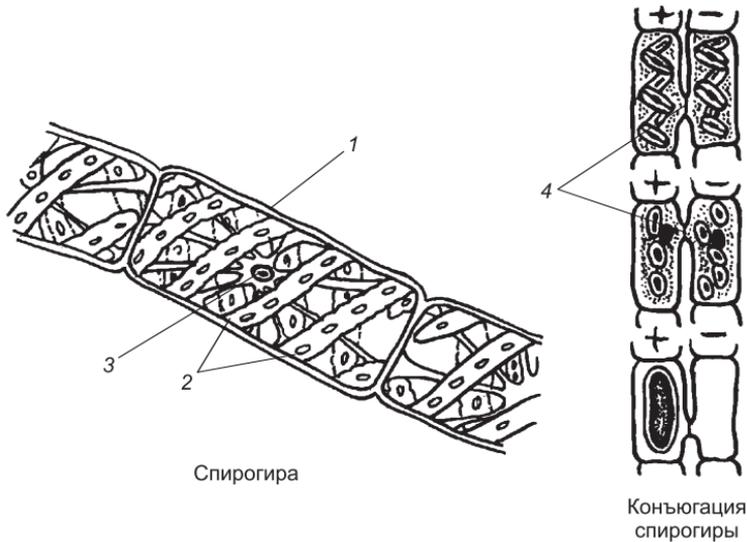


Рис. 11. Схема строения спирогиры:
 1 – клеточная стенка; 2 – хроматофор; 3 – ядро; 4 – конъюгирующие клетки

Бесполое размножение у спирогиры происходит посредством деления нити на фрагменты. Половой процесс представлен *конъюгацией*: две нити располагаются параллельно друг другу, между противоположными клетками образуется соединяющий их канал, по которому содержимое одной клетки перетекает в другую. Образующаяся в результате конъюгации зигота покрывается плотной оболочкой, зимует, а весной дает начало новой водоросли.

Улотрикс обитает в реках, где часто покрывает ярко-зеленым налетом подводные предметы, расположенные близко к поверхности воды. Неветвящиеся нити улотрикса состоят из ряда коротких клеток и одним концом прикрепляются к субстрату. Нити нарастают в течение вегетационного периода жизни водоросли в результате поперечного деления клеток. В цитоплазме клеток располагаются ядро и зеленый хроматофор в форме незамкнутого кольца.

В теплое время года в клетках улотрикса образуются подвижные споры с двумя или четырьмя жгутиками (*зооспоры*). Они выходят в воду, плавают, прикрепляются к какому-нибудь подводному предмету, начинают делиться

и образуют новые нити водоросли. При неблагоприятных условиях улотрикс размножается половым способом. В клетках водоросли образуются двужгутиковые гаметы. Выйдя из клеток, они сливаются с образованием зиготы. Зигота делится на четыре клетки, каждая из которых, прорастая, дает начало новой нити улотрикса.

Бурые водоросли – морские донные, реже планктонные организмы. Типичные представители: *фукус* (до 1,2 м длиной) и *ламинария* (до 6 м длиной). Их многоклеточное слоевище ризоидами фиксируется к морскому дну. Оболочка клеток состоит из пектиновых веществ и целлюлозного слоя. В цитоплазме содержатся пигменты: хлорофиллы, каротин, ксантофиллы, фукоксантин. Хлоропласты имеют бурый цвет. Вегетативное размножение происходит частями слоевища, бесполое – гаплоидными спорами. Из них образуются гаплоидные гаметофиты и половые органы. Зигота прорастает в диплоидное растение (рис. 12).

Красные водоросли, или **багрянки** – глубоководные морские формы. Слоевище у них нитчатое или пластинчатое, его размеры 10–50 см. Фиксируются ризоидами. Хроматофоры содержат хлорофиллы, каротиноиды, красные (фикоэритрины) и синие (фикоцианины) пигменты. Продуктом ассимиляции является *багрянковый крахмал*. Размножение вегетативное (частями слоевища), бесполое

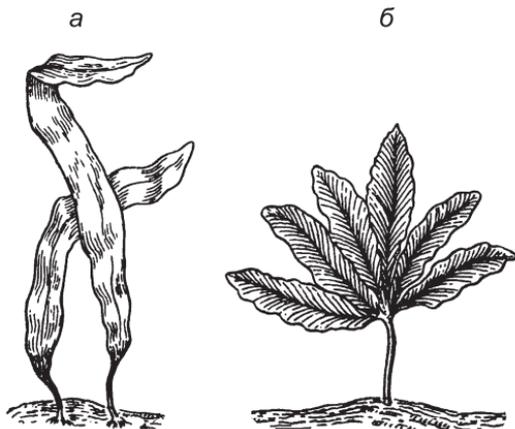


Рис. 12. Представители бурых и красных водорослей:
а – ламинария; б – красная делессерия

(спорами); половой процесс – *оогамия*. Представители – порфира, в зоне прибоа – немалион, в местах сильного прибоа – коралина.

Значение водорослей. Водоросли участвуют в формировании осадочных пород и в почвообразовании, влияют на структуру почвы. Они создают значительные количества органического вещества, которое используют животные водоемов. В процессе фотосинтеза водоросли выделяют большое количество кислорода. Таким образом, они являются активными участниками круговорота веществ в природе, в частности кремния и кальция.

Многие виды водорослей являются индикаторами загрязнения и засоления мест обитания. Зеленые водоросли применяют для очистки загрязненных и стоячих вод.

Велико и хозяйственное значение водорослей. Морские водоросли используют для получения калийных солей, клеящих веществ для текстильной промышленности, агар-агара, препаратов иода и брома. В сельском хозяйстве водоросли применяют как кормовую добавку или в качестве калийного удобрения. Водоросли обладают высокой пищевой ценностью и широко используются в пищу в Японии, на тихоокеанском побережье (ламинария, порфира). Морские водоросли богаты углеводами, витаминами, содержат разнообразные биологически активные вещества, в значительных количествах накапливают иод.

ЛИШАЙНИКИ

Лишайники – своеобразная группа низших растений, включающая около 20 тыс. видов. Они неприхотливы и приспособлены к жизни в самых различных условиях – от Крайнего Севера до тропиков. Их можно встретить на голых скалах, на стволах деревьев, на постройках, на земле. В тундре лишайники образуют на почве сплошной покров. Они имеют различную окраску – зеленоватую, серовато-желтую, оранжевую, сизую, бурую, иногда черную.

Лишайники различают по форме слоевища (тело лишайника). В темных еловых лесах встречается лишайник бородач, свисающий со старых ветвей. На почве в

сосновых лесах произрастает ягель, или олений мох (в сухую погоду он трещит под ногами). Это – представители **кустистых лишайников**. Они соединяются с субстратом только своим основанием. **Листоватые лишайники** встречаются на стволах деревьев в виде пластинок разной окраски (например, золотисто-желтая ксантория на стволах и ветках осины). Они также соединяются с субстратом посредством ризоидоподобных отростков и легко от него отделяются. **Накипные, или корковые, лишайники** (коричнево-серые «корочки» на камнях) плотно прирастают к субстрату и трудно от него отделяются. Размеры слоевища лишайников колеблются от долей миллиметра до нескольких десятков сантиметров.

Лишайники являются классическим примером *мутуализма* – взаимовыгодного симбиоза. Их слоевище представлено гифами гриба, в переплетениях которых находятся клетки водорослей или цианобактерий (рис. 13). Лишайники могут обитать там, где не встречаются отдельно ни протисты, ни грибы. Гифы гриба обеспечивают протистов водой и минеральными солями, а сами используют органические вещества, синтезируемые фототрофными организмами.

Лишайники растут очень медленно, что связано с неравномерным поступлением влаги. Прирост ягеля составляет 2–7 мм в год, накипных лишайников – 0,25–0,5 мм. Продолжительность их жизни – от 30 до 600 лет.

Размножаются лишайники бесполом способом (протисты – делением, грибы – спорами). Вегетативное раз-

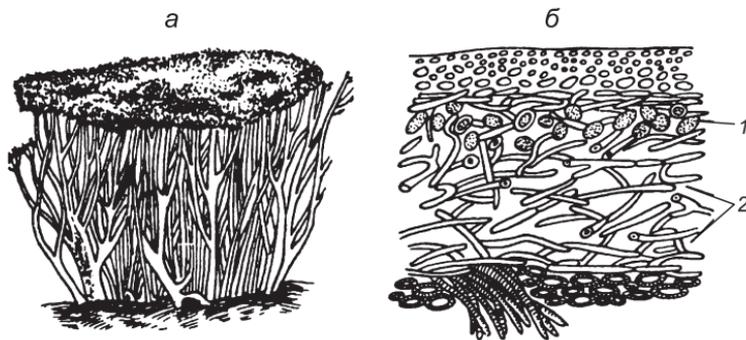


Рис. 13. Схема строения лишайника:
 а – общий вид кустистого лишайника; б – разрез через слоевище
 (1 – клетки фототрофных организмов; 2 – гифы гриба)

множение – частями слоевища. Размножение может происходить также посредством специальных групп клеток, которые образуются внутри слоевища и, расселяясь, дают начало новым особям.

Значение лишайников. В природе лишайники первыми заселяют бесплодные места, а когда отмирают, образуется перегной. Выделяемые ими кислоты вызывают разрушение горных пород, которые в смеси с перегноем образуют почву. Ягель является основным источником питания оленей в тундре; он используется также для откорма свиней и крупного рогатого скота. Кустистый лишайник исландский мох служит продуктом питания для человека и является ценным лекарственным сырьем. Из некоторых видов лишайников получают антибиотики и лакмус. Многие лишайники обладают бактерицидными и бактериостатическими свойствами и применяются для приготовления лекарств. Действующим началом являются лишайниковые кислоты. Кустистый лишайник дубовый мох содержит вещества, придающие стойкость духам, поэтому его используют в парфюмерной промышленности.

Лишайники очень чувствительны к загрязнению воздуха и служат индикатором экологической обстановки.

ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ

МОХОВИДНЫЕ

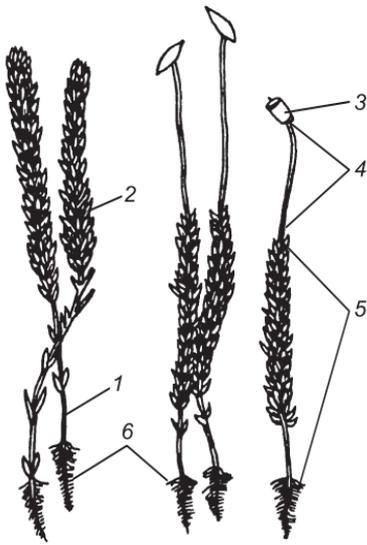
Моховидные, или *мхи* (около 25 тыс. видов), относятся к высшим споровым растениям, для которых характерно разделение тела на органы. Мхи встречаются повсеместно (за исключением ледников, соленых водоемов, полупустынь и пустынь), но преимущественно в областях с умеренным и холодным климатом: в густых лесах, на болотах и сырых лугах, на коре деревьев, на стенах и крышах деревянных построек, в воде рек и озер, на скалах. Мхи способны переносить большие морозы и сильную жару. Большинство мхов являются многолетними растениями. Размеры мхов – от 1 мм до 60 см и более.

Моховидные – наиболее примитивные из высших наземных растений. Клетки их дифференцированы и, объединяясь, образуют *специализированные ткани*. Тело мха

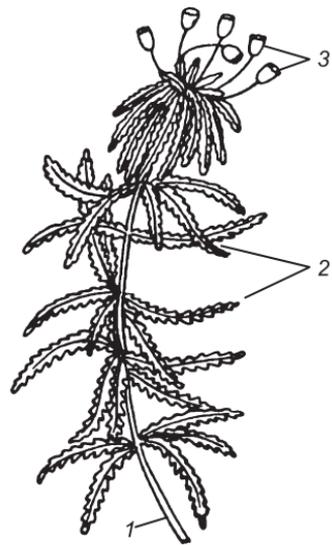
разделяется на *стебель* и *листья*. У печеночных мхов тело представлено *слоевищем*. В центре стебля располагается *проводящая система*, по которой проходят растворы минеральных солей и органические вещества. Сосуды отсутствуют. Листья представлены линейно-ланцетными зелеными пластинками, состоящими из нескольких слоев клеток. Особые клетки – *ассимиляторы* – содержат хлорофилл и осуществляют фотосинтез. Настоящая корневая система отсутствует. Функцию корней выполняют бесцветные прозрачные выросты эпидермиса – *ризоиды*, расположенные в нижней части стебля и напоминающие по виду корневые волоски.

Листостебельными моховидными являются кукушкин лен и сфагнум.

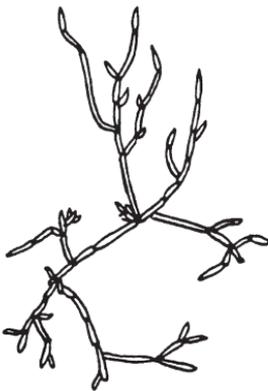
Кукушкин лен – многолетнее растение, представитель **зеленых мхов**. Он встречается на болотах и в еловых лесах; имеет коричнево-зеленый стебель высотой 15–20 см, на котором спирально располагаются узкие зеленые листья с одной жилкой (рис. 14). На поперечном срезе стебля различимы *эпидермис*, *кора* и *проводящий пучок* в центре. Кукушкин лен фиксируется в почве ризоидами, которые поглощают воду с растворенными в ней минеральными солями, а в хлоропластах листьев идет процесс фотосинтеза. Кукушкин лен – двудомное растение. Жизненный цикл его сложный: в нем происходит чередование двух поколений – *спорофита* и *гаметофита*. Преобладает гаплоидный гаметофит. Спорофит и гаметофит – одно растение. Гаплоидная спора прорастает на влажной почве, образуя зеленую ветвящуюся нить. Из этой нити вырастают листостебельные растения – гаплоидные гаметофиты. На женских гаметофитах в особых органах – *архегониях* – образуются яйцеклетки, в мужских – *антеридиях* – двухжгутиковые сперматозоиды. Оплодотворение возможно только при наличии влаги, которая обеспечивает продвижение мужских гамет к яйцеклетке, и происходит обычно в период обильных дождей внутри архегония. Из двух гаплоидных гамет на верхушке женского растения образуется *диплоидная зигота*. Через год из нее развивается *диплоидный спорофит* – коробочка на длинной ножке. Коробочка представляет собой *спорангий*, имеет крышечку и войлочный колпачок. Путем мейоза в спорангии образуются гаплоидные споры, с помощью кото-



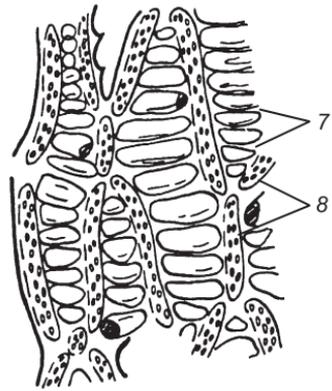
Кукушкин лен



Сфагнум



Выросшая из споры
зеленая нить кукушкина льна



Срез листа
сфагнума

Рис. 14. Схема строения моховидных:

1 – стебель; 2 – листья; 3 – спорангий; 4 – спорофит; 5 – гаметофит;
6 – ризоиды; 7 – водосборные клетки; 8 – хлорофиллоносные клетки

рых происходит бесполое размножение. Созрев, споры высыпаются из коробочки и, попав в благоприятные условия, прорастают, давая начало новому гаметофиту. Нити,

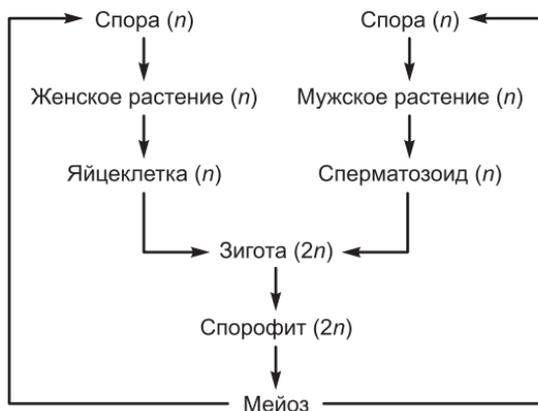


Рис. 15. Схема жизненного цикла моховидных

развивающиеся из спор мха (*протонемы*), похожи по строению на нитчатые зеленые водоросли, что указывает на родство этих двух групп растений. Таким образом, в цикле развития моховидных преобладает стадия гаметофита и сильно редуцирован спорофит (рис. 15).

Представителем **белых**, или **торфяных**, **мхов** является сфагнум. Сфагнум — многолетнее растение, постоянный обитатель болот зоны умеренного климата. Стебель сфагнума, сильно ветвящийся, не имеет проводящих пучков. Ризоидов нет. Листья содержат клетки двух типов. Они расположены в один слой, поэтому лист имеет вид ажурной сеточки, средняя жилка отсутствует. Часть клеток узкие, длинные, содержат хлоропласты — *хлорофиллоносные клетки*. В них идет процесс фотосинтеза. Между этими клетками и в местах прикрепления листьев к стеблю находятся крупные бесцветные клетки с отверстиями в оболочках — *водосборные клетки* (см. рис. 14). Они способны поглощать большие количества воды и долго сохранять ее. Там, где появляется сфагнум, происходит заболачивание почвы.

Сфагнум размножается так же, как и кукушкин лен, но в отличие от него является однодомным растением.

Сфагнум растет медленно (до 3 см в год) верхней частью побега. Нижние участки стебля отмирают, уплотняются, медленно разлагаются при малом доступе кислорода и об-

разуют торф. Выделяемое мхами антисептическое вещество *сфагнол* тормозит гниение, и в слоях торфа сохраняются, не разрушаясь, пни и корни деревьев, листья и пыльца растений. Возраст торфяных болот – десятки тысяч лет.

Значение мхов. Как правило, мхи не поедаются животными. В природе они выполняют роль накопителей влаги и регуляторов водного баланса лесов и прилежащих к ним территорий, накапливают многие вещества, в том числе и радиоактивные. Мхи приводят к заболачиванию почвы и делают ее непригодной для посевов. Главное значение мхов – образование торфа. Торф является полезным ископаемым. Он используется в качестве топлива, удобрения, сырья для химической промышленности (получение древесного спирта, карболовой кислоты, пластмасс, изоляционных лент, воска, парафина). Высушенный сфагновый мох благодаря своим антисептическим свойствам может служить хорошим перевязочным материалом.

ПАПОРОТНИКОВИДНЫЕ

ПАПОРОТНИКИ

Папоротники – высшие споровые, в основном травянистые, реже древесные растения, достаточно широко распространенные: их насчитывается около 10–15 тыс. видов. Они встречаются в пустынях, сухих сосновых лесах, на болотах, озерах, в солоноватых водоемах. Тропические древовидные папоротники достигают в высоту 20 м. В горных лесах преобладают лианоподобные папоротники и эпифиты, растущие на стволах и ветвях деревьев. Типичные папоротники являются растениями сырых и влажных мест. В умеренном климате произрастают многолетние травянистые растения (орляк, щитовник, пузырник, страусник).

Папоротник имеет корни, короткий стебель и листья (рис. 16). Корни *придаточные*, они развиваются из стебля вместо отмершего корня зародыша. Стебель представлен коротким деревянистым *корневищем* и имеет эпидермис, механическую и проводящую (сосудистые пучки) ткани. Стебли многолетние, от них каждый год отрастают новые листья. Листья папоротника называют *вайи* (у щитовника

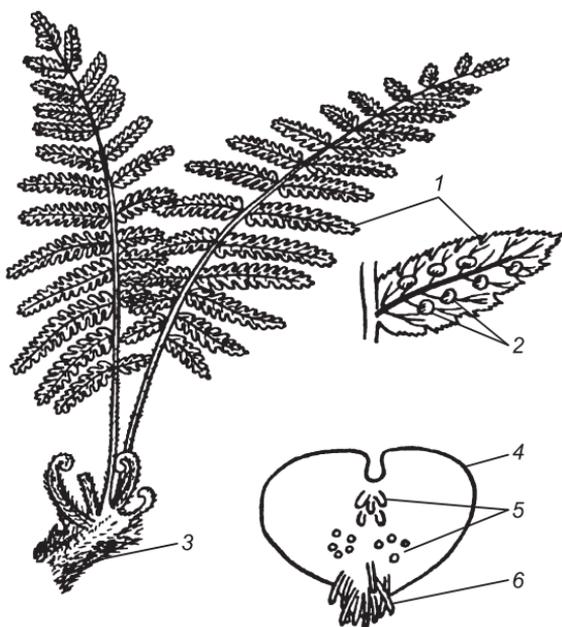


Рис. 16. Схема строения папоротника:
 1 - лист; 2 - сорусы; 3 - корневище; 4 - заросток;
 5 - антеридии и архегонии; 6 - ризоиды

мужского они достигают 1 м в длину). Вайи соответствуют побегу, так как характеризуются длительным ростом (что не свойственно листьям). Точка роста находится на вершине корневища, и весной из нее выходит пучок новых листьев. Молодые листья свернуты в виде улитки и густо покрыты коричневыми чешуйками. Развитие листа происходит медленно. Листья у папоротника крупные, рассеченные, двоякоперистые. Они имеют устьичный аппарат и систему проводящих пучков. Максимальная длина листа может достигать 30 м. Осенью листья отмирают.

Лист папоротника совмещает функции фотосинтеза и спороношения. Летом на нижней стороне листа появляются бурые бугорки – сорусы (группы спорангиев), в которых образуются и созревают гаплоидные споры. Созревшие споры разносятся ветром, прорастают, образуя сердцевидную зеленую пластинку – заросток, который имеет в поперечнике 2–4 мм. Заросток прикрепляется к почве ризоидами. На нижней его стороне образуются половые

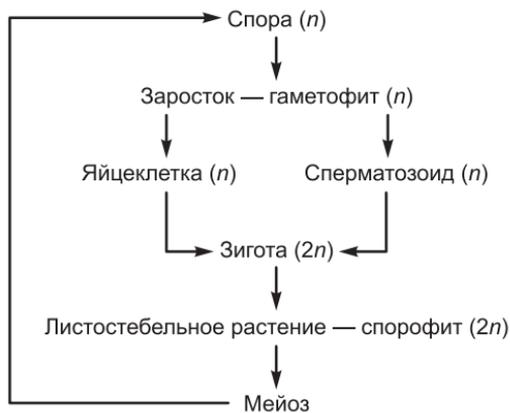


Рис. 17. Схема жизненного цикла папоротниковидных

органы: *архегонии* – женские, *антеридии* – мужские; в них созревают женские и мужские гаметы. Оплодотворение происходит при наличии влаги (дождь или обильная роса), задерживающейся под заростком. Из зиготы развивается зародыш, который имеет первичный корешок, стебелек и лист. Вначале зародыш прикреплен к заростку и получает от него питательные вещества. Затем он укрепляется в почве и дает начало взрослому растению.

Таким образом, при развитии папоротника происходит чередование двух резко различающихся между собой поколений. Листостебельное растение, на котором образуются споры, называется *спорофитом* и является бесполом поколением. Оно у папоротника преобладает. Половое поколение – заросток (*гаметофит*) – представлено небольшой зеленой пластинкой (рис. 17).

Часто на корнях папоротника образуются *выводковые почки*, с помощью которых также происходит его бесполое размножение.

Значение папоротников. Некоторые виды папоротников используют в качестве декоративных растений (адиантум, полиподиум, нефролепис). Молодые листья определенных видов употребляют в пищу. Встречаются и ядовитые виды. Отвары корневищ и настойки некоторых папоротников применяют в медицине как болеутоляющие, противовоспалительные, противоглистные средства, для лечения легочных заболеваний, ра-

хита, желудочных расстройств. Господствовавшие в каменноугольный период папоротники наряду с другими растениями участвовали в процессе образования каменного угля.

ПЛАУНОВИДНЫЕ

Плауновидные – одни из самых древних высших растений. Вымершие представители были древесными растениями, современные – травянистые формы (вечнозеленые, ползучие, стелющиеся или прямостоячие). Места произрастания – хвойные и смешанные леса. Наиболее часто встречаются плауны булавовидный, баранец, сплюснутый, можжевельниковый.

У плауна булавовидного ползучий стебель достигает 6 м в длину (рис. 18, а). Снаружи он покрыт эпи-

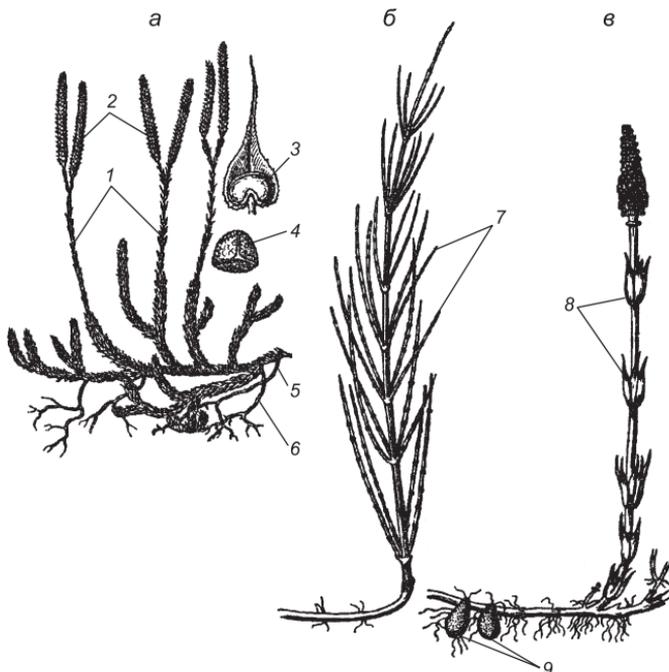


Рис. 18. Представители плауновидных и хвощевидных:
 а – плаун булавовидный; б – вегетативный побег хвоща; в – спороносные побеги хвоща; 1 – вертикальные побеги; 2 – спороносный колосок; 3 – спорангий; 4 – спора; 5 – основной стебель; 6 – придаточные корни; 7 – ассимилирующий побег; 8 – спороносный побег; 9 – клубеньки корневища

дермисом. Листья мелкие, линейно-шиловидные. Проводящая система представлена *трахеидами* и *ситовидными трубками*. От стебля отходят слабо развитые придаточные корни. Стебли и корни ветвятся. Зеленое растение плауна является диплоидным спорофитом.

Размножаются плауны спорами, которые образуются в спорангиях спороносных колосков. Созревание гаплоидных спор у разных видов плаунов происходит в течение нескольких месяцев или лет. Спора прорастает и образует заросток – *гаметофит* размером 2–3 мм. Он не имеет хлорофилла; на верхней его стороне образуются *архегонии* и *антеридии*. Развитие заростка происходит в течение 6–15 лет. Из образовавшейся после оплодотворения зиготы формируется *спорофит*. От образования спор до взрослого спорофита проходит 12–18 лет. Продолжительность его жизни может составлять несколько десятилетий.

Вегетативное размножение плаунов происходит почками и побегами.

|| **Значение плаунов.** Споры плаунов (ликоподий) применяют в медицине в качестве детской присыпки и при пролежнях. В металлургической промышленности они используются для обсыпания форм при выплавке чугуна. Плауны не поедаются животными.

ХВОЦЕВИДНЫЕ

В позднем девонском и каменноугольном периодах хвощевидные были представлены древовидными формами. В настоящее время – это многолетние травянистые растения с хорошо развитым корневищем с придаточными корнями и почками. Наземная часть у видов умеренной зоны – 0,5–1,0 м, у тропических видов – до 12 м. Наиболее часто встречаются хвощи полевой, зимующий, лесной, болотный. Места их произрастания – широколиственные леса, луга, болота и пашни преимущественно Северного полушария. Стебель неветвящийся. Побеги членистые – *междоузлия* и *узлы* с мутовчато расположенными листьями. Стенки клеток всего растения и эпидермис пропитаны *кремнеземом*, выполняющим механическую и защитную функции. Снаружи стебель покрыт *кутикулой* и *восковым налетом*. Кора стебля содержит *ассимиляционную паренхиму*. Проводящая система представлена *трахеида-*

ми или сосудами ксилемы и ситовидными трубками флоэмы. На подземных корневищах образуются утолщения – клубни, клетки которых содержат запасные питательные вещества (рис. 18, б).

Весной от корневища отрастают *спорозные побеги* (до 20 см высотой) с колосками. Они не ветвятся и отмирают после созревания спор в спорангиях. Летом от корневища отрастают *зеленые (ассимилирующие) побеги*.

При прорастании споры развиваются *гаметофиты* – мужские и женские заростки (диаметром несколько миллиметров) в виде зеленых пластинок, прикрепленных к почве ризоидами.

Оплодотворение у хвощей, как и у всех споровых растений, происходит при наличии влаги. Из прорастающей зиготы развивается спорофит.

Значение хвощей. Хвощи не играют существенной роли в формировании растительных сообществ. Благодаря содержанию кремнезема их используют для чистки металлической посуды. Некоторые виды хвощей обладают мочегонным и вяжущим действием.

Хвощ болотный вызывает отравление у животных, поскольку содержит вещество, разрушающее витамин В₁.

ГОЛОСЕМЕННЫЕ

Голосеменные – это растения, которые не имеют цветков, размножаются семенами, но не образуют плодов. Семена их располагаются открыто на внутренней стороне чешуевидных листьев, образующих шишку, и защищены только семенной кожурой. Расцвет голосеменных растений относится к палеозойской и мезозойской эрам.

В настоящее время голосеменных растений насчитывается около 720 видов. Среди них встречаются гиганты, например секвойя (достигает 100 м высоты, толщина ствола 10 м), мамонтово дерево (продолжительность жизни – до 4 тыс. лет, толщина ствола до 12 м), кипарис болотный (толщина ствола до 16 м). Наиболее обширную группу составляют хвойные, к которым относятся сосна, ель, кедр, лиственница, тисс, можжевельник, кипарис и др.

Голосеменные представлены деревьями или кустарниками. В северном полушарии они образуют крупные лесные массивы. Сосна и ель наиболее часто встречаются в

умеренной зоне. По значению в природе и жизни человека хвойные занимают второе место после цветковых растений.

Листья хвойных мелкие, чешуйчатые или игловидные, называются *хвоей*. Хвоя покрыта кутикулой. Устьица глубоко погружены в ткань листа, что уменьшает испарение воды. Хвоя живет от 3 до 7 лет, опадает и заменяется постепенно. Стебель хвойных включает кору, древесину и слабо выраженную сердцевину. Проводящая ткань представлена трахеидами, выполняющими и механическую функцию. В коре и древесине хвойных имеются *смоляные ходы* – межклеточные пространства, заполненные эфирными маслами и смолой, которые выделяются клетками, выстилающими канал. Смола защищает растение от проникновения микроорганизмов и насекомых. Корневая система обычно стержневая. Короткие боковые корни часто содержат микоризу.

Голосеменные приспособлены к жизни на суше во многих отношениях лучше, чем споровые растения. Их размножение не связано с наличием влаги, так как пыльца переносится ветром с мужского спорофита на женский. Оплодотворение совершается с помощью пыльцевой трубки. Благодаря развитию камбия и вторичной древесины многие голосеменные растения достигают больших размеров.

Из семейства *Сосновые* наиболее часто встречаются сосна, ель, пихта, лиственница.

Сосна – светолюбивое растение, нетребовательное к почве. Она растет на песках, на скалах, на болотах. В зависимости от места произрастания у нее развивается преимущественно либо главный корень, либо система боковых корней. Растущая в лесу сосна может достигать 50 м в высоту. Она имеет прямой ствол, покрытый красно-бурой корой. Низкий тонкий ствол встречается у сосны, растущей на болоте. Продолжительность жизни сосны – 350–400 лет.

Сосна – однодомное растение. Весной на некоторых ее побегах образуются двоякого рода шишки – мужские и женские. *Шишка* представляет собой видоизмененный побег (рис. 19). Мужские шишки сосны зеленовато-желтого цвета собраны в густые колосовидные «соцветия» у основания удлиненных молодых побегов. Каждое «соцве-

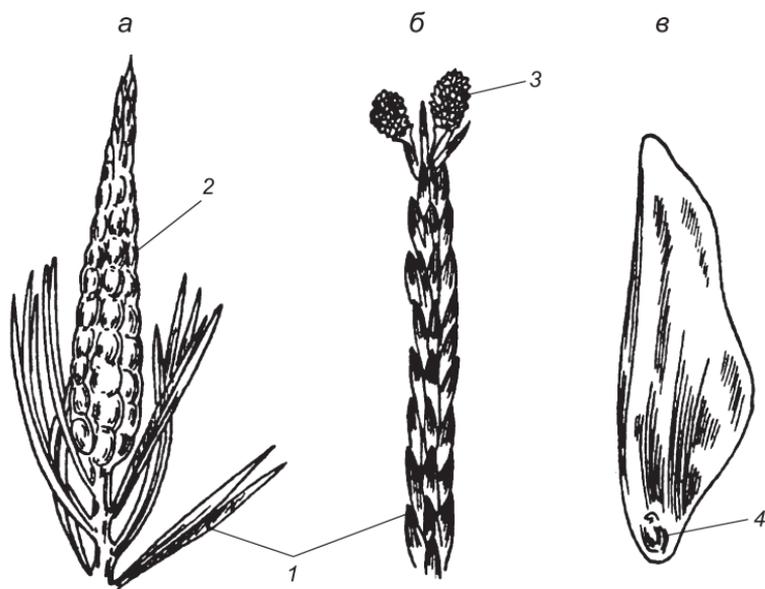


Рис. 19. Схема строения видоизмененных побегов сосны:

а – мужская шишка; *б* – женская шишка; *в* – крылышко; 1 – побег; 2 – пыльники; 3 – шишка с семяпочками; 4 – семя

тие» состоит из отдельных плотно сидящих друг около друга шишек. На нижней стороне их чешуек находятся по два *микроспорангия* – *пыльцевых мешка*. В них мейозом образуются микроспоры, из которых развивается и созревает пыльца, представляющая собой мужской гаметофит. В результате ряда митозов в нем образуются два *спермия* (мужские гаметы) и *пыльцевая трубка*. *Пыльцевое зерно* имеет овальную форму. Его оболочка образует два воздушных пузырька, что облегчает перенос пыльцы ветром на большие расстояния. Красноватые женские шишки, более крупные, чем мужские, располагаются поодиночке на верхушках молодых побегов текущего года. Они имеют чешуи двух типов: наружная – *кроющая*, внутренняя – *семенная*. На каждой семенной чешуе с внутренней стороны образуются по два *семязачатка* (*семяпочки*). Семязачаток несет макроспорангий, в котором в результате ряда делений формируется макроспора, затем – женский гаметофит с гаплоидным набором хромосом. На нем закладываются архегонии с крупными яйцеклетками.

Опыление у сосны происходит через год в конце мая – начале июня. Созревшая пыльца разносится ветром и падает на семенные чешуйки, после чего они смыкаются и склеиваются смолой. От опыления до оплодотворения у сосны проходит 12 месяцев. Пыльца прорастает пыльцевой трубкой к яйцеклетке, через нее входит одна мужская гамета, вторая гамета погибает. После оплодотворения семязачаток превращается в *семя*, которое имеет зародыш, эндосперм (запас питательных веществ) и семенную кожуру. Эндосперм образуется в семязачатке до оплодотворения. Покров семязачатка превращается в кожуру семени. Развивающийся зародыш содержит корешок, стебелек, несколько семядолей и почечки. Шишки вначале имеют зеленый цвет, позже становятся коричневыми. Семена у сосны созревают к осени следующего года. От опыления до созревания семян у сосны проходит 1 год и 8 месяцев. Обычно зимой одревесневшие семенные чешуи расходятся, и семена, имеющие крыловидные придатки, разносятся ветром. Попав в благоприятные условия, семена прорастают, давая начало спорофиту – крупному листостебельному растению.

У сибирской сосны, называемой *кедровой*, семена не имеют крылышек. Они известны под названием «*кедровые орешки*», но таковыми не являются. Настоящие кедры растут в горах Северной Африки, на востоке Средиземного моря и в Гималаях. Их семена несъедобны.

Ель в отличие от сосны теневыносливое растение. Ее высота 60–70 м. Продолжительность жизни – до 500–600 лет. Ель развивает густую пирамидальную крону. Нижние ее ветви обычно не отмирают, а сохраняются, поэтому еловые леса темные. Ель требовательнее к окружающим условиям и растет на более плодородных и достаточно увлажненных почвах. Ее корневая система меньше развита, чем у сосны, и расположена более поверхностно, поэтому сильные ветры могут «вырвать» дерево с корнями. Листья ели – *хвоя* – игольчатые, четырехгранные или плоские, расположены поодиночке на побегах и сохраняются на дереве 7–9 лет. Если шишки сосны имеют длину 4–5 см, то у ели они 10–15 см длиной и развиваются в течение одного года. Размножение у ели происходит так же, как у сосны. В средней полосе наиболее распространены два вида ели – ель обыкновенная (европейская) и ель сибирская.

Пихта внешне похожа на ель. Ее высота достигает 80 м. Хвоинки плоские, мягкие.

Лиственница (сибирская, даурская, европейская) имеет мягкую хвою, которая сбрасывается на зиму. Хвоинки расположены пучками на укороченных побегах. Древесина лиственницы твердая, долговечная.

Тисс ягодный – дерево до 35 м высоты, достигает возраста 3–4 тыс. лет. Имеет красивую прочную древесину. Древесина, кора и хвоя тисса ядовиты.

Можжевельник (туркестанский, туркменский (арча), обыкновенный (верес), казахский) – небольшие вечнозеленые деревья или кустарники. Листья у можжевельника игловидные или чешуйчатые. Мягкие чешуи его женских шишек сростаются, образуя «шишко-ягоды».

Значение хвойных. Как и все зеленые растения, хвойные образуют органические вещества, поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Хвойные леса задерживают таяние снега и обогащают почву влагой. Сосна выделяет *фитонциды* – летучие вещества, обладающие антибактериальным действием.

Человек использует хвойные как ценный строительный и поделочный материал («корабельная сосна», «красное дерево» – древесина секвойи, устойчивая к гниению древесина лиственницы). Древесина ели идет на изготовление музыкальных инструментов и бумаги. Зеленую хвою используют как лекарственное сырье. Из смолы хвойных получают скипидар, канифоль, сургуч, лаки, спирт, пластмассы. Из семян сибирской кедровой сосны вырабатывают пищевое масло. Из древесины пихты производят бумагу, из коры получают пихтовый бальзам, из пихтовых лапок – эфирное масло для синтеза камфоры. Лиственница используется в качестве строительного материала, в судостроении. «Шишки» можжевельника применяют в качестве лекарственного средства (для легочных сборов). Многие хвойные культивируют как декоративные растения (пихта).

ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ (ЦВЕТКОВЫЕ)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ

Покрытосеменные, или *цветковые*, *растения* в настоящее время господствуют в растительном покрове Земли. Их насчитывают около 250 тыс. видов. Покрытосеменные – наиболее высокоорганизованные растения. Они представлены разными жизненными формами – деревьями, кустарниками, травами; имеют различную продолжительность жизни – однолетние, двулетние, многолетние. Их широкое распространение, многообразие и приспособленность к различным условиям внешней среды связаны с рядом прогрессивных черт, которые они приобрели в процессе эволюции:

- ♦ наличие органа полового размножения – цветка (отсюда название – цветковые);
- ♦ двойное оплодотворение; эндосперм образуется после оплодотворения;
- ♦ расположение семязачек в завязи пестика, развитие плода из завязи, а семян – внутри плода (отсюда название – покрытосеменные);
- ♦ усложнение и дифференцировка вегетативных органов и тканей, проводящей системы и вегетативного размножения;
- ♦ симподиальное ветвление, что обеспечивает большую поверхность для ассимиляции и испарения.

ТКАНИ РАСТЕНИЙ

Если рассмотреть под микроскопом тонкие срезы различных частей цветкового растения, то можно заметить, что клетки их неодинаковы, они могут быть собраны в группы, между которыми находятся промежутки – *межклетники*.

.....
Группы клеток, имеющих одинаковое происхождение, сходное строение и выполняющих одинаковые функции, называются тканями.
.....

Ткани классифицируют по основной из выполняемых ими функций.

1. Образовательные ткани, или меристемы (от греч. меристос – делимый):

♦ *верхушечные (апикальные)* – точки роста стебля и корня;

♦ *боковые (латеральные)* – камбий, перицикл;

♦ *вторичная (феллоген)* – пробковый камбий; формирует покровную ткань – *пробку*;

♦ *вставочная (интеркалярная)* – отдельные участки в зонах активного роста (в междоузлиях стебля и у оснований растущих листьев);

♦ *раневая (травматическая)* – возникает из клеток паренхимы и «затягивает» пораженный участок.

Клетки образовательной ткани интенсивно делятся и сохраняют физиологическую активность на протяжении всей жизни. Она дает начало другим тканям и обеспечивает рост растения.

2. Покровные ткани (эпидермис, пробка и корка). Защищают внутренние ткани от механических воздействий, колебаний температуры, проникновения микроорганизмов. *Эпидермис*, или *кожица*, – однослойная живая ткань листьев и зеленых побегов (первичная покровная ткань). Клетки ее содержат цитоплазму, ядро, вакуоли, лейкопласты и нередко – хлоропласты и устьичный аппарат. Эпидермис имеет ряд придаточных образований в виде кутикулы, воскового налета, различных волосков. Функция эпидермиса – регуляция газообмена и транспирации. *Эпibleма (ризодерма)* – первичная однослойная покровная ткань корня; развивается из клеток апикальной меристемы. Не имеет устьиц, содержит много митохондрий. Функция ризодермы – поглощение воды и минеральных солей из почвы. *Пробка* – вторичная покровная ткань – возникает на месте эпидермиса, покрывает стебли и корни многолетних растений. У деревьев пробка образует *кору*. Клетки ее мертвые. Протопласт отсутствует; полость клеток заполнена воздухом или смолистыми веществами. Толстые клеточные стенки пропитаны жироподобным веществом и непроницаемы для воды и газов. Функция пробки – защитная. Комплекс отмерших слоев пробки и основной ткани образует *корку* – наружный слой ветвей, стволов и корней старых деревьев. Это третичная покровная ткань.

3. Механические ткани наиболее развиты в стебле (по периферии) и в корне (в центре). Перечислим их:

♦ *колленхима* – возникла из клеток паренхимы; вытянутые по оси органа клетки с неодревесневшими утолщенными оболочками (находится в черешках и листовых пластинках, в растущих частях стеблей);

♦ *склеренхима* – волокна лубяные и древесинные; клетки мертвые, лишены протопласта, имеют толстые оболочки;

♦ *склериды* – каменные клетки с утолщенными одревесневшими оболочками (мякоть плодов груши, скорлупа орехов).

4. Проводящие ткани (*ксилема* и *флоэма*). Обеспечивают проведение ко всем частям растения воды, растворов минеральных солей и органических веществ. Трахеиды и трахеи осуществляют *восходящий ток* (вода и растворы солей) и входят в состав ксилемы. *Трахеиды* – мертвые вытянутые клетки с одревесневшими стенками, лишены цитоплазмы. Диффузная связь между ними поддерживается благодаря наличию в стенках пор. Передвижение жидкости в них идет медленно. Благодаря прочным стенкам трахеиды выполняют и механические функции. Сосуды (*трахеи*) представляют собой соединения трубчатых клеток, в стенках которых чередуются одревесневшие и неодревесневшие участки. Частично в них сохраняется и цитоплазма. Движение тока жидкости в сосудах идет с большой скоростью. *Ситовидные трубки* (элемент флоэмы) осуществляют *нисходящий ток* – передвижение органических веществ (продуктов ассимиляции). Это живые вытянутые клетки, содержащие цитоплазму и лишены ядер. Их поперечные перегородки пронизаны отверстиями. Ситовидные трубки обычно расположены пучками, снабжены клетками-«спутницами» и следуют параллельно сосудам. Проводящие ткани – комплексные. Сосудисто-волокнистые пучки – это объединение ксилемы и флоэмы, древесинных и лубяных волокон и клеток паренхимы. Открытые сосудисто-волокнистые пучки содержат камбий (один слой делящихся клеток), закрытые – не имеют его и не способны к росту – образованию новых клеток.

5. Основная ткань, или **паренхима**. Выделяют несколько видов основной ткани. *Ассимиляционная паренхима* – *хлоренхима* (мякоть листа, зеленые клетки коры

стебля) осуществляет фотосинтез и состоит из тонкостенных живых клеток с большим количеством хлоропластов. *Водоносная паренхима* (стебли и листья растений засушливых зон – кактусы, алоэ) накапливает в клетках влагу; *воздухоносная – аэренхима* (водные и болотные растения) – содержит в больших межклетниках запасы воздуха и обеспечивает плавучесть растений. *Запасающая паренхима* (эндосперм, клубни, луковицы, сердцевина стебля) хранит запасы питательных веществ.

.....
*Часть растения, занимающая определенное положение, имеющая характерную форму и строение и выполняющая специфическую функцию, называется **органом**.*
.....

В состав органа входят обычно несколько тканей разных типов. Корень, стебель и лист являются **вегетативными органами** высшего растения. Они обеспечивают жизнь растения и участвуют в бесполом (вегетативном) его размножении. Цветок участвует в половом размножении и относится к **генеративным, или репродуктивным, органам**. К генеративным органам цветкового растения относятся также плод и семя.

ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ

Корень является осевым органом, обладает положительным геотропизмом, неограниченным ростом и выполняет следующие функции:

- ◆ закрепляет растение в почве;
- ◆ поглощает воду и растворы минеральных солей и проводит их в надземные органы;
- ◆ служит депо запасных питательных веществ (свекла, морковь);
- ◆ участвует в дыхании;
- ◆ синтезирует биологически активные вещества (гормоны, алкалоиды, витамины, аминокислоты);
- ◆ выделяет в почву различные кислоты (угольную, яблочную);
- ◆ осуществляет симбиоз с другими организмами;
- ◆ является органом вегетативного размножения.

Количество корней у одного растения может быть очень большим – сотни, тысячи, а иногда и несколько

миллионов. Степень их развития зависит от условий окружающей среды. Совокупность всех корней одного растения называется **корневой системой**. Ее составляют три разновидности корней: главный, боковые и придаточные.

Главный корень развивается из корешка зародыша при прорастании семени. *Боковые корни* являются разветвлениями главного или придаточных корней. *Придаточные корни* образуются на стеблях, у некоторых растений – на листьях (на этом свойстве основано размножение черенками; окучивание картофеля способствует развитию придаточных корней).

Корневая система, в которой хорошо выражен главный корень, называется *стержневой* (рис. 20, а). Она характерна для большинства двудольных растений (щавель, подсолнечник, клевер). Если зародышевый корешок рано

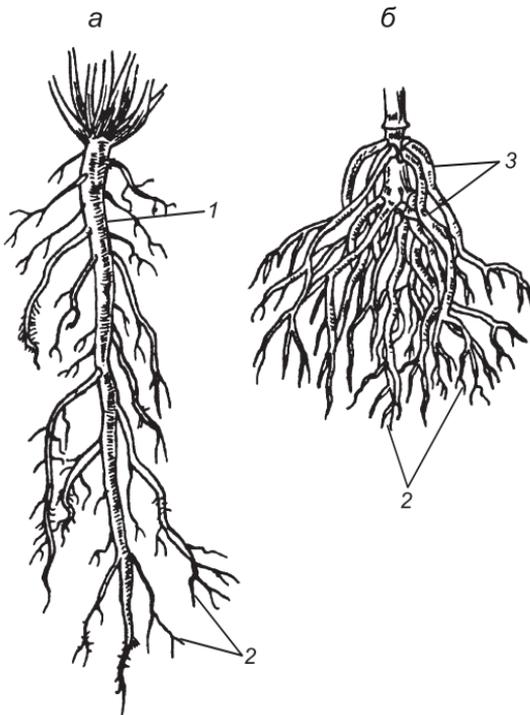


Рис. 20. Типы и строение корневых систем: а – стержневая система; б – мочковатая система; 1 – главный корень; 2 – боковые корни; 3 – придаточные корни

отмирает или рост его приостанавливается, а корневая система состоит из массы придаточных и боковых корней, она носит название *мочковатой* (рис. 20, б). Мочковатая корневая система характерна для однодольных и травянистых двудольных растений (хлебные злаки, лук, чеснок, тюльпан).

Размеры корневой системы у разных растений различны. Корни яблони проникают в почву на глубину 3–4 м, а в стороны от ствола – до 15 м, у клевера и пшеницы – на глубину до 2 м; у растений водоемов они располагаются близко к поверхности почвы.

У некоторых растений развиваются надземные корни следующих типов:

- ♦ *воздушные* (орхидей) – образуются на стеблях и свисают вниз;

- ♦ *ходульные* (мангровые растения тропиков) – отходят от ствола, достигают поверхности почвы и внедряются в нее;

- ♦ *цепляющиеся* (плющ);

- ♦ *дыхательные* (болотные растения тропиков) – поднимаются над поверхностью болота и обеспечивают дыхание растений;

- ♦ *корни-подпорки* (у болотных растений).

По форме корни довольно однообразны: **цилиндрические** (хрен), **конические** (одуванчик) или **нитевидные** (пшеница, подорожник). Внутреннее строение можно рассмотреть на продольном и поперечном срезах корня.

На **продольном срезе растущего корня** можно выделить следующие зоны: зону деления клеток, зону роста, зону всасывания и зону проведения (рис. 21). Любой корень – главный, боковой или придаточный – растет своей верхушкой, где находится образовательная ткань (*верхушечная меристема*).

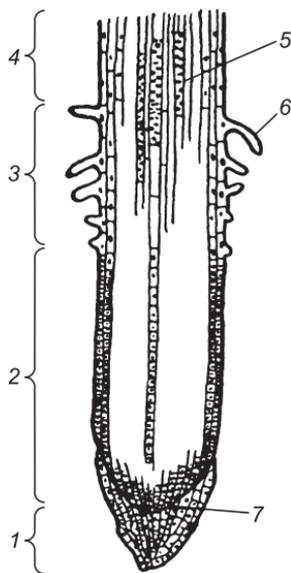


Рис. 21. Схема внешнего и внутреннего строения корня:

1 – корневой чехлик; 2 – зона роста; 3 – зона всасывания; 4 – зона проведения; 5 – сосуды; 6 – корневой волосок; 7 – зона деления клеток

ма), клетки которой интенсивно делятся. *Зона деления (конус нарастания)* с мелкими тонкостенными заполненными цитоплазмой клетками прикрыта *корневым чехликом* (длиной около 1 мм). Его клетки выполняют защитную функцию, выделяют слизь, которая облегчает продвижение корня в почве, и определяют направление роста корня (положительный геотропизм). Клетки корневого чехлика недолговечны. Они быстро отмирают, слущиваются и постоянно заменяются новыми. Перестав делиться, клетки зоны деления вытягиваются вдоль оси корня и увеличиваются в размерах. Они составляют следующую зону – *зону растяжения, или роста*. На расстоянии 2–3 мм от кончика корня находится *зона всасывания, или зона корневых волосков*. Корневые волоски хорошо заметны невооруженным глазом у некоторых проростков (горох, пшеница), имеют вид легкого пушка. Они образуются из клеток первичной покровной ткани корня (эпibleмы). *Корневой волосок* представляет собой выпячивание (до 10 мм длиной) клетки кожицы корня. Он покрыт клеточной оболочкой, под которой находятся цитоплазма, ядро, лейкопласты, вакуоль с клеточным соком, митохондрии. Корневые волоски живут 10–20 суток, а затем отмирают. По мере роста корня образуются новые корневые волоски. Проникая между частицами почвы, они всасывают воду и растворенные в ней минеральные вещества. За зоной всасывания следует *зона проведения*, по клеткам которой вода с минеральными солями передвигается к стеблю. В этой зоне начинается ветвление главного корня и появление боковых корней.

На **поперечном срезе молодого корня** определяется *первичное его строение*: наружный слой – *покровно-всасывающая ткань (ризодерма, эпibleма)*, средний – *первичная кора*, в центре – *осевой цилиндр, или стела*. Э п и б л е м а к о р н я – *кожица с корневыми волосками* – выполняет как покровную функцию, так и функцию всасывания воды и минеральных веществ из почвы (рис. 22).

Первичная кора состоит из экзодермы, мезодермы и эндодермы. Клетки *экзодермы* расположены плотно, в несколько рядов. *Мезодерма* – это паренхима первичной коры. Ее клетки живые; они выполняют запасную функцию и проводят воду и минеральные соли от корневых волосков в центральный осевой цилиндр. *Эндодерма* –

это внутренний слой клеток первичной коры, расположенных в один ряд. Их оболочки пропитаны *суберином* и *лигнином* и непроницаемы для воды и газов. Вода и минеральные вещества проходят по *пропускным клеткам* с тонкими целлюлозными стенками.

Наружный слой стелы (центрального осевого цилиндра) состоит из клеток *перидикла* (образовательная ткань, зачатки боковых корней и придаточных почек). В стеле элементы первичной флоэмы чередуются с лучами первичной ксилемы.

У споровых и растений класса **Однодольные** первичная структура корня сохраняется в течение всей жизни, у голосеменных и двудольных – до появления камбия и начала утолщения корня.

Вторичное строение корня формируется с появлением прослоек камбия из тонкостенных клеток паренхимы центрального цилиндра под участками первичной флоэмы. К центру камбий откладывает клетки вторичной ксилемы (*древесины*), а к периферии – элементы вторичной флоэмы (*луб*). В перидикле появляется и *пробковый камбий* (*феллоген*), который наружу откладывает клетки вторичной покровной ткани – *пробки*. Пробка изолирует первичную кору от проводящих тканей, она отмирает и сбрасывается. Корень вторичного строения содержит пробку и вторичную кору, камбий и ксилему с сердцевинными лучами.

Для нормального роста корня необходимо обеспечение его растворами минеральных веществ и в достаточном количестве – водой. Почва должна быть взрыхленной, чтобы

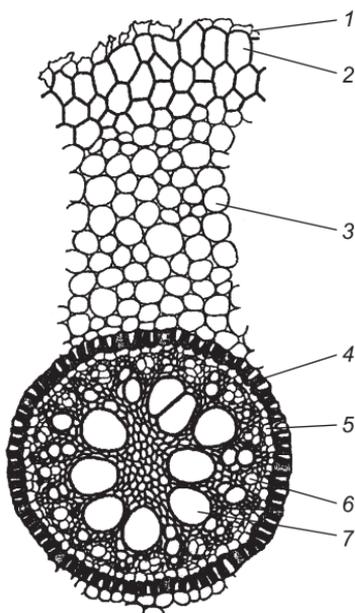


Рис. 22. Первичное строение корня однодольного растения: 1 – ризодерма; 2 – экзодерма; 3 – мезодерма; 4 – эндодерма; 5 – перидикл; 6 – элементы флоэмы радиального сосудисто-волокнистого пучка; 7 – лучи первичной ксилемы

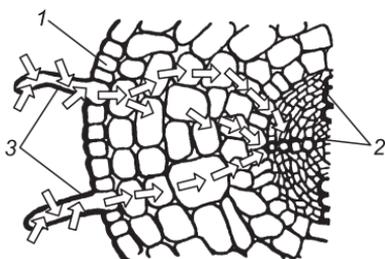


Рис. 23. Схема движения раствора минеральных солей в клетках корня (поперечный срез): 1 – кожа; 2 – сосуды; 3 – корневые волоски

в нее свободно поступал воздух, обеспечивая дыхание корней, и достаточно теплой.

Поступление раствора минеральных веществ в корневую волосок происходит благодаря разности их концентраций в клеточном соке и в почве (посредством диффузии и активного транспорта). Далее эти растворы продвигаются по паренхиме от клеток

с меньшей сосущей силой к клеткам с большей сосущей силой (рис. 23). Величина *сосущей силы* определяется разностью осмотического и тургорного давления. Различие в концентрации солей создает *осмотическое давление*, которое обуславливает диффузию веществ через клеточную оболочку. *Тургорное давление* – это давление, которое оказывает живое содержимое клетки на ее оболочку. Движение раствора минеральных солей от корня вверх по сосудам обеспечивается *корневым давлением*, которое с силой выталкивает раствор из клеток корня в сосуды, и испарением воды листьями.

Растения в теплицах можно выращивать без почвы, на водной среде, содержащей все необходимые им элементы. Такой способ получил название *гидропоники*. Существует также способ *аэропоники* – воздушной культуры, когда корневая система находится в воздухе и периодически опрыскивается питательным раствором.

Видоизменения корней:

✦ *корнеплоды* – видоизменения главного корня, богатые запасными питательными веществами (морковь, свекла, петрушка);

✦ *корневые клубни* – утолщенные придаточные корни (георгины);

✦ *корневые клубеньки*, в которых поселяются азотфиксирующие бактерии, переводящие молекулярный азот в связанное состояние для усвоения его высшими растениями (семейство Б о б о в ы е).

Корни многих растений вступают в симбиоз с грибами (*микориза*) и клубеньковыми бактериями (*ризобиум* или *цианобактерии*). *Эктотрофная*, или *наружная, микориза* заменяет растению корневые волоски, и они не развиваются (дуб, береза, клен, орешник и др.). У травянистых и некоторых древесных растений (злаки, виноград, вереск и др.) развивается *эндоморфная микориза*. Не встречается микориза только у крестоцветных и осоковых.

.....
Стебель – это надземная часть растения; представлена системой ветвящихся побегов. **Побегом** называется стебель с листьями и почками, выросший в течение одного вегетационного периода.
.....

Следовательно, основными частями побега являются стебель, листья и почки. Участок стебля, от которого отходит лист (или листья), носит название *узла*, а расстояние между соседними узлами – *междоузлия*. Побег могут быть укороченными и удлинненными в зависимости от длины междоузлий.

У некоторых растений стебель растет в высоту очень быстро (бамбук за сутки дает прирост 30–100 см). Рост стебля может происходить или за счет деления клеток конуса нарастания (*верхушечный рост*), или за счет активного роста междоузлий (*вставочный рост* у злаков и хвоща).

Главный стебель развивается из почечки зародыша семени. **Почка** – это зачаточный побег, который имеет укороченный стебель с зачаточными листьями или цветками. Почка прикрыта плотными чешуями, выполняющими защитную функцию. Почки различаются по форме, размерам, окраске, расположению и строению.

Вегетативные почки бывают верхушечными и боковыми (пазушными и придаточными). В е р х у ш е ч н а я п о ч к а располагается на верхушке стебля. Она включает конус нарастания, размножение клеток которого обеспечивает рост стебля в длину. Верхушечная почка оказывает тормозящее действие на пазушные почки, поэтому при ее разрушении или удалении трогаются в рост б о к о в ы е п о ч к и. *Пазушные почки* располагаются в пазухах листьев. Из них формируются боковые побеги и происходит ветвление стебля. Те пазушные почки у древесных пород, которые не развиваются весной, называются

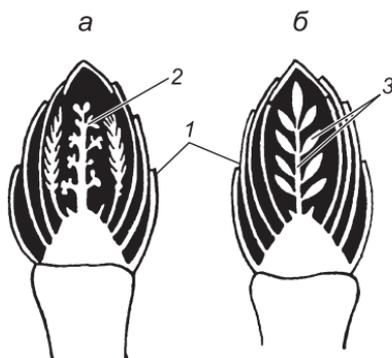


Рис. 24. Схема строения почки: а - цветочная почка; б - листовая почка; 1 - почечные чешуи; 2 - зачаточные цветки или соцветия; 3 - зачаточный стебель и листья

спящими. Они прорастают в случае повреждения стебля. Расположение пазушных почек аналогично расположению листьев на стебле. Придаточные почки образуются на любой части стебля, на корнях, на листьях. Благодаря им возможно вегетативное размножение растений.

Кроме вегетативных на растении имеются генеративные (цветочные) почки. Они крупнее вегетативных и имеют более округлую форму (рис. 24).

На продольном разрезе видно, что под чешуйками по продольной оси почки проходит зачаточный стебель. В листовых почках к нему прикрепляются маленькие зачаточные листья, а самый кончик зачаточного стебля состоит из образовательной ткани (меристемы) и представляет собой конус нарастания. Такая почка дает начало побегу и обеспечивает значительный прирост стебля. В цветочных почках на зачаточном побеге мало листьев, а на верхушке его расположены зачатки цветка или соцветия. Развитие цветочной почки дает побег с бутонами и незначительный прирост стебля.

По характеру роста выделяют следующие разновидности побегов:

- ♦ *прямостоячие* (кукуруза, подсолнечник);
- ♦ *ползучие* (камнеломка, земляника) – образуют придаточные корни и укореняются в почве;
- ♦ *вьющиеся* (лиана, хмель, вьюнок);
- ♦ *лазающие* (плющ, горох, виноградная лоза) – цепляются за опору при помощи усиков или придаточных корней.

Прямостоячие побеги могут быть *травянистыми* (травы и молодые побеги древесных пород) или *одревесневшими* (деревья и кустарники), *многолетними* (деревья) или *однолетними* (травы). Одревеснение у растений происходит со второй половины лета первого года жизни.

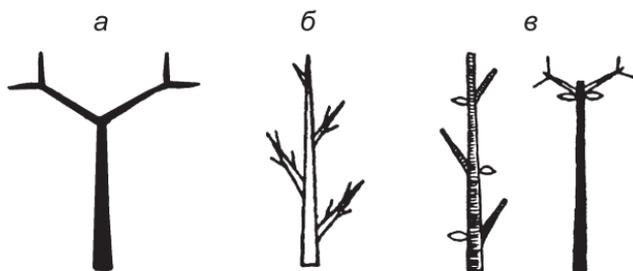


Рис. 25. Типы ветвления стебля:
 а – дихотомическое; б – моноподиальное; в – симподиальное

Стебель является осевой частью побега. Рост стебля обычно сопровождается его **ветвлением**, которое может иметь следующие виды (рис. 25):

♦ *верхушечное (дихотомическое)* – наиболее древнее; оно наблюдается у мхов и плаунов; конус нарастания делится на две части в виде вилки и дает начало двум осям следующего порядка;

♦ *боковое моноподиальное* – образуется главная ось, которая растет верхушкой в течение всей жизни растения, а боковые ветви развиваются из пазушных почек главного стебля и обнаруживают аналогичное ветвление (голосеменные, из древесных – дуб, клен, черемуха, травянистые – одуванчик, клевер, подорожник);

♦ *боковое симподиальное* – отмирает верхняя часть побега; новый побег развивается из верхней пазушной почки и продолжает главную ось (тополь, береза, ива, брусника, осоки).

Ветвление стебля можно вызвать искусственно, если срезать у него верхушку. Изучив систему ветвления, можно вызвать распускание большого числа листовых или цветочных почек. В первом случае увеличивается фотосинтезирующая поверхность растения, во втором – количество плодов, т. е. таким способом можно регулировать урожайность и качество плодов.

Ветвление у древесных пород приводит к образованию **кроны**. Крона дерева в результате последовательного ветвления состоит из ветвей разных порядков. Низшие порядки ветвления – это ветви второго и третьего порядков. При моноподиальном ветвлении крона дерева обычно принимает пирамидальную форму, в остальных случаях она мо-

жет быть округлой, шарообразной. Побеги кроны оказываются разновозрастными – старые, среднего возраста и молодые.

Основные функции стебля:

- ✦ связывает между собой все органы растения;
- ✦ обеспечивает восходящий и нисходящий токи веществ;
- ✦ определяет положение растения, несет листья, цветы и плоды;
- ✦ запасает и хранит питательные вещества (крахмал, жир и др.);
- ✦ участвует в фотосинтезе (зеленые клетки кожицы);
- ✦ является одним из органов вегетативного размножения (на любом его участке могут образовываться придаточные почки и корни).

На поперечном срезе ветки или на спиле дерева четко различаются четыре слоя: кора, камбий, древесина и сердцевина (рис. 26).

Кора имеет два слоя: наружный и внутренний. *Наружный слой коры* у молодых стеблей представлен тонкой *кожицей*. Ее клетки у молодых растений осуществляют фотосинтез. С возрастом кожица слущивается, отмирает и заменяется *пробкой* (*вторичная покровная ткань*), которая состоит из мертвых клеток, заполненных воздухом. Кожица и пробка защищают растение от пыли и микроорганизмов, излишнего испарения влаги и промерзания. Газообмен осуществляется через *устьица* в кожице или *чечевички* в пробковом слое. Чечевички имеют вид бугорков и образованы крупными клетками паренхимы с большими межклетниками. У некоторых деревьев (пробковый дуб) пробковый слой достигает толщины 25 см и используется для хозяйственных нужд. *Внутренний слой коры* представлен *лубом* (*флоэма*), в состав которого входят лубяные волокна, ситовидные трубки с клетками «спутницами» и лубяная паренхима. *Лубяные волокна* – механическая ткань – имеют сильно вытянутые клетки с утолщенными одревесневшими оболочками. Они обеспечивают гибкость и прочность стебля. Из лубяных волокон льна изготавливают льняное полотно, из волокон липы – лыко, мочало. *Ситовидные трубки* – разновидность проводящей ткани. Они проводят органические вещества от листьев к корням (нисходящий ток веществ). *Лубяная паренхима* – вид

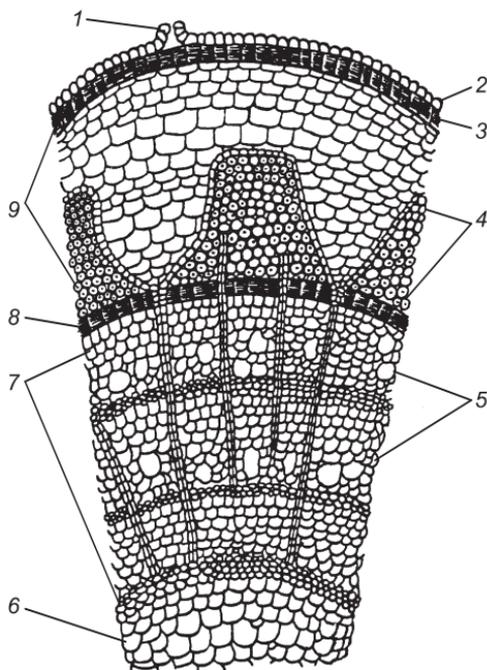


Рис. 26. Схема внутреннего строения древесного стебля:
 1 – чечевичка; 2 – кожа; 3 – пробка; 4 – луб; 5 – сосуды;
 6 – сердцевина; 7 – древесина; 8 – камбий; 9 – кора

основной ткани. В ее клетках откладываются запасные питательные вещества (крахмал) или продукты обмена веществ (соли щавелевой кислоты).

За лубом следует тонкий слой образовательной ткани – **камбий**. Клетки его мелкие, узкие, тонкостенные. Отделение коры от древесины происходит благодаря разрыву этих клеток. Их содержимое делает поверхность древесины влажной и скользкой. Камбий обеспечивает рост стебля в толщину. Деление клеток камбия начинается весной и заканчивается осенью. Клетки, которые откладываются в сторону коры, становятся клетками луба, а в сторону древесины, – новыми клетками древесины. Клеток древесины камбий образует больше, поэтому ее слой значительно толще слоя луба.

Древесина (ксилема) – основная часть ствола дерева. Она образована клетками различной величины и формы и

содержит *древесинную паренхиму, механические волокна*, придающие ей прочность, и *трубковидные сосуды*. По сосудам древесины от корня к листьям передвигаются вода и растворенные в ней минеральные соли (восходящий ток веществ). Слои клеток древесины, образованные за весну, лето и осень, составляют *годовичное кольцо прироста*. В теплое время года (весной и летом) делящийся камбий откладывает крупные клетки, осенью – мелкие, а с наступлением холодов деление его прекращается. Крупные клетки снова начинают откладываться весной. На спиле дерева четко видны границы годовичных колец, по которым можно легко определить возраст дерева и условия, в которых оно росло. Узкие кольца указывают на недостаток освещения, влаги, питания. Широкие годовичные кольца обычно располагаются с южной стороны, узкие – с северной.

Сердцевина занимает центральную часть ствола дерева. Это основная ткань. Она имеет живые крупные клетки с тонкими оболочками. У некоторых растений (бузина) сердцевина рыхлая благодаря крупным межклеточным пространствам. В клетках сердцевины откладываются в запас питательные вещества. По сердцевинным лучам осуществляется горизонтальное передвижение питательных веществ: сердцевина → древесина → луб. Сердцевинные лучи имеют крупные прямоугольные клетки, вытянутые в направлении поперечной оси.

У травянистых растений в отличие от древесных в стебле (соломине) лучше развиты паренхимные ткани; камбий практически не развит, не происходит развития механической ткани, отсутствует одревеснение клеток, разрушается центральная часть стебля.

Побеги многих растений выполняют ряд специализированных функций (вегетативное размножение, накопление и хранение питательных веществ) и соответственно видоизменяются. Наземные части таких растений осенью отмирают, а в почве остаются их корни и видоизмененные побеги. Они помогают растению переживать неблагоприятные условия. **Подземные видоизменения побегов:** корневище, клубень, луковица (рис. 27).

Корневище (многолетние травянистые растения, крапива, брусника, ландыш) по внешнему виду напоминает корень, но отличается от него горизонтальным ростом и отсутствием корневого чехлика. Как и побег, корневище

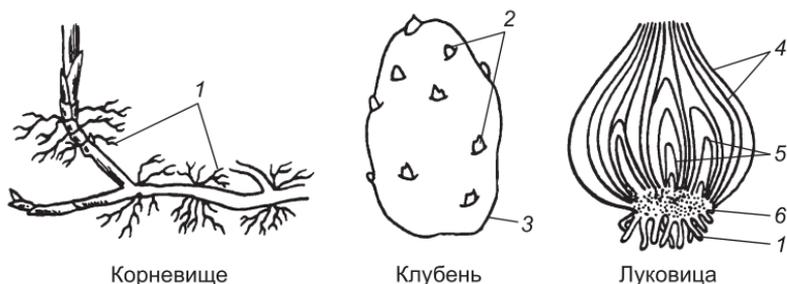


Рис. 27. Видоизменения побега:

1 – придаточные корни; 2 – глазки; 3 – основание клубня; 4 – листовые чешуи; 5 – почки; 6 – донце

расчленяется на узлы и междоузлия. В узлах образуются придаточные корни, а в пазухах видоизмененных листьев – пазушные почки. Корневище имеет верхушечную и боковые почки, из которых вырастают надземные побеги и боковые ответвления. Нормальные зеленые листья обычно отсутствуют. Корневище имеет запас питательных веществ. Продолжительность его жизни от 2–3 до 20–25 лет.

Клубень – верхушечное утолщение подземного побега, которое называется *столоном* (картофель, земляная груша). Питательные вещества откладываются в нем преимущественно в виде крахмала. Клубень картофеля имеет сильно укороченные междоузлия. На нем легко можно обнаружить верхушечную и пазушные почки в виде так называемых глазков. Каждый глазок содержит три и более почки, из которых одна прорастает, а остальные остаются спящими. Клубень картофеля не имеет хлорофилла, но на свету может приобретать зеленый цвет. Молодой клубень покрыт тонкой кожицей, которая позже заменяется пробкой.

Луковица – видоизменение побега луковичных растений (лилия, лук, чеснок, тюльпан). Это укороченный подземный побег. Стеблевая часть луковицы называется *донцем*. К нему прикрепляются видоизмененные сочные листья-чешуи, содержащие питательные вещества и запасы воды; в их пазухах располагаются почки. Наружные чешуи луковицы сухие, кожистые и выполняют защитную функцию. После высадки луковицы из нижней части донца развиваются придаточные корни. Зеленые листья луковичных называют *перьями*, а цветочные стебли – *стрелками*.

Наземные видоизменения побегов:

- ✦ *видоизмененная почка* – зачаточный побег (кочанная капуста);
- ✦ *стеблевые суккуленты* (кактусы, молочай);
- ✦ *колючки* (дикая яблоня, боярышник);
- ✦ *усики* (побеги винограда);
- ✦ *уплощения стебля или побега (филлокладии и кладодии)* у растений засушливых мест.

Лист – важнейший вегетативный орган зеленого растения. Он развивается на стебле. В отличие от осевых органов – стебля и корня – лист имеет двустороннюю симметрию и ограниченный верхушечный рост (нарастает основанием).

Основные функции листа:

- ✦ *фотосинтез*;
- ✦ *газообмен*;
- ✦ *транспирация* (испарение воды).

Лист также может быть депо запасных питательных веществ и органом вегетативного размножения.

Листья характеризуются большим разнообразием продолжительности жизни (у листопадных растений – один вегетационный период, у хвойных – 1,5–5 лет и более), размера (от нескольких миллиметров до 10 м и более) и формы.

Лист большинства растений имеет **черешок**, **листовую пластинку** и **прилистники**. Прилистники – парные боковые выросты. Они защищают молодые листья, участвуют в фотосинтезе. Край листовой пластинки может быть *цельным* (ландыш) или *изрезанным*, например волнистым, зубчатым, пильчатым и т. д.

Выделяют листья *черешковые* и *сидячие* (гвоздика, алоэ), не имеющие черешков.

Листья различаются по типу жилкования. *Жилки* – это сосудисто-волокнистые пучки, которые хорошо различимы на листовой пластинке. Жилки выполняют проводящую и механическую функции. Волокна, входящие в их состав, придают листьям прочность и упругость. Листья злаков имеют *параллельное жилкование*, т. е. жилки располагаются параллельно друг другу. Если жилки располагаются в листовой пластинке дугообразно, выходя из основания листа и смыкаясь на его вершине, то такой тип жилкования называется *дуговым*; встречается у

однодольных растений (лилейные) и у некоторых двудольных (подорожник). Для листьев большинства двудольных характерно *сетчатое жилкование* (липа, яблоня, клен), при котором жилки образуют сильно разветвленную сеть. *Пальчатое жилкование* – примерно одинаковые жилки лучеобразно расходятся в основании листовой пластинки. Жилкование называется *открытым*, если жилки оканчиваются у краев листовой пластинки, не соединяясь между собой, и *закрытым*, если жилки многократно соединяются (пример сетчатого жилкования).

Листья бывают простые и сложные (рис. 28).

Простые листья имеют на черешке одну пластинку – цельную или лопатную. *Цельные* листья по форме пластинки могут быть овальными, округлыми, стреловидными, линейными (сирень, липа). У *лопастных* листьев пластинка имеет вырезы различной глубины (дуб, клен, мак).

Сложные листья на одном черешке имеют несколько листовых пластинок:

- ♦ *тройчато-сложные* (клевер) – три пластинки;
- ♦ *пальчато-сложные* (каштан, люпин) – несколько листовых пластинок прикрепляются к вершине черешка;
- ♦ *перисто-сложные* – листовые пластинки прикрепляются по всей длине черешка: *парноперистые* (горох) – лист заканчивается парой листовых пластинок; *непарноперистые* (ясень, рябина, роза) – лист заканчивается одиночной листовой пластинкой.

Листья на стебле располагаются в определенном порядке. *Листорасположение* называется *очередным* (или *спиральным*), если в стеблевом узле находится по одному листу (роза, тополь, яблоня). Если в узле развиваются два листа напротив друг друга, такое листорасположение называется *супротивным* (гортензия, сирень, клен). При *мутовчатом* листорасположении из стеблевого узла выходят 3–4 и более листьев (конопля, вороний глаз, бамбук).

Видоизменения листьев, возникающие под влиянием условий окружающей среды и выполнения ими дополнительных функций:

- ♦ *листовые колючки* (кактус, барбарис) – защитная функция;
- ♦ *усики* (бобовые) – механическая функция (поддержание стебля);
- ♦ *мясистые листья* (алоэ) – накопление и хранение влаги;

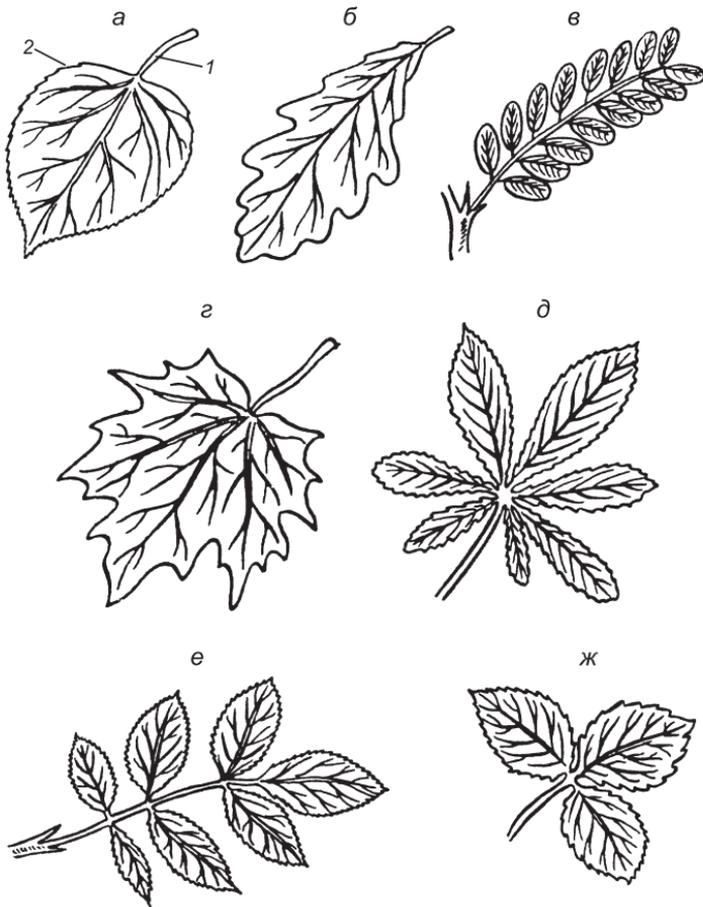


Рис. 28. Внешнее строение листа:

а – цельный (1 – черешок; 2 – листовая пластинка); б – перистолопастный; в – парноперистый; г – пальчатолопастный; д – пальчатосложный; е – непарноперистый; ж – тройчатосложный

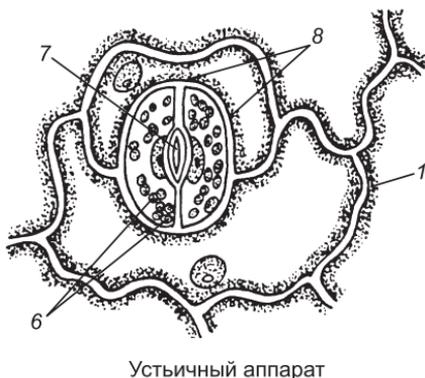
✦ *ловчий аппарат* (росянка, мухоловка) – для захвата и переваривания насекомых (железистые волоски выделяют жидкость, которая привлекает насекомых);

✦ *части цветка* (за исключением цветоножки и цветоложа).

Внутреннее строение листа соответствует выполняемым им основным функциям (рис. 29).

Рис. 29. Схема внутреннего строения листа:

1 – кожица; 2 – губчатая паренхима; 3 – столбчатая паренхима; 4 – жилка; 5 – устьице; 6 – хлоропласты; 7 – устьичная щель; 8 – замыкающие клетки



Сверху и снизу лист покрыт однослойным прозрачным эпидермисом (кожицей). Она защищает его от высыхания, различных повреждений, проникновения микроорганизмов. Клетки кожицы бесцветные. Сверху они могут быть покрыты воском или *кутином* (воскоподобным веществом). Между ними на нижней кожице у наземных растений и на верхней – у водных встречаются парные бобовидные клетки, содержащие хлоропласты. Они входят в состав *устьица*, или устьичного аппарата, и называются *замыкающими*, а щель между ними – *устьичной*. На 1 мм² поверхности листа находится 40–300, а иногда до 1 млн устьиц. Через устьица в лист поступает углекислый газ, а выделяются вода и кислород. В темное время суток устьица закрыты. При освещении листа в замыкающих клетках устьиц идет процесс фотосинтеза. Образующиеся при этом углеводы повышают осмотическое давление в клетках, приводя к увеличению их тургора. Стенки замы-

кающих клеток растягиваются, и просвет щели увеличивается. При усиленном испарении воды в жаркий день, как и при отсутствии фотосинтеза, тургор замыкающих клеток ослабевает, и устьичная щель закрывается. Таким образом, устьица регулируют процесс испарения воды растением (транспирация), что обеспечивает передвижение растворов минеральных солей от корня к листьям, охлаждение растения и защиту его от перегрева.

Основная ткань листа (паренхима, мезофилл, или мякоть) является фотосинтезирующей и представлена клетками двух типов. Перпендикулярно к кожице листа в один или два слоя располагаются прямоугольные клетки *столбчатой паренхимы*. Они заполнены хлоропластами и плотно примыкают друг к другу. Столбчатая паренхима осуществляет только фотосинтез. Между ней и нижней кожицей листа находятся клетки *рыхлой (губчатой) паренхимы*. Эта ткань имеет большие межклетники, и в ее клетках содержится меньше хлоропластов. Губчатая паренхима кроме фотосинтеза участвует в газообмене и транспирации. В листьях, у которых обе стороны освещаются равномерно, паренхима не дифференцирована на столбчатую и губчатую.

Проводящая ткань листа представлена сосудисто-волокнистыми пучками, или жилками. Их сосуды проводят воду и растворенные в ней минеральные соли, а ситовидные трубки – органические вещества. Механические волокна жилок придают прочность листьям.

Помимо испарения влаги, листья осуществляют два важных процесса – фотосинтез и дыхание. От соотношения этих двух противоположных процессов зависит накопление растением массы органического вещества.

С наступлением осени в листьях замедляются процессы транспирации и фотосинтеза. Листья «стареют» и становятся балластом для растения. Старение связано с накоплением в их клетках большого количества минеральных веществ и продуктов обмена. Поэтому сбрасывание листьев имеет для растения и оздоровительное значение. Омертвление листьев вызывает образование отделительного слоя в основании черешка (пробки) и их опадание (сбрасывание). *Листопад* – это закономерное физиологическое явление у растений, биологическая адаптация, обеспечивающая уменьшение испарения влаги в неблагоприятные

для растения периоды года. Растения, сбрасывающие на зиму листья, называют *листопадными* (хвойные сбрасывают листья весной, растения тропиков – перед засушливым периодом). Так называемые *вечнозеленые растения* (брусника, клюква, вереск) сохраняют зеленые листья зимой. Листья этих растений живут несколько лет, постепенно опадают и заменяются новыми.

Значение цветковых растений. Благодаря фотосинтезу растения создают органические вещества из неорганических, очищая атмосферный воздух от углекислого газа и обогащая его кислородом. Растения обеспечивают пищей животных и человека. Зеленые насаждения в городах, населенных пунктах снижают действие шума, очищают и увлажняют воздух. Растения дают человеку техническое сырье, древесину, топливо, лекарства, одежду. Комнатные растения, дикие и культурные декоративные растения оказывают на человека огромное эстетическое воздействие.

РАЗМНОЖЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЦВЕТКОВЫХ РАСТЕНИЙ

Цветковые растения размножаются вегетативным (бесполом) и половым (семенным) путем.

.....
Вегетативное размножение – это размножение частями вегетативных органов растения.
.....

Вегетативное размножение широко распространено в природе, издавна используется человеком при разведении плодовых и ягодных растений, в овощеводстве, лесоводстве, цветоводстве.

Вегетативное размножение побегами:

♦ *отводки* (пихта, виноград, смородина, орешник, слива) – низко расположенные ветви дерева или кустарника при соприкосновении с почвой или присыпанные землей способны в узлах формировать корневую систему и давать побеги;

♦ *плети, или усы* (земляника, ежевика, лютик) – в узлах ползучих побегов развиваются вертикальные побеги и придаточные корни;

♦ *укоренение надземных побегов* (тополь, ива);

♦ *поросль корневая и пневая* (тополь, платан) – после вырубki деревьев или гибели их кроны из придаточных почек коры образуются побеги;

♦ *корневище* (ландыш, мята, пырей);

♦ *луковица* (тюльпан, нарцисс, чеснок, лук);

♦ *клубень* (картофель);

♦ *стеблевые черенки* (традесканция, ива, тополь, бегония, роза).

Вегетативное размножение корнями:

♦ *корневые отпрыски* (тополь, черемуха, осина) – развиваются из придаточных почек на корнях вокруг пней спиленных деревьев;

♦ *корневые черенки* (одуванчик, малина, шиповник, некоторые сорта яблонь) – из придаточных почек посаженного в почву отрезка корня развиваются надземные побеги, а от их основания отрастают придаточные корни.

Вегетативное размножение листьями:

♦ *листовые черенки* (бегония, лимон, узамбарская фиалка) – на посаженных во влажный песок листьях развиваются придаточные почки и придаточные корни.

Вегетативное размножение делением куста:

♦ куст больших размеров можно механически разделить на несколько частей (сирень).

Метод прививки заключается в том, что одно растение (в виде черенка или почки) срачивают с другим растением, сидящим корнями в почве. Цель прививки – использование для питания корневой системы растения, обладающего неприхотливостью к почве, морозостойкостью, устойчивостью к болезням и вредителям и другими свойствами, желательными для улучшения имеющегося сорта. Прививка почкой, или глазком, называется *окулировкой*, прививка черенком – *копулировкой*. При срачивании двух объектов черенок или почка называются *привоем*, а растение с корнем – *подвоем*. Привой и подвой лучше срастаются у растений близких сортов и видов. В плодоводстве успешно применяются межродовые прививки в семействе розоцветных: груша – на айву, абрикос – на сливу. Легко удаются прививки в семействе бобовых. В подавляющем большинстве случаев культурные сорта плодовых прививают на *дички*, т. е. на подвой дикорастущих растений как более выносливые во многих отношениях.

Значение вегетативного размножения. Вегетативное размножение способствует значительному увеличению числа особей и расселению их в природе. Поскольку при вегетативном размножении наследуются признаки материнского организма, в практике селекционной работы и в сельском хозяйстве его используют для сохранения ценных сортов культурных растений и для быстрого повышения их урожайности.

Цветки, плоды и семена являются генеративными органами растения. **Цветок** представляет собой укороченный и видоизмененный побег, предназначенный для полового (семенного) размножения. Цветок развивается из почки, находящейся в пазухе листа. Видоизмененные листья, расположенные под цветком на цветоножке, называются **прицветниками**. Часть стебля, несущая цветок, называется **цветоножкой** (рис. 30). Ее верхняя расширенная часть образует **цветоложе**, на котором располагаются все составные части цветка. Если цветоножка отсутствует, цветки называются *сидячими*.

Женская часть цветка представлена **пестиком**, который находится в его центре. Цветок может содержать один пестик (вишня, слива, капуста) или несколько (шиповник, малина). Пестик состоит из *рыльца*, *столбика* и *завязи*. Пестики, не имеющие столбика, называются *сидячими* (мак). Липкая сахаристая жидкость, выделяемая пестиком, служит для удержания пыльцы на рыльце во время опыления. Внутри завязи находятся *семяпочки (семязачатки)*, из которых после оплодотворения образуются семена.

Пестик окружен **тычинками** (чаще от 3 до 10), каждая из которых имеет тонкую *тычиночную нить*, оканчивающуюся *пыльником*. *Пыльник* состоит из двух *пыльцевых мешков*, соединенных *связником*. В них происходит созрева-

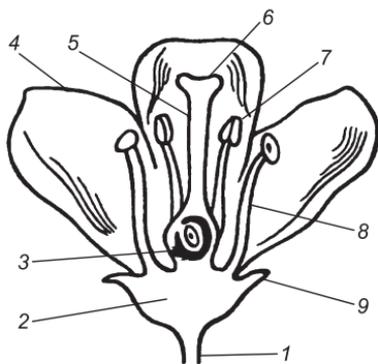


Рис. 30. Схема строения цветка:
1 - цветоножка; 2 - цветоложе;
3 - завязь; 4 - лепесток; 5 - столбик;
6 - рыльце пестика; 7 - пыльник;
8 - тычиночная нить; 9 - чашелистик

ние пыльцы. *Пыльца* (*пыльцевое зерно*) у разных растений внешне разнообразна. Она имеет округлую форму, покрыта оболочкой, которая может быть гладкой или неровной в виде выростов, шипиков. Это способствует удержанию пыльцевого зерна на рыльце пестика или на теле насекомого-опылителя. Тычинка является мужской частью цветка.

Тычинки и пестик окружены **околоцветником**. Он защищает репродуктивные органы растения. *Простой околоцветник* не разделен на чашечку и венчик (тюльпан, пролеска). У ветроопыляемых растений околоцветник частично или полностью редуцирован. *Двойной околоцветник* состоит из чашечки и венчика (вишня). *Чашечка* – наружная часть цветка – обычно представлена зелеными чашелистиками. *Венчик* – внутренняя часть околоцветника. Окраска его лепестков определяется *флавоноидами*, *антоцианами*, *каротиноидами* и рН клеточного сока. Ярко окрашенные лепестки привлекают насекомых-опылителей.

Все части цветка, за исключением цветоножки и цветоложа, образованы видоизмененными листьями. Чашелистики почти не отличаются от листьев. Лепестки имеют форму листьев и хорошо заметные жилки. Каждая тычинка образована одним листом, а пестик – одним или несколькими сросшимися листьями, о чем свидетельствует число средних жилок. Доказательством листового происхождения тычинок и пестиков является также их превращение в лепестки в махровых цветках.

Цветки называются **обоеполыми**, если они имеют и пестик, и тычинки (розоцветные). **Однополые цветки** содержат или только тычинки (*тычиночные цветки*), или только пестики (*пестичные цветки*). У **однодомного растения** (огурец, дуб, береза, кукуруза) тычиночные и пестичные цветки образуются на одном растении, у **двудомного** (ива, тополь, конопля) – на разных.

Для привлечения насекомых-опылителей одиночные цветки обычно имеют ярко окрашенные лепестки и крупные размеры. Привлекает насекомых также *нектар* – сахаристая жидкость, выделяемая *нектарниками* – железами цветка, которые чаще расположены внутри у основания лепестков.

Обычно цветки группируются в определенном порядке, образуя соцветия.

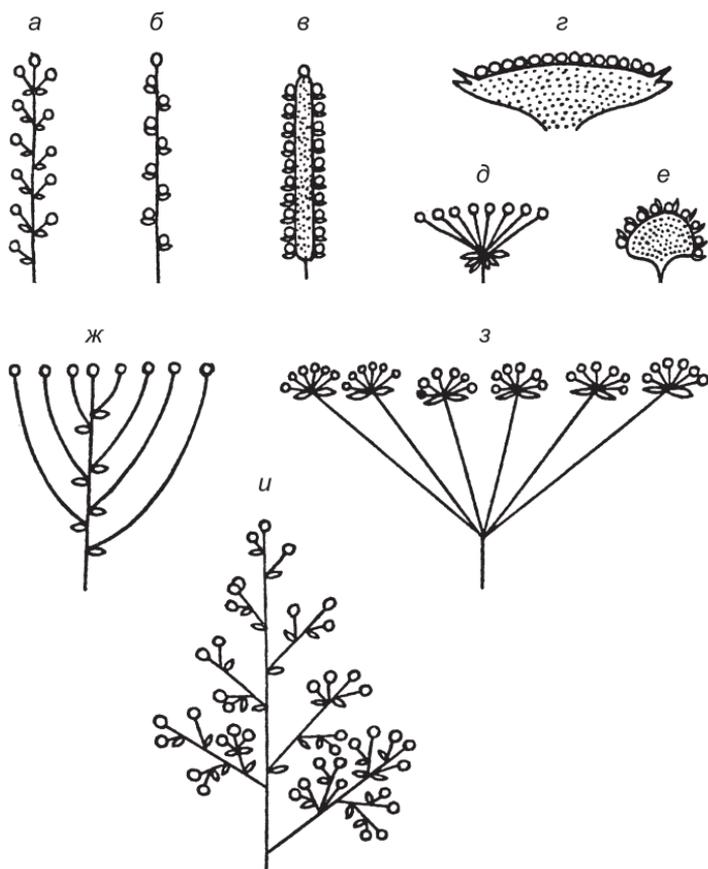


Рис. 31. Типы соцветий:

a – кисть; *б* – простой колос; *в* – початок; *г* – корзинка; *д* – зонтик;
е – головка; *ж* – щиток; *з* – сложный зонтик; *и* – метелка

.....
Соцветие – это часть побега, побег или группа видоизмененных побегов, несущих цветки (рис. 31).

Биологическое значение соцветий заключается в том, что собранные в них мелкие цветки лучше заметны насекомым и удобны для опыления ветром, так как летящая пыльца встречает на своем пути сразу целую группу цветков.

Соцветие называется **закрытым**, если оно характеризуется ограниченным ростом и главная ось заканчивается

верхушечным цветком. **Открытое соцветие** имеет неограниченный рост, а его цветки располагаются сбоку от морфологической верхушки.

Различают простые и сложные соцветия. Сложные соцветия состоят из нескольких простых. У сложных соцветий ветвятся боковые оси, у простых оси не разветвлены и являются цветоножками.

Простые соцветия:

♦ *кисть* (гиацинт, наперстянка, черемуха) – боковые цветки имеют короткие цветоножки и сидят на удлиненной главной оси;

♦ *простой колос* (подорожник) – на главной удлиненной оси располагаются сидячие цветки;

♦ *початок* (белокрыльник, аир, кукуруза) – похож на колос, но имеет мясистую утолщенную ось;

♦ *сережка* (ива, грецкий орех) – отличается от колоса и кисти свисающей главной осью;

♦ *простой зонтик* (примула, вишня) – главная ось укороченная, боковые цветки как бы выходят из одной точки на ножках разной длины и располагаются куполообразно или в одной плоскости;

♦ *головка* (клевер) – цветки не имеют цветоножек и главная ось сильно укорочена;

♦ *корзинка* (василек, подсолнечник, одуванчик) – многочисленные мелкие сидячие цветки расположены на сильно утолщенном и расширенном конце укороченной оси, имеющей вогнутую, плоскую или выпуклую форму; снаружи соцветие защищено зелеными листьями – *оберткой*;

♦ *щиток* (груша) – отличается от кисти тем, что нижние цветки имеют длинные цветоножки, в результате чего все они располагаются в одной плоскости (рис. 31).

Сложные соцветия:

♦ *сложная кисть*, или *метелка* (злаки, мятлик, сирень): главная длинная ось представляет собой кисть, а боковые ее веточки – простые кисти;

♦ *сложный щиток* (рябина, калина) – главная ось представляет собой щиток, боковые – корзинки или тоже щитки;

♦ *сложный колос* (пшеница, рожь, многие осоки) – на главной ветвящейся оси располагаются оси простых колосков;

♦ *сложный зонтик* (морковь, укроп) – боковые оси соцветия заканчиваются простыми зонтиками (рис. 31).

Все процессы, связанные с *половым*, или *семенным*, *размножением*, происходят в цветке. Процессу оплодотворения предшествует *процесс опыления* – перенос пыльцы с тычинок на рыльце пестика. Созревание пыльцы происходит в пыльниках тычинок.

Различают два типа опыления – перекрестное и самоопыление.

Самоопыление происходит в обоеполых цветках, когда пыльца попадает на рыльце пестика своего же цветка (лен, ячмень, томат, картофель). Чаще всего самоопыление происходит до раскрытия цветка, в бутоне (горох, фасоль). Оно возможно также у некоторых однодомных растений.

Перекрестное опыление – это перенос пыльцы из пыльника цветка одного растения на рыльце пестика цветка другого растения. Оно может происходить с помощью ветра, воды, насекомых или птиц.

Ветроопыляемые растения (береза, рожь, крапива, кукуруза) имеют мелкие невзрачные цветки, лишённые аромата. Пыльники расположены у них на длинных свисающих тычиночных нитях. Рыльца пестиков широкие и длинные для улавливания большого количества пыльцы. Масса сухой мелкой пыльцы переносится ветром в виде облачка. У ряда растений цветение наступает до распускания листьев, что облегчает опыление ветром.

Цветки *насекомоопыляемых растений* устроены так, что привлекают опылителей. Цветки имеют большие размеры, яркую окраску, иногда собраны в соцветия, издают сильный аромат и выделяют сладкий сок – нектар. Насекомые в поисках пищи (пыльца и нектар) перелетают с цветка на цветок, осуществляя тем самым перекрестное опыление.

Искусственное опыление проводят при выведении новых сортов или с целью повышения урожайности культурных растений (подсолнечник, кукуруза).

Для того чтобы за опылением последовало оплодотворение, необходимо образование и созревание мужских и женских гамет.

Листостебельное растение представляет собой спорофит. Созревание микроспоры – пыльцевого зерна – происходит в процессе мейотического деления диплоидных материнских клеток микроспорангиев (пыльников). Покры-

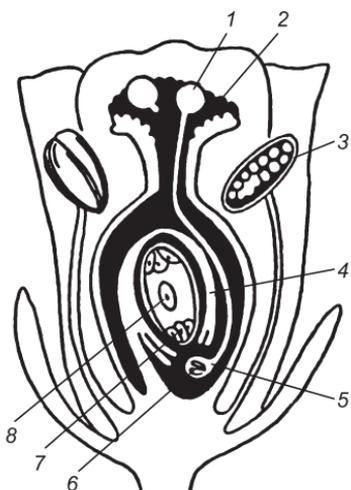


Рис. 32. Схема двойного оплодотворения у цветковых растений: 1 - прорастающее пыльцевое зерно; 2 - рыльце пестика; 3 - пыльник; 4 - семязпочка; 5 - пыльцевая трубка; 6 - спермий; 7 - яйцеклетка; 8 - центральная клетка зародышевого мешка

из которых разрушаются, а четвертая после трех последовательных митозов дает *женский гаметофит (зародышевый мешок)*, состоящий из восьми клеток. Затем две центральные клетки сливаются в одну диплоидную клетку, получившую название *вторичной*. В результате всех превращений зародышевый мешок имеет семь клеток: в центре располагается клетка с диплоидным набором хромосом, против *пыльцевхода (микропиле)* - яйцеклетка и две *синергиды*, на противоположном полюсе - три клетки - *антиподы* (рис. 32).

После попадания пыльцы на рыльце пестика происходит ее набухание и образование пыльцевой трубки из вегетативной клетки. Кончик ее размягчается, выделяет ферменты, растворяющие клетки столбика. Два спермия продвигаются по пыльцевой трубке и через пыльцевход (микропиле) попадают в зародышевый мешок. Один спермий сливается с яйцеклеткой и образуется диплоидная зигота, из которой впоследствии развивается зародыш семе-

тая оболочкой гаплоидная микроспора прорастает еще на материнском растении. Ее гаплоидное ядро делится митотически, вокруг каждого ядра обособляется участок цитоплазмы и образуются *вегетативная и генеративная клетки*. Они и представляют *мужской гаметофит цветкового растения*. У многих растений генеративная клетка делится на два спермия под оболочкой микроспоры.

На внутренних стенках завязи пестика развиваются *семязпочки*, которые представляют собой *макроспорангии*. Материнская диплоидная клетка семязпочки делится мейотически и образует четыре гаплоидные макроспоры, три

ни. Второй спермий сливается с центральной диплоидной клеткой, в результате чего образуется триплоидный эндосперм семени. Таким образом, у цветкового растения наследственные признаки материнского и отцовского организма несут и зародыш, и эндосперм. Описанный процесс, имеющий универсальное значение для покрытосеменных, называется двойным оплодотворением. Он был открыт С.Г. Навашиным в 1898 г.

Семяпочка после оплодотворения превращается в **семя**, покровы семяпочки – в **семенную кожуру**. Количество семян соответствует числу семяпочек в завязи.

Одновременно с развитием семени происходит преобразование завязи в зрелый **плод**. **Истинные плоды** – слива, томат, горох. Из стенок завязи образуется **околоплодник**. В образовании плода могут участвовать помимо пестика другие части цветка (разросшееся цветоложе, основания чашелистиков, лепестков и тычинок). Такие плоды называются **ложными** (яблоко, груша, арбуз, шиповник). Назначение плодов – защита и распространение семян.

Плод, образованный из нескольких пестиков одного цветка, называется **сборным** (ежевика, малина).

Настоящие плоды по типу консистенции околоплодника подразделяются на **сухие** (околоплодник деревянистый или кожистый) и **сочные** (околоплодник или часть его сочные либо мясистые) (табл. 1).

Семя содержит **зародыш**, дающий начало новому растению, и питательные вещества, необходимые для его прорастания. Они могут находиться в **эндосперме**, который располагается рядом с зародышем. Семена многих растений не содержат эндосперма, и питательные вещества локализованы в **семядолях**. Питательные вещества семян представлены углеводами, белками и жирами.

Растение относят к **однодольным**, если зародыш его семени имеет одну семядолю (пшеница, кукуруза), и к **двудольным**, если у него две семядоли (фасоль, горох, яблоня).

Зерно пшеницы (однодольное) представляет собой одновременно и семя, и плод. Снаружи **зерновка** покрыта золотисто-желтым околоплодником, который плотно срастается с семенной кожурой. Основную часть семени заполняет мучнистый **эндосперм**; к нему в виде тонкой пластинки прилегает одна **семядоля (щиток)**. Зародыш занимает незначительную часть семени и имеет за-

Таблица 1

Классификация плодов

| Тип плода | | Название плода | Растение |
|-------------------------------|---------------------------------|--|--|
| по консистенции околоплодника | по числу семян | | |
| Сухой | Односемянный (нераскрывающийся) | <i>Семянка</i> : семя не срастается с околоплодником <i>Орех</i> : околоплодник жесткий, деревянистый <i>Зерновка</i> : околоплодник срастается с семенной кожурой | Подсолнечник, одуванчик, ясень, клен Лещина, дуб, гречиха Пшеница, рожь |
| | Многосемянный (раскрывающийся) | <i>Боб</i> : имеет две створки, внутри которых находятся семена <i>Стручок</i> : имеет две створки, но семена располагаются на пленчатой перегородке плода <i>Коробочка</i> : семена созревают внутри и высыпаются через специальные отверстия | Фасоль, горох, акация Капуста, репа, редис, редька, горчица Хлопчатник, лен, табак, тюльпан, мак |
| Сочный | Односемянный | <i>Костянка</i> : семя находится внутри деревянистого околоплодника – косточки, окруженной мякотью | Вишня, абрикос, черемуха, слива |
| | Многосемянный | <i>Ягода</i> : мелкие семена находятся внутри мякоти плода, покрытого кожицей | Смородина, виноград, томат |

чаточный корешок, стебелек и листья. Щиток соединен с зародышевым стеблем и осуществляет связь зародыша с эндоспермом (рис. 33).

Семя фасоли (двудольное) покрыто плотной семенной кожурой, которая выполняет защитную функцию. На боковой вогнутой стороне семени заметен *рубчик* – место прикрепления семени к стенке плода. Две продольные половинки семени называются *семядолями* и прикрывают *главную часть зародыша*, которая состоит из *зачаточного корешка*, *зачаточного стебелька (шейки)* и *зародышевой верхушечной почечки*. Шейка соединяется с семядолями. Почка представляет собой зачаток побега (рис. 33).

В состав семян входят органические и минеральные вещества. Семена зерновых содержат растительный белок (клейковина), крахмал, жиры. Их содержание неодинако-

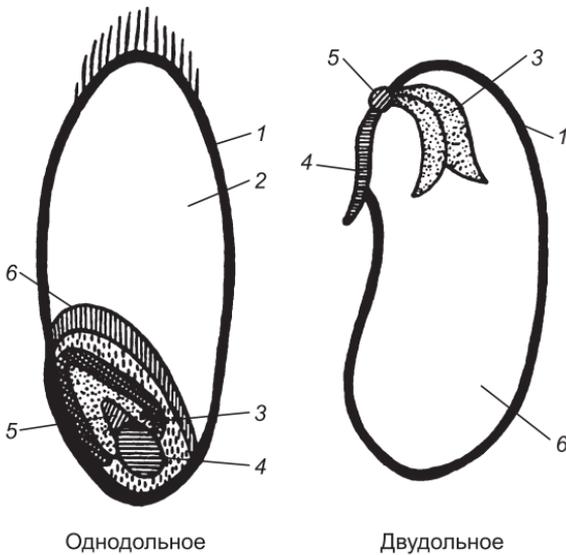


Рис. 33. Схема строения семени:
 1 – кожура; 2 – эндосперм; 3 – почечка; 4 – корешок;
 5 – стебелек; 6 – семядоля

во в семенах разных растений: бобовые содержат больше белка, зерновые – больше крахмала, семена подсолнечника – много жира. Кроме органических и минеральных веществ в состав семян входит вода.

Семена могут длительное время находиться в состоянии покоя. Зародыш их остается живым, и семена сохраняют всхожесть. Зародыш может погибнуть от пересыхания семян во время хранения, при повреждении их насекомыми или плесневыми грибами.

Для **прорастания семян** необходим ряд условий: наличие живого зародыша, хорошо увлажненная почва, определенная температура и достаточный приток воздуха. Прорастанию семян предшествует их набухание. Вода проникает внутрь семени, семенная кожура набухает и разрывается. Из зародышевого корешка развивается молодой корень, который быстро растет и укрепляется в почве. Вода необходима для семян еще и потому, что зародыш потребляет питательные вещества в растворенном виде. Семенам различных растений требуется разное количество воды для прорастания: семена гороха поглощают во-

ды в полтора раза больше своей массы, а семена кукурузы – в два раза меньше. Оптимальная температура для прорастания семян большинства растений составляет $+10...+15\text{ }^{\circ}\text{C}$, а семена ржи могут прорасти при $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Так как при прорастании идут активные процессы обмена веществ, семена интенсивно дышат и требуют постоянного притока воздуха, богатого кислородом.

Если у проростка фасоли удалить семядоли, а у однодольного – эндосперм, они погибнут. Причина гибели – отсутствие питательных веществ. Запасные питательные вещества семени обеспечивают начальные стадии развития зародыша. Например, крахмал эндосперма однодольных под действием ферментов превращается в сахар. Сахар растворим в воде; в виде раствора из семядоли он поступает для питания зародыша. Чем больше запасных питательных веществ, тем сильнее проросток, который развивается из семени.

Для нормального развития семян большое значение имеют время посева и глубина их заделки. При своевременном посеве семена имеют все условия, необходимые для прорастания. Семена холодоустойчивых растений (пшеница, овес, горох) необходимо высевать ранней весной. Они требуют низкой температуры и обилия влаги. Семена теплолюбивых растений (фасоль, тыква, огурцы) высевают, когда почва прогревается до $+10...+12\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этой температуре она содержит достаточное для прорастания семян количество влаги.

Снабжение проростка кислородом и влагой обеспечивает глубина заделки семян, которая определяется их размером, а также свойствами и структурой почвы. Не рекомендуется глубоко сеять семена в плотной глинистой почве, так как она долго держит большие количества влаги и не пропускает воздух. Несколько глубже, чем в глинистой, заделывают семена в песчаной почве. Воздух в ней проникает на большую глубину, в глубоких слоях лучше сохраняется влага. Крупные семена бобовых заделывают обычно на глубину 4–5 см. Здесь им достаточно влаги для прорастания, а проростку – питательных веществ семени, пока он выйдет на поверхность почвы. Для семян средних размеров (редис, огурцы) необходима глубина 2–4 см, для мелких (лук, репа) – 1–2 см.

Распространение плодов и семян происходит в природе с помощью ветра (*анемохория*) и воды (*гидрохория*), жи-

вотных (*зоохория*), птиц (*орнитохория*) и человека. Некоторые растения сами разбрасывают семена. Например, плоды растения «бешеный огурец» вместе с липкой жидкостью «выстреливают» семена на значительное расстояние; зрелые стручки бобовых при подсыхании лопаются и также разбрасывают семена. Плоды и семена, которые разносятся ветром, имеют для этого специальные приспособления – *крыловидные выросты* (плоды клена и ясеня), *пушистые волоски* (семена тополя), *парашютики* (семена одуванчика). Вода распространяет плоды и семена водных и наземных растений, которые обитают на берегах водоемов (ольха, осока, кувшинка, вех ядовитый). Семена и плоды некоторых растений (череда, лопух, омела, липкий шалфей) переносят животные на шерсти, человек – на одежде. Птицы и животные часто питаются сочными плодами растений, семена которых не перевариваются в желудочно-кишечном тракте и могут быть выброшены с экскрементами на значительном удалении от материнского растения (рябина, бузина, черника, ландыш). Плоды и семена отдельных растений могут «переезжать» из страны в страну с грузами на различном транспорте.

Значение цветков, плодов, семян. В природе цветки, плоды и семена обеспечивают существование вида (семенное размножение) и служат кормом для беспозвоночных (членистоногие) и позвоночных животных. Они имеют огромное значение и в жизни человека: являются продуктами питания (фрукты, ягоды), сырьем для пищевой промышленности (получение растительных масел и хлебобулочных изделий), химической и медицинской (получение спирта, красок, лекарств), а также парфюмерной промышленности (получение розового и других эфирных масел). Все цветковые растения имеют большое эстетическое значение в жизни человека.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЦВЕТКОВЫХ РАСТЕНИЙ

Покрытосеменные, или цветковые, растения – наиболее многочисленный и разнообразный отдел растительного мира. Встречаются во всех климатических зонах, в разных экологических условиях. Различаются своими размерами, внешним видом, внутренним строением, длитель-

Таблица 2

Отличительные признаки классов цветковых растений

| Признак | Однодольные | Двудольные |
|----------------------|---|---|
| Строение семени | Одна семядоля | Две, редко 3 – 4 семядоли |
| Строение цветка | Число частей по 3 или кратное 3 | Число частей по 4 – 5 или кратное им |
| Форма листа | Простые, цельнокрайние, обычно сидячие (без черешков) | Простые или сложные с черешком, края рассеченные или зубчатые |
| Жилкование листа | Параллельное или дуговое | Сетчатое, перистое, пальчатое |
| Стебель | Травянистый, проводящие пучки разбросаны по стеблю и не имеют камбия, флоэмной паренхимы, ясно выраженной коры и сердцевины | Травянистый или деревянистый, проводящие пучки в центре стебля расположены по кругу, имеют камбий и флоэмную паренхиму; кора и сердцевина хорошо дифференцированы |
| Тип корневой системы | Мочковатая. Зародышевый корешок рано отмирает; главный и боковой корни не развиваются, заменяясь придаточными | Стержневая. Зародышевый корешок развивается в главный корень, от него отходят боковые корни. У некоторых травянистых растений – мочковатая |

ностью жизни (однолетние, двулетние и многолетние). Для того чтобы правильно ориентироваться в этом многообразии растений, применяется их классификация, изучением и разработкой которой занимается раздел ботаники – *систематика растений*. На основе особенностей строения, общности способов размножения и развития растения объединяют в систематические (таксономические) группы – вид, род, семейство, порядок, класс, отдел.

Отдел *Покрывосеменные (Цветковые)* включает два класса – *Однодольные* и *Двудольные*, представители которых различаются по целому ряду признаков (табл. 2).

Некоторые растения по набору отличительных признаков составляют исключения. Например, подорожник от-

носится к двудольным растениям, но имеет дуговое жилкование и мочковатую корневую систему. Растение вороний глаз, наборот, относится к однодольным, хотя имеет сетчатое жилкование листьев.

КЛАСС ОДНОДОЛЬНЫЕ

Семейство Лилейные. Семейство включает около 4 тыс. видов. Большинство – многолетние травянистые растения с подземными побегами в виде луковиц или корневищ. Листья крупные, цельные, по форме ланцетные или линейные с параллельным жилкованием. Растения насекомоопыляемые или ветроопыляемые.

Цветки собраны в соцветия: зонтик (лук, чеснок), кисть (лилия, ландыш, пролеска) или одиночные (тюльпан), обычно крупные и яркоокрашенные. Цветок имеет 6 свободных или сросшихся лепестков (3 наружных и 3 внутренних), 6 тычинок, расположенных по 3 в два круга, и один пестик. Формула цветка: $\text{Л}_{3+3}\text{T}_3\text{П}_1$ (Л – лепестки, Т – тычинки, П – пестик). Плод – ягода (ландыш) или коробочка (тюльпан).

||| **Значение представителей семейства.** Лилейные используются как овощные культуры (лук, чеснок, спаржа), сырье для получения лекарств (чеснок, ландыш, купена, алоэ, вороний глаз), декоративные растения (тюльпан, ландыш, лилия, гиацинт).

Семейство Злаковые. Семейство включает около 10 тыс. видов. Большинство – травы, реже древовидные формы (бамбук). Стебель – соломина. Листья линейные, с длинным *влагалищем* (широкое основание листа в виде трубки) и пленчатым выростом – *язычком* – на границе листа и влагалища. Сильно развито подземное ветвление. Тип соцветия – сложный колос (пшеница), метелка (просо) или початок (кукуруза). Цветок имеет 2 колосковые и 2 цветковые (пленочные) чешуи, от 2 до 6 (иногда до 40) тычинок и один пестик с 2 перистыми рыльцами. Ветроопыляемые растения. Плод – зерновка.

||| **Значение представителей семейства.** Хлебные (пшеница, рожь, ячмень, овес) и кормовые (пырей, тимофеевка, мятлик, кукуруза) злаки – основа питания человека и травоядных животных; сырье для пищевой и хи-

мической промышленности (получение спирта, целлюлозы, синтетического каучука). Кукурузные рыльца и корневище пырея ползучего используются как лекарства. В декоративных целях применяют смеси многолетних злаков (овсяница, полевица, мятлик).

КЛАСС ДВУДОЛЬНЫЕ

Семейство Крестоцветные. Семейство включает около 3 тыс. видов. Это травы, реже кустарники; однолетние и многолетние насекомоопыляемые растения. Листья располагаются поочередно или образуют прикорневую розетку. Тип соцветия – кисть или щиток. Цветок имеет 4 чашелистика и 4 лепестка, расположенные крест-накрест, 2 короткие и 4 длинные тычинки, 1 пестик. Формула цветка: $\text{C}_4\text{L}_4\text{T}_{2+4}\text{P}_1$ (С – чашелистики). Плод – стручок (редька, капуста) или односемянный орешек.

Значение представителей семейства. Практическое значение имеют пищевые (различные сорта капусты, редька, редис), кормовые (редька дикая, брюква, турнепс), масличные (рапс, горчица) и декоративные (левкой, маттиола) растения; многие крестоцветные – хорошие медоносы. Среди крестоцветных есть и лекарственные растения (пастушья сумка, желтушник, сердечник луговой).

Семейство Розоцветные. Семейство включает около 3 тыс. видов. Это многолетние деревья, кустарники и травы. Листья простые и сложные, располагаются поочередно и имеют прилистники. Тип соцветия – кисть (черемуха), щиток (рябина, груша) или простой зонтик (яблоня, вишня). Цветки чаще одиночные, правильной формы. Цветок имеет 5 чашелистиков, 5 лепестков, много тычинок, 1 (слива, вишня) или много (шиповник, малина) пестиков. Формула цветка: $\text{C}_5\text{L}_5\text{T}_\infty\text{P}_1$ или ∞ (∞ – много). Плод – яблоко (яблоня, груша, боярышник), костянка (вишня) или сборная костянка (малина), орешек (лапчатка). У многих розоцветных при созревании плодов сильно разрастается цветоложе. Яркое и сочное, оно играет большую роль в распространении плодов и семян.

Значение представителей семейства. Практическое значение имеют плоды розоцветных, богатые сахара-

ми, витаминами, органическими кислотами (важнейшие плодовые и ягодные культуры); лекарственные (шиповник, боярышник, рябина, черемуха, лавровишня, лапчатка) и декоративные (роза, гравилат) растения. Эфирные масла роз используются в парфюмерной промышленности.

Семейство Бобовые, или Мотыльковые. Семейство включает около 17 тыс. видов. Это однолетние и многолетние травы, кустарники и деревья. Листья очередные с прилистниками, перисто- или пальчато-сложные, реже простые. Тип соцветия: головка (клевер) или кисть (люпин). Цветки могут быть и одиночными. Цветок имеет 5 сросшихся чашелистиков. Венчик состоит из 5 лепестков: верхний (парус), два боковых (весла), два сросшихся нижних (лодочка). Внутри лодочки находится 1 пестик, окруженный 10 тычинками (9 сросшихся, 1 свободная). Формула цветка: $\text{Ч}_5\text{Л}_{1+2+(2)}\text{T}_{(9)+1}\text{П}_1$. Плод – боб.

Значение представителей семейства. На корнях бобовых поселяются клубеньковые бактерии, которые связывают свободный азот воздуха. Симбиоз корней с бактериями обогащает растение белками, а почву после его отмирания – азотными солями. Бобовые – важный источник растительных белков для человека и животных. Как пищевые культуры человек использует горох, фасоль, бобы, сою, чечевицу, земляной орех (арахис). Семена сои и арахиса содержат кроме белков значительный процент жира. Кормовые культуры – люцерна, чина, вика, клевер и др. В качестве декоративных растений используют белую и желтую акации, душистый горошек, цветную фасоль, различные люпины. Среди бобовых встречаются медоносы (донник) и лекарственные растения (термопсис, дрок, солодка).

Семейство Пасленовые. Семейство включает около 2 тыс. видов. Это преимущественно дикорастущие растения. Листья простые, с цельной или изрезанной листовой пластинкой, не имеют прилистников. Часто все части растения обладают специфическим запахом. Цветки правильной формы, имеют 5 сросшихся чашелистиков, 5 сросшихся лепестков, 5 тычинок, приросших к лепесткам, и 1 пестик. Формула цветка: $\text{Ч}_5\text{Л}_{(5)}\text{T}_5\text{П}_1$. Плод – яго-

да (томат, картофель, паслен) или коробочка (табак, петуния, белена).

Значение представителей семейства. Из культурных растений наибольшее значение имеют картофель (около 2 тыс. различных сортов), томат, баклажан, красный (стручковый) перец, табак. Картофель используется в качестве пищевого продукта, является сырьем для получения крахмала, патоки, спирта. Из никотина табака получают никотиновую кислоту, которая является витамином и лекарственным средством. Ценным лекарственным сырьем служат дикорастущие пасленовые – белена, дурман, белладонна. Все они являются ядовитыми растениями. Некоторые пасленовые возделывают как декоративные растения (петуния, душистый табак).

Семейство Сложноцветные, или Астроцветные. Семейство включает около 20–25 тыс. видов. В основном это травянистые растения, реже кустарники и деревья. Листья часто простые, очередные, иногда супротивные, без прилистников, различные по форме, рассеченности, опушению. Тип соцветия – корзинка. Группа мелких цветков расположена в корзинке на общем *ложе соцветия*. Ложка может быть *плоским* (подсолнечник), *выпуклым* (пуговка), *конусовидным* (ромашка). Снаружи корзинка окружена оберткой из видоизмененных листьев. Чашечка у цветка или не развивается, или представлена щетинками, волосками.

По форме венчика выделяют следующие виды цветков (рис. 34):

♦ *трубчатый* (ромашка, бодяк) – 5 сросшихся лепестков венчика образуют длинную трубочку; чашечка представлена волосками или щетинками, прирастающими к завязи; пыльники 5 тычинок срастаются в общую трубочку, а свободные их нити прикрепляются к трубке венчика; в центре находится пестик с раздвоенным рыльцем;

♦ *воронковидный* (краевые цветки у василька) – венчик имеет вид косо срезанной воронки с краевыми зубчиками; тычинки и пестик отсутствуют; цветки служат для привлечения насекомых;

♦ *язычковый настоящий* (одуванчик, осот) – венчик спайнолепестной в виде язычка с пятью зубчиками по краю (по количеству лепестков); 5 тычинок окружают 1 пестик;

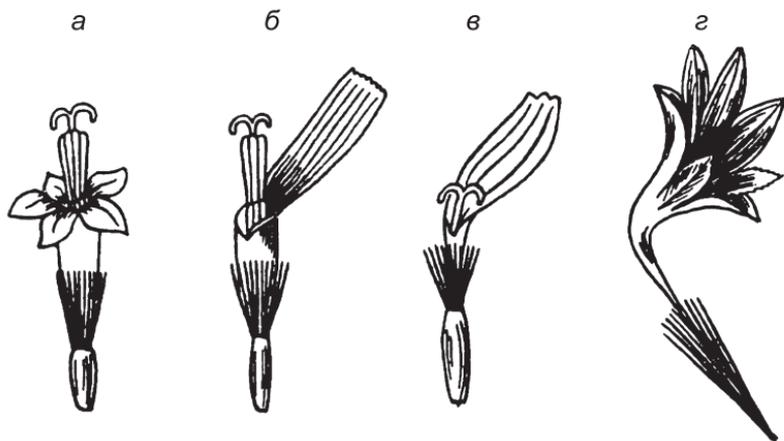


Рис. 34. Форма цветков венчика сложноцветных:

а – трубчатый; *б* – настоящий язычковый; *в* – ложноязычковый; *г* – воронковидный

♦ *ложноязычковый* (краевые цветки у корзинки подсолнечника и ромашки) – венчик имеет вид язычка с тремя зубчиками (по числу лепестков); тычинки всегда отсутствуют; могут иметь пестик и тогда дают плоды.

Плод – семянка (подсолнечник, астра) или семянка-летучка с хохолком (одуванчик, осот).

Значение представителей семейства. Наибольшее значение из культурных растений имеют подсолнечник, топинамбур (земляная груша) и салат-латук, из дикорастущих – цикорий и растения-каучуконосы (кок-сагыз, тау-сагыз, гваюла), из декоративных – георгины, ромашки, хризантемы, астры, ноготки, бессмертники и др., из лекарственных – сушеница, девясил, мать-и-мачеха, череда, полынь, пижма, ромашка лекарственная, календула, тысячелистник. Встречаются среди них и сорняки (василек, одуванчик, бодяк полевой, осот).

ОХРАНА РАСТЕНИЙ

Научно-технический прогресс и возрастающее воздействие человека на биосферу приводят к загрязнению окружающей среды, сокращению ресурсов и видового разнообра-

разия растительного мира, нарушению процессов, протекающих в биогеоценозах.

.....
Охрана растений – это система мероприятий, призванных сохранять, восстанавливать и расширять зеленые пространства.
.....

Охрана растений предусматривает санитарную охрану биосферы, планирование мелиоративных работ и лесозаготовок, орошение засушливых земель, охрану почвы от разрушения и ветровой эрозии. Растения, охраняемые в заповедниках и заказниках, представляют собой генофонд для селекции. Большую работу по сохранению и восстановлению исчезающих видов растений проводят ботанические сады. Их коллекции – это растения местной флоры и флоры разных стран. Ботанические сады акклиматизируют растения, изучают их приспособляемость к новым условиям жизни, обогащают местную флору новыми представителями растительного мира. Самый крупный в СНГ по площади – Никитский ботанический сад в Крыму. Старейшее научное учреждение – ботанический сад МГУ, заложенный в 1706 г. Большую работу по сохранению растительного мира проводит Ботанический сад Академии наук Беларуси.

Показателем состояния популяций данного вида, сокращения их численности и условий для восстановления является **Красная книга**. В Республике Беларусь она впервые была создана в 1979 г., в нее были внесены 80 видов животных и 85 видов растений. Охраняемыми видами растений являются: купальница европейская, прострел широколистный (сон-трава), кувшинка белая, плющ обыкновенный, валериана двудомная, колокольчики, арника горная, наперстянка крупноцветная, лук медвежий (черемша), осока заливная и др. Законодательная охрана почвы и растительного мира предполагает использование природных богатств без нарушения процессов, протекающих в биосфере.

ЖИВОТНЫЕ

ЗООЛОГИЯ – НАУКА О ЖИВОТНЫХ

.....
Зоология (от греч. *zōon* – животное, *logos* – слово, учение, наука) – наука о строении, жизнедеятельности и развитии животных.
.....

Зоология изучает происхождение и распространение животных на Земле, их взаимосвязь с окружающей средой и классификацию животного мира.

Зоология является комплексной наукой, она подразделяется на множество относительно самостоятельных, но в то же время связанных с другими естественными науками дисциплин. *Анатомия* изучает внешнее и внутреннее строение животных, *физиология* – процессы жизнедеятельности организма животных, а также механизмы их регуляции. Предметом изучения *эмбриологии*, *эволюционного учения* и *палеозоологии* являются закономерности индивидуального и исторического развития. *Экология* изучает взаимосвязь животных со средой их обитания, а *зоогеография* – распространение животных на Земле в различных климатогеографических зонах и поясах. *Генетика* изучает закономерности наследственности и изменчивости животных. *Селекция животных* – прикладная наука о создании новых пород.

Существует множество направлений зоологии, посвященных исследованию отдельных зоологических объектов – систематических и экологических групп. *Гельминтология* изучает паразитических червей, *гидрозоология* – животных, обитающих в воде, *энтомология* – насекомых, *ихтиология* – рыб, *орнитология* – птиц, *малакология* – моллюсков, *териология* – млекопитающих и т. д. Зоология тесно связана не только с другими биологическими науками, но и с практической деятельностью человека: здравоохранением, ветеринарией, сельским хозяйством, биотехнологией.

Начало накопления человеком сведений о животном мире относится к каменному веку. Животные были объектом поклонения, охоты, рыболовства. Первобытные люди жестко конкурировали с животными в борьбе за жизнь, особенно с крупными хищниками. Коллективная охота и

защита от естественных врагов явились важными факторами развития человеческого общества. Научная зоология берет начало от Аристотеля (IV в. до н. э.) – великого мыслителя Древней Греции. Он предложил первую зоологическую систему, согласно которой всех животных делили на две группы: животные, имеющие кровь (звери, птицы, гады и рыбы) и животные без крови (насекомые, раки, моллюски, черви).

В XV в., в эпоху Возрождения началось развитие естествознания вообще и зоологии в частности. В течение XVI – XVII вв. происходило дальнейшее накопление сведений о многообразии животных, их строении и образе жизни, чему в значительной степени способствовало изобретение микроскопа.

В конце XVII и в первой половине XVIII в. были заложены основы систематизации животного мира. Шведский естествоиспытатель К. Линней (1707–1778) ввел **бинарную номенклатуру**, сыгравшую важную роль в развитии систематической зоологии. Он установил и назвал более 300 родов животных, которые сгруппировал в порядки. Сходные порядки были объединены в классы: Млекопитающие, Птицы, Гады, Рыбы, Насекомые, Черви.

В конце XVIII в. французский зоолог Ж. Кювье заложил основы сравнительной анатомии животных. В 1809 г. Ж.-Б. Ламарк разработал основы учения об эволюции органического мира. Ему принадлежит термин «беспозвоночные», среди которых он различал 10 классов (у Линнея было лишь 2 класса беспозвоночных – Насекомые и Черви). В 1825 г. французский зоолог и анатом А.-М. Бленвиль ввел понятие «тип» как высшую таксономическую единицу животных. Большую роль в развитии зоологии в середине XIX в. сыграл русский естествоиспытатель и эмбриолог К. М. Бэр, автор исследований в области эмбриологии животных, создатель учения о зародышевых листках. Значительное влияние на развитие зоологии в XIX в. оказала клеточная теория, созданная трудами немецких ученых – ботаника М. Шлейдена и физиолога, цитолога Т. Шванна.

Во второй половине XIX в. на основе эволюционного учения английского естествоиспытателя Ч. Дарвина (1809–1882) зоология стала быстро развиваться, и возникли новые, ранее не существовавшие зоологические дис-

циплины. Немецкие ученые Э. Геккель и Ф. Мюллер использовали идеи Ч. Дарвина для разработки биогенетического закона, устанавливающего определенное соотношение онтогенеза (индивидуального развития) и филогенеза (исторического развития). Возникла сравнительная эмбриология. Русский зоолог В.О. Ковалевский заложил основы палеозоологии. Быстрыми темпами развивались систематика и зоогеография животных. В это же время возникла экология животных.

Быстрыми темпами развивалась зоология и в XX в. Возросли число и объем фаунистических исследований на всей поверхности нашей планеты. Продолжалась работа зоологов по развитию и усовершенствованию классификации животного мира. На основе этих исследований значительно возросло количество высших систематических категорий – типов и классов. Во времена Ж. Кювье различали 4 типа, в современных же системах их насчитывается до 35. Большое внимание уделялось проблеме вида и видообразования в зоологии. Результаты зоологических исследований в XX в. характеризуются достижениями в области филогенетики – познании конкретных путей эволюции животного мира. В разработке этих вопросов большую роль сыграли успехи сравнительной анатомии и эмбриологии, а также палеозоологии. Для понимания путей эволюции животных важное значение имела разработка советскими учеными-эволюционистами А.Н. Северцовым и И.И. Шмальгаузенем морфофизиологических закономерностей эволюционного процесса (учение о филэмбриогенезах).

В настоящее время число методов зоологических исследований значительно увеличилось. Современная зоология располагает целым спектром цитологических, цитогенетических, биохимических и молекулярно-генетических методов исследования, применение которых позволило поднять зоологическую науку на качественно новый уровень. Главное направление современной биологии – изучение геномов различных животных. На основе изучения нуклеотидных последовательностей представителей разных таксономических групп с привлечением современных компьютерных технологий бурно развиваются молекулярная эволюция, генная инженерия и биотехнология.

Животные, как и все живые организмы, обладают признаками и свойствами, отличающими их от объектов неживой природы. Это клеточное строение, обмен веществ, рост, раздражимость, наследственность, изменчивость, гомеостаз, индивидуальное и историческое развитие. Отличительными особенностями клеток животных является *отсутствие клеточной стенки, пластид с фотосинтезирующими пигментами и вакуолей с клеточным соком*. Углеводный резерв питательных веществ накапливается в виде гранул гликогена, а продукты диссимиляции наряду с диоксидом углерода содержат еще и продукты азотистого обмена (аммиак, мочева кислота, мочевины).

В отличие от грибов, у которых нет истинных тканей, и высших растений, у которых их 6 (покровная, образовательная, основная, механическая, проводящая и выделительная), для большинства животных характерно 4 вида тканей: *эпителиальная, мышечная, нервная и соединительная*.

Отличительной особенностью животных является *наличие систем органов*: движения, пищеварения, дыхания, нервной и выделительной. Тело растений состоит из вегетативных (корень, стебель, лист) и генеративных (антеридии, архегонии, цветок, плод) органов. У грибов органы как таковые отсутствуют, тело представлено грибницей, дифференцированной на субстратный и воздушный мицелий.

На организменном уровне животные также имеют ряд отличительных особенностей. По типу ассимиляции они *гетеротрофы* – не способны ассимилировать неорганический углерод и азот, поэтому питаются готовыми органическими веществами. Способ питания – *голозойный*: животные захватывают пищу активно и переваривают ее в органах пищеварения, а не всасывают питательные вещества из внешней среды осмотически, как это делают растения и грибы. *Рост* у большинства животных *ограниченный* (они растут только в определенные периоды онтогенеза), у растений и грибов – неограниченный (их рост завершается только после смерти). Большинство животных *способно к активному движению*. Их ответная реакция на раздражители внешней среды осуществляется в форме рефлексов при участии нервной системы и органов чувств.

Организмы же растений и грибов неподвижны в вегетативном состоянии, движения растений очень медленные и связаны с ростом (тропизмы) или изменением тургора отдельных клеток (настии). Ростовые и тургорные движения растений одновременно являются и формами их раздражимости. Расселение у животных происходит активно (личинками и взрослыми организмами), а у растений – за счет внешних факторов, способствующих перемещению покоящихся стадий: спор или семян (вода, ветер, животные-распространители).

Животный мир характеризуется богатством и разнообразием форм – от микроскопических нематод, состоящих из нескольких десятков клеток, до гигантских млекопитающих, имеющих массу тела до 150 т. Многообразие обусловлено двумя факторами: количеством видов животных, описанных учеными на данный момент, и количеством представителей каждого вида, реально существующих в различных местах обитания. По приблизительным подсчетам в настоящее время на Земле обитает около 1,5 млн видов животных. Подсчитать же общее число отдельных особей не представляется возможным. Кроме того, не следует забывать об истории развития животного мира и существовании множества ископаемых форм животных. По самой приблизительной оценке общее число видов животных, когда-либо обитавших на Земле, может достигать нескольких миллиардов. Разобраться во всем этом многообразии позволяет знание систематики животных. Основной таксономической единицей является вид.

Царство **Животные** включает два подцарства: **Примитивные многоклеточные** и **Настоящие многоклеточные** (рис. 35). Для примитивных многоклеточных характерно отсутствие зародышевых листков, рта и кишечника. Пища у них переваривается отдельными клетками. Нет нервной системы и мускулатуры. К подцарству относятся два типа: **Губки** и **Пластинчатые**. Настоящие многоклеточные животные имеют два или три зародышевых листка, у них появляется рот и кишечная полость, характерно полостное и внутриклеточное пищеварение. Имеются нервная система и мускулатура.

Настоящих многоклеточных животных делят на два отдела: **Двухслойные (Радиально-симметричные)** и



Рис. 35. Систематика царства Животные

Трехслойные (Билатерально-симметричные). Особенности двухслойных животных является *развитие из двух зародышевых листков*: эктодермы и энтодермы. Для большинства из них характерна *радиальная симметрия* (через тело можно провести несколько плоскостей симметрии). Имеется только ротовое отверстие (анальное отверстие отсутствует). Нервная система преимущественно в виде диффузной нервной сети. Отдел включает два типа: **Гребневики** и **Кишечнополостные (Стрекающие)**.

Трехслойные (билатерально-симметричные) животные *развиваются из трех зародышевых листков*: эктодермы, энтодермы и мезодермы. Для большинства из них характерна двусторонняя, или *билатеральная, симметрия* (через тело можно провести только одну плоскость симметрии, которая делит его на правую и левую половины) и наличие чаще всего сквозного кишечника. Нервная система преимущественно стволового типа.

Трехслойных животных делят на два подотдела: **Первичноротые** и **Вторичноротые**. У первичноротых blastopore превращается в рот. В нервной системе, как правило, имеются надглоточный ганглий и продольные нервные стволы. Может развиваться скелет эктодермального происхождения. Подотдел включает большинство типов животных.

У вторичноротых на месте blastopore развивается анальное отверстие. Имеется внутренний скелет. Нервная

система – в виде эктодермальных нервных тяжей или нервных трубок, надглоточного ганглия нет. В подотдел входят три типа животных: *Полухордовые*, *Иглокожие* и *Хордовые*.

Систематика царства **Животные** не является полностью устоявшейся. Новые данные, которые постоянно появляются в результате научных исследований, требуют периодического пересматривания филогенетических связей различных представителей животного мира. Современные системы классификации предполагают отнесение всех животных примерно к 35 типам. Ведущее положение по числу видов занимают членистоногие (более 1 млн видов), моллюски (более 130 000 видов), хордовые (более 50 000 видов). В табл. 3 приведены более подробные данные о численности основных типов животных.

Таблица 3

Примерная численность наиболее распространенных типов животного мира

| Тип | Число видов |
|-----------------|-------------|
| Губки | 2600 |
| Стрекающие | 10 000 |
| Плоские черви | 18 000 |
| Круглые черви | 15 500 |
| Коловратки | 3000 |
| Кольчатые черви | 12 000 |
| Моллюски | 130 000 |
| Членистоногие | 1 100 000 |
| Мшанки | 4000 |
| Иглокожие | 6600 |
| Хордовые | 50 000 |

Многообразие животного мира обусловлено не только большим числом таксонов. Существуют **несистематические группы**, в которые животных различных категорий с точки зрения их классификации объединяют по критерию сходства отдельных морфологических и физиологических признаков или экологических особенностей.

У первичнополостных (круглые черви) полость тела (псевдоцель) не имеет собственной эпителиальной выстилки, ограничена только кожно-мышечным мешком и стенками внутренних органов. Вторичнополостные (кольчатые черви, моллюски и хордовые) имеют целомическую полость, она ограничена однослойным эпителием, выстилающим покровы тела изнутри и покрывающим полые внутренние органы снаружи.

Беспозвоночные животные не имеют внутреннего осевого скелета в виде позвоночника. Функцию опоры в организме беспозвоночных может выполнять полостная жидкость, находящаяся под давлением (гидроскелет у круглых и кольчатых червей), плотный хитиновый покров тела (наружный скелет у членистоногих), опорная пластинка у коралловых полипов или хорда у бесчерепных. У позвоночных животных осевой скелет представлен позвоночником, который формируется как вторичное образование, заменяющее хорду зародыша (рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие).

Холоднокровные животные имеют непостоянную температуру тела, которая зависит от температуры окружающей среды, так как интенсивность их обменных процессов относительно низкая (беспозвоночные, рыбы, земноводные и пресмыкающиеся). У теплокровных животных температура тела постоянная и не зависит от температуры окружающей среды, интенсивность обменных процессов у них намного выше (птицы и млекопитающие).

По образу жизни животные могут быть свободными и в ущелми (обитают во внешней среде) и паразитическими (живут на теле или внутри организма другого животного или растения). Животные заняли все среды обитания: *водные* (плавающие птицы, рыбы, китообразные, ракообразные, кишечнополостные и др.) обитают в толще воды или на дне пресных и морских водоемов, *сухопутные* (насекомые, паукообразные, некоторые моллюски, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие) – на поверхности суши, на деревьях, в траве, под камнями и т. д.; *почвенные* (клещи, насекомые, черви, грызуны) – в толще почвы, в лесной подстилке, в норах и т. д.; *летающие* (птицы, насекомые, рукокрылые) приспособлены к полету, имеют крылья.

В зависимости от пищевого рациона животных делят на фитофагов, зоофагов и сапрофагов. Фитофаги (тра-

воядные насекомые, парнокопытные и непарнокопытные млекопитающие) питаются растительной пищей. Зоофаги (хищные птицы, млекопитающие, рептилии) – питаются животной пищей, при этом хищники поедают других, чаще более мелких животных, убивая их. Паразиты питаются за счет организма хозяина на протяжении определенного периода, что, как правило, не приводит к его гибели. Сапрофаги употребляют в пищу органические вещества. *Некрофаги* (жуки-могильщики, грифы, марабу, гиены, шакалы) являются трупоедами. *Копрофаги* (жуки-навозники, личинки мух) питаются экскрементами крупных животных. *Детритофаги* (личинки насекомых, малощетинковые и круглые черви, лини, бычки и др.) питаются детритом – частично разложившимся органическим веществом.

Значение животных. Животные являются компонентами биогеоценозов и цепей питания. Насекомые (*энтомофилия*), птицы (*орнитофилия*) и рукокрылые млекопитающие (*зоофилия*) опыляют растения. Земляные и дождевые черви, почвенные клещи, личинки насекомых, термиты участвуют в почвообразовании и повышении плодородия почвы. Наездники, пауки и птицы уничтожают вредных насекомых. Хищники и паразиты являются регуляторами численности популяций животных. Некрофаги – «санитары» природы.

В жизни человека значение животных чрезвычайно велико. Они служат источником продуктов питания (ракообразные, моллюски, рыбы, птицы, млекопитающие) и объектами охоты и промысла (рыбы, птицы, млекопитающие). Кожа, шерсть и мясо животных – источник сырья для промышленности. Навоз и птичий помет используются в сельском хозяйстве в качестве органического удобрения. Аквариумные рыбки, домашние птицы, кошки, собаки играют большую эстетическую роль. Лабораторные животные (морские свинки, мыши, крысы, кошки, собаки, обезьяны) используются в научных экспериментах в качестве биологических моделей. Змеиный и пчелиный яд, мед, прополис, олени рога являются сырьем для лекарственных препаратов.

Некоторые животные имеют отрицательное значение. Саранча, жуки, гусеницы бабочек являются вредите-

лами культурных растений и снижают их урожайность. Медузы, пауки, пчелы, змеи – это ядовитые животные, их укусы могут быть смертельными для человека. Многие гельминты и членистоногие – возбудители и переносчики возбудителей паразитарных заболеваний человека и домашних животных.

ТИП КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПА

Представители типа Кишечнополостные являются исключительно водными животными, обитающими в основном в морских водоемах. Для них характерен свободноживущий или сидячий (прикрепленный) образ жизни. Известно около 10 000 видов кишечнополостных, которые образуют три класса: Гидроидные, Сцифоидные и Коралловые полипы.

Характерные черты представителей типа: радиальная симметрия тела; двухслойность; дифференцировка клеток и образование тканей; стрекательные клетки; кишечная (гастральная) полость; полостное пищеварение; нервная система диффузного типа; две жизненные формы в цикле развития (полип и медуза).

Кишечнополостные – двухслойные радиально-симметричные животные, их развитие происходит из двух зародышевых листков: *эктодермы* и *энтодермы*. Через тело можно провести несколько плоскостей, каждая из которых делит его на две симметричные части. В зависимости от количества таких плоскостей различают четырех-, шести- или восьмилучевую симметрию. Радиальная симметрия является результатом обитания в водной среде и сидячего образа жизни.

Размеры тела колеблются от 1 мм до 2 м и более. Тело взрослой особи (как и у зародыша) состоит из двух слоев: наружного (*эктодерма*) и внутреннего (*энтодерма*), которые ограничивают *кишечную (гастральную) полость* (рис. 36). Эта особенность предопределила одно из названий типа – Кишечнополостные. Гастральная полость сообщается с внешней средой *ртом*, который окружен *щупальцами*. Между слоями находится неклеточное студневидное вещество – *мезоглея* (у медуз и гидроидных полипов) или

опорная пластинка, выполняющая функцию внутреннего скелета (у коралловых полипов). Коралловые полипы и колониальные гидроидные имеют известковый или роговой наружный скелет.

Большинство кишечнополостных в своем цикле развития имеют две жизненные формы. *Полип* – прикрепленная форма в виде мешка, вытянутого в продольном направлении (рис. 37). Кишечная полость у полипа простая, неразветвленная.

Прикрепленные формы могут быть как одиночные (гидра), так и колониальные (морские гидроидные и коралловые полипы). Размножаются полипы в основном бесполом путем, однако возможно и половое размножение (гидра, кораллы). Задний конец тела полипа постоянно или временно фиксируется к субстрату. Колониальные формы образуются из одиночного полипа в результате его многократного почкования, не сопровождающегося отделением дочерних особей. *Медуза* – свободноплавающая форма в виде колокола, зонтика или блюдца, расширенного в поперечном направлении, под сводом которого расположен рот, окруженный ротовыми лопастями. По краю купола располагаются щупальца. Плавающие формы всегда одиночные, размножаются только половым путем. Кишечная полость чаще сложная, представлена радиально расходящимися каналами.

Клетки слоев тела дифференцированы по выполняемой функции:

♦ **клетки эктодермы.** Эпителиально-мышечные клетки формируют покровы тела, содержат мышечные волокна, расположенные параллельно его продольной оси. Они выполняют покровную и двигательную функ-

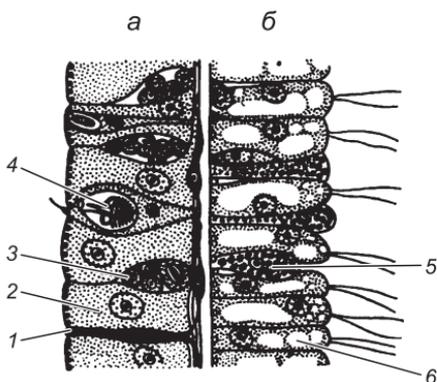


Рис. 36. Участок среза стенки тела гидры: а – эктодерма; б – энтодерма; 1 – нервная клетка; 2 – эпителиально-мышечная клетка; 3 – промежуточные клетки; 4 – стрекательная клетка; 5 – железистая клетка; 6 – эпителиально-мышечная пищеварительная клетка

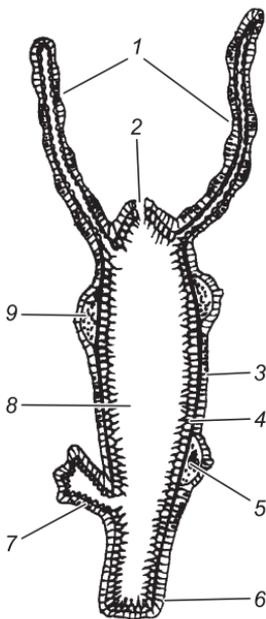


Рис. 37. Продольный разрез одиночного гидроидного полипа:

1 – щупальца; 2 – рот; 3 – эктодерма; 4 – энтодерма; 5 – яйцеклетка; 6 – подошва; 7 – почка; 8 – гастральная полость; 9 – мужская гонада

ции. *Пигментные* клетки обеспечивают окраску тела. *Нервные* клетки располагаются под эпителиально-мышечными, имеют звездчатую форму и отростки. Их совокупность образует примитивную *нервную систему диффузного типа (нервная сеть)*. На щупальцах у гидроидных и по краю зонтика у медуз имеются скопления нервных клеток – *ганглии*. Современное название типа *Стрекающие* обусловлено наличием у всех представителей особых *стрекательных клеток* (рис. 38). Они постоянно обновляются за счет промежуточных клеток, так как после выстреливания погибают. Стрекательные клетки содержат капсулу с ядовитой жидкостью, внутри капсулы находится стрекательная нить, на поверхности – чувствительный волосок. Различают три вида стрекательных клеток. *Пенетранты* содержат нити, усеянные шипиками для пробивания покровов, поражения и обездвиживания добычи, а также защиты от

врагов. *Вольвенты* имеют короткие обвивающиеся нити, опутывающие жертву. *Глютинаты* содержат удлиненные липкие нити для удержания добычи. *Промежуточными (резервными, интерстициальными)* называются мелкие, малодифференцированные клетки, расположенные между основаниями более крупных эпителиально-мышечных клеток; они участвуют в размножении и регенерации, так как из них могут образовываться любые клетки тела. *Половые клетки* (у гидроидных они содержатся в эктодерме) – это яйцеклетки и сперматозоиды. Они появляются в определенные периоды жизненного цикла из промежуточных клеток и обеспечивают половое размножение;

♦ *клетки энтодермы*. *Эпителиально-мышечные пищеварительные клетки* имеют 2–5 жгутиков, способны образовывать ложноножки. Их мышечные волокна распо-

лагаются перпендикулярно к продольной оси тела. Эти клетки выстилают гастральную полость, обеспечивают движение и внутриклеточное пищеварение. *Железистые клетки* вырабатывают и выделяют в кишечную полость пищеварительные ферменты, которые обеспечивают полостное пищеварение. Также имеются *нервные, промежуточные и половые клетки* (у сцифомедуз).

Движение кишечнополостных происходит благодаря сокращению мышечных элементов эпителиально-мышечных клеток наружного и внутреннего слоев тела. Сокращение продольных мышечных волокон клеток эктодермы приводит к укорочению тела и щупалец, а сокращение поперечных волокон клеток энтодермы вытягивает тело в длину.

У прикрепленных форм наиболее подвижны щупальца, а одиночные полипы (гидра) передвигаются «кувырканием»; для медуз характерен реактивный способ движения.

Раздражимость обусловлена нервной системой диффузного типа и осуществляется в виде элементарных рефлексов (в ответ на укол иглой все тело гидры сжимается).

.....
Рефлекс – это ответная реакция организма на раздражение из внешней среды, осуществляемая при участии нервной системы.

Признаками низкой организации диффузной нервной системы являются отсутствие специализированных проводящих путей и разделение на центральную и периферическую части. Прикрепленные формы кишечнополост-

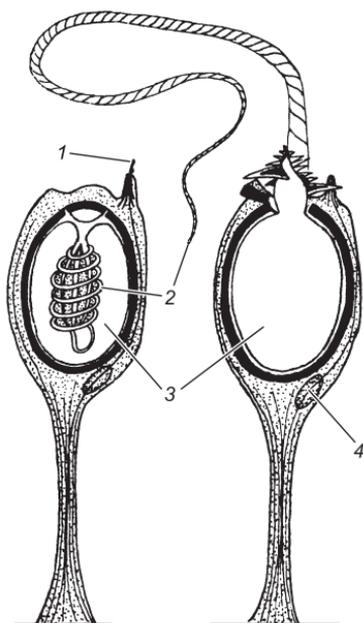


Рис. 38. Схема строения стрекательной клетки:
 1 – чувствительный волосок; 2 – стрекательная нить; 3 – капсула; 4 – ядро

ных не имеют развитых органов чувств, за исключением осязания. У подвижных форм есть органы зрения и равновесия (статоцисты).

Большинство кишечнополостных активно захватывают пищу щупальцами; часто их добычей являются довольно крупные животные. Для нападения используют стрекательные клетки, которые парализуют и удерживают жертву. Пища через рот попадает в пищеварительную (гастральную) полость, где и происходит ее переваривание. У медуз рот ведет в «желудок», от которого отходят 4 или 8 радиальных каналов, впадающих в кольцевой канал, расположенный по краю зонтика (гастроваскулярная система). Выделение непереваренных остатков пищи происходит через рот. Различают два вида пищеварения: *внутриклеточное* (за счет эпителиально-мышечных пищеварительных клеток, которые имеют жгутики и ложноножки, захватывающие пищевые частицы) и *полостное* (благодаря ферментам, выделяемым в гастральную полость железистыми клетками). Продукты расщепления диффундируют через энтодерму в мезogleю и далее в клетки эктодермы.

Дыхание кишечнополостных осуществляется всей поверхностью тела. Регенерация возможна благодаря делению и дифференцировке промежуточных клеток.

.....
Регенерация – восстановление утраченных или поврежденных частей тела.
.....

Для большинства кишечнополостных характерен *метазенез* – чередование бесполого размножения полипа (*почкование* или *стробилиция*, т. е. упорядоченное поперечное деление полипа на несколько частей) и полового размножения медуз. Сцифоидные и гидроидные медузы раздельнополы. Созревшие половые клетки выделяются в воду, где и происходит оплодотворение. Развитие с метаморфозом, личинка планктонная подвижная, покрыта ресничками (*планула*). У одиночных гидроидных полипов и кораллов метазенез отсутствует, они размножаются как бесполым (почкование), так и половым путем. Оплодотворение происходит на поверхности материнского организма (гидра) или в гастральной полости (кораллы). Развитие чаще с метаморфозом, хотя возможно и прямое развитие (гидры).

Значение кишечнорастворимых. Являются компонентами пищевой сети Мирового океана. Активно участвуют в очищении морской воды. Коралловые полипы – основа для формирования уникальных экосистем – *коралловых рифов*, в «зарослях» которых поселяются иглокожие, моллюски, черви, рыбы. Скелет мадропоровых кораллов образует месторождения известняка (строительный материал), их используют для изготовления украшений (красный благородный коралл). Вместе с тем коралловые рифы затрудняют прохождение судов. Медузы – объект промысла как пищевой продукт («хрустальное мясо» медузы корнерот). Однако многие из них являются ядовитыми животными (крестовичок, физалия, цианея и др.).

МНОГООБРАЗИЕ КИШЕЧНОПОЛОСТНЫХ

ГИДРОИДНЫЕ ПОЛИПЫ

Гидра обитает в прибрежных зонах пресных водоемов. Длина ее тела – около 1 см. Это одиночный прикрепленный полип, медузоидная форма и чередование поколений отсутствует. Тело мешковидное, оно фиксируется к субстрату *подошвой* и состоит из двух слоев клеток (эктодермы и энтодермы), разделенных опорной пластинкой (мембраной). Рот окружает 5–12 щупалец, которые используются для захвата жертвы (гидра – хищник). Клетки эктодермы: эпителиально-мускульные, пигментные, нервные, стрекательные, промежуточные, половые. Клетки энтодермы: эпителиально-мускульные, железистые и нервные. Нервная система диффузного типа, органы чувств – осязание. Гастральная полость не имеет перегородок и каналов, пищеварение полостное и внутриклеточное. Бесполое размножение (почкование) происходит летом (почка состоит из клеток эктодермы и энтодермы), а половое – осенью при наступлении неблагоприятных условий (рис. 39). В эктодерме формируются половые железы (*гонады*), в которых образуются гаметы (сперматозоиды со жгутиками и амебоидная яйцеклетка), оплодотворение происходит на теле материнской гидры. С наступлением зимы материнская особь погибает, а весной из оплодотворенной яйцеклетки развивается молодая гидра; развитие прямое.

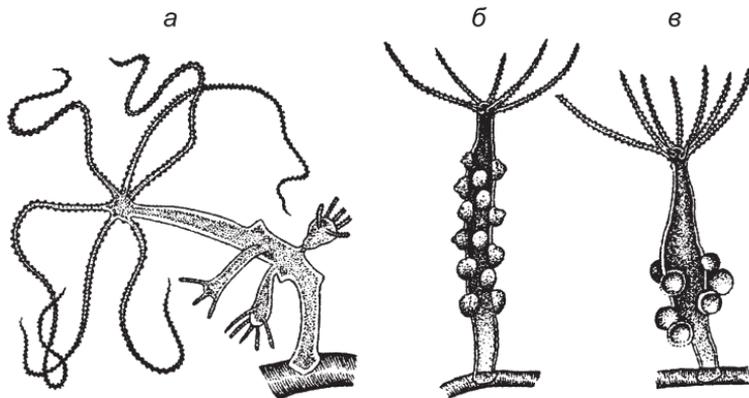


Рис. 39. Размножение гидры:

а – почкующаяся гидра; б – гидра с мужскими гонадами; в – гидра с женскими гонадами

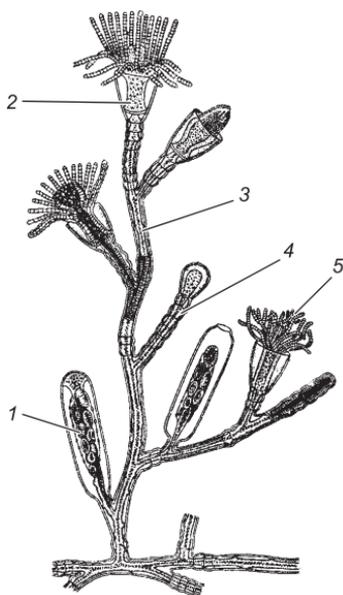


Рис. 40. Гидроид обелия:

1 – развивающиеся медузы; 2 – гидрант; 3 – основной ствол колонии; 4 – почкующийся гидрант; 5 – щупальца

Для морского гидроидного полипа обелия характерен *метагенез*. Бесполое поколение (*полипы*), образуют колонии в виде деревьев или кустиков, прикрепленных к подводным предметам. Колонии образованы совокупностью отдельных особей (*гидрантов*), которые возникают в результате почкования, без последующего отделения от общего ствола и ветвей (рис. 40). Пищеварительные полости гидрантов соединяются в общий канал, проходящий через ствол и ветви колонии. Колония покрыта защитной оболочкой, представляющей совокупность колпачков отдельных гидрантов, которые образуются клетками эктодермы. Полипы размножаются *вегетативным способом* (от-

делением частей колонии). Половое поколение – *гидроидные медузы* – возникают путем почкования, как части колонии, а в дальнейшем отделяются от нее и некоторое время ведут свободноплавающий образ жизни. Размеры тела гидроидных медуз – небольшие, до 1 см; они имеют просто устроенные пищеварительные каналы (неразветвленные). Характерны адаптации к активному движению: органы чувств (*глазки* и *статоцисты*) и орган движения – *парус* – складка эктодермы по краю зонтика, способная к сокращению. Размножение у гидроидных медуз половое (гонады располагаются на нижней поверхности зонтика). Осеменивание наружное (половые клетки выделяются в воду); развитие с метаморфозом (личинка – *планула*).

СЦИФОИДНЫЕ МЕДУЗЫ

Сцифомедузы (корнерот, гонионема, цианея) обитают только в морях. Форма тела – в виде зонтика или купола. На вогнутой поверхности зонтика имеется рот, окруженный ротовыми лопастями (рис. 41), по краю зонтика расположены щупальца. Основную массу тела составляет мезоглея (содержит до 98% воды). Кишечная полость представлена системой сообщающихся каналов (4–8 радиальных ветвящихся и 1 кольцевой). На ротовых лопастях и щупальцах имеется множество стрекательных клеток. Движение осуществляется реактивным способом, за счет выталкивания воды из-под купола при сокращении стенок зонтика (парус отсутствует). По краю зонтика имеется скопление нервных клеток в виде краевого нервного кольца и 8 ганглиев. Характерны органы чувств: равновесия – *статоцисты*, расположенные по краю зонтика, зрения – *глаза*, находящиеся в видоизмененных щу-

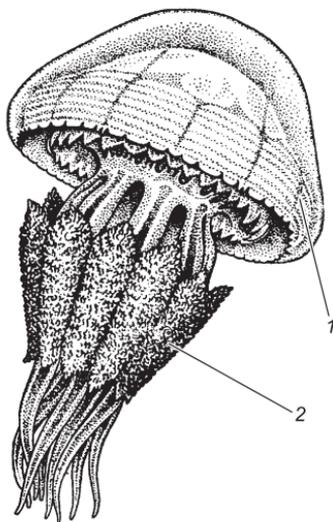


Рис. 41. Медуза корнерот:
1 – зонтик; 2 – ротовые лопасти

пальцах зонтика – *ропалиях*. Для жизненного цикла характерно чередование поколений, преобладает половое (медузоидное) поколение, а стадия полипа – кратковременная. Медузоидные формы раздельнополые, половые клетки развиваются в энтодерме. После оплодотворения образуется зигота, которая превращается в подвижную личинку – *планулу*; из нее формируется полип. Размножение полипа происходит *стробилиацией*, образующиеся *эфиры* (маленькие медузы) растут и превращаются в половозрелые формы.

КОРАЛЛОВЫЕ ПОЛИПЫ

Кораллы (актиния, роговой коралл, красный благородный коралл) обитают в тропической части Мирового океана при температуре воды не ниже 20 °С и солености 3,5%. Это изредка одиночные (актиния), чаще – колониальные формы. Рот окружен либо 8 щупальцами (*восьмилучевые кораллы*), либо кратным 6 числом щупалец (*шестилучевые кораллы*). Кишечная полость разделена перегородками (*септирована*). Мышечные клетки обособляются, образуя сплошной слой. У большинства видов хорошо развит скелет: наружный (роговой или известковый), образующийся за счет выделений клеток эктодермы, или внутренний, образующийся в мезоглее. В цикле развития отсутствуют медузоидная форма и метазенез. Размножение бесполое (почкование) и половое. Кораллы – раздельнополые животные, гаметы образуются в энтодерме; развитие прямое или с метаморфозом (личинка – планула). Колониальные формы образуют *береговые рифы*, которые со временем могут превращаться в барьерные, кольцевые рифы и *атоллы* – острова с лагуной внутри.

ТИП ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПА

Тип *Плоские черви* насчитывает 18 000 видов, которые разделены на три класса: Ресничные черви, Сосальщики, Ленточные черви. Плоские черви обитают в морских и

пресных водоемах, влажной почве, организме человека и животных. Для них характерен свободноживущий (ресничные) или паразитический (сосальщики, ленточные) образ жизни.

Характерные черты представителей типа: трехслойность; двусторонняя симметрия; вытянутое в длину, плоское тело; кожно-мускульный мешок; отсутствие полости тела; развитие пищеварительной, выделительной, нервной и половой систем органов.

Плоские черви *трехслойны*. В процессе онтогенеза у них формируется три зародышевых листка: эктодерма, энтодерма и мезодерма. Их тело *двусторонне-симметричное* – через него можно провести только одну плоскость симметрии, относительно которой тело делится на правую и левую половины, передний (головной) и задний (хвостовой) концы, спинную и брюшную поверхности. Двусторонняя симметрия – результат подвижного образа жизни, при котором организм способен направленно двигаться головным концом тела вперед.

Размеры тела колеблются в широких пределах – от 2–3 мм до 20 м. Тело *листовидной* или *лентовидной* формы сплющено в спинно-брюшном (дорсовентральном) направлении. У паразитических представителей есть специальные органы прикрепления к телу хозяина: присоски, крючья, хоботки с крючьями, присасывательные щели. Стенка тела образована *кожно-мускульным мешком*, состоящим из однослойного эпителия (у водных организмов эпителий имеет реснички) и трех слоев гладких мышц: кольцевых, продольных и косых. Также имеются дорсовентральные мышечные волокна, соединяющие обе плоские стороны тела: спинную и брюшную. Движение обеспечивается ресничками покровного эпителия и сокращением мышц у ресничных червей или только сокращением мускулатуры у сосальщиков и ленточных червей.

Полость тела отсутствует, промежутки между стенкой тела и внутренними органами заполнены клетками паренхимы, выполняющей опорную функцию, участвующей в обмене веществ и регенерации. Паренхима развивается из третьего зародышевого листка (мезодермы), появившегося у плоских червей впервые в эволюции.

Пищеварительная система. Имеет два отдела: передний (рот, глотка) и средний (ветви кишечника). Кишка

замкнута слепо, задний отдел кишечника и анальное отверстие отсутствуют. Планарии и сосальщики поглощают пищу с помощью *мускулистой глотки*. У многих из них кишечник сильно разветвлен и помимо пищеварительной выполняет также функцию распределения питательных веществ, поскольку его ответвления пронизывают практически все тело. Пищеварение полостное и частично внутриклеточное. Клетки кишечника выделяют ферменты для полостного пищеварения. Мелкие пищевые частицы поглощаются фагоцитирующими клетками, и процесс пищеварения заканчивается внутриклеточно. Непереваренные остатки пищи удаляются через рот. У ленточных червей вследствие паразитического образа жизни пищеварительная система редуцирована, и питательные вещества всасываются всей поверхностью тела.

Выделительная система. Построена по *протонефридальному типу*. Образована системой канальцев, один конец которых начинается в паренхиме *звездчатой клеткой* с пучком ресничек внутри, а другой впадает в выделительный проток. Протоки объединяются в один или два общих канала, заканчивающихся выделительными (экскреторными) порами. Стенка канальца, примыкающего к звездчатой клетке, имеет щелевидные просветы, через которые происходит фильтрация избытка воды и жидких продуктов обмена. Пучок ресничек, совершая постоянные движения, обеспечивает продвижение этих продуктов по выделительной системе. По мере их продвижения возможна *реабсорбция* – обратное всасывание определенных веществ в паренхиму.

Кровеносная и дыхательная системы отсутствуют. Газообмен осуществляется через покровы тела. Транспорт газов, питательных веществ и продуктов диссимилиации выполняет паренхима.

Нервная система. Построена по *ортогональному типу* (имеет вид правильной решетки). Представлена парным головным узлом и несколькими нервными стволами, идущими вдоль тела. Наиболее развиты два боковых нервных ствола, которые соединены поперечными перемышками – *комиссурами*. Количество кольцевых комиссур варьирует и зависит от длины тела. Развиты органы осязания и химического чувства. У свободноживущих представителей имеются органы зрения и равновесия.

Половая система. Большинство плоских червей *гермафродиты*. Мужская половая система образована семенниками, семяпроводами, семяизвергательным каналом и копулятивным органом (*циррусом*). Женская половая система состоит из яичника, яйцевода, матки и желточников. Все органы открываются в центральную камеру – *оотип*, в которой происходит оплодотворение и формирование яйца. Размножение чаще половое (у ресничных червей встречается *фрагментация*). Свободноживущие представители имеют прямое развитие. Для паразитов характерна высокая плодовитость, сложные циклы развития со сменой хозяев и несколькими поколениями личинок, размножающихся *партеногенезом*.

|| **Значение плоских червей.** Являются компонентами биогеоценозов и пищей для более крупных животных. Многие из них – возбудители паразитарных заболеваний человека и животных.

МНОГООБРАЗИЕ ПЛОСКИХ ЧЕРВЕЙ

Для представителей класса **Ресничные черви** характерны следующие особенности: свободноживущий образ жизни; плоское листовидное тело; ресничный эпителий, покрывающий кожно-мускульный мешок; органы зрения; ярко выраженная способность к регенерации; прямое развитие. Некоторые виды планарий (*микростомум*) способны к бесполому размножению – деление материнской особи на несколько неравных частей, развивающихся в самостоятельные особи на основе регенерации (*фрагментация* или *аутономия*).

Молочная (белая) планария – свободноживущий организм, обитающий в пресных стоячих водоемах, на подводных растениях и предметах. Ее тело листовидное, до 25 мм в длину, окраска белая. Головной конец тела расширен, на нем имеются короткие *щупальца* (органы осязания) и два *глазка*. Задний конец тела заострен (рис. 42). Покровы тела представлены *ресничным эпителием* и *тремя слоями гладких мышц*. Планарии скользят по субстрату с помощью ресничек, ползают благодаря сокращению мышц, плавают, изгибая боковые края тела. Пищеварительная система имеет два отдела. Передний отдел представлен *ртом*, открывающим-

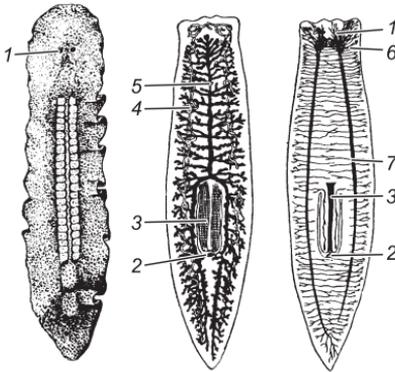


Рис. 42. Схема строения планарии:
 1 – орган зрения; 2 – рот; 3 – глотка;
 4 – протонефридии; 5 – передняя ветвь
 кишечника; 6 – головной нервный узел;
 7 – нервный ствол

ся на брюшной стороне тела, и *глоткой*, способной выворачиваться через рот наружу. Средний отдел содержит три ветви кишечника (одна направлена вперед, две – назад). Планария – хищник; она глоткой проникает внутрь добычи и высасывает ее содержимое. Пища переваривается в кишечнике, непереваренные остатки удаляются через рот. Выделительная система *протонефридиального* типа, ее каналы открываются

двумя экскреторными порами на спинной стороне тела. Дыхание осуществляется всей поверхностью тела. Нервная система – парный головной нервный узел, два брюшных нервных ствола, периферические нервы. Органы чувств: зрения (парные глазки), осязания (реснички и щупальца), равновесия (статоцисты), химического чувства (чувствительные клетки). Планария – *гермафродит*. В передней части тела имеются два яичника, вдоль тела – многочисленные семенники. Яйцеводы и семяпроводы открываются общим половым отверстием, расположенным на брюшной стороне задней части тела. Осеменение внутреннее, перекрестное. Развитие прямое: из яиц, отложенных в коконы, выходят молодые планарии. Характерна высокая способность к регенерации.

Многие представители типа *Плоские черви* являются паразитами человека и животных. *Паразит* – организм определенного вида, живущий внутри или на теле организма другого вида (*хозяина*), питающийся за его счет и причиняющий ему вред. *Окончательный хозяин* – организм, в котором живет половозрелый паразит или происходит его половое размножение. *Промежуточный хозяин* – организм, в котором обитает личинка паразита или идет его бесполое размножение. Для существования в организме хозяина паразиты имеют целый ряд приспособлений. Плотные защитные покровы предохраняют их от перевари-

вания в организме хозяина. Органы фиксации (присоски, крючья, присасывательные щели) обеспечивают их прикрепление. Вследствие обитания в относительно стабильной среде происходит упрощение нервной системы и органов чувств. У гельминтов, живущих в среде, насыщенной питательными веществами (тонкий кишечник), упрощается процесс пищеварения, а у ленточных червей пищеварительная система отсутствует. Тканевые паразиты выделяют вещества, подавляющие иммунные реакции хозяина. Преобладающее развитие претерпевает половая система паразитов. Характерна высокая плодовитость и сложные циклы развития со сменой хозяев.

Плоские черви, являющиеся паразитами, относятся к двум классам: **Сосальщики** и **Ленточные черви**.

Для представителей класса **Сосальщики** характерны следующие особенности: листовидная форма тела; покровы тела представлены тегументом; наличие двух присосок – брюшной и ротовой; паразитический образ жизни; развитие с метаморфозом.

Печеночный сосальщик – возбудитель *фасциолеза* (это заболевание распространено повсеместно). Паразит имеет размеры 3–5 см. Форма тела – листовидная. Покровы представлены погруженным эпителием (*тегумент*), ресничный эпителий отсутствует. Передняя часть тела вытянута в виде конуса. На ней расположены две присоски – *ротовая* и *брюшная*. Две ветви кишечника сильно разветвлены. Сосальщики – *гермафродиты*. Многолопастная *матка* расположена за брюшной присоской, под ней лежит ветвистый *яичник*, по бокам тела расположены многочисленные *желточники*, а всю среднюю часть занимают ветвящиеся *семенники* (рис. 43). *Окончатель-*

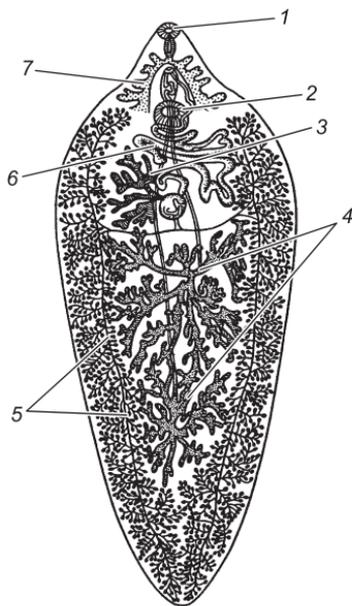


Рис. 43. Схема строения печеночного сосальщика:
1 – ротовая присоска; 2 – брюшная присоска; 3 – яичник; 4 – семенники; 5 – желточники; 6 – матка; 7 – кишечник

ные хозяева – травоядные животные (овцы, коровы, козы, олени, зубры), иногда человек, в организме которых (желчные протоки печени) сосальщик паразитирует в половозрелой форме. *Промежуточный хозяин* – пресноводная улитка малый прудовик. Во внешнюю среду из организма окончательного хозяина выделяется большое количество яиц сосальщика, которые для дальнейшего развития должны попасть в воду, где из них выходит личиночная стадия с ресничками – *мирацидий*. Мирацидий попадает в организм моллюска, где проходит ряд превращений (*спороциста, редия*). Из организма моллюска выходит подвижная личинка с хвостом (*церкарий*), которая прикрепляется к водным растениям и покрывается оболочкой (*адолескарий*). Заражение окончательного хозяина происходит при поедании травы (для человека – зелень и овощи), на которой имеются адолескарии. В кишечнике окончательного хозяина развивается половозрелая особь. Паразиты проникают в печень, где разрушают ткани и закупоривают желчные протоки. Продукты их жизнедеятельности отравляют организм человека.

В целях профилактики и борьбы следует: проводить санитарно-просветительную работу, не мыть овощи и зелень водой из открытых водоемов, не пить из них воду, уничтожать промежуточных хозяев – моллюсков, охранять водоемы от загрязнения фекалиями животных и людей, выявлять и лечить больных.

Для представителей класса **Ленточные черви** характерны следующие особенности: наличие микроворсинок в покровном эпителии; плоское лентовидное тело, состоящее из головки, шейки и члеников, органы фиксации – четыре присоски, крючья, присасывательные щели, расположенные на головке, паразитический образ жизни; развитие с метаморфозом.

Бычий цепень – возбудитель *тениаринхоза* (это заболевание распространено повсеместно). Половозрелая стадия достигает в длину 4–10 м и имеет вид ленты, есть головка (*сколекс*), шейка и тело (*стробила*). На головке находятся органы фиксации (4 присоски), шейка является зоной роста члеников (количество члеников – до 1000). Членики, находящиеся в начале стробилы (юные), содержат развивающиеся органы мужской половой системы, расположенные в середине (незрелые) – сформированную

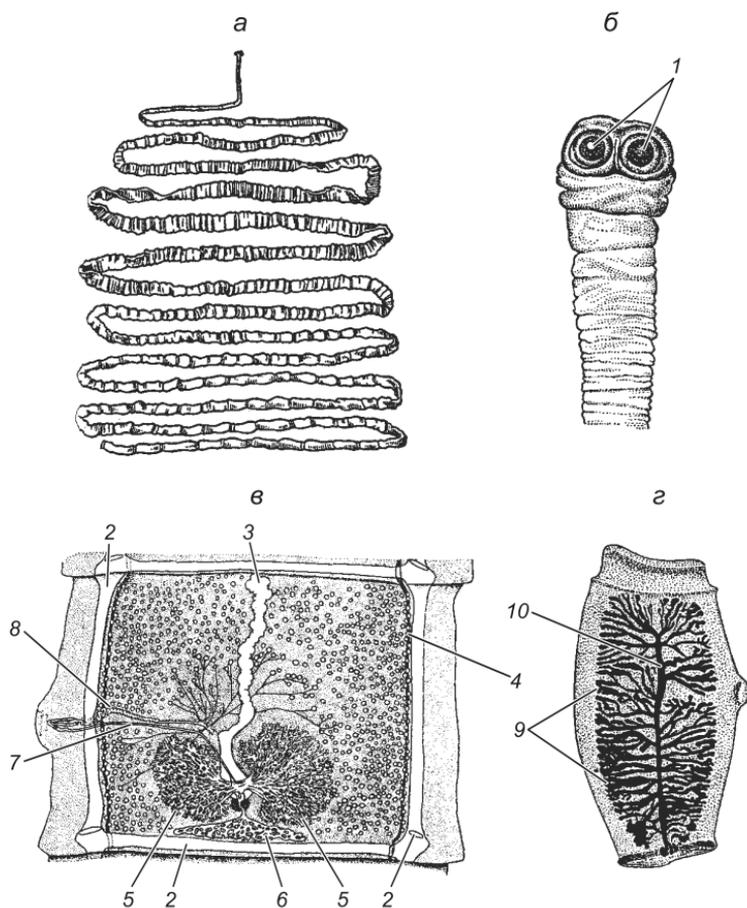


Рис. 44. Схема строения бычьего цепня:

а – общий вид цепня; *б* – головка и шейка; *в* – гермафродитный (незрелый) членик; *г* – зрелый членик; 1 – присоски; 2 – выделительные каналы; 3 – матка; 4 – нервный ствол; 5 – яичник; 6 – желточник; 7 – влагалище; 8 – семяпровод; 9 – боковые ответвления матки; 10 – центральный ствол матки

гермафродитную половую систему, а в конце (зрелые) – только матку, заполненную сформированными яйцами (рис. 44). Пищеварительная система отсутствует, питательные вещества всасываются всей поверхностью тела, чему способствуют микроворсинки кожного эпителия. *Окончательный хозяин* – человек, *промежуточный* – крупный рогатый скот. В организме человека (в кишечни-

ке) паразитирует половозрелая стадия. Во внешнюю среду выделяется большое количество яиц цепня, находящихся в зрелых члениках. Крупный рогатый скот вместе с травой проглатывает яйца, и в желудочно-кишечном тракте из них образуется *онкосфера* (личинка с крючьями). Через стенку кишечника она проникают в кровь, а затем попадает в мышцы, где превращается в следующую личиночную стадию – *финну*. Заражение человека происходит при употреблении термически плохо обработанной говядины, содержащей финны. В организме человека из финны образуется половозрелая стадия паразита. Цепень повреждает слизистую тонкого кишечника, поглощает питательные вещества и отравляет человека продуктами своей жизнедеятельности.

В целях профилактики и борьбы следует: проводить санитарно-просветительную работу; проводить ветеринарную экспертизу туш крупного рогатого скота; осуществлять термическую обработку говядины; не загрязнять окружающую среду человеческими фекалиями; выявлять и лечить больных.

Эхинококк – ленточный червь, имеющий размеры тела до 5 мм и состоящий из 3–4 члеников. На головке у него расположены 4 присоски и хоботок с венчиком крючьев. Пищеварительная система отсутствует, питательные вещества всасываются всей поверхностью тела, чему способствуют микроворсинки кожного эпителия. *Окончательный хозяин* – волки, собаки и лисицы, у которых цепень обитает в тонком кишечнике. *Промежуточный хозяин* – человек, крупный рогатый скот, овцы и свиньи. В организме промежуточного хозяина цепень находится в стадии финны (пузырь с множеством свернутых головок), которая развивается в легких, печени, головном мозге и костях. Заражение человека происходит при проглатывании яиц цепня, попавших на руки после контакта с собаками и дикими животными.

В целях профилактики и борьбы следует: проводить санитарно-просветительную работу; соблюдать правила личной гигиены: тщательно мыть руки после контакта с собаками, овцами и другими животными, на шерсти которых могут находиться яйца эхинококка; проводить дегельминтизацию служебных собак; не скармливать собакам пораженные эхинококком органы травоядных животных; уничтожать бродячих собак.

ТИП КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПА

Известно более 15 500 видов круглых червей. Тип *Круглые черви* включает пять классов. По численности и значению самым важным является класс **Собственно круглые черви (Нематоды)**. Среда обитания – морские и пресные водоемы, почва, организмы человека, животных и растений. Образ жизни – свободноживущие и паразиты.

Характерные черты представителей типа: двусторонняя симметрия тела; развитие из трех зародышевых листков; тело веретеновидное; покровы тела представлены кожно-мускульным мешком; полость тела первичная (псевдоцель); сквозной кишечник; нервная система построена по типу ортогона; раздельнополость; половой диморфизм.

Размеры круглых червей колеблются в широких пределах – от нескольких миллиметров (почвенные черви) до нескольких метров (нематода кашалота). Форма тела – цилиндрическая или веретеновидная (по направлению к обоим концам тело сужается). Тело несегментированное, на поперечном разрезе круглое (откуда и происходит название типа). На его переднем конце расположено *ротовое отверстие* и основные органы чувств. Позади головной области на брюшной стороне тела находится экскреторная пора. У самок ближе к середине тела на брюшной стороне расположено *половое отверстие*. Вблизи заднего конца тела находится *анальное отверстие*.

Покровы тела представлены *кожно-мускульным мешком*, состоящим из многослойной плотной нерастяжимой *кутикулы*, под которой находится *гиподерма* (эпителиальная ткань), образующая 4 продольные складки (валики) и один слой продольных гладких мышц в виде 4 лент, разделенных валиками гиподермы. Кутикула – своеобразный наружный скелет – вместе с полостной жидкостью создает опору для мышц. Она защищает червей от механических повреждений и действия различных химических веществ. Гиподерма представлена *симпластической тканью*, образованной в результате слияния клеток эпителия. Кольцевой мускулатуры у нематод нет, поэтому при сокращении продольных спинных и брюшных мышечных лент (они действуют как антагонисты) тело чер-

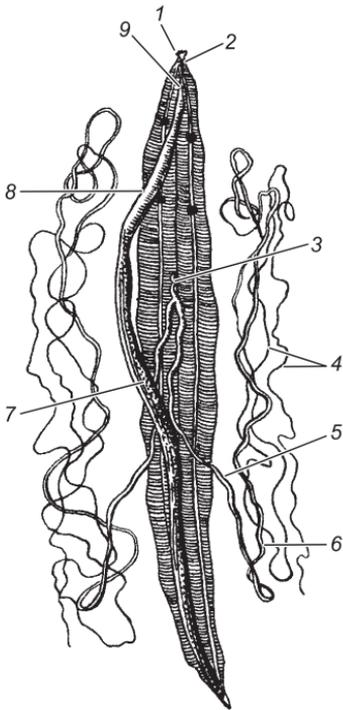


Рис. 45. Вскрытая самка аскариды:

1 – кутикулярные губы; 2 – нервное кольцо; 3 – влагалище; 4 – яичники; 5 – матки; 6 – яйцеводы; 7 – средняя кишка; 8 – пищевод; 9 – глотка

анальным отверстием). У некоторых видов ротовое отверстие окружено *кутикулярными губами*, у других есть режущие пластинки и кутикулярные выросты – *зубцы*. Стенки переднего и заднего отделов имеют кутикулярную выстилку и содержат мышечные элементы. Пищевод имеет трехгранный просвет и расширения – *бульбусы*. Средняя кишка образована однослойным эпителием (рис. 45). Пищеварение преимущественно полостное. Пищей для свободноживущих представителей является *детрит* (однородная масса разлагающихся органических веществ), а также мелкие беспозвоночные. Паразиты питаются тканями и жидкостями внутренней среды организма хозяи-

вей способно изгибаться только в спинно-брюшном направлении, совершая змеевидные движения.

Полость тела – *первичная (псевдоцель)*, соответствует бластоцели зародыша, ограничивается непосредственно стенками тела и не имеет собственной эпителиальной выстилки. Она заполнена жидкостью, находящейся под большим давлением, которая выполняет опорную (*гидроскелет*) и транспортную функции, а также играет важную роль в обменных процессах (внутренняя среда организма).

Для круглых червей характерна *этелия* (строго определенное число клеток, входящих в состав ткани или органа). В связи с этим они не способны к регенерации и их рост ограничен.

Пищеварительная система. Содержит три отдела: передний (рот, глотка и пищевод), средний (средняя кишка) и задний (задняя кишка с

на. Кишечные паразиты поглощают содержимое кишечника хозяина. Непереваренные остатки пищи удаляются через анальное отверстие.

Выделительная система. Представлена 1–2 *кожными железами* (видоизмененные протонефридии). Это гигантские клетки гиподермы, от них отходят два канала, расположенных в боковых валиках гиподермы, которые в задней части тела заканчиваются слепо, а спереди открываются наружу выделительной порой. Также жидкие продукты обмена обезвреживаются особыми *фагоцитарными клетками*, расположенными по ходу выделительных каналов. В этих клетках накапливаются различные нерастворимые частицы (продукты обмена или бактерии), которые устраняются из обменных процессов.

Кровеносная и дыхательная системы отсутствуют. Важнейшую роль в метаболизме нематод играют процессы анаэробного расщепления гликогена, большие запасы которого откладываются в гиподерме. Конечные продукты обмена нематод – органические кислоты (валериановая, масляная) – в большом количестве присутствуют в полостной жидкости червей, что определяет ее высокую токсичность.

Нервная система. Построена по *ортогональному типу*. Она представлена *головными нервными узлами (ганглиями)*, *окологлоточным нервным кольцом* и *четырьмя нервными стволами*, проходящими в валиках гиподермы и соединенными друг с другом перемычками. Наиболее развиты спинной и брюшной нервные стволы. Органы чувств развиты слабо и представлены органами осязания (*осязательные бугорки* или *щетинки*) и органами химического чувства. У морских представителей могут быть просто устроенные *глаза* (пигментные пятна, в которых есть пигментный бокал и кутикулярная линза).

Половая система. Круглые черви *раздельнополые*, выражен *половой диморфизм* – самцы меньше самок и задний конец тела самцов загнут или закручен на брюшную сторону. Гонады имеют трубчатое строение. У большинства самцов половая система непарная. Разные отделы половой трубки специализированы и выполняют функции различных половых органов: семенника, семяпровода, семяизвергательного канала, открывающегося в заднюю кишку. Самцы имеют вспомогательные органы – *спиккулы*, которые облегчают фиксацию самца в районе полово-

го отверстия самки при совокуплении. Сперматозоиды лишены жгутиков. У самок половая система обычно состоит из двух трубок. Начальный, самый узкий, слепо замкнутый отдел трубки – *яичник* – заполнен половыми клетками. Яичник постепенно переходит в более широкий отдел – *яйцевод*, а тот в свою очередь – в самый широкий отдел – *матку*. Обе матки соединяются между собой и образуют непарное *влагалище*, которое открывается наружу (рис. 46). Размножение половое. Осеменение внутреннее. Развитие у нематод не прямое (с превращением). Часто оно происходит без смены хозяев (личинка развивается в почве или воде) и сопровождается линькой. Некоторым видам свойственно *живорождение*. Для паразитов характерны сложные циклы развития.

Значение круглых червей. Круглые черви – компоненты биогеоценозов. Они являются пищей для более крупных животных, участвуют в почвообразовании. Представители данного типа – возбудители паразитарных заболеваний (*нематодозов*).

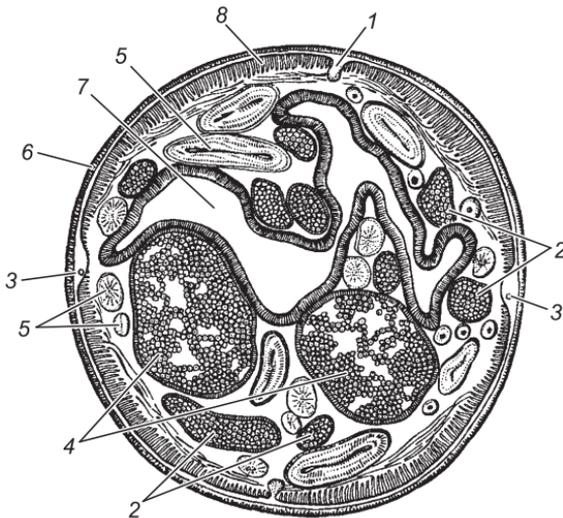


Рис. 46. Поперечный срез аскариды:
 1 – спинной валик гиподермы; 2 – яйцеводы, заполненные яйцами; 3 – выделительный канал в боковом валике гиподермы; 4 – матки, заполненные яйцами; 5 – яичники; 6 – кутикула; 7 – полость кишечника; 8 – мышечные клетки

МНОГООБРАЗИЕ КРУГЛЫХ ЧЕРВЕЙ

Аскарида человеческая – возбудитель *аскаридоза* (заболевание распространено повсеместно, за исключением арктических, пустынных и полупустынных зон). Длина тела самки – 40 см, самца – 25 см. Живые паразиты бело-розового цвета. Тело цилиндрическое, заостренное на концах. Половозрелая особь, живет в тонком кишечнике. Оплодотворенная самка откладывает в сутки до 240 тыс. яиц, которые вместе с фекалиями попадают во внешнюю среду. Развитие яиц происходит в почве: при температуре 25 °С, достаточной влажности и доступе кислорода через 21 день в яйцах развиваются инвазионные личинки. Такие яйца попадают в желудочно-кишечный тракт человека с загрязненными овощами, фруктами или водой. В тонком кишечнике личинки выходят из яиц, пробуравливают стенку кишечника, попадают в кровеносные сосуды и совершают миграцию по организму (для развития личинок необходим кислород). С током крови они проходят через печень, правое предсердие и правый желудочек, заносятся в легочные артерии и капилляры легочных альвеол. Здесь личинки активно пробуравливают стенки капилляров, проникают в полость альвеол, поднимаются в бронхиолы, бронхи, трахею и попадают в глотку, вторично заглатываются и снова попадают в тонкий кишечник. Через три месяца они превращаются в половозрелые особи. Миграция личинок длится около двух недель. Продолжительность жизни взрослых аскарид – около года. Аскариды повреждают слизистую оболочку кишечника, нарушают пищеварение, могут заползать в желчный проток, аппендикс, пищевод и дыхательные пути, закупоривать просвет тонкого кишечника. Кроме того, аскариды поглощают значительное количество питательных веществ и отравляют организм токсическими веществами.

В целях профилактики и борьбы следует: проводить санитарно-просветительную работу; соблюдать правила личной гигиены; тщательно мыть овощи, фрукты и ягоды; защищать продукты питания от мух – механических переносчиков яиц аскариды; охранять окружающую среду (почва, водоисточники) от загрязнения фекалиями человека; выявлять и лечить больных.

Власоглав является возбудителем *трихоцефалеза* (заболевание распространено повсеместно). Длина тела

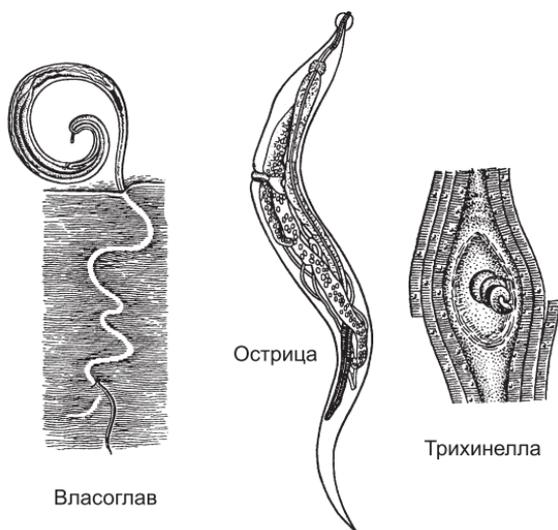


Рис. 47. Круглые черви – паразиты человека и животных

самки – до 5 см, самцы немного короче. Передний отдел тела нитевидный, в нем находится только пищевод, в заднем – все остальные органы (рис. 47). Задний конец у самца спирально закручен на брюшную сторону. Взрослые паразиты живут в верхнем отделе толстого кишечника человека (слепая кишка). Тонким передним концом власоглавы «прошивают» слизистую оболочку кишечника и питаются кровью. Оплодотворенная самка откладывает в сутки до 60 тыс. яиц. Вместе с фекалиями они выделяются во внешнюю среду. Развитие яиц происходит в почве. При оптимальных условиях (температура 27 °С, высокая влажность, доступ кислорода) инвазионная личинка развивается за 25 дней. Человек заражается при употреблении в пищу загрязненных яйцами паразита овощей, ягод, фруктов и воды. В кишечнике из яиц выходят личинки, которые без миграции через месяц превращаются в половозрелые особи. Продолжительность жизни власоглава в организме человека – свыше пяти лет. Власоглав повреждает слизистую оболочку кишечника, отравляет организм токсическими веществами, вызывает анемию.

Меры профилактики те же, что и при аскаридозе.

Острица – возбудитель энтеробиоза (заболевание распространено повсеместно). Это небольшой червь (дли-

на тела самки около 10 мм, самца – 5 мм) белого цвета. На переднем конце тела находится вздутие кутикулы – *везикула*, а в задней части пищевода шаровидное расширение – *бульбус*, участвующие в фиксации паразита к стенкам кишечника. Острицы паразитируют в нижнем отделе тонкого и в толстом кишечнике. Питаются преимущественно содержимым кишечника. После оплодотворения самцы погибают, а самки ночью, когда расслаблены сфинктеры, выползают из анального отверстия и откладывают яйца (15 тыс.). В яйце, находящемся на коже промежности при температуре тела и влажности 90%, уже через 6 ч созревает личинка. Откладка яиц вызывает зуд; больные расчесывают зудящие места, и под ногти попадают яйца, которые легко могут быть занесены в рот и рассеяны по окружающим предметам. В кишечнике из яиц выходят личинки, которые через две недели достигают половой зрелости. Продолжительность жизни острицы – около месяца. Характерно самозаражение. Острицы повреждают слизистую оболочку кишечника, вызывают аллергические реакции, раздражают кожу промежности.

В целях профилактики и борьбы следует: проводить санитарно-просветительную работу с родителями и воспитателями дошкольных учреждений; тщательно соблюдать правила личной гигиены, особенно чистоту рук и постельного белья; прививать детям гигиенические навыки; периодически обследовать обслуживающий персонал детских учреждений; проводить систематическую влажную уборку помещений и санитарную обработку игрушек; выявлять и лечить больных.

Трихинелла – возбудитель *трихинеллеза*. Мелкий паразит, основную часть своего цикла развития проводит в виде личинки, окруженной *капсулой*. Капсула находится в поперечно-полосатой мышечной ткани хозяина (домашние и дикие свиньи, медведи, лисы, крысы, мышеполевки и другие теплокровные позвоночные, в том числе и человек). Заражение человека происходит при употреблении зараженного личинками мяса домашнего или дикого животного. В желудке нового хозяина трихинеллы выходят из капсулы, а в тонком кишечнике они превращаются в половозрелые особи. После оплодотворения самка проникает в стенку кишечника и отрождает в кровь около 2000 живых личинок. После миграции по организму ли-

чинки избирательно оседают в поперечно-полосатых мышцах (диафрагма, межреберные, язык, икроножная и др.), питаются, через месяц скручиваются в спираль и покрываются оболочкой (капсулой). Заболевание сопровождается повышением температуры, аллергическими реакциями, мышечными болями и может закончиться смертью.

В целях профилактики следует: проводить санитарно-просветительную работу среди сельского населения и охотников; осуществлять ветеринарный контроль мясных туш на бойнях, мясокомбинатах и колхозных рынках; вести борьбу с грызунами.

Фитопатогенные нематоды – паразиты растений. *Картофельная нематода* – небольшой подвижной червь около 1 мм длиной, заселяющие клубни картофеля. Длительное паразитирование разрушает клубень, превращает его в комок коричневой трухи (сухая гниль). *Луковая нематода* паразитирует в тканях луковиц чеснока и лука. *Пшеничная нематода* поражает ткани представителей семейства **Злак** **о** **в** **ы** **е**. Вместо нормального зерна в колосе пораженного растения образуются разрастания, содержащие до 17 тыс. личинок паразита.

В целях борьбы следует воспользоваться самым простым и достаточно эффективным методом – сменой культур в севообороте, остальные методы – дорогостоящие.

ТИП КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПА

Тип *Кольчатые черви* включает около 12 000 видов, которые образуют три класса: **Малощетинковые**, **Многощетинковые** и **Пиявки**. Среда обитания – морские и пресные водоемы, почва. Образ жизни в основном – свободноживущие, реже – паразиты (пиявки).

Характерные черты представителей типа: развитие из трех зародышевых листков; двусторонняя симметрия тела; кожно-мускульный мешок; органы движения – пароподии; сегментация тела; вторичная полость тела; органы дыхания – кожные жабры; замкнутая кровеносная система; выделительная система метанефридиального типа.

Размеры тела кольчатых червей колеблются в пределах от 0,5 мм до 3 м (австралийский земляной червь). Оно

состоит из головной лопасти, туловища и анальной лопасти. В *головной лопасти* находятся разнообразные органы чувств: глаза, щупальца и усики. *Туловище* содержит от 5 до 800 одинаковых сегментов, имеющих форму колец. В большинстве случаев сегменты имеют одинаковое строение и выполняют сходные функции – *гомономная сегментация (метамерия)*. Метамерное строение тела колец определяет их высокую способность к регенерации, поскольку метамерия выражена не только во внешнем, но и во внутреннем строении. По бокам сегментов туловища (у многощетинковых) располагаются лопастевидные выросты

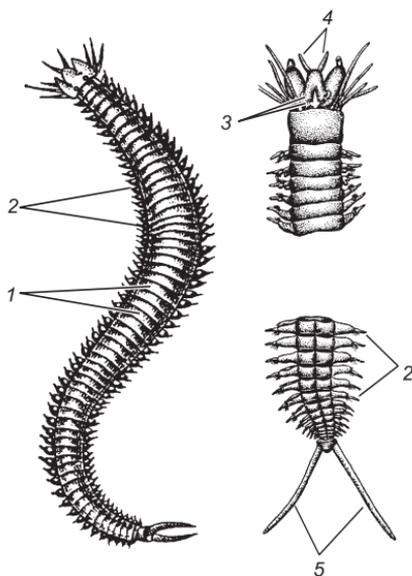


Рис. 48. Внешнее строение многощетинкового червя:

1 – сегменты туловища; 2 – параподии; 3 – глаза; 4 – усики головной лопасти; 5 – анальные усики

кожно-мускульного мешка – *параподии*, являющиеся органами движения. Параподии имеют спинную и брюшную ветви, каждая из которых несет пучок щетинок. Они подвижно соединены с телом и действуют по типу простого рычага. У малощетинковых сохраняются только пучки щетинок. *Анальная лопасть – пигидий* – несет чувствительные придатки (*анальные усики*) и анальное отверстие (рис. 48).

Стенка тела образована *кожно-мускульным мешком*, состоящим из однослойного эпителия, покрытого тонкой кутикулой, и двух слоев гладких мышц: наружного кольцевого и внутреннего продольного. При сокращении кольцевых мышц тело становится длинным и тонким, при сокращении продольных мышц оно укорачивается и утолщается. Изнутри кожно-мускульный мешок выстлан однослойным эпителием вторичной полости тела (рис. 49).

Полость тела – вторичная (*целом*), имеет эпителиальную выстилку мезодермального происхождения, покры-

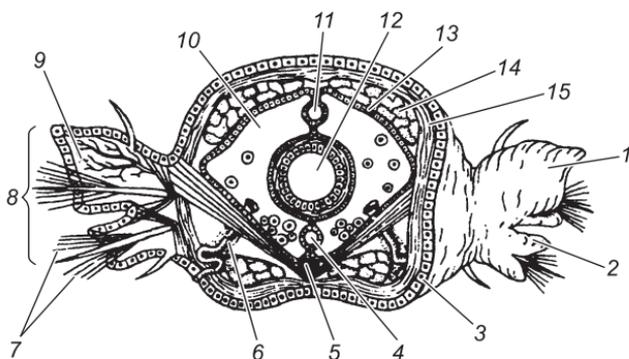


Рис. 49. Поперечный срез многощетинкового червя:
 1 – спинная ветвь параподии; 2 – брюшная ветвь параподии;
 3 – покровный эпителий; 4 – брюшной кровеносный сосуд;
 5 – брюшная нервная цепочка; 6 – метанефридий; 7 – щетинки;
 8 – параподия; 9 – кровеносные капилляры; 10 – полость тела;
 11 – спинной кровеносный сосуд; 12 – полость кишечника;
 13 – целомический эпителий; 14 – продольные мышцы;
 15 – кольцевые мышцы

вающую кожно-мускульный мешок изнутри и органы пищеварительной системы снаружи. У большинства видов полость тела разделена перегородками соответственно сегментам тела. В каждом сегменте целом представлен двумя камерами (*правым и левым целомическими мешками*), которые разделены продольной перегородкой над и под кишечником. На границе между сегментами целомический эпителий образует перегородки – *септы*, идущие поперек тела. Полостная жидкость является гидроскелетом и внутренней средой; она участвует в транспорте продуктов обмена, питательных веществ и половых клеток.

Пищеварительная система. Ее важной особенностью является дифференцировка отделов кишечника: *передняя, средняя и задняя кишка*. Передняя и задняя кишка развиваются из эктодермы, средняя – из энтодермы. В передней кишке могут выделяться *ротовая полость, мускулистая глотка* (у хищников она снабжена кутикулярными зубцами), *пищевод, зоб и мышечный желудок*. У многих видов в переднем отделе кишечника есть *пищеварительные железы*, секрет которых способствует пищеварению. Всасывание питательных веществ происходит в средней кишке.

Выделительная система. Построена по *метанефридially* типу, представлена *нефридиями*, расположенными попарно в каждом сегменте тела. Нефридии имеют вид трубочек с воронками. Внутренним концом в форме воронки с ресничками по краю нефридий обращен в целом, из которого в него поступают продукты обмена. Канал нефридия проходит через септу в следующий сегмент, на боковой стенке которого открывается наружу выделительной порой.

Кровеносная система. У кольцецов она появляется впервые в эволюции. По спинному пульсирующему сосуду кровь движется от заднего конца тела к переднему, по брюшному – спереди назад. Спинной и брюшной сосуды в каждом сегменте соединяются кольцевидными сосудами. Кровь не покидает полости кровеносных сосудов – кровеносная система *замкнутого типа*. Движение крови осуществляется благодаря ритмичным сокращениям стенок спинного сосуда и пяти пар кольцевых сосудов, расположенных в области глотки («добавочные сердца»), имеющих толстые мышечные стенки и клапаны. Разветвляясь, сосуды образуют густую сеть капилляров, по которым кровь поступает к органам и тканям. Эритроцитов нет, но кровь нередко красного цвета, что связано с присутствием в плазме крови растворенных *дыхательных пигментов*, близких к гемоглобину позвоночных животных.

Для малоцетинковых и пиявок характерно кожное дыхание всей поверхностью тела. Перистые или листовидные жабры имеются только у многоцетинковых. Они представлены видоизмененными спинными усиками пароподий или головной лопасти (*кожные жабры*).

Нервная система. Содержит *парные (надглоточный и подглоточный) нервные узлы*, или *ганглии*, соединенные перемычками в *окологлоточное нервное кольцо*, и *парные нервные узлы* в брюшной части каждого сегмента, соединенные продольными и поперечными нервными стволами (*нервная лестница*). У большинства кольцецов парные ганглии укрупняются и сливаются друг с другом, образуя *брюшную нервную цепочку*. Органы чувств – осязания и химического чувства. У многоцетинковых есть органы равновесия и зрения (2 или 4 глаза).

Половая система. Многоцетинковые черви – *раздельнополые*. Гонады у них развиваются в стенке полости всех

или только определенных сегментов тела. Половые клетки выводятся в полостную жидкость и далее в воду через *специальные половые воронки* или чаще через воронки метанефридиев. Развитие с метаморфозом (личинка – *трохофора*). Малощетинковые и пиявки – *гермафродиты*. У них гонады развиваются только в определенных сегментах. Осеменение внутреннее. Кроме полового размножения характерно и бесполое (почкование и фрагментация). Развитие прямое, оно происходит в *коконе* из слизи, выделяемой *пояском* (специализированный участок покровов тела, который вырабатывает слизистый секрет, идущий на образование кокона).

|| **Значение кольчатых червей.** Многощетинковые черви являются звеном цепей питания. Океанический червь палоло используется человеком в пищу. Дождевые черви улучшают плодородие почвы. Медицинские пиявки используются в нетрадиционной медицине для кровопускания (гирудотерапия).

МНОГООБРАЗИЕ КОЛЬЧАТЫХ ЧЕРВЕЙ

Представители класса **Малощетинковые** – обитатели почвы (дождевой червь) и пресных водоемов (трубочники). Питаются гниющими остатками, которые заглатывают с почвой. Параподии отсутствуют. Щетинки отходят непосредственно от стенки тела. Головная лопасть выражена слабо. Половая система расположена в нескольких сегментах передней части тела. Гермафродиты. Осеменение внутреннее, перекрестное. Развитие прямое, происходит в коконе, который образуется после оплодотворения.

Д о ж д е в о й ч е р в ь обитает во влажной, богатой перегноем почве, выходит на поверхность только после дождя. Длина тела – 10–30 см. Головная лопасть не выражена, лишена глаз, щупалец и усиков. Тело состоит примерно из 100 сегментов. Каждый сегмент несет 4 пучка упругих коротких щетинок, способствующих передвижению. Одна пара – на брюшной, а другая – на боковых поверхностях сегмента. Анальная лопасть не содержит придатков, на ней открывается анальное отверстие. На передней трети тела находится *поясок* (рис. 50). Дыхание происходит через кожу, пронизанную густой сетью капилляров. Передний отдел пищеварительной системы включает:

мускулистую глотку, пищевод, зоб и мышечный желудок. В полость пищевода открываются протоки *известковых желез*, секреты которых нейтрализуют гумусовые кислоты почвы. Специализированные органы чувств отсутствуют (есть чувствительные осязательные клетки). Дождевые черви – гермафродиты, половая система находится в нескольких сегментах передней части тела. Осеменение перекрестное, в ходе его две особи обмениваются семенной жидкостью. К моменту откладки яиц на пояске червя выделяется слизь, охватывающая тело в виде *муфты*. При сокращении мышц муфта постепенно перемещается к головному концу тела, в нее сначала поступают яйцеклетки, а затем семенная жидкость партнера. Затем муфта соскальзывает с головного конца тела, преобразуется в *кокон*, внутри которого развиваются молодые особи (развитие прямое). Для дождевых червей характерна высокая способность к регенерации. Они улучшают плодородие почвы: проделывают в почве ходы (способствуют рыхлению, улучшают ее структуру, облегчают движение воды, обогащают кислородом и перегноем, нейтрализуют избыточную закисленность почвы, способствуют росту корней).

Представители класса **Многощетинковые** – морские животные, нередко хищники (нереида, пескожил, палоло). Каждый сегмент их тела несет пару параподий. Хорошо развита головная лопасть, на которой расположены органы чувств. Кровь часто окрашена в красный цвет. Раздельнополые, осеменение наружное (происходит в воде). Развитие с метаморфозом (личинка трохофора).

Представители класса **Пиявки** – свободноживущие хищники или эктопаразиты позвоночных и беспозвоночных жи-

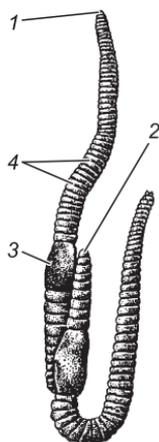


Рис. 50. Дождевые черви в процессе осеменения: 1 – анальная лопасть; 2 – головная лопасть; 3 – поясок; 4 – сегменты туловища

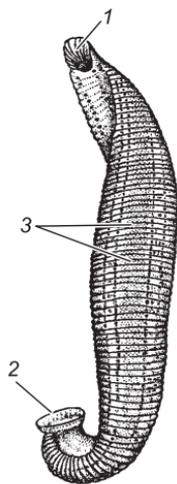


Рис. 51. Внешнее строение пиявки: 1 – передняя присоска; 2 – задняя присоска; 3 – сегменты туловища

вотных, питающиеся кровью. Параподии и щетинки отсутствуют. Тело снаружи покрыто плотной кутикулой. Наружная кольчатость не соответствует внутренней сегментации. На переднем и заднем концах тела имеются присоски (рис. 51). Головная и анальная лопасти не выражены. Полость тела редуцирована. В ротовой полости есть *хитиновые зубы*, разрезающие кожу жертвы при питании пиявки. Слюна содержит *гирудин* – вещество, разжижающее кровь (препятствующее свертыванию крови и образованию тромбов) и способствующее рассасыванию гематом. Средняя кишка образует *карманы*, которые при питании заполняются кровью. Метанефридии находятся лишь в нескольких сегментах. Пиявки – гермафродиты. Осеменение внутреннее. Развитие прямое.

ТИП МОЛЛЮСКИ (МЯГКОТЕЛЫЕ)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПА

Моллюски – один из наиболее многочисленных типов беспозвоночных животных. Он насчитывает около 130 000 видов, которые относятся к трем классам: **Брюхоногие**, **Двустворчатые** и **Головоногие**. Среда обитания – морские и пресные водоемы, иногда суша. Подавляющее большинство моллюсков являются свободноживущими, однако имеются и прикрепленные особи.

Характерные черты представителей типа: развитие из трех зародышевых листков; двусторонняя симметрия тела (брюхоногие асимметричны); разделение тела на отделы: голова, нога, туловище; наружный скелет в виде раковины; мантия и мантийная полость; редукция вторичной полости тела; появление сердца, почки и печени.

У большинства видов тело несегментированное, двусторонне симметричное, а у брюхоногих – асимметричное. Размеры тела варьируют в широких пределах от 2–3 мм до 18 м (гигантский кальмар). Тело разделено на голову, ногу и туловище. *Нога* – это мускулистый вырост брюшной стенки тела, который служит для передвижения. С помощью ноги моллюски могут зарываться в грунт, ползать и скользить по поверхностям, плавать. В зависимости от характера движения форма ноги может быть килевидной (двустворчатые), иметь широкую подошвенную поверх-

ность (брюхоногие). У головоногих она разделена на 8 или 10 щупалец и образует воронку, обеспечивающую реактивный способ передвижения. *Туловище* содержит внутренние органы, на *голове* расположены рот и органы чувств. У брюхоногих и головоногих туловище разрастается на спинную сторону, образуя *спинной туловищный мешок*. У двустворчатых голова редуцирована.

Тело моллюсков, как правило, покрыто *раковиной* (рис. 52). У брюхоногих раковина цельная, закручена спирально в виде конуса. У двустворчатых она состоит из двух створок, соединенных органической *связкой (лигамент)*, *замком* (зазубренные выступы на створках) и двигающихся благодаря сокращению *мускулов-замыкателей*, которые крепятся к обеим створкам. У головоногих раковина либо в виде подкожной пластинки, либо редуцируется. Стенка раковины образована тремя слоями: наружный – роговой (органический), средний – *фарфоровый* (известковый), внутренний – *перламутровый*. Перламутровый слой состоит из известковых пластинок, расположенных в одной плоскости и обеспечивающих преломление световых лучей и их интерференцию, что придает внутренней поверхности раковины радужную окраску. Функции раковины – защитная и опорная (наружный скелет).

Раковина образуется за счет выделений, секретируемых клетками *мантии* – особой кожной складки, начинающейся на границе ноги и туловища и покрывающей все туловище как плащ. Между мантией и телом расположена *мантийная полость*, в которой находятся органы дыхания и химического чувства; в нее открываются протоки

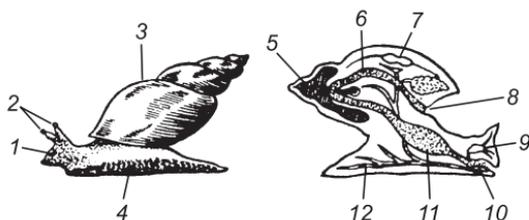


Рис. 52. Схема строения брюхоногого моллюска:
1 – глаз; 2 – щупальца; 3 – раковина; 4 – нога; 5 – печень;
6 – кишка; 7 – сердце; 8 – анальное отверстие; 9 – нервный
узел; 10 – радула; 11 – желудок; 12 – нервные волокна

пищеварительной, выделительной и половой систем. Жабры и протоки перечисленных систем образуют вместе с расположенными рядом с мантийной полостью почками и сердцем *мантийный комплекс органов*. С внешней средой мантийная полость сообщается *сифонами* (у водных представителей) или *дыхательными отверстиями* (у наземных).

Полость тела вторичная, редуцированная во взрослом состоянии (ее остатки – околосердечная сумка и полости половых желез). Промежутки между органами заполнены рыхлой соединительной тканью (отсюда второе название типа – мягкотелые).

Пищеварительная система. Имеет три отдела: передний, средний и задний. Рот ведет в ротовую полость, переходящую в мускулистую глотку. В ротовой полости расположены *роговые челюсти*. В глотке находится *язык* (*терка* или *радула*) – пластинка, покрытая многочисленными роговыми зубчиками (100 – 150 штук). Радула лежит на особом выступе дна ротовой полости, внутри которого находится *хрящ*. Благодаря мускулатуре терка может перемещаться вперед или назад внутри ротовой полости и немного выдвигаться через ротовое отверстие наружу. Далее следует пищевод, желудок, средняя и задняя кишка, открывающаяся в мантийную полость. Развиты *слюнные железы и печень*. У двустворчатых в связи с редукцией головы нет ротовой полости, глотки с радулой и слюнных желез. Моллюски питаются растительной и животной пищей, активно ее заглатывая (брюхоногие и головоногие), или пассивно фильтруют воду (двустворчатые). Растительоядные моллюски либо сами вырабатывают фермент *целлюлазу*, либо получают ее от симбиотических бактерий, обитающих в их кишечнике.

Выделительная система. Представлена *почками* (видоизмененные метанефридии). Они открываются одним концом в околосердечную сумку, другим – в мантийную полость (*целомодукты*).

Кровеносная система. Является *незамкнутой*. Представлена *сердцем* (1 *желудочек* и 1, 2 или 4 *предсердия*) и сосудами. Кровь поступает в артерии, далее в промежутки между органами – *лакуны* и *синусы*, не оформленные в сосуды. Она омывает органы, затем собирается в вены, идущие к органам дыхания, а оттуда – к сердцу. У брюхоно-

гих в связи с асимметрией редуцируется одно из предсердий. У двустворчатых эмбриональные зачатки желудочка сердца срастаются над кишкой и под ней, в связи с чем средняя кишка у них пронизывает сердце (рис. 53). У головоногих моллюсков в коже и мышцах есть *капиллярная сеть* (возникают элементы замкнутой кровеносной системы). Для ускорения движения крови у некоторых головоногих полые вены перед вхождением в жабры образуют расширения (*венозные сердца*). Кровь чаще лишена дыхательных пигментов. Иногда она содержит *гемоцианин*, включающий медь или пигмент, близкий по структуре к гемоглобину.

Дыхательная система. У водных моллюсков представлена *жабрами* – складками мантии, состоящими из *жаберных лепестков*, прилегающих друг к другу, как страницы книги, и покрытых мерцательным эпителием. У наземных представителей имеется *легкое* (карман мантии). Легочное дыхание характерно для брюхоногих моллюсков, перешедших к наземному образу жизни (виноградная улитка), а также вернувшихся к жизни в воде (прудовики, катушки), которые должны периодически подниматься к поверхности воды за новой порцией воздуха.

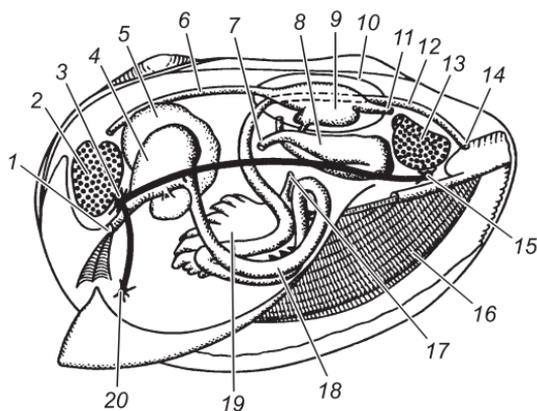


Рис. 53. Схема строения двустворчатого моллюска: 1 – рот; 2 – передний мускул-замыкатель; 3 – церебральный ганглий; 4 – желудок; 5 – печень; 6 – передняя аорта; 7 – выводной проток почки; 8 – почка; 9 – сердце; 10 – околосердечная сумка; 11 – задняя аорта; 12 – задняя кишка; 13 – задний мускул-замыкатель; 14 – анальное отверстие; 15 – висцеральный ганглий; 16 – жабры; 17 – проток гонады; 18 – средняя кишка; 19 – гонада; 20 – педальный ганглий

Нервная система. Построена по *разбросанно-узловому типу* (у брюхоногих моллюсков 5 пар нервных узлов в различных частях тела, соединенных нервными стволами). *Церебральные ганглии* получают сигналы от органов чувств. *Педальные ганглии* иннервируют ногу, *плевральные* – мантию, *париетальные* и *висцеральные* – внутренние органы. В связи с редукцией головного отдела у двустворчатых моллюсков отсутствуют головные ганглии. Наиболее сложно устроена нервная система у головоногих – крупный парный церебральный ганглий образует «головной мозг», от которого отходят нервы к различным органам. Мозг защищен хрящевой капсулой. Органы чувств: осязания, зрения, химического чувства, равновесия (статоцисты), расположенные в ноге.

Половая система. В пределах типа очень разнообразна. Это в основном раздельнополые животные, иногда встречаются гермафродиты. Половые железы – парные. Размножение половое. Осеменение наружное или внутреннее. У головоногих и легочных брюхоногих развитие прямое. У остальных брюхоногих и двустворчатых развитие с метаморфозом, личинка – *парусник (велигер)*. У некоторых пресноводных двустворчатых личинка *глохидий* может временно паразитировать в жабрах или плавниках рыб.

Значение моллюсков. Моллюски являются звеньями цепей питания в водных и наземных экосистемах. Двустворчатые очищают воду, фильтруя ее. Виноградных улиток, устриц, мидий, кальмаров, осьминогов человек использует в пищу. Из секрета чернильного мешка каракатиц и кальмаров получают китайскую тушь и акварельную краску сепию. Перловицы и жемчужницы – «производители» перламутра и жемчуга.

Виноградная и садовая улитки, слизни наносят ущерб полевым, огородным и садовым культурам. Дрейссена речная образует скопления (*друзы*) на искусственных гидротехнических сооружениях (водотоки, трубы, турбины, решетки), нарушая ток воды. Брюхоногий моллюск рапана – хищник, питается двустворчатыми, вредит устричным хозяйствам. Корабельный червь (шашень) и камнеточцы – вредители (проделывают ходы в днищах судов, сваях пристаней и других прибрежных гидротехнических сооружениях). Тропические моллюски конус и теребра ядовиты. Прудовики – промежуточные хозяева сосальщиков.

МНОГООБРАЗИЕ МОЛЛЮСКОВ

Представители класса **Брюхоногие** – виноградная улитка, малый прудовик, слизни. Всего насчитывают более 90 000 видов (рис. 54). Большая часть их обитает в морях, многие заселили пресные водоемы и вышли на сушу. Растительоядные. Имеют хорошо развитую голову с одной или двумя парами щупалец и глазами, широкую подошвенную поверхность мускулистой ноги и туловищный мешок. Раковина цельная, чаще спирально закрученная. При опасности моллюск полностью втягивает тело внутрь раковины. У слизней раковина редуцирована. Гермафродиты.

К классу **Двустворчатые** относятся перловица, жемчужница, устрицы, мидии, беззубка, корабельный червь. Всего двустворчатых более 20 000 видов. Обитатели водоемов, малоподвижны, ведут придонный образ жизни (мидии и устрицы прикреплены к субстрату). Раковина двустворчатая, голова редуцирована. Пита-

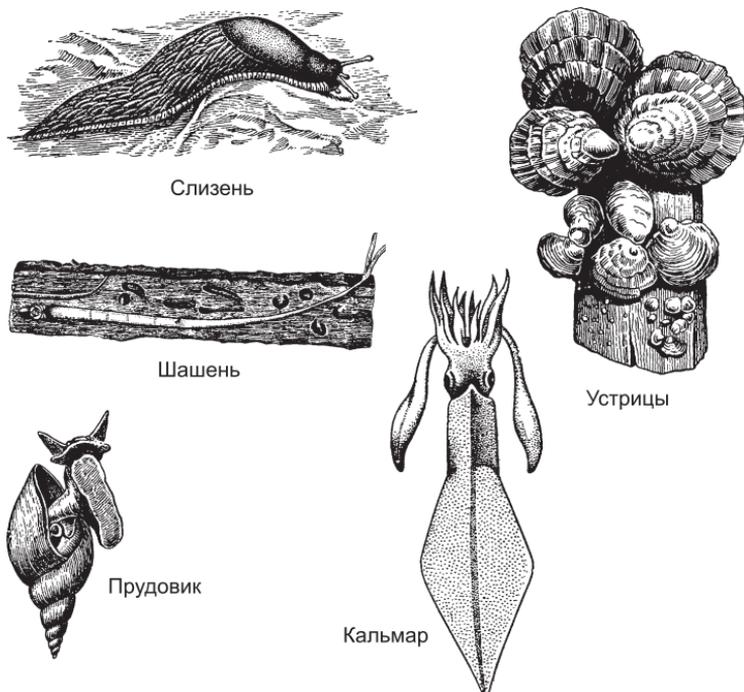


Рис. 54. Многообразие моллюсков

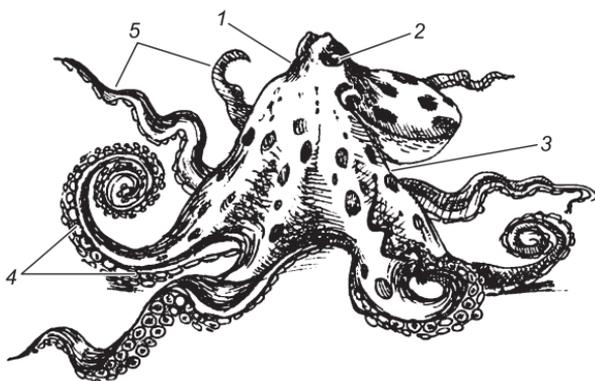


Рис. 55. Внешнее строение осьминога:

1 – голова; 2 – глаз; 3 – туловище; 4 – присоски; 5 – щупальца

ние пассивное (планктон, бактерии, детрит), осуществляется в результате фильтрации воды. Развитие непрямое. Морская и пресноводная жемчужницы обитают в чистых холодных реках и теплых морях, имеют мощный перламутровый слой раковины и «производят» натуральный жемчуг (образование жемчуга – это защитная реакция моллюска в ответ на попадание инородных частиц, например песчинок, между складкой мантии и створкой раковины).

Представители класса **Головоногие** – каракатицы, кальмары, осьминоги. Всего насчитывают 650 современных видов. Это самые высокоорганизованные моллюски, билатерально-симметричные, обитатели теплых морей. Хищники. Размеры тела – от 1 см до 18 м. Нога преобразована в *щупальца с присосками (руки)*, окружающие рот, т. е. нога переместилась на голову (рис. 55). Раковина рудиментарная (подкожная известковая пластинка). Имеется *внутренний хрящевой скелет* в виде головной капсулы, защищающей *головной мозг*. Глотка имеет *роговые чешуи (клюв)*. Секрет слюнных желез ядовит. В заднюю кишку открывается *проток чернильной железы*. Органы чувств: обоняния, химического чувства, равновесия, свечения и зрения (сложно устроенные глаза). Тело способно изменять окраску вследствие изменения формы пигментных клеток (хроматофоров), залегающих в соединительно-тканном слое кожи, что используется для маскировки на местности. Раздельнополые. Оплодотворение происходит в мантийной полости. Развитие прямое.

ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПА

Количество видов типа *Членистоногие* – более 1 млн. Тип включает классы **Ракообразные**, **Паукообразные** и **Насекомые**. Среда обитания – наземно-воздушная, почва, водоемы, живые организмы. Образ жизни – свободноживущие, паразиты человека, животных и растений.

Характерные черты представителей типа: развитие из трех зародышевых листков; двусторонняя симметрия тела; гетерономная сегментация; отделы тела – голова, грудь и брюшко; членистые конечности; наружный хитиновый скелет; поперечно-полосатая мускулатура; смешанная полость тела; наличие развитых систем органов – пищеварительной, выделительной, кровеносной, дыхательной, нервной и половой.

Размеры тела варьируют от 0,1 мм до 1 м. Характерна *гетерономная сегментация*, т. е. сегменты тела имеют различное строение и выполняют разные функции. Сливаясь друг с другом, сегменты образуют отделы тела: голову, грудь и брюшко у насекомых, головогрудь и брюшко у пауков и раков. Тело клещей не разделено на сегменты и отделы. На *голове* находятся органы чувств (глаза, усики и др.) и ротовой аппарат. На *груди* располагаются основные двигательные конечности, а у насекомых – и *крылья*. В *брюшке* находятся внутренние органы.

Покровы тела представлены многослойной *кутикулой*, являющейся производной гиподермы (кожного эпителия). Кутикула имеет плотную консистенцию благодаря *хитину* (полисахарид, содержащий азот и похожий по структуре на целлюлозу). Хитин может быть пропитан солями кальция (панцирь высших ракообразных) или белками (насекомые). Хитиновый покров придает телу форму, выполняет защитную функцию и является *наружным скелетом* (к его внутренней поверхности прикрепляются пучки поперечно-полосатой мускулатуры, которые обеспечивают интенсивные движения). Как средство защиты наружный скелет обладает рядом преимуществ перед внутренним, но поскольку хитиновый покров нерастяжим, рост членистоногих происходит в период сбрасывания старого покрова – *линьки* (периодический или прерывистый рост).

Органы движения – *членистые конечности*, состоящие из члеников и представляющие собой многоколен-

ные, очень подвижные рычаги. У примитивных членистоногих каждый членик тела имеет пару конечностей. В процессе эволюции часть конечностей была утрачена, а остальные специализировались для выполнения определенной функции и преобразовались в органы чувств, ротовые органы, ходильные и плавательные конечности, жабры, паутинные бородавки и др.

Полость тела смешанная – *миксоцель*, она образуется при слиянии участков первичной и вторичной полостей и заполнена жидкостью – гемолимфой.

.....
Гемолимфа – бесцветная жидкость, которая одновременно выполняет функции крови и полостной жидкости.

Пищеварительная система. Состоит из трех отделов – переднего (рот, глотка, пищевод, иногда зуб, желудок), среднего (средняя кишка) и заднего (задняя кишка и анальное отверстие). Передний и задний отделы имеют кутикулярную выстилку. Рот окружен видоизмененными конечностями – *ротовым аппаратом*, который приспособлен к определенному виду пищи (грызущий, лижущий, сосущий, колюще-сосущий и др.). Развиты *пищеварительные железы* (слюнные, печень).

Выделительная система. Представлена видоизмененными метанефридиями (*зеленые и коксальные железы*) либо *мальпигиевыми сосудами* (выросты кишечника). У насекомых в выделении участвует *жировое тело* (*почка накопления*).

Кровеносная система. Является *незамкнутой*. Центральный пульсирующий орган – *сердце*, расположенное на спинной стороне тела. Оно обычно имеет вид многокамерной трубки с парными боковыми отверстиями (*остиями*), через которые гемолимфа из околосердечной сумки, сообщаемой с полостью тела, поступает в сердце. Из сосудов, отходящих от сердца, гемолимфа поступает в полость тела, омывает внутренние органы и органы дыхания, где насыщается кислородом. Затем окисленная гемолимфа вновь поступает в сердце и сосуды. Иногда гемолимфа окрашена в красный (содержит гемоглобин) или в голубой (содержит гемоцианин) цвет, обусловленный наличием определенного дыхательного пигмента.

Дыхательная система. У первично-водных членистоногих представлена *жабрами* (тонкие листовидные выросты

ты либо пучки нитей, расположенные на грудных или брюшных конечностях), у наземных – *легочными мешками* (видоизмененные конечности, имеющие вид мешковидных впячиваний со складчатыми стенками) и *трахеями* (ветвящиеся хитиновые трубочки, пронизывающие все тело).

Нервная система. Построена по *узловому типу*. Содержит укрупненный головной ганглий («*головной мозг*»), окологлоточное нервное кольцо и брюшную нервную цепочку, ганглии которой имеют тенденцию к слиянию. В функциональном отношении нервная система тесно связана с *эндокринными железами* (нейросекреторные клетки, переднегрудные железы, кардиальные тела, прилежащие тела). *Нейросекреторные клетки* «головного мозга» выделяют *мозговой гормон*, который стимулирует развитие личинок и куколок и активирует секрецию переднегрудных желез, расположенных на брюшной стороне первого сегмента груди. *Переднегрудные железы* выделяют в гемолимфу гормон *линнки экдизон*. *Кардиальные тела* регулируют работу переднегрудных желез. *Прилежащие тела* выделяют личиночный гормон *неотенин*, который способствует развитию личиночных органов и препятствует метаморфозу.

Хорошо развиты разнообразные органы чувств: зрения, вкуса, осязания, обоняния, слуха и равновесия. Имеются специальные *кутикулярные сенсиллы* – щетинки, связанные своим основанием с чувствительной клеткой. Совокупность таких сенсилл на суставах дает информацию о взаимном положении частей тела. Глаза у членистоногих двух типов – простые и сложные (фасеточные). *Простой глаз* состоит из единственной линзы, под которой расположено небольшое количество светочувствительных клеток. Он различает лишь свет и темноту. У ракообразных и насекомых наряду с простыми глазами развился *сложный фасеточный глаз*, состоящий из множества отдельных, изолированных пигментными клетками конических глазков – *омматидиев*. Каждый глазок воспринимает часть предмета, а вместе они обеспечивают его мозаичное изображение, что позволяет улавливать движение объектов.

Половая система. Членистоногие раздельнополые. У самок имеются яичники и яйцеводы, у самцов – семенник, семяпровод и семяизвергательный канал. Хорошо выражен половой диморфизм. Размножение только половое, встречаются партеногенез и живорождение. Развитие

может быть *прямое и непрямое, с полным или неполным метаморфозом.*

Значение членистоногих. Являются важными компонентами биогеоценозов, звеньями цепей питания. Ракообразные служат объектом промысла (омары, крабы, креветки, раки), очищают водоемы от падали.

Пауки уничтожают вредных насекомых. Насекомые опыляют растения и участвуют в почвообразовании, продукты их жизнедеятельности являются источником пищи (мед), лекарственным сырьем (пчелиный яд, прополис), сырьем для парфюмерной (пчелиное маточное молочко) и текстильной (коконы личинок шелкопряда) промышленности.

Некоторые ракообразные вызывают болезни рыб, являются промежуточными хозяевами гельминтов. Укусы пауков ядовиты (каракурт, тарангул). Клещи – паразиты человека и животных, вызывают заболевания и переносят возбудителей болезней. Кровососущие насекомые – переносчики возбудителей заболеваний: тифа (вши), чумы (блохи), малярии (комары). Некоторые из них вызывают болезни человека (вши, личинки оводов).

КЛАСС РАКООБРАЗНЫЕ

Класс **Ракообразные** насчитывает около 40 тыс. видов (рис. 56). Среда обитания – морские (бокоплавы, креветки, крабы, омары, лангусты) и пресные водоемы (дафнии, циклопы, щитни, раки, водяной ослик, креветки, бокоплав Палласа), иногда – суша (мокрицы). В основном ракообразные свободноживущие, есть прикрепленные представители (морские желуди, морские уточки), редко – паразиты (карповая вошь).

Размеры тела варьируют в пределах от 0,1 мм (планктонные формы) до 1,5 м (размах клешней камчатского краба). Тело сегментировано, может состоять из различного количества отделов: разделенных головы, груди и брюшка; головы, слитных грудного и брюшного отделов; чаще – из головогруди и брюшка.

Характерные черты представителей класса: двуветвистые членистые конечности, напоминающие параподии кольцецов; 2 пары антенн (усиков); органы дыхания –

жабры; органы выделения – зеленые железы, 5 пар ходильных конечностей.

Условно ракообразных делят на низших и высших раков.

Низшие раки (жаброног, каланус, дафния, циклоп) входят в состав планктона, некоторые представители ведут придонный образ жизни (растительноядные, хищники и паразиты). Способ питания у большинства видов – *фильтрация*. Мелкие размеры. Разнообразны по форме тела, числу сегментов и строению конечностей. Тело полупрозрачное, нет плотного хитинового панциря. Одноветвистые или двуветвистые конечности расположены на груди. Возможна редукция сосудов, сердца и жабр. Гермафродиты или раздельнополые. Развитие с метаморфозом, личинка – *науплиус*.

К **высшим ракам** относятся омары, langoustы, креветки, крабы, раки. Типичным представителем является речной рак. Он обитает на дне пресных водоемов с проточной незагрязненной водой, ведет ночной образ жизни. Рак может плавать с помощью анальной лопасти и брюшных конечностей. Размеры тела – 10–20 см; оно состоит из двух от-

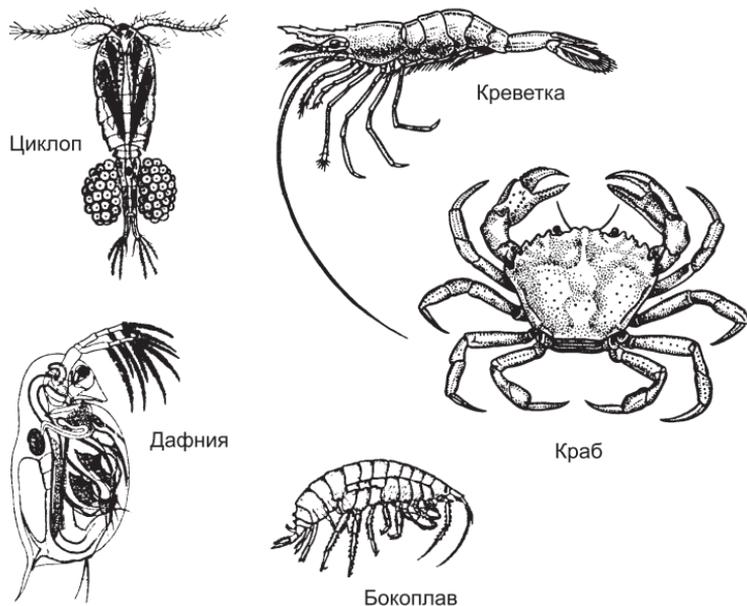


Рис. 56. Многообразие ракообразных

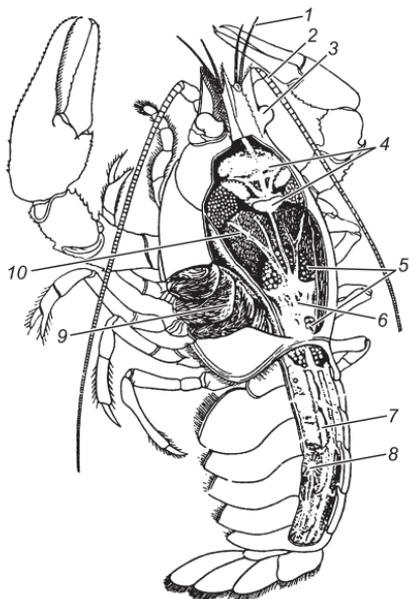


Рис. 57. Схема внешнего и внутреннего строения речного рака:
 1 – антеннула; 2 – антенна; 3 – глаз;
 4 – желудок; 5 – яичник; 6 – сердце;
 7 – задняя кишка; 8 – брюшная нервная
 цепочка; 9 – жабры; 10 – печень

делов: *головогрудь* и *брюшка* (рис. 57). Передний конец тела заканчивается острым *шипом* (*ростром*), по бокам от которого находятся *два глаза*, расположенные на подвижных стебельках.

Отделы тела состоят из неодинаковых сегментов, каждому из которых соответствует пара членистых конечностей, приспособленных к выполнению определенной функции: двигательной, дыхательной, захвата и измельчения пищи, половой, органов чувств (рис. 58). Сегменты головы несут 5 пар конечностей: *антеннулы* (органы обоняния), *антенны* (органы осязания), *верхние челюсти*, или *жвалы* (измельчают пищу) и 2 пары *нижних челюстей* (подают пищу в рот). Сегменты груди несут 8 пар конечностей: 3 пары *ногочелюстей* (участвуют в работе ротового аппарата) и 5 пар *ходильных ног* (служат для передвижения), первая пара ходильных ног преобразована в *клешни* (выполняют функцию защиты и нападения). На брюшке 6 пар конечностей: 5 пар *плавательных ног* (у самца первая и вторая пары – совокупительный орган, самка использует плавательные ножки для удержания развивающихся яиц), конечности шестой пары вместе с седьмым сегментом брюшка (*тельсон*) образуют *хвостовой плавник*, при резком движении которого в случае опасности рак скачком отплывает назад.

Покровы тела образованы хитинизированной кутикулой и гиподермой. Кутикула пропитана углекислым кальцием и образует плотный *панцирь*, или *щит* (*карапакс*), который выполняет защитную функцию и является наружным скелетом (к нему изнутри прикрепляются пучки

поперечно-полосатых мышц). Кутикула речного рака зеленовато-бурого цвета, но при варке под действием температуры становится ярко-красной.

Пищеварительная система.

Образована тремя отделами: передним, средним и задним. Передний и задний отделы имеют хитиновую выстилку, являющуюся продолжением кутикулы покровов. Рот окружен шестью парами видоизмененных конечностей: 1 пара верхних и 2 пары нижних челюстей, 3 пары ногочелюстей. Через глотку и узкий пищевод пища (мелкие организмы и разлагающиеся органические остатки) поступает в *двухкамерный желудок*, в котором имеются кутикулярные зубцы (*жевательный отдел*), завершающие измельчение пищи, и сито из длинных хитиновых щетинок, обеспечивающее процеживание пищи (*цедильный отдел*). В средней кишке есть боковые выпячивания — *печеночные придатки*, образующие *печень*. Они выделяют пищеварительные ферменты, расщепляющие компоненты пищи (*полостное пищеварение*). Клетки печени способны к фагоцитозу, в ней переваривается жидкая пищевая кашка (*внутриклеточное пищеварение*). Задняя кишка образует прямую трубку, лишенную придатков. Непереваренные остатки пищи удаляются через анальное отверстие, расположенное на тельсоне.

Выделительная система. Органы выделения утратили метамерное строение, характерное для кольцецов, и представлены парой *зеленых желез* (видоизмененные метанефридии), расположенных в головном конце тела и



Рис. 58. Конечности речного рака:

1 — антеннула; 2 — антенна; 3 — верхние челюсти; 4, 5 — нижние челюсти; 6–8 — ногочелюсти; 9 — клешня; 10–13 — ходильные ноги; 14–18 — плавательные ноги; 19 — тельсон

открывающихся у основания длинных усиков – *антенн* (*антеннальные железы*). У других ракообразных может быть вторая пара выделительных желез, открывающихся в основании челюстей (*максиллярные железы*).

Кровеносная система. Является *незамкнутой*. Сердце и отходящие от него сосуды расположены на спинной стороне головогруды, над кишечником. *Сердце пятиугольной формы*, окружено околосердечной сумкой и имеет входные отверстия (*остии*). Из сосудов гемолимфа поступает в полость тела и там постепенно отдает кислород. В жабрах она окисляется и по *жаберно-сердечным каналам* попадает в околосердечную сумку. Пигмент гемолимфы гемоцианин содержит медь, поэтому она имеет голубой оттенок.

Дыхательная система. Представлена *жабрами* – тонкими листовидными выростами первых члеников ходильных ног, расположенными в особой *жаберной полости* (между туловищем и боковой стенкой панциря), которая сообщается с внешней средой через щели в карапаксе. Жабры – полые, они заполнены гемолимфой.

Нервная система. Образована головным ганглием, подглоточным нервным узлом, окологлоточным кольцом и брюшной нервной цепочкой. Характерна концентрация нервных узлов. Хорошо развиты органы зрения – расположенные на стебельках сложные *фасеточные глаза*, состоящие из множества (до 3000) мелких глазков. Имеются органы осязания, обоняния и химического чувства (антеннулы и антенны), равновесия (статоцисты). Статоциста представлена пузырьком под покровом, в котором на отростках чувствительных клеток лежит *статолит* (известковый камешек). Смещаясь при изменении положения тела, он вызывает одностороннее раздражение клеток чувствительного эпителия. Статоцисты расположены на основном членике вторых усиков (антенн).

Половая система. Речные раки раздельнополые, у них выражен половой диморфизм. У самки половая система парная (яичники, яйцеводы), у самца – непарная (семенник, семяпровод, семяизвергательный канал). Размножение половое. Развитие прямое. Яйца откладываются зимой, молодь из яиц выходит в начале лета. Для речного рака характерна забота о потомстве: яйца и некоторое время молодь, вылупившаяся из яиц, вынашиваются самкой на брюшке с помощью плавательных ножек.

МНОГООБРАЗИЕ РАКООБРАЗНЫХ

Дафнии (водяные блохи) имеют длину 2–3 мм, обитают в пресных водоемах. Их тело покрыто панцирем, образующим *двусторчатую раковину*. На голове расположены большие *двухветвистые антенны*, которые используются для движения. Дафнии являются фильтраторами: с помощью движений грудных ног они создают ток воды через фильтр из хитиновых щетинок, на которых оседают протисты и органические частицы. Могут размножаться партеногенезом. Являются важнейшим звеном цепей питания, участвуют в процессах биологической очистки воды.

Рачки-циклопы имеют размеры около 1 мм, обитают в пресных водоемах. На голове находится один простой глаз. Длинные антенны служат для плавания. К сегментам брюшка у самок прикрепляются *яйцевые мешки*, наполненные развивающимися яйцами. Развитие с метаморфозом. Хищники. Являются пищей для мальков рыб, личинок водных насекомых, головастиков, промежуточными хозяевами гельминтов.

Карповые вши – мелкие рачки, паразитирующие на жабрах прудовых карповых рыб. Могут жить на коже и жабрах рыб, коже морских млекопитающих, в теле других ракообразных.

Морские желуди и морские уточки – прикрепленные животные, обитающие на любом находящемся в воде предмете. Наносят большой вред морскому судоходству, сплошь покрывая днища кораблей и замедляя их скорость.

Мокрицы – сухопутные ракообразные, обитают в погребах и подвалах, в подстилке влажных лесов. У них нет сплошного панциря, поэтому они способны в момент опасности скручиваться в шар.

Бокоплав озерный (мормыш) – небольшой (длина 1–2 см) желтоватого или желтовато-оранжевого цвета рачок, изогнутый в виде буквы «С» и сплюснутый с боков. Быстро плавает на боку. Обитает под камнями и корягами, гниющими листьями, на дне пресных водоемов. Бокоплав – «санитар» водоемов, питается падалью и гниющими растениями.

Криль – планктонные ракообразные, обитающие в океане. Это маленькие рачки длиной около 2 см. Питаются водорослями или являются хищниками. Размножаясь,

могут изменить цвет воды в океане. Являются пищей для усатых синих китов, многих рыб. Фильтруют воду, участвуя в ее биологической очистке.

Речные раки (узкопалый, широкопалый, американский) – высшие ракообразные, обитающие в водоемах Беларуси. Первые два вида (европейские) внешне схожи: крупные, длиной до 20 см, живущие около 15 лет. Американский рак меньше, его длина 4–5 см; красно-оранжевые концы его клешней загнуты крючком. Американский рак размножается быстрее европейских видов и не подвержен рачьей чуме. Всеядные, питаются падалью и растительными остатками. Европейские виды в отличие от американского активны по ночам, а днем прячутся в норах, под камнями и корягами. Являются «санитарами» водоемов, поедая трупы животных и отмершие растения. Все речные раки имеют промысловое значение, в странах Европы, в Канаде и США их разводят в специальных прудах. Причиной снижения численности речных раков является загрязнение водоемов, где они обитают, промышленными и бытовыми отходами.

Креветки, крабы, омары, лангусты – самые известные морские виды ракообразных. Как правило, это крупные животные. Имеют промысловое значение (мировая годовая добыча составляет около 2 млн т) и издавна используются в пищу человеком. Их мясо содержит много белков, жиров и микроэлементов.

В Красную книгу Республики Беларусь занесены *широкопалый рак, реликтовая мизида, лимнокалянус, понтопоря* и *бокоплав Палласа*.

КЛАСС ПАУКООБРАЗНЫЕ

Класс **Паукообразные** насчитывает около 75 тыс. видов (рис. 59). Среда обитания – суша, почва; некоторые клещи и пауки – вторично-водные организмы. Судя по ископаемым находкам, паукообразные были первыми наземными животными. Большинство видов – свободноживущие; имеются паразиты (собачий клещ, таежный клещ, чесоточный зудень).

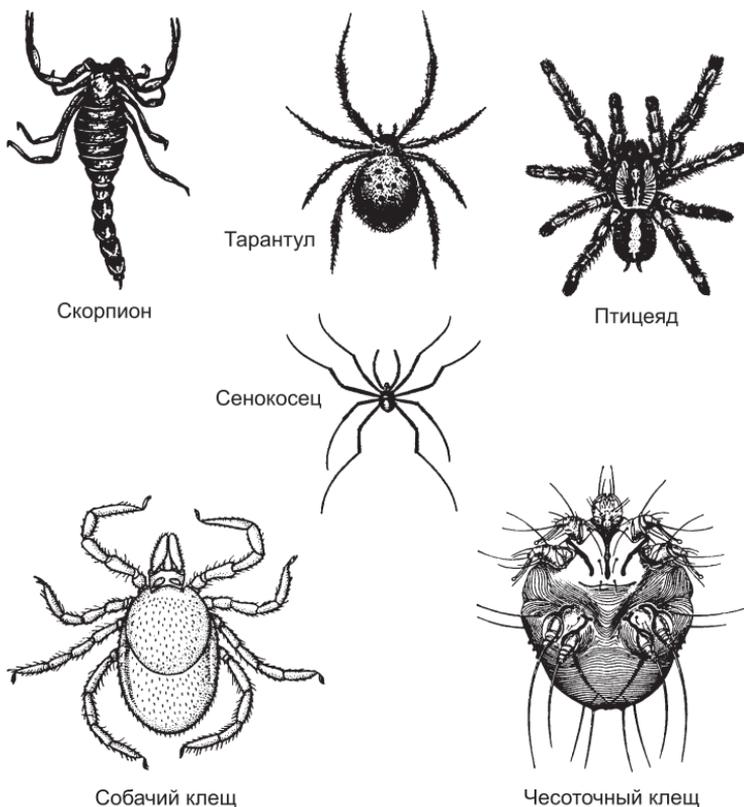


Рис. 59. Многообразие паукообразных

Характерные черты представителей класса: отсутствие усиков; 2 отдела тела (головогрудь и брюшко); 2 пары окологротовых конечностей (хелицеры и педипальпы); 4 пары ходильных ног; органы дыхания – легочные мешки и трахеи; органы выделения – мальпигиевы сосуды и коксальные железы; питание полужидкой пищей и частичное внекишечное пищеварение.

Размеры тела варьируют от 0,1 мм (чесоточный клещ) до 30 см (паук-птицеяд). Тело разделено на два отдела: головогрудь и брюшко. *Головогрудь* не расчленена, несет 6 пар членистых конечностей. Первая пара – *хелицеры* (челюсти), служащие для захвата и умерщвления жертвы (на конце хелицер у пауков есть коготки, на вершинах которых открываются протоки ядовитых желез). Вторая

пара – *педипальпы* (ногощупальца), конечности, с помощью которых паукообразные захватывают и удерживают пищу. У пауков они также выполняют роль органов осязания и вкуса, а у скорпионов педипальпы превращены в мощные длинные клешни. Остальные 4 пары конечностей – *ходильные ноги*, они длинные, тонкие, членистые, с коготками. *Брюшко* – слитное (пауки) или сегментированное (скорпионы и сенокосцы). Оно никогда не несет настоящих конечностей. Отделы тела соединены тонким стебельком – редуцированным седьмым сегментом головогруды (пауки) или переходят друг в друга непосредственно (сенокосцы). У клещей тело не разделено на отделы. На брюшке расположены дыхательные, половое и анальное отверстия. Видоизмененные конечности брюшка превращены в легочные мешки. Придатки брюшка пауков – *паутинные бородавки*, в которые открываются протоки *паутинных желез* (до 1000), выделяющих клейкое белковое вещество, застывающее на воздухе и образующее несколько видов паутины. В плетении паутины участвуют гребенчатые коготки четвертой пары ходильных ног. Из паутины пауки плетут ловчую сеть, гнездо и кокон для откладывания яиц. У скорпионов последний сегмент брюшка содержит ядовитые железы и изогнутый ядовитый шип.

Тело паукообразных покрыто тонкой *хитинизированной кутикулой*, непроницаемой для воды (есть дополнительный липопротеиновый слой). Под кутикулой расположены гиподерма и поперечно-полосатые мышцы. Кутикула выполняет защитную функцию и является наружным скелетом.

Пищеварительная система. Имеет передний, средний и задний отделы. Пищевая специализация паукообразных различна. Скорпионы, сенокосцы и пауки являются хищниками, паутинные, мучные и зерновые клещи – растительноядные, почвенные клещи – детритофаги. Для захвата жертвы пауки используют ловчую сеть. Когда добыча попадает в сеть, сигнальная нить колеблется, паук опутывает жертву липкой паутиной, вонзает хелицеры и парализует ее ядом. Вводимый в тело жертвы секрет содержит пищеварительные ферменты слюнных желез, которые разжижают и частично переваривают жертву (*внекишечное пищеварение*). Через некоторое время паук вы-

сасывает полужидкую «пищу» и окончательно переваривает ее. Функцию насоса при питании выполняет мускулистая глотка и сосательный желудок. В головогрудном отделе средняя кишка имеет 5 пар боковых слепых выростов для увеличения объема поглощаемой пищи и всасывающей поверхности кишечника (рис. 60). В брюшной отделе средней кишки открываются протоки массивной парной пищеварительной железы – *печени*, клетки которой выделяют пищеварительные ферменты (*полостное пищеварение*) и способны к фагоцитозу (*внутриклеточное пищеварение*). Непереваренные остатки через заднюю кишку и анальное отверстие выводятся наружу.

Выделительная система. Представлена *мальпигиевыми сосудами* (слепые выросты кишечника в полость тела, расположенные на границе средней и задней кишки) и *коксалными железами* (видоизмененные целопродукты, открывающиеся во внешнюю среду у основания ходильных конечностей). Основным продуктом обмена – кристаллы *гуанина*.

Кровеносная система. Является *незамкнутой*. Трубнообразное сердце расположено на спинной стороне брюшка в околосердечной сумке. Кровь (гемолимфа) содержит *гемоцианин*. Из сердца гемолимфа по головной аорте попадает в полость тела и контактирует с органами дыхания.

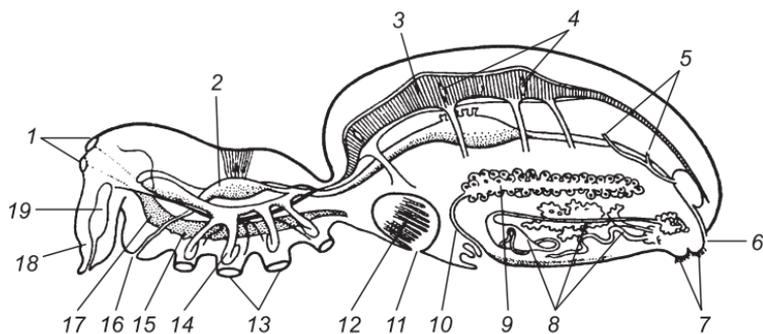


Рис. 60. Внутреннее строение паука:

1 – глаза; 2 – желудок; 3 – сердце; 4 – остии; 5 – мальпигиевы сосуды; 6 – анальное отверстие; 7 – паутинные бородавки; 8 – паутинные железы; 9 – яичник; 10 – яйцевод; 11 – дыхальце; 12 – легкие; 13 – основания ходильных ног; 14 – вырост средней кишки; 15 – подглоточный нервный узел; 16 – рот; 17 – мозг; 18 – хелицера; 19 – ядовитая железа

Обогащенная кислородом гемолимфа собирается в сосуды и возвращается в сердце.

Дыхательная система. Представлена парой *легочных мешков*, расположенных в передней части брюшка, и двумя пучками *трахей* в задней его части. Трахеи – ветвящиеся хитиновые трубочки, пронизывающие органы; открываются *стигмами* (дыхательными отверстиями).

Нервная система. Для нее характерна концентрация ганглиев: надглоточный узел образует «головной мозг», состоящий из двух отделов, а брюшная нервная цепочка превращается в один сложный головогрудный ганглий. Органы чувств: от 2 до 12 простых глаз, органы химического чувства и сложно устроенные органы обоняния. Особенно хорошо развиты осязательные волоски, расположенные по всей поверхности тела и сконцентрированные на педипальпах. Глаза не дают четкого изображения, но хорошо реагируют на движущиеся предметы.

Половая система. Паукообразные – *раздельнополые животные*. Половой диморфизм проявляется в более крупных размерах самки. Половые железы парные, размножение половое. Самка паука откладывает яйца в кокон из паутины. Яйца зимуют в коконе под камнями, корягами, а весной из них выходят молодые паучки (развитие прямое). У скорпионов наблюдается живорождение. Клещи развиваются с метаморфозом.

МНОГООБРАЗИЕ ПАУКООБРАЗНЫХ

Скорпионы – обитают в степях, полупустынях, пустынях и тропических лесах. Достигают в длину 30 см. Тело состоит из головогруды и членистого брюшка, последние сегменты которого узкие и подвижные. На конце брюшка находятся ядовитая железа и изогнутый шип. Скорпионы – ночные хищники. При нападении они загибают брюшко на спину и, пробив шипом покровы добычи, вводят яд. Яд крупных тропических скорпионов смертелен для человека.

Пауки полезны, так как в больших количествах уничтожают насекомых-вредителей. Домовые пауки живут в домах, охотятся на мух, моль, тараканов. Паук-серебрянка обитает в воде, где строит себе подводный воздушный паутинный домик. Паук наполняет его воздухом,

который приносит с поверхности воды на волосках брюшка. Брюшко, покрытое тонким слоем воздуха, в воде серебрится. Серебрянка – хищник, охотится на мелких водных животных. Тарантул обитает на Украине и юге России, живет в глубоких норках под камнями. Его укусы очень болезненны, место укуса опухает и долго болит, но, как правило, яд не опасен для жизни. Каракурт («черная вдова») обитает в Закавказье и Средней Азии, яд самок может быть смертельным для человека. Пауки-птицеяды живут в Южной Америке. Они крупные хищники, охотятся на мелких грызунов и птиц.

Клещи – мелкие паукообразные (размеры тела многих из них – не более 0,3–0,5 см, после насыщения кровью они раздуваются до 1 см). Обитают в почве (большинство видов), пещерах, гнездах птиц, паразитируют на человеке, животных и растениях. Многие клещи – вторично-водные животные. Тело овальной или шаровидной формы не расчленено на отделы и не сегментировано. Хелицеры и педипальпы сближены и образуют *хоботок*. В связи с малыми размерами внутреннее строение сильно упрощено (редукция кровеносной системы и трахей, отсутствие глаз у многих видов). Пищеварительная система клещей-паразитов приспособлена к питанию кровью (ротовой аппарат колюще-сосущего типа). Развитие с неполным превращением. Собачьи, таежные, поселковые клещи – переносчики возбудителей клещевого энцефалита, клещевых тифов. Чесоточный зудень – клещ размером 0,3 мм. Его самка прогрызает в коже человека извилистые ходы длиной до 1 см. В этих ходах она продвигается и откладывает яйца, что вызывает сильный зуд (*чесотку*). Вначале клещи заселяют нежную кожу между пальцами рук и низ живота, а затем и все тело. Для того чтобы не заразиться чесоткой, не следует пользоваться чужой одеждой, перчатками, обувью, постельными принадлежностями. Клещи паразитируют и на растениях, паутиные клещи питаются соками растений (яблони, черной смородины, садовой земляники и др.) и очень быстро размножаются. Это угнетает рост растений, они сбрасывают цветки и завязи. Зерновой и мучной клещи развиваются на отсыревшем зерне или в муке, образуя сверху тонкую паутиновую сетку. Зараженные клещами зерно и муку нельзя использовать в пищу людям и на корм скоту. Почвенные

клещи имеют ротовой аппарат грызущего типа, питаются гниющими органическими остатками и участвуют в почвообразовании. Этим они способствуют восстановлению плодородия почвы и являются необходимым звеном круговорота веществ в природе.

КЛАСС НАСЕКОМЫЕ

Насекомые – самый многочисленный класс животных, насчитывающий около 1 млн видов. Среда обитания – почва, воздух, пресные и иногда морские водоемы, суша, организм человека, животных и растений. По образу жизни это в основном свободноживущие организмы, хотя многие из них являются паразитами. Насекомые – самые распространенные животные на Земле, поскольку легко приспосабливаются к любым условиям обитания, приобретая в процессе эволюции определенные особенности строения и жизнедеятельности.

Характерные черты представителей класса: разделение тела на отделы (голова, грудь, брюшко); 1 пара усиков; 3 пары ходильных ног; наличие крыльев; органы дыхания – трахеи.

Размеры тела колеблются в пределах от 1–2 мм до 30 см. Покровы тела образованы *трехслойной хитинизированной кутикулой* и *гиподермой*. Поперечно-полосатая мускулатура достигает высокой степени дифференцировки. Кутикула содержит уплотненные пластинки – *склериты*, чередующиеся с тонкими перепончатыми участками. Благодаря такому строению покровов тело насекомых сохраняет гибкость. *Хитин* малорастяжим, поэтому рост сопровождается *линькой* (обновление кутикулы в период роста личинок).

Тело состоит из трех отделов: голова, грудь и брюшко (рис. 61). На голове расположены *пара усиков*, *глаза* и *ротовой аппарат*, образованный тремя парами видоизмененных конечностей и *верхней губой* (хитиновой пластинкой). Грудной отдел состоит из трех сегментов, каждый несет по паре ходильных конечностей (*шестиногие*), выполняющих различные функции (бегательные, прыгательные, плавательные, роющие и т. д.). Конечности состоят из 5 отделов: *тазик*, *вертлуг*, *бедро*, *голень*, *лапка*. На втором и третьем сегментах груди расположены одна

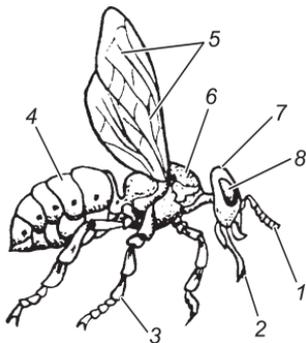


Рис. 61. Внешнее строение насекомого:

1 - усик; 2 - ротовой аппарат;
3 - ходильная нога; 4 - брюшко;
5 - крылья; 6 - грудь; 7 - голова;
8 - глаз

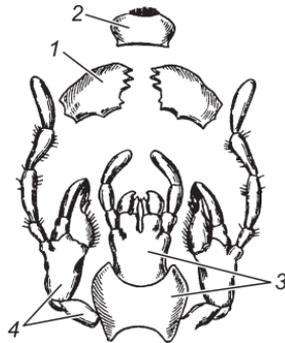


Рис. 62. Ротовой аппарат грызущего типа:

1 - верхняя челюсть; 2 - верхняя губа; 3 - нижняя губа; 4 - нижняя челюсть

или две пары *крыльев* – тонких кутикулярных пластинок, содержащих *жилки*, в которых проходят трахеи и нервы. У жуков передние крылья хитинизированны (*надкрылья*), а задние – тонкие прозрачные. У двукрылых только одна пара крыльев (вторая преобразована в *жужжальца*), у некоторых паразитов (блохи, вши) крылья отсутствуют. Брюшко содержит от 6 до 11 сегментов, остатки сегментации имеют вид *насечек* (эта особенность определяет название класса), конечностей на брюшке нет. На заднем конце брюшка могут быть придатки в виде *яйцеклада* или *жала*.

Пищеварительная система. Приспособлена к типу потребляемой пищи. Среди насекомых есть растительноядные, всеядные, кровососы, хищники и сапротрофы, питающиеся падалью и фекалиями. *Ротовой аппарат* образован хитиновой пластинкой и тремя парами конечностей головного отдела (рис. 62). Тип ротового аппарата определяется характером и способом потребления пищи: *грызущий* (жуки); *лижущий* (мухи); *сосущий* (бабочки); *колюще-сосущий* (вши, комары, блохи); *грызуще-сосущий*, или *лакающий* (пчелы). В ротовую полость открываются протоки слюнных желез, выделяющих пищеварительные ферменты. У пчел секрет этих желез – *маточное молочко* при соединении с нектаром образует мед. У гусениц и ба-

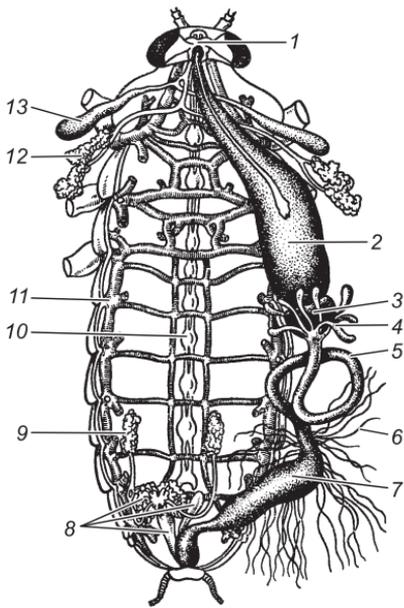


Рис. 63. Вскрытый самец черного таракана:

1 – головной мозг; 2 – зоб; 3 – желудок; 4 – пилорические выросты кишечника; 5 – средняя кишка; 6 – мальпигиевы сосуды; 7 – задняя кишка; 8 – ректальные железы; 9 – семенник; 10 – брюшная нервная цепочка; 11 – трахейная система; 12 – слюнная железа; 13 – резервуар слюнной железы

В толстом кишечнике есть *ректальные (анальные) железы*, всасывающие из кишечника обратно в гемолимфу воду, что способствует ее сохранению в организме.

Выделительная система. Представлена *мальпигиевыми сосудами* – слепо замкнутыми выростами кишечника в полость тела (от 2 до 200), расположенными на границе его среднего и заднего отделов. Мальпигиевы сосуды поглощают из гемолимфы продукты диссимиляции и в виде твердых кристаллов *мочевой кислоты* выделяют их в кишечник. Функцию выделения выполняет и *жировое тело (почка накопления)*, в котором накапливаются кристаллы мочевой кислоты; одновременно это и депо запасных питательных веществ. Конечные продукты диссимиляции также откладываются в покровах тела.

бочек этот секрет вырабатывает *шелковину*, из которой формируется кокон. У кровососущих видов слюнные железы выделяют вещества, разжижающие кровь, препятствующие ее свертыванию и обезболивающие укус. Ротовая полость продолжается в глотку, далее следуют пищевод, который может иметь расширение (*зоб*), мышечный желудок, средняя и задняя кишка с анальным отверстием. Печень отсутствует, пищеварительные ферменты выделяются стенкой средней кишки и ее слепыми *пилорическими выростами* (рис. 63). В тонком кишечнике растительноядных насекомых живут бактерии и протисты, обеспечивающие переваривание клетчатки.

Кровеносная система. Является *незамкнутой*. Кровь (*гемолимфа*) бесцветна. На спинной стороне брюшка имеется *трубчатое сердце*. Единственный сосуд – короткая *аорта* – идет от сердца в головной конец тела. *Гемолимфа* обеспечивает доставку питательных веществ и выведение продуктов обмена, выполняет защитную функцию; ее участие в газообмене незначительно.

Дыхательная система. Представлена *трахеями* – ветвящимися хитиновыми трубочками, доставляющими кислород ко всем органам и тканям. Начинаются трахеи отверстиями – *дыхальцами*, расположенными по бокам брюшка и груди. Чаще всего их 12 пар: 3 на груди и 9 на брюшке. Они могут закрываться клапанами в зависимости от потребности в кислороде. Поступление воздуха в трахейную систему происходит за счет движений брюшка. В некоторых участках крупные трахейные стволы расширяются, образуя *трахейные мешки*, которые у хорошо летающих видов (мухи, осы) занимают большую часть полости тела, уменьшая массу тела и активизируя дыхание. Самые тонкие ответвления трахей – *трахеолы* разветвляются между клетками и обеспечивают поступление в них кислорода. У водных личинок насекомых (*поденок*) есть *трахейные жабры*, обеспечивающие проникновение воздуха из воды в трахеи. Мелкие насекомые дышат всей поверхностью тела.

Нервная система. Достигает наибольшего развития, что связано с высокой подвижностью насекомых и большой сложностью наземно-воздушной среды их обитания. «Головной мозг» имеет три отдела: передний, средний и задний. Задний отдел иннервирует ротовой аппарат, средний – усики, передний – глаза. *Грибовидные тела* (выросты переднего отдела) координируют деятельность всей нервной системы и определяют сложное поведение насекомых. В брюшной нервной цепочке есть 3 *крупных грудных ганглия*, от которых отходят нервы к конечностям и крыльям. *Усики* являются органами обоняния и осязания. Органы обоняния обладают поразительной остротой восприятия. Запах для насекомых – средство информации и общения. *Вкусовые рецепторы* расположены на лапках (у бабочек) или на ротовых конечностях (у мух). Они содержат группу сенсорных клеток, дендриты которых тянутся до отверстия на вершине волоска. Эти рецепторы у

мух избирательно раздражаются сахарозой, поваренной солью или водой. Органы зрения – *фасеточные глаза* у свободноживущих насекомых или *простые* – у паразитов. Насекомые способны различать цвета, многие из них способны издавать и воспринимать звуки. Личинки комаров, мухи, жуки воспринимают звуковые колебания с помощью *связки*, напоминающей струну, натянутую под покровами животного и связанную с чувствительными клетками. У кузнечиков, сверчков, цикад и термитов восприятие звука осуществляется *тонкой кутикулярной мембраной*, под которой лежит *резонирующий трахейный пузырь*. Органы слуха расположены на голених передних ходильных ног.

Поведение насекомых отличается сложностью и разнообразием, оно основано на безусловно рефлекторных реакциях, обеспечивающих жизненно важные формы деятельности. Внешне «осознанным» кажется поведение общественных насекомых (пчелы, муравьи), у которых есть *сложные инстинкты*: забота о потомстве, строительство и «обслуживание» гнезда, совместная добыча и сохранение пищи и т. д. Приспособление насекомых к меняющимся условиям существования возможно благодаря возникновению условно-рефлекторных реакций.

Половая система. Насекомые – *раздельнополые животные*, выражен половой диморфизм, проявляющийся различиями самца и самки в размере, форме и окраске тела, наличии и развитии крыльев. У самки 2 яичника, 2 яйцевода, семяприемник. У самца 2 семенника, семяпроводы, семяизвергательный канал, копулятивный орган. Осеменение внутреннее. Размножение половое, есть живорождение (тля) и партеногенез (пчелы, осы, муравьи). Характерна забота о потомстве: поиск мест для откладки яиц и развития будущих личинок (капустная белянка, тараканы), создание для личинок запасов пищи и укрытий (наездники, жуки навозники и скарабей). В большинстве случаев развитие *непрямое*, с полным или неполным метаморфозом, но у отдельных представителей встречается прямое развитие (чешуйницы). При *полном метаморфозе* (яйцо – личинка – куколка – имаго) между личинкой и взрослым насекомым есть отличия во внешнем строении, образе жизни, строении ротового аппарата, конечностей, пищеварительной системы и т. п. *Куколка* –

неподвижная, непитающаяся стадия, внутри которой происходит замена личиночных органов органами имаго. Из куколки выходит *имаго* (половозрелая особь), которая в дальнейшем питается, размножается (не линяет) и обеспечивает распространение вида. Полный метаморфоз дает эволюционные преимущества, так как личинки и взрослые особи имеют разные среды обитания, источники пищи и не конкурируют друг с другом. При *неполном метаморфозе* (яйцо – личинка – имаго) различия между личиночной стадией и имаго не существенны и не претерпевают коренного преобразования. Личинки чаще всего живут в той же среде обитания (расселения не происходит), конкурируют с имаго за пищу, линяют и превращаются в имаго.

В зависимости от строения ротового аппарата, крыльев и типа развития класс **Насекомые** делится примерно на 30 отрядов (табл. 4).

Таблица 4

Характеристика основных отрядов насекомых

| Отряд | Метаморфоз | Строение крыльев | Ротовый аппарат | Представители |
|------------------------------------|------------|--|-----------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <u>Прямокрылые</u> | Неполный | 2 пары: передние – кожистые надкрылья, задние – мягкие веерообразные крылья с продольными жилками | Грызущий | В основном растительноядные: саранча, кузнечики, сверчки, медведки |
| <u>Равнокрылые</u> | Неполный | 2 пары одинаковых перепончатых крыльев с редкой сетью жилок; есть бескрылые | Коллющесосущий | Поющая цикада, цикады-пенницы, тля, белокрылки. Образуют многочисленные колонии |
| <u>Полужесткокрылые</u> (Клопы) | Неполный | 2 пары: передние крылья наполовину жесткие, на вершинах – перепончатые, задние крылья – перепончатые | Коллющесосущий | Растительноядные (лесной, ягодный клопы, хлебный клоп-черепашка), хищники (водяной клоп), паразиты (постельный, поцелуйный клопы) |
| <u>Тараканы</u> | Неполный | 2 пары: передние – кожистые надкрылья, задние – перепончатые крылья | Грызущий | Рыжий, черный, американский тараканы |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------|----------|---|--------------------------------------|--|
| <u>Вши</u> | Неполный | Отсутствуют | Колюще-сосущий | Головная, платяная, лобковая вши |
| <u>Стрекозы</u> | Неполный | 2 пары одинаковых перепончатых крыльев с густой сетью жилок | Грызущий | Коромысло, красотка, голубая и синяя стрелки |
| <u>Жесткокрылые</u> (Жуки) | Полный | 2 пары: передние – жесткие надкрылья, задние – перепончатые крылья (почти вдвое длиннее передних) | Грызущий | Составляет 25% всех насекомых. Растительноядные (щелкуны, дровосеки), хищные наземные (божья коровка), хищные водные (плавунцы), мертвоеды (могильщики), копрофаги (навозники) |
| <u>Чешуекрылые</u> (Бабочки) | Полный | 2 пары больших одинаковых крыльев, покрытых разноцветными хитиновыми чешуйками (сплюснутые волоски покровов, преломляющие свет) | Сосущий | Капустная белянка, переливница, перламутровка, голубянка, тутовый шелкопряд, комнатная моль |
| <u>Блохи</u> | Полный | Отсутствуют | Колюще-сосущий | Человеческая, собачья, крысиная, песчаная блохи |
| <u>Перепончатокрылые</u> | Полный | 2 пары прозрачных крыльев, с редкими продольными и поперечными жилками (задние крылья меньше передних) | Грызущий, грызуще-лижущий (лакающий) | Пчелы, осы, шмели, муравьи, наездники, пилильщики |
| <u>Двукрылые</u> | Полный | 1 пара – передние крылья – перепончатые, сужены у основания; задние крылья редуцированы и превращены в жужжальца | Лижущий, сосущий, колюще-сосущий | Мухи, комары, москиты, мошки, слепни, оводы |

МНОГООБРАЗИЕ НАСЕКОМЫХ

НАСЕКОМЫЕ – КОМПОНЕНТЫ БИОГЕОЦЕНОЗОВ

Как компоненты биогеоценозов (консументы) насекомые являются важным звеном природных пищевых сетей. Ими питаются рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы и некоторые млекопитающие (ежи, землеройки, кроты).

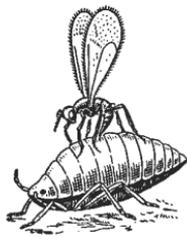
Около 90% цветковых растений *опыляются насекомыми* (бабочки, перепончатокрылые, двукрылые). Такие растения называются этнофильными и относятся к семействам губоцветных, мотыльковых, орхидных и др.). Между насекомыми-опылителями и опыляемыми цветковыми растениями существует взаимная адаптация. У растений выработались специальные приспособления для опыления насекомыми (форма цветков, их окраска, аромат, наличие нектара). У насекомых форма и длина хоботка соответствуют строению опыляемых цветков, а органы зрения и обоняния позволяют различать окраску венчика и запах.

Насекомые-почвообразователи (почвенные личинки, термиты, муравьи) питаются отмершими частями растений, роют норки в почве, разрыхляя землю, и ускоряют образование перегноя. «Санитарами» земли являются навозники, мертвоеды и могильщики, потребляющие экскременты и остатки погибших позвоночных животных.

Хищные и паразитические насекомые регулируют численность насекомых-вредителей.

Наездники (рисса, афелинус, трихограмма, талесса, белянковый мелкобрюх) и *яйцееды* – особая группа паразитических насекомых, представители которой откладывают яйца в личинок и куколок вредных насекомых (рис. 64). Развиваясь и питаясь тканями в личинках и куколках вредителей, наездники снижают численность вредных насекомых. Некоторых наездников разводят в лабораториях (трихограмма) для борьбы с яблонной плодовой и капустной совкой.

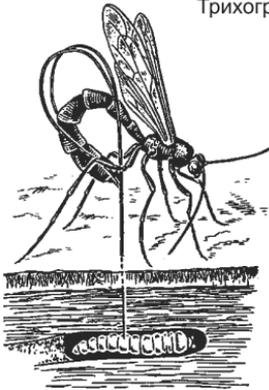
.....
Биологический способ борьбы с вредителями – это уменьшение численности популяции вредных для человека организмов путем использования их естественных врагов.
.....



Афелинус



Трихограмма



Талесса

Рис. 64. Наездники и яйцееды

Муравьи, обитая в лесах, уничтожают многих вредных насекомых, повреждающих листья растений. Семья рыжих лесных муравьев за день доставляет в муравейник около 1 кг вредных насекомых (за год — до 180 кг). Обитатели среднего муравейника надежно защищают 0,25 га леса, а семья большого — до 1 га древесных насаждений. Муравьи — общественные насекомые. В их «семье» различают крылатых самцов и самок и бескрылых рабочих муравьев. Рабочие муравьи ухаживают за потомством, добывают корм для личинок и самок — цариц, ремонтируют и достраивают муравейник, поддерживают в нем постоянную температуру и влажность, защищают его от врагов.

Муравейник — сложное сооружение с надземной и подземной частями, разветвленной системой галерей и камер. Молодые самцы и самки — окрыленные, они крупнее рабочих муравьев. В теплые осенние дни происходит их брачный вылет. После оплодотворения самцы погибают, а самки обламывают крылья и, найдя подходящее место в подстилке, начинают строить новый муравейник. Зимуют муравьи в подземной части муравейника.

Стрекозы имеют грызущий ротовой аппарат, 2 пары перепончатых длинных крыльев с густой сеткой жилок. Сложные фасеточные глаза (до 28 000 фасеток в каждом) занимают большую часть головы (рис. 65). Личинки стрекоз живут в воде, имеют трахейные жабры. И личинки, и имаго являются хищниками. Стрекозы ловят добычу в полете, уничтожают мух, комаров, мошек и других кровососущих

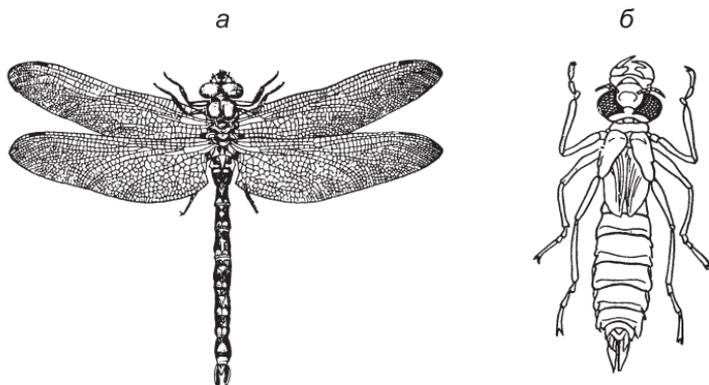


Рис. 65. Стрекоза коромысло:
а – имаго; б – личинка

насекомых (*гнус*). Личинки поджидают добычу в засаде, используют для отлова мелких водных беспозвоночных нижнюю губу, превращенную в ловчий аппарат – *маску*.

Божьи коровки поедают тлей и их личинок – опасных вредителей древесных и травянистых культурных и декоративных растений. Жулици и их почвенные личинки поедают большое количество вредных насекомых, моллюсков. Крупные жулици (*красотелы*) обитают в кроне деревьев, питаются гусеницами пядениц, шелкопрядов, личинками других вредителей леса.

НАСЕКОМЫЕ – ВРЕДИТЕЛИ ПОЛЕЙ, САДОВ И ЛЕСОВ

К насекомым – вредителям полей относятся азиатская перелетная саранча, хлебные клопы-черепашки, бабочки, колорадский жук, жуки-щелкуны.

Азиатская перелетная саранча распространена на всех континентах, кроме Антарктиды. На юге Беларуси на посевах зерновых и других культур встречается оседлая форма саранчи, она массово не размножается. Саранча обитает в плавнях и зарослях тростника крупных южных рек России и Средней Азии. Во второй половине лета самки откладывают в почву яйца. Яйца окружены слизью, которая, застывая, образует «кубышку». Весной из нее выходят не имеющие крыльев личинки (пешая саранча) и питаются тростником. Окрылившись, саранча

разлетается. Длительность дневных перелетов – до нескольких десятков километров. За весь период миграции скопление саранчи (*жулига*) может улететь от места вылета на 200–300 км. Прожорливость саранчи обусловлена малой усваиваемостью поедаемой ею пищи. Почти половина съеданной саранчой растительной массы (клетчатка и крахмал) выделяется с фекалиями, не претерпев практически никаких изменений.

Хлебные клопы-черепашки прокалывают хоботком молодые сочные зерна, вводят слюну, растворяющую клейковину, и высасывают содержимое. От зерна остается сморщенная оболочка, а колос становится белым. Клопы откладывают яйца на листья злаков. Вышедшие личинки сосут соки листьев, а затем питаются зерном. Зимуют клопы-черепашки в перелесках, на межах. Весной перелетают на посеы зерновых и размножаются.

Бабочки (репница, брюквенница, капустная белянка) повреждают капусту и другие крестоцветные культуры. В Беларуси капустная белянка дает 2 поколения: 1-е поколение летает во второй половине мая – начале июня, 2-е – в июле–сентябре. Гусеницы белянки соскабливают мякоть с листьев капусты, а затем прогрызают в них отверстия. Бабочки капустной совки летают в середине лета по ночам. Самки откладывают 2000 яиц. Гусеницы развиваются около 50 дней, повреждают листья на поверхности кочана, а затем проделывают ходы вовнутрь, засоряя кочан экскрементами. Кроме капусты совка повреждает лук, свеклу, горох, лен, гладиолусы, георгины, календулу.

Колорадский жук повреждает картофель, томаты и другие пасленовые. Его родина – Северная Америка. Зимует жук в лесной подстилке, в перелесках. Весной отыскивает воду (жуков в это время можно обнаружить у берегов водоемов) и поглощает ее. Жуки длительное время активно питаются. Затем откладывают на нижней поверхности листьев до 50 яиц. Личинки объедают листья и стебли, трижды линяют и окукливаются в почве. Молодые жуки снова питаются листьями и стеблями и зарываются в почву на зимовку.

Жуки-щелкуны повреждают растения (молодые сеянцы и саженцы лесных, плодовых и декоративных сортов). Питаются подземными частями травянистых растений, повреждают корни, клубни, корневища. Личинки

щелкунов (*проволочники*) имеют вытянутое, сильно хитинизированное твердое тело. Развитие щелкунов длится в почве 3–4 года.

Численность **насекомых – вредителей садов** составляет до 1200 видов.

Тли (отряд Равнокрылые) имеют колюще-сосущий ротовой аппарат, питаются соками растений. Накалывая ткани листьев и молодых побегов, тли вызывают их усыхание и деформацию, нарушают нормальное питание и развитие растений. Вызывая разрастание поврежденных тканей растения (*галлы*), скручивание листьев, тли развиваются в этих укрытиях. Особенно много тлей в плодовых садах в годы с влажным теплым летом.

Яблонный цветоед (отряд Жесткокрылые) встречается в садах ранней весной. При температуре 10 °С жуки, перезимовавшие в коре стволов, выходят, питаются, повреждая набухающие почки. Когда формируются плодовые бутоны, жуки прогрызают в них отверстия и откладывают яйца, где и развиваются личинки. Внутри бутона личинка окукливается, и из куколки выходит жук, повреждающий плоды.

Яблонная моль (отряд Чешуекрылые) на стадии молодой личинки зимует под щитком из выделений самки на молодых побегах яблони. Весной гусеницы выедают паренхиму листа. Живут они колониями, оплетая группы листьев паутиной и образуя гнезда. Гусеницы окукливаются внутри паутинового гнезда. Бабочки летают в августе. Яблонная моль оголяет деревья, и они часто вымерзают.

Яблонная плодожорка (отряд Чешуекрылые) вызывает червивость плодов. Бабочка откладывает яйца на листья и плоды. Гусеницы проникают в плод, выедают семена, засоряют плод экскрементами. Поврежденные плоды прекращают расти и опадают. За время развития гусеница яблонной плодожорки повреждает 1–3 плода.

Насекомые – вредители леса повреждают листья, корни и стволы деревьев (сосновая пяденица, златогузка, майские жуки, сосновый коконопряд, кольчатый коконопряд, непарный шелкопряд, короеды, щелкуны).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ НАСЕКОМЫХ

Важное практическое значение имеют тутовый шелкопряд и медоносная пчела, одомашненные человеком.

Тутовый шелкопряд (отряд Чешуекрылые) используется для получения натурального шелка. Родина одомашненного тутового шелкопряда – Гималаи, откуда 5000 лет назад он был завезен в Китай, а затем распространился по всему миру. В дикой природе шелкопряд не встречается. Селекционерами выведено более 50 пород тутового шелкопряда. *Бабочки* шелкопряда имеют толстое волосистое тело, несмотря на наличие крыльев, не способны к полету и не питаются. После спаривания самки откладывают от 300 до 600 яиц – *грену*. Из яиц выходят гусеницы – «шелковичные черви» с 3 парами грудных и 4 парами ложных брюшных ножек. Выкармливают гусениц листьями тутового дерева (шелковицы) на специальных стеллажах с полками из ткани. Гусеницы развиваются 40—80 суток. При окукливании из видоизмененных слюнных желез гусеница выделяет шелковину и завивает вокруг себя *кокон*. На воздухе выделения желез быстро затвердевают, образуя прочную нить длиной до 1000 м.

Медоносная пчела – общественные насекомые, относящиеся к отряду Перепончатокрылые. В семье медоносной пчелы имеется 1 крупная самка (матка), около 300 самцов (трутней) и десятки тысяч бесплодных рабочих пчел, т. е. характерен *полиморфизм* – разнообразие особей одного вида по внешнему строению и выполняемым функциям. *Матка* – самая крупная пчела в семье, способная откладывать яйца. *Трутни* – средних размеров; *рабочие пчелы* мельче остальных членов семьи, у них крупная покрытая волосками голова с двумя сложными фасеточными глазами и тремя простыми глазками между ними. Ротовой аппарат *грызуще-лижущий*. Нектар попадает в зоб, смешивается с секретом слюнных желез (*маточным молочком*) и превращается в *мед*. На задней паре конечностей расположен *собираательный аппарат* пчел: *корзиночка* и *щеточка*, с помощью которых пчела формирует *обножку* – комочек пыльцы в корзиночке. *Перга* – это пропитанная медом пыльца, помещенная в *соты* (запас белковой пищи). На брюшке у рабочих пчел находятся *воскоотделительные железы*, которые используются для строительства сот. На последних члениках брюшка рабочей пчелы расположено *жало* – видоизмененный яйцеклад. В улье зимуют оплодотворенная матка и рабочие пчелы. Весной матка откладывает яйца двух ти-

пов: *неоплодотворенные* (из них развиваются трутни) и *оплодотворенные* (из них развиваются рабочие пчелы и матки). Из яиц выходят белые червеобразные личинки, которых первые три дня рабочие пчелы выкармливают маточным молочком. Часть личинок кормят молочком до окукливания, из них развиваются молодые матки (*царицы*). Остальных личинок с четвертого дня выкармливают пергой, из них развиваются рабочие пчелы и трутни. С выходом молодой матки начинается *роение*. Старая матка с частью рабочих пчел вылетает из улья и основывает новую семью. Молодая матка, оставшаяся в улье, уничтожает личинок старой матки и через несколько суток вместе с трутнями вылетает из улья для брачного полета. Оплодотворенная матка возвращается в улей. Трутни изгоняются из улья и погибают. Матка живет 4–5 лет. Разведение пчел способствует повышению урожайности опыляемых насекомыми растений. Пчелы – источник пищевых и лекарственных веществ: меда, воска, прополиса (пчелиного клея). *Мед* – ценный продукт питания, обладающий лечебными свойствами. *Пчелиный воск* используется в технических целях, в лабораторной практике. Маточное молочко, пчелиный яд и пчелиный клей (прополис) – сырье для изготовления лекарственных препаратов.

Некоторые насекомые представляют опасность для человека. *Вши* (рис. 66) паразитируют на человеке и вызывают педикулез («болезнь бродяг»). Питаясь кровью, они вводят в ранку слюну, которая вызывает у человека жжение и зуд; у наиболее чувствительных людей повыша-

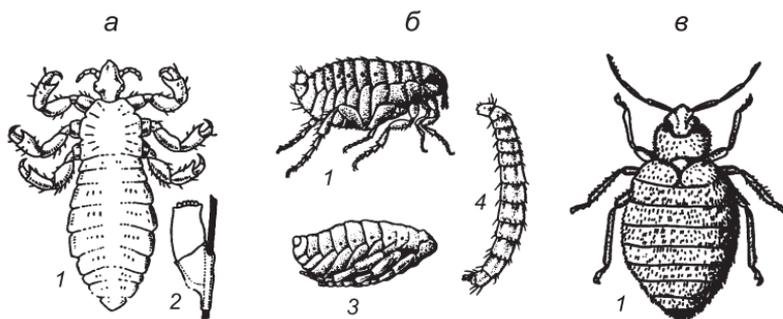


Рис. 66. Насекомые – паразиты человека и животных:

а – вошь платяная; б – блоха; в – постельный клоп; 1 – имаго; 2 – яйцо (гнида); 3 – куколка; 4 – личинка

ется температура тела. Педикулез характеризуется пигментацией и огрубением кожи. Тяжелым осложнением педикулеза является *колтун* – поражение волосистой части головы. Наиболее важное значение имеют вши как переносчики возбудителей сыпного тифа. Секрет слюнных желез *блох* при укусах вызывает у человека зуд и воспаление кожных покровов. Кроме того, блохи являются переносчиками возбудителей чумы. Слюна *постельного клопа* ядовита, поэтому укусы его болезненны. Нападая на человека ночью для кровососания, клопы нарушают его сон. Передача постельным клопом человеку возбудителей каких-либо заболеваний не установлена. *Комары* – временные эктопаразиты человека и животных и переносчики возбудителей различных болезней. Укусы их болезненны и могут вызывать образование волдырей при расчесах. Комары являются переносчиками возбудителей малярии, японского энцефалита, сибирской язвы и других инфекционных и паразитарных заболеваний. *Тараканы* механически переносят возбудителей различных заболеваний (брюшного тифа, дизентерии, дифтерии, туберкулеза), а также яйца гельминтов и цисты протистов и др.). *Мухи* – механические переносчики возбудителей кишечных инфекций. На покровах тела, на лапках, на частях ротового аппарата они переносят возбудителей холеры, дизентерии, брюшного тифа, туберкулеза, дифтерии, сибирской язвы, яйца гельминтов и цисты протистов. На теле мухи находится до 6 млн бактерий, а в кишечнике – до 28 млн. *Личинки оводов* и *вольфартовой мухи* проникают в кожу, где в течение суток проделывают ходы длиной до 3–5 см. Это заболевание называется *миазом*. От миазов особенно страдают дети. При интенсивном заражении возможно полное уничтожение мягких тканей глазницы и головы. Иногда заболевание заканчивается смертью.

ТИП ХОРДОВЫЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПА

Тип *Хордовые* насчитывает около 50 000 видов, имеющих повсеместное распространение. Представители типа освоили самые различные среды обитания. Они населяют моря и океаны, реки и озера. Обитают на всех континен-

тах и островах, живут в почве. Многие из них, приспособившись к полету, освоили воздушную среду. Свободноживущие, развиваются из *трех зародышевых листков*: эктодермы, мезодермы и энтодермы. *Вторичноротые животные* – рот образуется на конце тела зародыша, противоположном закладке бластопора.

Тело имеет *двустороннюю симметрию*, его размеры колеблются от 1 см (мелкие рыбы) до 33 м (синие киты). Покровы тела представлены *кожей*, состоящей из *эпидермиса* и *дермы*, и ее *производными*: чешуя, железы, роговые щитки, перья, волосы. Полость тела вторичная – *целобл.* Для строения некоторых систем органов, особенно у низших хордовых, характерна *метамерия*. У наземных позвоночных она выражена только в строении позвоночного столба, отхождении спинно-мозговых нервов и расположении мускулатуры туловища.

Внутренний осевой скелет представлен *хордой* – упругим хрящеподобным стержнем, расположенным вдоль спинной стороны тела. Хорда имеет энтодермальное происхождение и образуется путем выпячивания спинной стороны кишечной трубки. У низших хордовых она сохраняется в течении всей жизни, у высших – замещается *позвоночником*, состоящим из отдельных *позвонков*. Эндоскелет не является надежной внешней защитой, но и не препятствует росту.

Пищеварительная система. Представлена *пищеварительной трубкой*, расположенной под хордой и имеющей три отдела: передний, средний и задний.

Выделительная система. Органы выделения – *нефридии* или *почки*, которые могут быть *туловищными* (у низших позвоночных) или *тазовыми* (у высших).

Кровеносная система. Является *замкнутой*. Имеет *один* или *два круга кровообращения*. *Двух-, трех- или четырехкамерное* сердце или *сосуд*, его заменяющий, располагается на брюшной стороне тела под пищеварительной трубкой.

Дыхательная система. Закладывается в виде *жаберных щелей*, пронизывающих стенку переднего отдела пищеварительной трубки – *глотки*. У водных представителей на их основе развиваются *жабры*. У наземных позвоночных жаберные щели имеют только зародыши, в ходе эмбриогенеза щели зарастают, а у взрослых особей развиваются *легкие* – парные выпячивания брюшной стороны задней части глотки.

Нервная система. Имеет эктодермальное происхождение. Она закладывается в виде *нервной трубки*, которая располагается над хордой. Полость нервной трубки – *невроцель* – заполнена спинно-мозговой жидкостью. У высших хордовых нервная трубка дифференцируется на *головной* и *спинной мозг*. Хорошо развиты все органы чувств: слух, зрение, вкус, обоняние, осязание.

Половая система. Большинство видов хордовых – *раздельнополые*. Размножение половое; развитие прямое или с метаморфозом.

Систематика типа представлена на рис. 67.

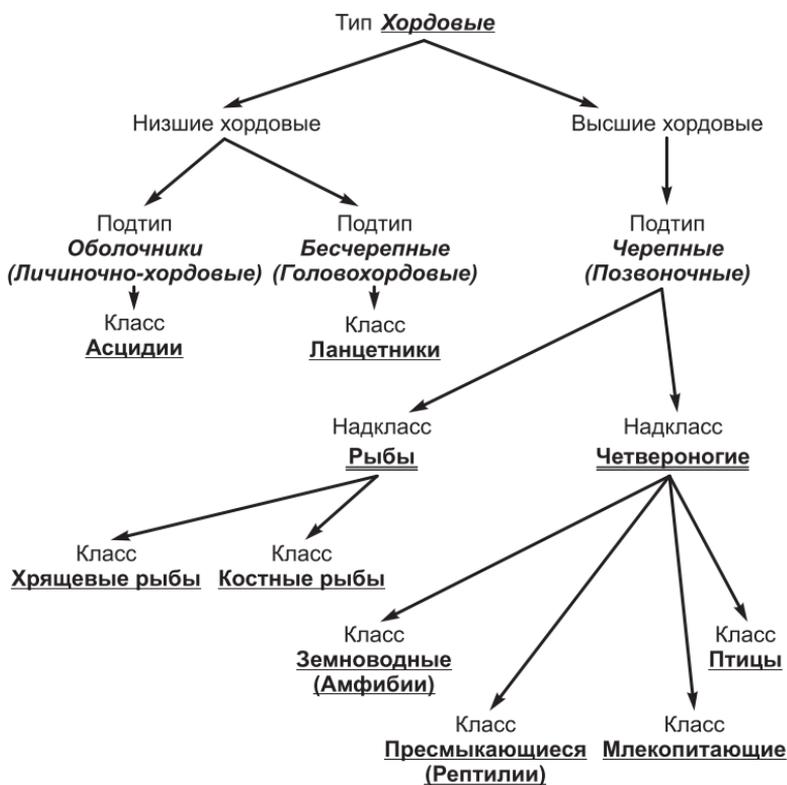


Рис. 67. Систематика типа Хордовые

ПОДТИП ОБОЛОЧНИКИ (ЛИЧИНОЧНО-ХОРДОВЫЕ)

Подтип *Оболочники (Личиночно-хордовые)* насчитывает около 2000 видов. Это резко обособленная группа мелких животных, отличающаяся от других хордовых по своей организации и образу жизни. Живут в морях. Ведут прикрепленный или малоподвижный образ жизни. Являются одиночными или колониальными организмами. Признаки хордовых четко выражены только на личиночной стадии (хорда, нервная трубка, жаберные щели в стенке глотки). У взрослых особей в связи с прикрепленным образом жизни произошла редукция и преобразование ряда органов. Форма тела – мешковидная. Снаружи оно покрыто особой оболочкой (*туникой*), которая содержит вещество *туницин*, напоминающее по строению клетчатку. Хорды и развитой нервной системы у взрослых оболочников нет. Питаются пассивно, фильтруя воду через глотку и околожаберную полость. Кровеносная система *незамкнутая. Гермафродиты*. Размножаются половым и бесполом путем (*почкованием*). К подтипу относится класс *Асцидии*.

ПОДТИП БЕСЧЕРЕПНЫЕ (ГОЛОВОХОРДОВЫЕ)

Подтип *Бесчерепные (Головохордовые)* насчитывает около 35 видов. Это немногочисленная группа наиболее примитивных мелких морских животных, но вместе с тем вполне типичных хордовых. Основные признаки типа сохраняются у них в течение всей жизни. Хорда выполняет функцию внутреннего осевого скелета. Нервная трубка не дифференцирована на спинной и головной мозг, органы чувств развиты слабо. Глотка пронизана жаберными щелями. Кровеносная система *замкнутая*, сердце отсутствует. Метамерия выражена в сегментации мышц выделительной и половой систем. Черепа и парных конечностей нет. Подтип включает класс *Ланцетники*.

Ланцетник обитает в прибрежных зонах теплых морей с песчаным грунтом на глубине до 100 м. Обычно он почти вертикально зарывается в грунт задним концом тела и выставляет наружу только переднюю часть. Размеры тела составляют 6–8 см. Тело рыбообразное удлинненное, сжатое с боков и заостренное с обоих концов, имеется го-

ловной, туловищный и хвостовой отделы. На спинной стороне тела расположена кожная складка (*спинной плавник*), переходящая в *хвостовой плавник ланцетовидной формы* (похож на хирургический инструмент ланцет). На брюшной стороне тела находятся парные *метаплевральные складки* кожных покровов, которые, срастаясь, образуют *околожаберную (атриальную) полость*.

Тело покрыто гладкой кожей, состоящей из однослойного *эпидермиса* и студенистой *дермы*. Покровы тела прозрачны, пигментных клеток нет. Производными кожи являются одноклеточные железы, выделяющие слизь.

Опорно-двигательная система. Внутренний осевой скелет – *хорда*, идущая вдоль спинной стороны всего тела (рис. 68). *Мышцы* представлены двумя продольными лентами, лежащими по бокам от хорды и состоящими из множества сегментов поперечно-полосатой мышечной ткани. Сегменты отделены друг от друга соединительно-тканными прослойками.

Пищеварительная система. Начинается ротовым отверстием, окруженным 10–20 парами *щупалец*. Оно ведет в *околоротовую воронку*, на дне которой начинается глотка. Стенка глотки пронизана жаберными щелями (100–150 пар), ведущими в *околожаберную полость*. Вместе с током воды, создаваемым щупальцами, в глотку поступают одноклеточные растения и животные, мелкие ракообразные, которые оседают на ее дне в специальном углублении (*желобе*). Вода через жаберные щели выходит в околожаберную полость и далее через ее отверстие – *атриопор* – во внешнюю среду. Пища поступает в кишечник и переваривается. Непереваренные остатки выводятся через анальное отверстие наружу. Кишечник ланцетника не

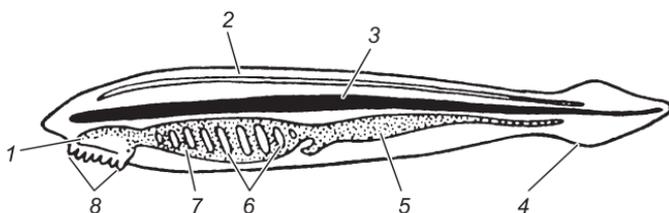


Рис. 68. Схема строения ланцетника:

1 – рот; 2 – нервная трубка; 3 – хорда; 4 – хвостовой плавник; 5 – кишка; 6 – жаберные щели; 7 – глотка; 8 – щупальца

разделен на отделы, имеет *слепой вырост*, выполняющий функцию *печени*. Способ питания – пассивный, фильтрация воды.

Выделительная система. Органы выделения – 100 пар *метанефридий*, по сегментно расположенных по бокам глотки. Один конец нефридия открывается в целом, другой – в околожаберную полость.

Кровеносная система. Является *замкнутой*. Сердце отсутствует, его функцию выполняет пульсирующий сосуд – *брюшная аорта*, расположенная под глоткой. От брюшной аорты отходят *жаберные артерии*, которые несут венозную кровь к органам дыхания. В сосудах межжаберных перегородок кровь насыщается кислородом. Артериальная кровь поступает в спинную аорту, а затем ко всем органам и тканям, где она становится венозной. По *четырем кардинальным венам* (2 передние и 2 задние) венозная кровь собирается в брюшную аорту. Кровь бесцветна – не содержит дыхательных пигментов.

Дыхательная система. Дыхание ланцетника происходит одновременно с питанием. Жаберные щели глотки разделены узкими *межжаберными перегородками*, в которых проходят кровеносные сосуды. Газообмен происходит в сосудах межжаберных перегородок.

Нервная система. Представлена нервной трубкой, лежащей над хордой. Она имеет узкую полость – *невроцель*, расширяющуюся в переднем конце. От нервной трубки по сегментно отходят периферические нервы. Органы чувств разнообразны. По всей длине нервной трубки располагаются пигментные клетки – *глазки Гессе*, воспринимающие световые раздражения. В коже есть также *осязательные клетки*. *Обонятельная ямка* является органом химического чувства.

Половая система. Ланцетники *раздельнополые*. Они имеют около 25 пар половых желез (*гонад*), расположенных по сегментно по бокам от глотки и не имеющих собственных протоков. Половой диморфизм не выражен. Размножение половое. Оплодотворение происходит в воде: через прорывы оболочек гонад половые клетки попадают в околожаберную полость и далее во внешнюю среду, где и происходит их встреча. Из зиготы развивается личинка. Развитие непрямо, с метаморфозом.

В конце XVIII в. ланцетника описал русский естествоиспытатель П. Паллас. В конце XIX в. русский биолог

А.О. Ковалевский назвал ланцетника «живой схемой» позвоночных животных, установил его принадлежность к хордовым и сходство с позвоночными и беспозвоночными.

Черты сходства ланцетника с беспозвоночными: двусторонняя симметрия; развитие из трех зародышевых листков; однослойный кожный эпителий; сегментация мышц, гонад и нефридий; слабая дифференцировка пищеварительной трубки; способ питания – фильтрация; отсутствие головного мозга и сердца.

Черты сходства ланцетника с позвоночными: осевой скелет – хорда; нервная трубка расположена над хордой, а пищеварительная – под хордой; глотка пронизана жаберными щелями; центральный пульсирующий кровеносный сосуд на брюшной стороне тела.

ПОДТИП ЧЕРЕПНЫЕ (ПОЗВОНОЧНЫЕ)

Подтип *Черепные (Позвоночные)* объединяет наиболее высокоорганизованных хордовых животных, характеризующихся активным питанием, что сопровождается усилением подвижности и изменениями в опорно-двигательной системе, хотя принципиальная схема строения сохраняется.

Тело состоит из *головы* (у многих и *шеи*), *туловища*, *хвоста* и *конечностей*. Кожа образована двумя слоями: многослойным *эпителием* и собственно кожей (*дермой*). Разнообразны производные кожи: чешуя, перья, волосы, когти, копыта, кожные железы.

Внутренний хрящевой скелет – хорда в процессе эмбриогенеза заменяется *позвоночником*. Он сегментирован и состоит из *позвонков*, объединенных у разных представителей в 2, 4 или 5 отделов. Верхние дуги позвонков формируют *позвоночный канал*. Развивается *череп*, обеспечивающий защиту головного мозга, возникают парные конечности (передние и задние) и их пояса. У рыб мускулатура сохраняет сегментарное строение. У высших позвоночных она представлена специализированными мышцами, хорошо развитыми на конечностях и туловище.

Пищеварительная система. Дифференцирована на отделы: рот, глотка, пищевод, желудок, тонкий и толстый отделы кишечника. В лицевом отделе черепа формируются *челюсти с зубами*, являющиеся органами захвата, удерживания и расчленения пищи.

Выделительная система. Органы выделения – *парные почки*. Эволюция почки шла по пути усложнения структуры, увеличения количества канальцев, образования сосудистых сплетений (клубочков) и усиления фильтрационной функции почек. У низших позвоночных почки *туловищные*, у высших – *тазовые*.

Кровеносная система. Состоит из *двух-, трех- или четырехкамерного сердца* и кровеносных сосудов, образующих *один или два круга кровообращения*. *Пойкилотермными (холоднокровными) позвоночными* являются рыбы, амфибии и рептилии, а *гомойотермными (теплокровными)* – птицы и млекопитающие. В крови рыб, земноводных, пресмыкающихся и птиц эритроциты содержат ядро, а у млекопитающих они не имеют ядра.

Дыхательная система. Органы дыхания связаны с передним отделом пищеварительной трубки – глоткой. Водные организмы дышат *жабрами*, у наземных органами дыхания служат *легкие*, которые развиваются за счет выпячивания стенки глотки.

Нервная система. Имеет *трубчатый тип*. Представлена *центральной и периферическим отделами*. Центральный отдел включает *головной и спинной мозг*. Головной мозг состоит из 5 отделов. В эмбриогенезе на переднем конце нервной трубки образуются три вздутия – *передний, средний и задний мозговые пузыри*. Позднее передний мозговой пузырь подразделяется на два отдела, из которых образуется *передний и промежуточный мозг*. Из среднего мозгового пузыря формируется *средний мозг*. Разделившись на два отдела, задний мозговой пузырь развивается в *мозжечок и продолговатый мозг*, переходящий в *спинной*. Периферическая нервная система образована *черепно-мозговыми и спинно-мозговыми нервами*. Хорошо развиты органы чувств: слух, зрение, вкус, обоняние, осязание. Высокое развитие нервной системы и органов чувств обуславливает сложное поведение позвоночных и образование общественных групп, что повышает уровень их приспособленности к среде.

Половая система. Позвоночные, за редким исключением, *раздельнополые животные*. На основании особенностей эмбрионального развития и условий обитания их подразделяют на низших и высших. К *низшим первичноводным позвоночным* относятся рыбы и земноводные. У них

осеменение внешнее, развитие зародыша идет в воде, он лишен зародышевых оболочек (*анамнии*) и имеет только тонкие яичцевые оболочки. Группа *высших первичноназемных позвоночных* объединяет пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. У них осеменение внутреннее, зародыш развивается в яйце или внутриутробно. Система яичевых оболочек предохраняет яйцо от механических повреждений и высыхания. Зародышевая оболочка *амнион* обеспечивает водную среду для его развития (*амниоты*).

НАДКЛАСС РЫБЫ

Надкласс **Рыбы** – самая многочисленная группа хордовых животных, насчитывающая около 25 000 видов. Рыбы населяют моря и океаны, живут в реках, озерах, прудах и болотах. Они обитают в толще воды, на дне водоемов на различных глубинах, а также в прибрежной растительности.

Характерные черты представителей надкласса, позволяющие приспособиться к жизни в воде: обтекаемая форма тела; плавники; жабры; боковая линия; плавательный пузырь; наружное осеменение.

Тело имеет обтекаемую форму и разделено на отделы: *голова, туловище, хвост*. Органами движения являются *7 плавников*. *Парные плавники* – грудные и брюшные, обеспечивающие повороты тела, остановку, погружение и всплытие, сохранение равновесия. *Непарные плавники* – спинной и анальный, обеспечивающие устойчивость тела, и хвостовой – обеспечивающий движение. Покровы тела представлены *кожей*, состоящей из многослойного *эпидермиса* и *дермы*. Производные кожи: костная или плакоидная чешуя и одноклеточные железы, выделяющие слизь. *Слизь*, покрывающая тело рыбы, уменьшает силу трения о воду, способствуя движению, и защищает от возбудителей болезней. *Плакоидная чешуя* представлена округлой пластинкой с шипом, вершина которого выдается через эпидермис наружу. Чешуя состоит из *дентина*, образованного клетками дермы. Вершину шипа покрывает чехлик из эмали, образуемой клетками эпидермиса. *Костная чешуя* – это тонкие плоские костные пластинки, погруженные передней частью в кожные карманы; задней выступающей частью они черепицеобразно накладываются

друг на друга. Чешуи имеют годовичные кольца, по которым можно определить возраст рыбы. Пигментные клетки кожи обуславливают *окраску тела*, зависящую от места обитания рыбы: у обитателей толщи воды она серебристая, у живущих в водной растительности – зеленоватая, у обитателей дна – бурая. У ядовитых рыб возможна предостерегающая окраска, изменяющаяся в период нереста.

Опорно-двигательная система. Скелет хрящевой или костный, состоит из трех отделов: скелет головы, скелет туловища и скелет конечностей и их поясов (рис. 69). *Скелет головы* – *череп*, имеет *лицевой (висцеральный)* и *мозговой* отделы. *Мозговой отдел черепа* защищает головной мозг и органы чувств, а *лицевой* связан с пищеварительной и дыхательной системами, он содержит *верхнюю челюсть, подвижную нижнюю челюсть, жаберные дуги и жаберные крышки*. *Скелет туловища* – это *позвоночник*, который включает два отдела: *туловищный* и *хвостовой*. Позвонки состоят из *тела, верхних дуг*, образующих *позвоночный канал*, и *верхнего остистого отростка*. Туловищные позвонки в отличие от хвостовых не имеют *нижнего остистого отростка*, к ним присоединяются *ребра*. *Скелет конечностей* представлен костными или хрящевыми лучами плавников и костями пояса парных плавников – плечевого и тазового, не имеющих сочленения с позвоночником. *Мускулатура туловища* сегментирована, образована двумя мышечными лентами, лежащими по бокам тела. Движения парных плавников, глаз и жа-

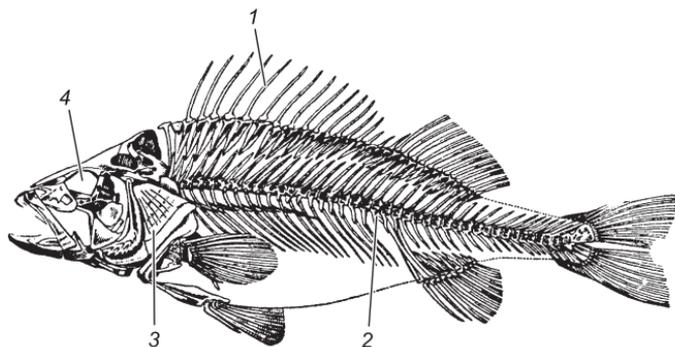


Рис. 69. Скелет окуня:

1 – костные лучи спинного плавника; 2 – позвоночник; 3 – жаберная крышка; 4 – глазница черепа

берных крышек обеспечиваются специализированными мышцами.

Пищеварительная система. Начинается ртом, ограниченным *челюстями*, на которых расположены однородные многочисленные *зубы* (у хищников). Далее следуют глотка, стенка которой пронизана жаберными щелями, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник, заканчивающийся прямой кишкой и анальным отверстием, расположенным на границе туловищного и хвостового отделов тела (рис. 70). Имеется *печень*, *желчный пузырь* и *поджелудочная железа*. Пищей для рыб может служить фито- и зоопланктон, донные животные, водная растительность, другие рыбы, земноводные. С наступлением зимы многие виды могут полностью прекращать потреб-

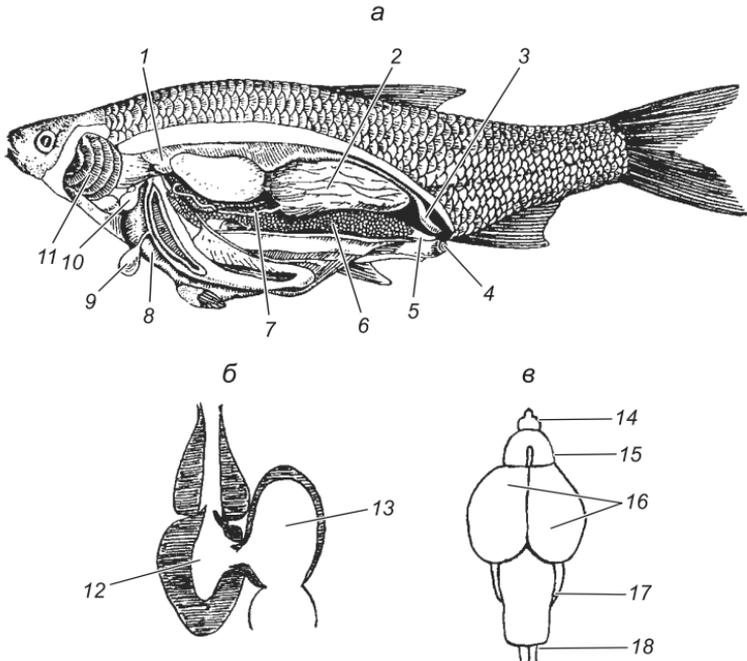


Рис. 70. Схема внутреннего строения окуня:

а – внутреннее строение рыбы; б – сердце; в – головной мозг; 1 – почка; 2 – плавательный пузырь; 3 – мочевой пузырь; 4 – анальное отверстие; 5 – яйцевод; 6 – яичник; 7 – проток плавательного пузыря; 8 – печень; 9 – желчный пузырь; 10 – сердце; 11 – жабры; 12 – желудок; 13 – предсердие; 14 – обонятельные доли; 15 – передний мозг; 16 – средний мозг; 17 – мозжечок; 18 – продолговатый мозг

ление пищи в течение нескольких месяцев, вплоть до наступления теплого периода (карпы).

Гидростатический аппарат. *Плавательный пузырь* – тонкостенный мешкообразный вырост пищевода, заполненный смесью газов. Первоначальное наполнение пузыря происходит путем заглатывания воздуха личинкой. У *открытопузырных* рыб (сельдь, лещ, сазан) он сохраняет сообщение с пищеводом в течение всей жизни, у *закрытопузырных* (окунь) – утрачивает связь с пищеводом на стадии личинки. Изменение объема плавательного пузыря происходит с помощью *газовой железы* (наполнение газом) и особого *овального участка* пузыря с тонкой, пронизанной капиллярами стенкой (поглощение газа кровью). Плавательный пузырь уравнивает относительную плотность тела рыбы с плотностью воды, является резонатором звуков, у некоторых рыб участвует в газообмене. Хрящевые рыбы плавательного пузыря не имеют, поэтому, чтобы не опуститься на дно, они находятся в постоянном движении.

Выделительная система. В выведении вредных продуктов жизнедеятельности, поддержании постоянства внутренней среды организма и регуляции водно-солевого обмена у рыб участвуют *почки, жабры и кишечник*. Органами выделения являются первичные (*туловищные*) *почки* лентовидной формы, расположенные в спинной части полости тела вдоль позвоночника. Моча по *мочеточникам* поступает в *мочевой пузырь*, а затем выводится наружу через *мочеиспускательный канал*, имеющий самостоятельное отверстие. Основным продуктом обмена пресноводных рыб – *аммиак (аммониотеллические животные)*, у морских – *мочевина (уреотеллические животные)*.

Кровеносная система. Является *замкнутой*. *Один круг кровообращения*. *Двухкамерное сердце* имеет одно *предсердие*, один *желудочек* и содержит венозную кровь. Из желудочка кровь попадает в *брюшную аорту*. Движение крови в одном направлении обеспечивают клапаны, расположенные между предсердием и желудочком, а также между желудочком и брюшной аортой. Из брюшной аорты кровь поступает в *жаберные артерии*, а по ним течет к жабрам. В капиллярах жаберных лепестков происходит газообмен. Окисленная (артериальная) кровь поступает в *спинную аорту*, затем к органам и тканям, где в капилля-

рах отдает кислород и превращается в венозную. Венозная кровь по 4 *кардинальным венам* собирается в предсердие. Обмен веществ происходит медленно; рыбы – холоднокровные животные, не имеющие постоянной температуры тела. У антарктических рыб кровь бесцветная, так как в ней отсутствуют эритроциты и гемоглобин.

Дыхательная система. Органы дыхания – *жабры*, состоящие из *жаберных дуг*, на каждой из которых с одной стороны находятся *жаберные лепестки*, пронизанные кровеносными капиллярами, а с другой – *жаберные тычинки (цедильный аппарат)*. У костных рыб снаружи жабры прикрыты *жаберными крышками*, движение которых вместе с расширением ротовой полости и глотки создают постоянный приток к жабрам свежей воды, насыщенной кислородом. У хрящевых рыб жаберные крышки отсутствуют, поэтому, например, у акул циркуляция воды через жаберный аппарат достигается благодаря постоянному движению их тела. У пресноводных рыб, обитающих в условиях резких колебаний концентрации кислорода в воде, в процессе эволюции развились *дополнительные органы дыхания*, использующие атмосферный кислород. У угрей, вьюнов, илистого прыгуна развито *кожное дыхание*, обеспечивающее возможность их выплзания на сушу. Пескари и сомы заглатывают воздух в кишечник, лабиринтовые рыбы (брызгун, гурами) удерживают заглатываемый воздух в специальной полости глотки над жабрами, у карпа и щуки заглатываемый воздух попадает в плавательный пузырь. У двоякодышащих рыб развиты *примитивные легкие*.

Нервная система. *Центральная нервная система* состоит из головного и спинного и мозга. *Головной мозг* расположен в мозговом отделе черепа и состоит из 5 отделов: переднего, промежуточного, среднего, заднего (мозжечок) и продолговатого. Наиболее развит *средний мозг*, содержащий центры зрения, и *мозжечок*, координирующий сложные движения рыб. *Передний мозг* регулирует движение и поведение рыб. Его *обонятельные доли* содержат центры обоняния. *Промежуточный мозг* регулирует обмен веществ и сезонные явления в жизни рыб. *Продолговатый мозг* участвует в регуляции функций различных систем органов: опорно-двигательной, пищеварительной, дыхательной, кровеносной и выделительной. *Спинной*

мозг имеет вид цилиндрического тяжа с полостью внутри и находится в позвоночном канале. *Периферическая нервная система* содержит 10 пар черепно-мозговых нервов (зрительный, обонятельный, слуховой, боковой линии и др.) и спинно-мозговые нервы, иннервирующие скелетные мышцы.

Органы зрения – *глаза*, имеющие шаровидный *хрусталик* и плоскую *роговицу*, поэтому рыбы лучше видят объекты, расположенные на близком расстоянии (до 15 м). *Аккомодация* (настройка резкости) достигается благодаря изменению положения хрусталика относительно сетчатки. Для костных рыб характерно *цветовое зрение*. Органы обоняния – парные, слепо замкнутые *обонятельные мешки*, сообщающиеся с внешней средой двумя отверстиями – *ноздрями* и выстланные обонятельным эпителием. Орган осязания – *рецепторы кожи*, орган вкуса – *вкусовые почки* слизистой оболочки ротовой полости; они могут быть расположены на губах, в глотке, пищеводе, усах и плавниках. Орган слуха рыб устроен достаточно просто, так как звуковые колебания хорошо распространяются в воде и роль этого органа в восприятии раздражителей внешней среды у рыб относительно невелика. Он представлен только *внутренним ухом*, не имеющим связи с внешней средой и расположенным в задней части черепа (звуковые колебания из воды передаются через кости черепа). Специфическим органом чувств рыб является *боковая линия* – это канал в толще кожи по бокам тела, сообщающийся с внешней средой рядом отверстий и содержащий чувствительные клетки (механорецепторы), связанные с нервами, идущими вдоль каналов. Боковая линия – это *орган сейсмического чувства*; он воспринимает любые раздражения, связанные с колебанием воды. Благодаря боковой линии рыбы ощущают направление и силу тока воды, избегают столкновения с подводными препятствиями, воспринимают инфразвуковые колебания. Некоторые рыбы способны издавать звуки, имеющие сигнальное значение (черноморская барабулька).

Половая система. Рыбы в основном *раздельнополые*, выражен половой диморфизм. У самки 1 или 2 *яичника*, в которых развиваются икринки, у самца 2 *семенника*, в которых в период размножения образуются молоки со сперматозоидами. Половые протоки открываются во

внешнюю среду самостоятельными отверстиями. Размножение только половое. Осеменение у большинства видов происходит в воде (наружное). Количество выметываемых рыбами икринок зависит прежде всего от характера и продолжительности периода заботы о потомстве. Луна-рыба выметывает 300 млн икринок, большинство из которых погибает. При наличии заботы о потомстве плодовитость резко уменьшается (горбуша выметывает 1–2 тыс. икринок), а выживаемость возрастает. Иногда встречается *живорождение* (акулы, скаты), сопровождающееся внутренним оплодотворением и невысокой плодовитостью. *Яйцеживорождение* (гупии, молинезии, меченосцы) отличается от настоящего живорождения выметыванием икры с вполне сформированной личинкой. В период размножения для рыб характерно сложное инстинктивное поведение, которое может сопровождаться нерестовыми миграциями и заботой о потомстве.

Поведение рыб обусловлено совокупностью условных и безусловных рефлексов. Особенно сложным оно может быть в период размножения – *нереста*. *Проходными* называют рыб, которые для размножения мигрируют из морей в пресные водоемы (кета, горбуша) или, наоборот, из пресных водоемов в моря (речной угорь). Самец трехиглой колюшки строит и охраняет гнездо с икрой, некоторые рыбы (телляпии, сомовые) вынашивают икру в ротовой полости, морские коньки – в специальной сумке на брюхе. Развитие с метаморфозом. Из икры развивается *личинка*, а из нее – *малек*, отличающийся от личинки большими размерами, характером потребляемого корма, наличием чешуи и плавников.

МНОГООБРАЗИЕ РЫБ

Надкласс **Рыбы** включает два класса: **Хрящевые рыбы** и **Костные рыбы** (рис. 71).

Представители класса **Хрящевые рыбы** (акула, скат) в течение всей жизни имеют хрящевой скелет и плакоидную чешую. У них отсутствуют жаберные крышки и плавательный пузырь. По бокам головы имеется 5–7 пар жаберных щелей. Парные плавники расположены горизонтально. Хвостовой плавник *неравнолопастной* (верхняя лопасть больше). Передняя часть головы вытянута в удли-

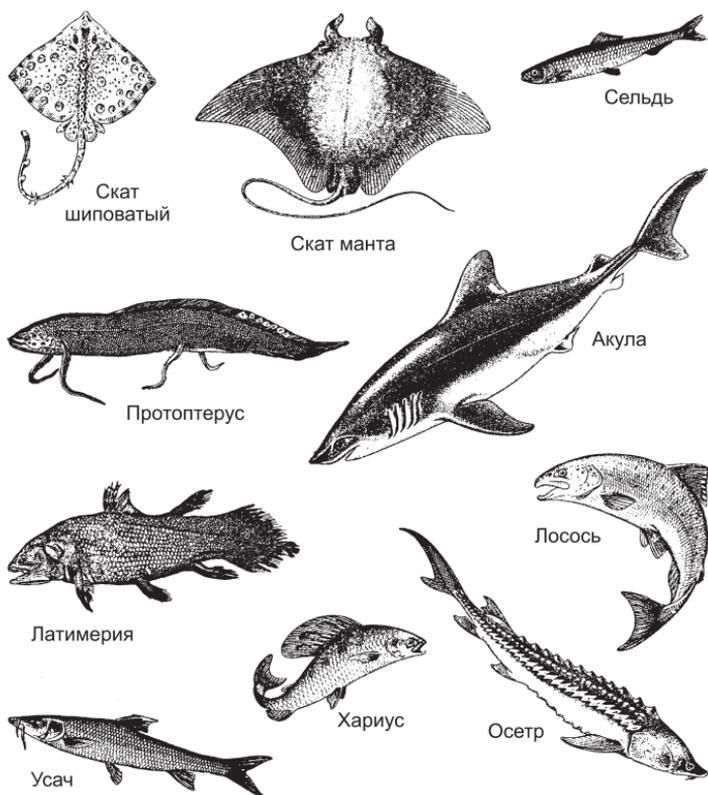


Рис. 71. Многообразие рыб

ненное *рыло*. Рот в виде поперечной щели расположен на брюшной стороне. Характерны внутреннее осеменение, размножение откладкой яиц, яйцеживорождением или живорождением.

Для акул (их около 250 видов) характерна торпедообразная форма тела; они хорошо плавают. Это в основном хищники, их челюсти окружены острыми зубами. Добычу акулы находят за счет развитого обоняния, восприятия вибрации воды и электромагнитных волн. Некоторые из них опасны для человека. Есть виды, питающиеся планктоном.

У скатов (около 340 видов) тело уплощено в спинно-брюшном направлении. Грудные плавники сильно увеличены. Жаберные щели находятся на брюшной стороне. Зубы в виде небольших призм собраны в *терку*. Питаются рыбой и донными беспозвоночными.

Для представителей класса Костные рыбы (более 20 тыс. видов) характерны: костная черепацеобразно расположенная чешуя; внутренний скелет костный или хрящевой, укрепленный накладными костями; жаберные крышки и плавательный пузырь; наружное осеменение. Класс включает более 40 отрядов и надотрядов (Двоякодышащие, Кистеперые рыбы, Осетрообразные, Лососеобразные, Сельдеобразные, Карпообразные и др.).

Надотряд Двоякодышащие (австралийский рогозуб, американский чешуйчатник, африканский протоптерус). Двоякодышащие приспособлены к жизни в пересыхающих водоемах. Кроме *жабр* они имеют *одно* или *два легких* – полые выросты брюшной стенки пищевода. Их *ноздри* сквозные, есть *хоаны*. Намечается разделение *предсердия* и появление *легочного круга кровообращения*. Хорда сохраняется в течение всей жизни.

Надотряд Кистеперые рыбы. Древняя, почти полностью вымершая группа; единственный представитель, известный в настоящее время, – *латимерия*, обитающая в Индийском океане. Размеры тела крупные (до 150 см). Хорошо развита хорда. Плавательный пузырь редуцирован, по происхождению напоминает легкие двоякодышащих рыб. Являются яйцеживородящими. Скелет парных плавников напоминает кости парных конечностей наземных позвоночных. Вероятно, являются предками земноводных.

Отряд Осетрообразные (белуга, осетры, севрюга, стерлядь, всего 25 видов). Крупные проходные и озерно-речные рыбы. Плотноядные морские и пресноводные организмы, обитающие в Северном полушарии. Похожи на акул: рот в виде поперечной щели, есть рыло, горизонтальные парные плавники, неравнолопастной хвост. Основу скелета составляет хрящ, снаружи череп покрыт плоскими костями, на туловище и хвосте – 5 рядов накладных костных ромбических пластинок. Являются ценными промысловыми рыбами, источником мяса и черной икры.

Отряд Лососеобразные (кета, горбуша, семга, форель, всего около 400 видов). Проходные и пресноводные рыбы, обитающие в Северном полушарии. Они имеют *жировой плавник* (лишен костных лучей). Размножаются в верховьях рек. Самка обычно откладывает небольшое количество крупных красных икринок в ямку, вырытую на

дне водоема, самец поливает икру молоками. Характерна забота о потомстве. Являются ценными промысловыми рыбами, источником мяса и красной икры.

Отряд Сельдеобразные (атлантическая, тихоокеанская, балтийская (салака) сельди, кильки, сардины, анчоусы, всего более 300 видов). Морские стайные планктонные рыбы, обитающие вблизи берегов. Их тело сжато с боков, серебристого цвета, покрыто легко опадающей чешуей. Зубы мелкие или отсутствуют. Большое количество мелкой, липкой икры откладывают на грунт или водоросли. Являются промысловыми видами.

Отряд Карпообразные (плотва, лещ, линь, сазан, язь, серебряный карась, белый и пестрый толстолобики, сырть, усач, всего более 3000 видов). Пресноводные костные рыбы, не имеющие челюстных зубов (они расположены в глотке на последней жаберной дуге). **Карп** (зеркальный, чешуйчатый, голый) – одомашненная форма сазана. Многие виды имеют промысловое значение, их разводят в прудовых хозяйствах.

Значение рыб. Являются компонентами биогеоценозов, звеньями пищевых сетей. Рыбы – объект промысла (добыча и разведение в прудовых хозяйствах карпа, толстолобиков, белого амура, форели, щуки); источники сырья для промышленности и продуктов питания для человека (мясо, икра, печень). Рыбы имеют и эстетическое значение (аквариумные рыбки).

Многие рыбы являются объектами охраны. В Красную книгу Республики Беларусь занесены *сырть, усач, стерлядь, ручьевая форель, хариус*.

КЛАСС ЗЕМНОВОДНЫЕ (АМФИБИИ)

Представители класса Земноводные – группа позвоночных животных, впервые в эволюции вышедших на сушу. Класс объединяет около 4100 видов. Само название класса «Земноводные» предполагает двойственность среды их обитания: во взрослом состоянии они живут на суше или в воде, размножение и развитие личинок происходит только в воде. Особенности организации земноводных ограничивают их распространение по Земле, большинство видов обитает во влажных тропиках и на берегах пресных водоемов. Земноводные не могут жить в местах с постоян-

ным холодным климатом, в умеренных широтах они зимуют в водоемах и различных укрытиях на суше, находясь в состоянии оцепенения.

Первые земноводные (*стегоцефалы*, или панцирноголовые амфибии) произошли от древних пресноводных кистеперых рыб в девонский период палеозойской эры. Освоить наземную среду стегоцефалам позволило: легочное дыхание, развитие конечностей, влажный климат той эпохи, обилие пищи, отсутствие конкурентов.

Характерные черты представителей класса как обитателей двух сред: парные пятипалые конечности наземного типа; органы воздушного дыхания – легкие; второй легочной круг кровообращения; трехкамерное сердце; среднее ухо; подвижные веки; туловищные почки; непостоянная температура тела, зависящая от температуры окружающей среды; тонкая кожа с большим количеством желез, яйцеклетки (икра) лишены плотных оболочек; личинки приспособлены к жизни в воде.

Размеры тела невелики – от 1,5 см у чесночницы до 33 см у лягушки голиаф и 120 см у гигантской саламандры. Хвостатые имеют вытянутое тело с хорошо развитым хвостом, передние и задние конечности развиты примерно одинаково. У бесхвостых тело массивное, укороченное, слегка уплощенное в спинно-брюшном направлении. Хвост отсутствует, задние конечности развиты значительно сильнее передних, имеются плавательные перепонки между пальцами. Передняя часть головы клинообразно вытянута, на ней расположены выпуклые глаза и ноздри. У безногих тело вытянутое червеобразное, без конечностей и хвоста.

Покровы тела представлены *кожей*, состоящей из *эпидермиса* и *дермы*. Она тонкая, имеет богатое кровоснабжение и большое количество многоклеточных желез. *Секрет желез* увлажняет поверхность кожи, оказывает бактерицидное действие и может быть ядовит. Увлажненность покровов тела приводит к активному испарению и снижению температуры тела, поэтому лягушки холодные на ощупь. В дерме имеются *пигментные клетки*, придающие телу земноводных определенный цвет: у обитателей умеренных широт – зеленовато-бурая покровительственная окраска, у ядовитых тропических видов, напротив, окраска яркая, предупреждающая. Кожа бесхвостых земноводных связана с мускулатурой только в определенных

местах, большие подкожные полости заполнены *лимфой*. Такая особенность кожи позволяет земноводным впитывать большое количество воды, когда это необходимо.

Опорно-двигательная система. Для многих земноводных характерны небольшие размеры тела, так как их скелет из-за большого количества хрящевой ткани имеет невысокую прочность и на суше он не может сочетаться с большой массой тела. Скелет состоит из трех отделов: скелет головы, скелет туловища и скелет конечностей. *Скелет головы (череп)* включает два отдела – *мозговой* и *лицевой*, содержит небольшое число костей, сочленяется с позвоночником относительно подвижно. *Скелет туловища (позвоночник)* у лягушки состоит из четырех отделов: шейный (1 позвонок), туловищный (7 позвонков), крестцовый (1 позвонок) и хвостовой. У бесхвостых – 12 хвостовых позвонков срастаются в *уростиль*. Ребер нет либо они не доходят до грудины. *Скелет пояса передних конечностей (плечевой)* содержит парные лопатки, ключицы, вороньи кости (*коракоиды*) и непарную *грудину*. Грудина не соединена с ребрами, поэтому плечевой пояс не прикреплен к осевому скелету. *Скелет свободной передней конечности* состоит из плечевой кости, костей предплечья и кисти. *Скелет пояса задних конечностей* содержит тазовые кости, сросшиеся друг с другом и присоединенные к отросткам крестцового позвонка, что придает тазовому поясу дополнительную прочность. Каждая тазовая кость состоит из подвздошной, седалищной и лобковой костей. *Скелет свободной задней конечности* содержит бедренную кость, кости голени и стопы. *Мускулатура* дифференцирована в большей степени, чем у рыб. Наиболее развиты мышцы задних конечностей, головы, брюшной стенки, ротовой полости.

Пищеварительная система. Начинается ротоглоточной полостью, в которой находятся однородные конические *зубы* и *язык*. Появляются *слюнные железы*, секрет которых не содержит ферментов. *Пищеварительная трубка* относительно короткая. Она дифференцирована на пищевод, желудок, двенадцатиперстную кишку, тонкую кишку и толстую (прямую) кишку, заканчивающуюся *клоакой*, в которую также открываются мочеточники, а у самок и яйцеводы (рис. 72). Хорошо развиты *печень* и *поджелудочная железа*. Питаются подвижными животными.

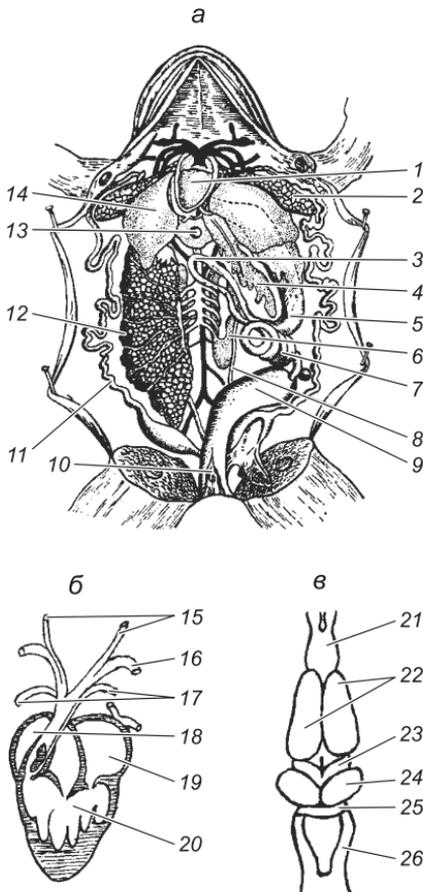


Рис. 72. Схема внутреннего строения лягушки:

а – вскрытая самка лягушки; *б* – сердце; *в* – головной мозг; 1 – сердце; 2 – легкие; 3 – двенадцатиперстная кишка; 4 – поджелудочная железа; 5 – желудок; 6 – почка; 7 – тонкая кишка; 8 – мочеточник; 9 – толстая кишка; 10 – клоака; 11 – яйцевод; 12 – яичник; 13 – желчный пузырь; 14 – печень; 15 – сонные артерии; 16 – дуги аорты; 17 – кожно-легочные артерии; 18 – правое предсердие; 19 – левое предсердие; 20 – желудочек; 21 – обонятельные доли; 22 – полушария переднего мозга; 23 – промежуточный мозг; 24 – средний мозг; 25 – мозжечок; 26 – продолговатый мозг

Добывают пищу, захватывая ее челюстями или липким длинным языком. Заглатыванию помогают глаза, вдвигающиеся в ротоглоточную полость и проталкивающие пищу в пищевод. В состоянии оцепенения земноводные способны длительно голодать.

Выделительная система. Органы выделения – *первичные (туловищные) почки*, расположенные по бокам от крестцового позвонка. По *мочеточникам* моча поступает в *клоаку*, затем в *мочевой пузырь*, который периодически опорожняется. Продуктом обмена является *мочевина (уреотелические животные)*. Находясь в воде, земноводные выделяют большое количество сильно разбавленной мочи, поскольку потери воды легко компенсируются ее поступлением через кожу. На суше расход воды более экономен: концентрированная моча выводится только из мочевого пузыря, через стенки которого происходит дополнительное всасывание воды обратно в кровь. В сумеречное и

ночное время, когда влажность воздуха наибольшая и испарение с поверхности кожи происходит в меньшей степени, потери воды из организма уменьшаются.

Кровеносная система. Претерпевает существенные изменения в связи с развитием легочного дыхания. *Сердце трехкамерное:* имеется *два предсердия* (правое и левое) и *один желудочек*. Появляется *второй легочной круг кровообращения*, однако потоки артериальной и венозной крови частично перемешиваются внутри желудочка. От правой стороны желудочка отходит *артериальный конус*, распределяющий кровь по трем парам сосудов: венозная кровь по *кожно-легочным артериям* течет к органам дыхания (*малый круг кровообращения*), смешанная кровь – по *правой и левой дугам аорты* поступает ко всем органам и тканям (*большой круг кровообращения*), артериальная кровь – по *сонным артериям* к головному мозгу (*большой круг кровообращения*). Артериальная кровь от легких течет к левому предсердию по *легочным венам*. Венозная кровь от всех органов и тканей собирается в правое предсердие по *полым венам*. Следует отметить, что у земноводных с хорошо развитым кожным дыханием небольшое количество артериальной крови по кожным венам также попадает в правое предсердие, поэтому там кровь не чисто венозная, а частично смешанная. Благодаря этой особенности при длительном пребывании под водой некоторые земноводные полностью переходят на кожное дыхание. Температура тела *непостоянная* и зависит от температуры окружающей среды. Возможности терморегуляции земноводных ограничены тем, что большинство органов и тканей снабжаются смешанной, а не артериальной кровью, происходит активное испарение с поверхности кожи и интенсивное охлаждение тела.

Дыхательная система. Характерная особенность земноводных – *многообразие их органов дыхания*. У личинок газообмен происходит через кожу, внутренние и наружные жабры, у взрослых животных – в легких, через слизистую оболочку ротоглоточной полости и кожу. *Легкие* – парные полые мешки с мелкоячеистой внутренней поверхностью. Дыхательные пути не дифференцированы и представлены только *гортанно-трахейной камерой*, открывающейся в ротоглотку и содержащей *голосовой аппарат*: две складки слизистой оболочки, натянутые между

хрящами, окружающими голосовую щель. По бокам головы самцов имеются особые расширения – *резонаторные мешки*, усиливающие звук. Издаваемые звуки помогают распознать животных противоположного пола в период размножения. Вентиляция легких имеет довольно сложный механизм. Сначала воздух поступает через ноздри в ротоглоточную полость, где смешиваются вдыхаемый и выдыхаемый воздух; ее слизистая оболочка обеспечивает дополнительный газообмен. Нагнетание воздуха в легкие происходит за счет сокращения мышц дна ротоглоточной полости. Сокращение брюшных мышц выталкивает воздух назад в ротовую полость, а при открытых ноздрях – наружу. Дыхательная поверхность легких невелика (она меньше общей поверхности кожи на 30%) и не может обеспечить газообмен в полном объеме, поэтому в газообмене участвует кожа. *Кожное дыхание* преобладает у обитателей водоемов и влажных мест – оно составляет у них более 50% и снижается у обитателей сухих мест.

Нервная система. *Центральная нервная система* состоит из головного и спинного и мозга. *Головной мозг* имеет 5 отделов: передний, промежуточный, средний (интегрирующий центр), задний (мозжечок) и продолговатый. *Передний мозг* развит лучше, чем у рыб; он имеет большие размеры и разделен на *два полушария*. *Мозжечок* развит хуже, чем у рыб, что обусловлено более примитивными движениями земноводных. *Периферическая нервная система* представлена 10 парами черепно-мозговых нервов и спинно-мозговыми нервами, образующими сплетения. Органы зрения – *глаза* – у земноводных более совершенны, чем у рыб; они позволяют видеть объекты на большом расстоянии. Это связано с развитием *линзовидного хрусталика* и *выпуклой роговицы*. Выход земноводных на сушу предопределил появление *верхних* и *нижних век* и *мигательной перепонки*, защищающих глаза от высыхания. *Аккомодация* достигается перемещением хрусталика относительно сетчатки с помощью специальной мышцы. У многих земноводных развито *цветовое зрение*. В связи с выходом на сушу кроме внутреннего уха у земноводных появляется и *среднее ухо*. Оно представлено полостью, закрытой от внешней среды *барабанной перепонкой*, сообщающейся *евстахиевой трубой* с ротоглоточной полостью и содержащей одну слуховую косточку – *стремеч-*

ко. Орган обоняния – *обонятельные мешки*, наружные и внутренние *ноздри (хоаны)*, вкуса – *язык*, осязания – *кожа*. У личинок и взрослых животных, постоянно обитающих в воде, выражена *боковая линия*.

Половая система. Земноводные *раздельнополые*, выражены половой диморфизм, проявляющийся в яркой раскраске самцов в период размножения. Половые железы (*яичники и семенники*) парные, расположены вблизи почек. Семявыносящие каналы открываются в мочеточники, яйцеводы – непосредственно в клоаку. Размножение только половое. Осеменение преимущественно наружное. Развитие зародыша происходит достаточно быстро (1–2 недели) и сопровождается метаморфозом. Из яйца выходит личинка (*головастик*), которая по строению напоминает малька рыб: вытянутая обтекаемая форма тела, жабры, боковая линия, двухкамерное сердце, один круг кровообращения. По мере роста у головастика появляются сначала задние, а потом и передние конечности, сердце становится трехкамерным, развиваются легкие и малый круг кровообращения. Личиночные органы редуцируются. Продолжительность метаморфоза колеблется и зависит от вида земноводного и климатических условий места его обитания. При благоприятных условиях у травяной лягушки период метаморфоза завершается в течение 35–40 суток. В случае недостатка тепла метаморфоз может растягиваться на два года. Для *аксолотлей* – личинок хвостатых земноводных *амбистом* характерна *неотения* – способность к половому размножению до завершения периода метаморфоза.

МНОГООБРАЗИЕ ЗЕМНОВОДНЫХ

Класс **Земноводные** подразделяется на три отряда: **Хвостатые**, **Бесхвостые** и **Безногие** (рис. 73).

Отряд **Безногие** (червяги, цейлонский рыбозмей). Амфибии, ведущие подземный, роющий образ жизни. Форма их тела червеобразная, у многих видов – с кольцевидными перетяжками, что придает этим животным внешнее сходство с земляными червями. Конечности и их пояса отсутствуют. В связи с подземным образом жизни глаза рудиментарные. Кожа богата железами, выделяющими обильную слизь. Осеменение внутреннее. Некоторые виды живородящие. Питаются почвенными

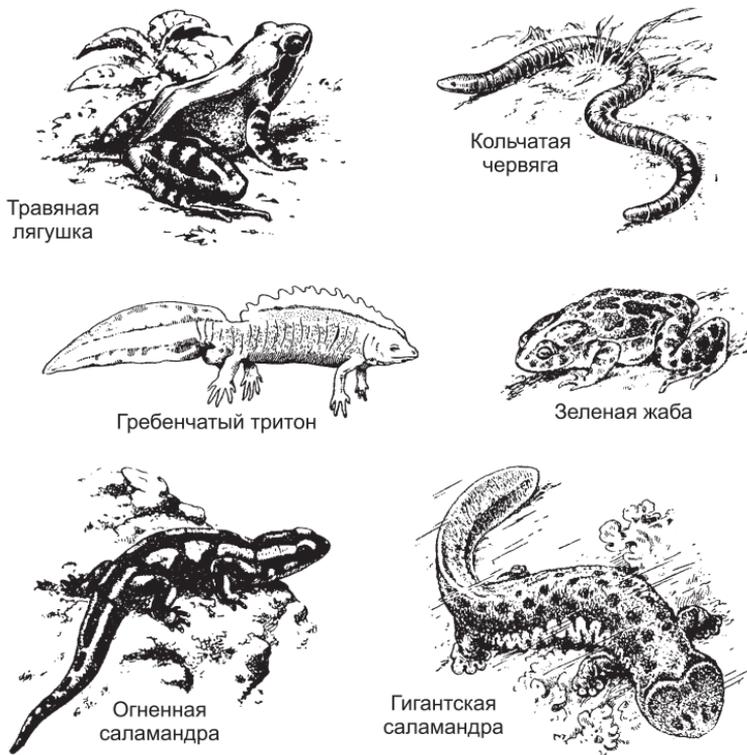


Рис. 73. Многообразие земноводных

беспозвоночными. Представители ряда видов живут в муравейниках, где питаются личинками муравьев. Встречаются только в тропиках.

Отряд Хвостатые (тритоны, саламандры). Характеризуются удлинённым телом с хорошо развитыми головным, туловищным и хвостовым отделами. По внешнему виду напоминают ящериц, но их кожа не имеет чешуи. Хвост в поперечном сечении круглый или сжатый с боков, иногда окантован кожной складкой. Конечности у большинства хвостатых хорошо развиты, при этом передние и задние конечности одинаковой длины. Основным органом дыхания служат легкие. Кроме того, у некоторых видов пожизненно сохраняются жабры, чаще наружные. Развито кожное дыхание. У многих хвостатых имеются органы боковой линии. Глаза развиты в различной степени в зависимости от условий обитания. У водных особей нет под-

вижных век. Осеменение у многих видов внутреннее. В Беларуси встречается два вида хвостатых – обыкновенный и гребенчатый тритоны.

Отряд Бесхвостые (чесночница, квакша, жерлянка, камышовая жаба, озерная лягушка, голиаф). Весной в период размножения заселяют небольшие, хорошо прогреваемые водоемы. Летом и осенью обитают вблизи водоемов. К в а к ш и живут на деревьях, удерживаясь с помощью присосок на пальцах. Бесхвостые являются наиболее высокоорганизованной группой земноводных. Характеризуются широкой, плоской головой, коротким туловищем, отсутствием хвоста, наличием хорошо развитых передних и задних конечностей, причем задние в 2–3 раза длиннее передних и имеют *5 пальцев*, между которыми натянуты *плавательные перепонки*. Л я г у ш к а в водоеме плавает, на суше передвигается короткими прыжками. У ж а б кожа грубая, выделяет ядовитую жидкость. Они более медлительны в движениях, ведут ночной образ жизни. В Беларуси встречается 10 видов бесхвостых.

Значение земноводных. Являются компонентами биогеоценозов, звеньями пищевых сетей. Уничтожают вредных насекомых (жабы). В некоторых странах используются в пищу человеком (лапки лягушек). Являются экспериментальными животными (лягушка – классический объект научных исследований).

В Красную книгу Республики Беларусь занесена *камышовая жаба*.

КЛАСС ПРЕСМЫКАЮЩИЕСЯ (РЕПТИЛИИ)

Пресмыкающиеся – первые настоящие наземные позвоночные животные. Класс Пресмыкающиеся (Рептилии) насчитывает около 7000 современных видов. Большая часть видов пресмыкающихся живет в широтах с умеренным и теплым тропическим климатом, и они практически отсутствуют в приполярных областях. Рептилии могут жить, размножаться и развиваться на суше вдали от водоемов. Некоторые виды (ужи) живут около водоемов: по берегам рек, озер и прудов. Крокодилы, морские черепахи и морские змеи вторично перешли к жизни в воде. Пресмыкающиеся произошли от примитивных девонских земноводных (стегоцефалов) в каменноугольный период палео-

зойской эры (наиболее примитивная древняя рептилия – *сеймурия*). Древние пресмыкающиеся (ихтиозавры, бронтозавры, тиранозавры, диплодоки) заселяли воду и сушу, существовали и летающие ящеры (птерозавры).

Характерные черты представителей класса как настоящих сухопутных животных: толстая сухая кожа с роговыми чешуями; прочный окостеневший скелет; грудная клетка; дифференцированные дыхательные пути и ячеистые легкие; неполная перегородка в желудочке сердца; зачатки коры переднего мозга; вторичные (тазовые) почки; внутреннее осеменение; скорлуповая оболочка яйца и зародышевые оболочки – серозная и амнион.

Внешнее строение пресмыкающихся разнообразно и связано со способом их передвижения. У ящериц, крокодилов и хамелеонов выражены все отделы тела: *голова, шея, туловище, хвост, передние и задние пятипалые конечности*. Плечевая и бедренная кости этих рептилий располагаются параллельно поверхности земли, поэтому тело провисает и касается земли, т. е. пресмыкается (отсюда и название класса). У змей цилиндрическое тело, лишенное конечностей, туловищный и хвостовой отделы переходят друг в друга без резкой границы. У черепах тело уплощенное в спинно-брюшном направлении и заключено в *панцирь*, состоящий из *спинного и брюшного щитов*. Конечности укороченные, шея длинная, подвижная.

Кожа состоит из *эпидермиса и дермы*, она сухая и практически лишена желез, покрыта *роговыми чешуями и щитками* – производными эпидермиса. Покровы тела защищают пресмыкающихся от механических повреждений и чрезмерной потери воды. Чешуи сдерживают рост пресмыкающихся, поэтому ороговевшая кожа сбрасывается в период *линьки*. У некоторых видов под роговыми чешуями в дерме располагаются костные пластинки, образующие панцирь (черепахи).

Опорно-двигательная система. Скелет пресмыкающихся в основном состоит из костной ткани. Окостенение скелета значительно повысило его прочность, поэтому размеры тела пресмыкающихся значительно крупнее, чем у земноводных – 7–10 м (крокодилы и питоны). Скелет состоит из трех отделов: скелет головы (череп), скелет туловища (позвоночник), скелет конечностей и их поясов.

Череп имеет вытянутую форму за счет удлинения костей, увеличивается объем его мозгового отдела. Появляется твердое нёбо, отделяющее носовую полость от ротовой. Череп соединен с позвоночником с помощью одного *мыщелка* затылочной кости. Первые два шейных позвонка (*атлант* и *эпистрофей*) образуют подвижное соединение с черепом. Подвижность головы обеспечивается также *гибкой шеей*. *Позвоночник* состоит из 5 отделов: шейный (8–10 позвонков), грудной (5 позвонков), поясничный (17 позвонков), крестцовый (2 позвонка), хвостовой (несколько десятков позвонков). Нижние концы длинных ребер грудного отдела позвоночника соединяются с грудной, образуя *грудную клетку*. Конечности и их пояса прочно укреплены. *Скелет пояса передних конечностей* содержит парные лопатки, ключицы и вороньи кости, соединенные с грудной – плечевой пояс через грудину и ребра получил опору на позвоночнике. *Скелет пояса задних конечностей* состоит из трех пар костей, срастающихся между собой и с крестцовыми позвонками и образующих *таз*, являющийся прочной опорой для задних конечностей. *Скелет свободной передней и задней конечностей* содержит те же кости, что и у земноводных. На пальцах имеются *когти*. У змей позвоночник образован только двумя отделами (туловищным и хвостовым), грудина, скелет конечностей и их поясов редуцированы.

Мускулатура более дифференцирована, чем у земноводных: появляются мышцы брюшного пресса, шеи, межреберные, сгибатели и разгибатели пальцев, а также подкожная мускулатура.

Пищеварительная система. *Пищеварительный тракт* имеет большие длину и степень дифференцировки на отделы, чем у земноводных. Рептилии преимущественно хищники (питаются животной пищей: мелкими наземными и водными беспозвоночными, иногда рыбой, земноводными, птицами, грызунами), но есть растительноядные (игуаны и черепахи). *Ротовая полость* отделена от глотки, есть язык и челюсти с однородными коническими *зубами*. Зубы пресмыкающихся захватывают, удерживают, разрывают и умерщвляют добычу, но не пережевывают ее. Представители многих видов заглатывают пищу целиком. Зубы у большинства пресмыкающихся срастают-

ся, а у крокодилов погружены в специальные ячейки (*альвеолы*). *Мускулистый язык* может далеко выдвигаться изо рта – у ящериц и змей он раздвоен, служит органом осязания и вкуса, а у хамелеонов является приспособлением для захвата добычи. Секрет *слюнных желез* облегчает заглатывание пищи, содержит ферменты, а у некоторых змей и ящериц – ядовит. Далее следуют глотка, пищевод и желудок с толстыми мышечными стенками, тонкий и толстый кишечник, зачаток *слепой кишки*, клоака. Имеются *печень с желчным пузырем* и *поджелудочная железа* (рис. 74). Пища у пресмыкающихся быстро переваривается только при высокой температуре. При низкой температуре некоторые виды, особенно черепахи и змеи, резко снижают интенсивность жизнедеятельности и способны длительно голодать (до 2 лет).

Выделительная система. Представлена *вторичными (тазовыми) почками*, обеспечивающими активное обратное всасывание воды из первичной мочи и продуцирующими концентрированную мочу. Моча через *мочеточники* проходит в клоаку и накапливается в *мочевом пузыре*. Основной продукт обмена – мочева кислота с небольшим количеством воды.

Кровеносная система. У пресмыкающихся *трехкамерное сердце*, состоящее из *двух предсердий* и *одного желудочка*, имеющего неполную перегородку. У крокодилов *сердце четырехкамерное*. Кровеносные сосуды образуют *два круга кровообращения*. От разных отделов желудочка независимо друг от друга отходят три сосуда (артериальный конус редуцирован). Из правой части желудочка выходит *легочная артерия*, несущая венозную кровь к органам дыхания (*малый круг кровообращения*). Окисленная кровь по легочным венам возвращается в левое предсердие. От левой части желудочка отходит *правая дуга аорты*, которая несет артериальную кровь в головной отдел и передние конечности (*большой круг кровообращения*), от середины желудочка – *левая дуга аорты*, в нее поступает смешанная кровь (*большой круг кровообращения*). Обогнув сердце, две дуги аорты сливаются в *спинную аорту*, по которой ко всем внутренним органам, мышцам туловища и задним конечностям течет смешанная кровь с преобладанием артериальной. По системе *полых вен* венозная кровь собирается в правое предсердие. Пресмыкающиеся

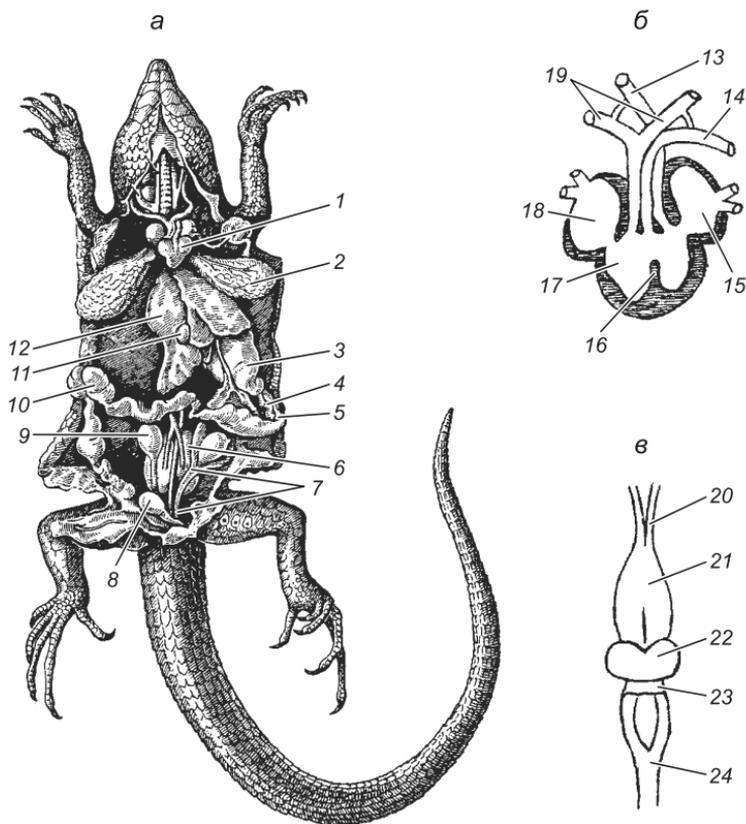


Рис. 74. Схема строения ящерицы:

а – вскрытый самец ящерицы; *б* – сердце; *в* – головной мозг; 1 – сердце; 2 – легкие; 3 – желудок; 4 – поджелудочная железа; 5 – двенадцатиперстная кишка; 6 – почка; 7 – семяпровод; 8 – мочевой пузырь; 9 – семенник; 10 – толстая кишка; 11 – желчный пузырь; 12 – печень; 13 – правая дуга аорты; 14 – левая дуга аорты; 15 – левое предсердие; 16 – внутрижелудочковая перегородка; 17 – желудочек сердца; 18 – правое предсердие; 19 – легочные артерии; 20 – обонятельные доли; 21 – передний мозг; 22 – средний мозг; 23 – мозжечок; 24 – продолговатый мозг

пойкилотермные (холоднокровные) животные, не имеющие постоянной температуры тела. Для обогрева они используют внешнее тепло (терморегуляция на основе поведения), а при сильном понижении температуры впадают в спячку.

Дыхательная система. В связи с утолщением и огрублением кожи единственными органами дыхания репти-

лий являются *легкие*. Дыхательные пути начинаются носовой полостью, имеющей наружные дыхательные отверстия (*ноздри*) и внутренние дыхательные отверстия (*жабры*), открывающиеся в ротовую полость. Далее следуют гортань и трахея, задний конец которой разветвляется на *два бронха*, входящих в легкие. Стенки трахеи и бронхов не спадаются за счет развития в них *хрящевых колец*. Легкие ящериц и змей имеют мелкоячеистое строение, а у черепаха и крокодилов есть еще и *внутренние перегородки*, делающие легкие губчатыми и увеличивающие площадь газообмена. Дыхательные движения обеспечиваются сокращением *межреберных мышц*, увеличивающих объем грудной клетки. Легкие при этом также растягиваются, и воздух засасывается через ноздри. Исключение составляют черепахи, обладающие твердым панцирем. Они утратили способность к такому дыханию; заполнение легких происходит у них, как и у амфибий, путем заглатывания воздуха.

Нервная система. Головной мозг имеет 5 отделов: продолговатый, задний, средний, промежуточный, передний. Объем *переднего мозга* значительно больше, чем у земноводных, он содержит хорошо развитые *полосатые тела*. На поверхности больших полушарий появляется *кора* в виде трех островков (у пресмыкающихся легче вырабатываются условные рефлексы, их рефлекторная деятельность и поведение более сложные). *Мозжечок* развит лучше, он имеет большие размеры и устроен сложнее, поэтому рептилии обладают большей подвижностью и разнообразием движений. От головного мозга отходит 12 пар черепно-мозговых нервов. Нервные сплетения, иннервирующие конечности, развиты лучше, чем у амфибий. Хорошо развиты органы зрения. *Глаза* защищены *двумя подвижными веками* (верхним и нижним) и *мигательной перепонкой*, а у некоторых видов (змеи, ящерицы) – *сросшимися веками*. Глаза не могут втягиваться в ротовую полость, как у лягушки (твердое небо), и совершают только вращательные движения. Хрусталик способен изменять кривизну. Большинство видов, ведущих дневной образ жизни, имеют *цветовое зрение*. У некоторых пресмыкающихся, охотящихся ночью, есть *теменной глаз*, воспринимающий инфракрасные излучения. Орган слуха – *внутреннее и среднее ухо* с одной слуховой косточкой (стремечко) и барабанной перепонкой. Органы обоняния – *рецеп-*

торы носовой полости, осязания и вкуса – *раздвоенный язык*.

Половая система. Пресмыкающиеся – *раздельнополые* животные. Семенники и яичники парные. Семяпроводы и яйцеводы выводят половые клетки в клоаку. У самцов имеются совокупительные органы. Осеменение внутреннее, оно происходит в верхнем отделе яйцеводов. Большинство видов откладывают яйца, для некоторых змей характерно *яйцеживорождение* (зародыш развивается в яйце, которое задерживается в яйцеводах, поэтому сразу после откладки из него вылупливается молодь). Яйцо содержит большой запас питательных веществ (желток), имеет *скорлуповую оболочку* (у черепах и крокодилов) или *кожистую* (у змей и ящериц), которая защищает его от механических повреждений. Количество яиц в кладке от 1–2 до нескольких десятков (у ящерицы – 5–15). Их закапывают в землю в хорошо обогреваемых местах или в гниющем мусоре. Самки некоторых видов (питоны, крокодилы) охраняют кладку яиц. В отличие от рыб и земноводных развитие у пресмыкающихся прямое. Зародыш развивается внутри яйца в водной среде, сформированной зародышевой оболочкой *амнионом*. Питательные вещества, необходимые для его роста и развития, содержатся в *желтке*, а вода – в *жидком белковом слое яйца*. Газообмен зародыша с внешней средой осуществляется через *серозную зародышевую оболочку*.

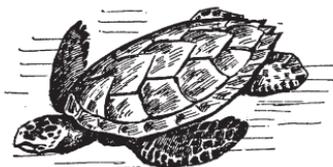
МНОГООБРАЗИЕ ПРЕСМЫКАЮЩИХСЯ

Класс **Пресмыкающиеся** включает три отряда: **Крокодилы**, **Чешуйчатые** и **Черепахи** (рис. 75).

Отряд **Крокодилы** (гавиал, нильский крокодил, аллигатор, кайман болотный, тупорылый крокодил, всего 21 вид). Обитают в тропических широтах. Длина тела до 2–7 м, покрыты крупными роговыми щитками. Ноздри и глаза располагаются на *бугорках*. Ведут водный образ жизни, охотятся ночью. Хищники, питаются крупными беспозвоночными и рыбой. Являются наиболее высокоорганизованными представителями класса: четырехкамерное сердце; хорошо развитое твердое небо; зубы находятся в ячейках челюстей; в легких много внутренних перегородок; более совершенная нервная система; сложное поведение. Откладывают 10–100 яиц. Половой зрелости достигают к 8–10 годам, живут 80–100 лет.



Степная черепаха

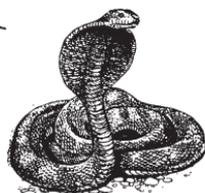
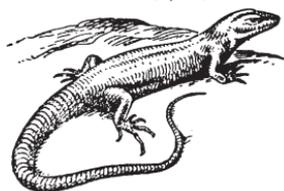


Морская черепаха



Хамелеон

Зеленая ящерица



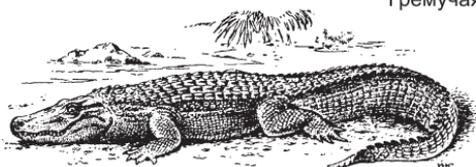
Кобра



Веретеница



Гремучая змея



Нильский крокодил

Рис. 75. Многообразие пресмыкающихся

Отряд Чешуйчатые (ящерицы и змеи, всего около 6500 видов). Имеют наружный покров в виде роговых чешуй. В Беларуси обитает пряткая ящерица, веретеница (безногая ящерица), уж, медянка, гадюка, относящиеся к двум подотрядам: Ящерицы и Змеи.

Ящерицы (гекконы, агамы, хамелеоны, веретеница, живородящая ящерица, серый варан, варан гигантский) обитают в степях, пустынях, лесах, горах. Имеют хорошо развитые пятипалые конечности, подвижные веки и бара-

банные перепонки. Питаются насекомыми, живут в норах под камнями или корнями деревьев. Имеют малые размеры. Роговой покров меняется за лето 4–5 раз. Яйца покрыты плотной защитной оболочкой. Самка закапывает их в ямку. Характерна *регенерация* (отбрасывают при опасности хвост, который затем вновь отрастает).

Змеи (удавы, ужи, гюрза, эфа, кобра, анаконда, медянка, аспиды, гадюки, щитомордники) имеют длинное цилиндрическое тело. Грудина, конечности и их пояса, а также правое легкое редуцированы. Шея не выражена, ползают на брюхе. При линьке кожа снимается целиком, как чулок. В позвоночнике до 400 позвонков (обеспечивают гибкость тела), позвонки несут свободно заканчивающиеся ребра. Веки сросшиеся, прозрачные (немигающий взгляд), барабанная перепонка отсутствует. Некоторые змеи находят добычу с помощью *термолокатора*, реагирующего на тепловое излучение животных. Имеются *ядовитые зубы* и *железы*. Добычу заглатывают целиком (челюсти соединены *растяжимыми связками*). Глотка, пищевод и желудок также способны растягиваться. Истребляют грызунов. Большинство змей – яйцекладущие, но есть и яйцеживородящие.

Отряд *Черепахи* (болотная, суповая, степная, среднеазиатская, кавказская черепахи, всего 200 видов). Имеют *костный панцирь*. Верхняя его часть (*карапакс*) срастается с ребрами и позвоночником, кроме шейного и хвостового отделов, нижняя (*пластрон*) – с грудиной и ключицами. Голова, шея и хвостовой отдел тела свободны от панциря. У морских черепах конечности преобразованы в *ласты*. Сверху панцирь покрыт роговыми щитками или мягкой кожей. Зубов нет, их функцию выполняет *роговой клюв*. Ведут наземный или водный образ жизни (жаркие пустыни, влажные тропики). Наземные черепахи питаются растительной пищей, водные – хищники. Легкие губчатой структуры. Механизм дыхания связан с сокращением мышц шеи, плечевого пояса и ротовой полости. Интенсивность процессов жизнедеятельности низкая. Впадают в летнюю или зимнюю спячку. Для размножения могут совершать длительные миграции (слоновая черепаха независимо от места обитания мигрирует на Галапагосские острова). Черепахи – яйцекладущие.

Значение пресмыкающихся. Являются компонентами биогеоценозов, звеньями пищевых сетей. Пресмыкающиеся – источники продуктов питания для человека (мясо и яйца черепах, мясо змей), сырья для промышленности (кожа змей и крокодилов), лекарственных веществ (змеиный яд). Ящерицы и змеи уничтожают насекомых, моллюсков и грызунов – вредителей сельскохозяйственных культур.

Многие пресмыкающиеся – ядовитые животные (гадюка, гюрза, кобра, гремучая змея).

В Красную книгу Республики Беларусь занесены *медянка* и *болотная черепаха*.

КЛАСС ПТИЦЫ

Класс **Птицы** насчитывает около 9000 видов. Среда обитания большинства птиц – наземно-воздушная, поскольку они приспособлены к полету (*летающие*). Нелетающие птицы обитают в воде (*плавающие*) или на суше (*бегающие*). Птицы произошли от древних пресмыкающихся – *псевдозухий* в триасовый (юрский) период мезозойской эры. Переходная форма *археоптерикс* обнаружена в виде ископаемых остатков в отложениях юрского периода. Археоптерикс имеет признаки рептилий (отсутствие клюва, зубы, грудина без киля, длинный хвост, свободные пальцы на передних конечностях) и птиц (крылья, оперение, сросшиеся ключицы, саблевидные лопатки).

Характерные черты представителей класса, обеспечивающие способность птиц к полету: обтекаемая форма тела; передние конечности превращены в крылья – орган полета; перьевой покров (маховые и рулевые перья); прочный скелет (срастание костей черепа, позвонков, ключиц), развитый мышечный аппарат (большие грудные мышцы, киль грудины); малая масса тела (отсутствие зубов, тонкие кости, воздушные полости в трубчатых костях, воздушные мешки, отсутствие мочевого пузыря, частое опорожнение клоаки); интенсивный обмен веществ (полное разделение артериальной и венозной крови; четырехкамерное сердце; постоянная температура тела; совершенная терморегуляция; кроющие и пуховые перья; двойное дыхание; активное пищеварение).

Тело птиц компактное, обтекаемой формы (рис. 76), разделено на отделы: *голова, шея, туловище, хвост, крылья* (передние конечности) и *ноги* (задние конечности). Размеры летающих птиц колеблются в небольших пределах. Масса тела самых мелких птиц (колибри) 1,6 г, у самых крупных она не превышает 16 кг (лебеди), а размах крыльев – до 4 м (альбатросы). Нелетающие птицы значительно тяжелее: пингвины – до 40 кг, страусы – до 120 кг.

Кожа тонкая, сухая, лишенная желез. Единственная *копчиковая железа* расположена над основанием хвоста; ее жироподобный секрет используется птицами для смазывания перьев, что сохраняет их эластичность и упругость, а также придает водоотталкивающие свойства перьям водоплавающих птиц. *Роговые производные* кожи: перья, роговые чехлы клюва, роговые чешуйки кожи, покрывающие клюв, пальцы, цевку, часть голени и когти на пальцах ног. С функциональной точки зрения поверх-



Рис. 76. Схема внешнего строения птицы:

1 – шея; 2 – голова; 3 – глаз; 4 – туловище; 5 – ноги (задние конечности); 6 – хвост; 7 – крыло; 8 – плечо; 9 – предплечье; 10 – кисть; 11 – опахало; 12 – стержень; 13 – очин

ность кожи птиц разделена на два участка: *птерилии* (несут перьевой покров) и *аптерии* (лишены перьев). *Перья* бывают контурные, пуховые и пух (имеется не у всех птиц). *Контурные перья* содержат очин, стержень и опахало. *Очин* – нижняя часть пера, расположенная в толще кожи и укрепленная в перьевой сумке. От *стержня* отходят тонкие длинные роговые пластинки – *бородки*, образующие *опахало* (упругую эластичную плоскость). На бородках первого порядка расположены более мелкие бородки второго порядка, имеющие на концах крючки, которые скрепляют друг с другом соседние бородки опахала. *Пуховые перья* образованы тонким стержнем и бородками только первого порядка, а *пух* образован бородками первого порядка, отходящими одним пучком от конца очина. Контурные перья, расположенные по заднему краю крыла, называются *маховыми*. Они формируют лопасть крыла, поддерживают птицу в полете. Длинные перья хвоста – *рулевые*, они управляют полетом и тормозят его при посадке. Контурные перья туловища (*кроющие*), пуховые перья и пух хорошо сохраняют тепло и защищают птиц от механических воздействий. Перья заменяются во время *линьки*.

Опорно-двигательная система. Скелет птиц состоит из трех отделов: скелет головы, скелет туловища и скелет конечностей и их поясов. *Череп* птиц легкий и прочный, имеет увеличенный мозговой отдел и большие глазницы. Челюсти вытянуты, не содержат зубов. Все кости, образующие череп, срастаются до полного исчезновения швов. *Позвоночник* состоит из 5 отделов: шейный (до 25 позвонков), грудной, поясничный, крестцовый и копчиковый. Высокая подвижность характерна только для шейного отдела. Позвонки грудного отдела срастаются, образуя спинную кость. Каждый позвонок этого отдела несет пару ребер, подвижно соединенных с грудиной. Грудина большинства птиц имеет высокий гребень – *киль*, являющийся местом прикрепления мышц, участвующих в полете. Грудная клетка способна значительно изменять объем благодаря подвижности ребер. Все поясничные, крестцовые и часть хвостовых позвонков срастаются и образуют *сложный крестец*. Часть хвостовых позвонков свободна, обеспечивает подвижность хвоста и, следовательно, рулевых перьев. Несколько последних хвостовых позвонков,

срастаясь, образуют *копчиковую кость*. *Пояс передних конечностей (плечевой)* состоит из трех парных костей: лопатка, воронья и ключица. *Лопатка* длинная саблевидная. *Воронья кость* неподвижно срастается с грудиной. *Ключицы* свободными концами срастаются друг с другом, образуя *вилочку*, которая выполняет роль амортизатора. *Скелет крыла* состоит из массивной плечевой кости с уплощенной головкой, 2 костей предплечья (локтевая и лучевая) и костей кисти: пястно-запястной кости (*пряжка*) и 3 редуцированных несвободных пальцев. Все кости крыла соединены таким образом, что могут двигаться только в одном направлении, соответствующем подъему и опусканию крыльев. Вращательные движения ограничены. *Пояс задних конечностей* образован 2 *тазовыми костями*, каждая из которых является результатом сращения 3 костей: подвздошной, седалищной и лобковой. Вверху подвздошные кости прирастают к сложному крестцу, а книзу и впереди концы лобковых и седалищных костей лежат свободно и не срастаются по средней линии, поэтому *таз* у птиц *открытый*, что позволяет им нести крупные яйца. *Скелет задней конечности* образован бедренной костью, костями голени (большая берцовая и редуцированная малая берцовая), *цевкой* (результат сращения костей предплюсны и плюсны) и фалангами пальцев. Три пальца в большинстве случаев направлены вперед, а один – назад, возможна редукция числа пальцев (у эму их 3, у страуса – 2). Разнообразие нижних конечностей у птиц связано с различием мест обитания, способов движения и добычи пищи. *Мышцы* расположены компактно. Хорошо развиты мышцы шеи, межреберные (участвуют в дыхании), подкожные (изменяют положение перьев) и ног (у бегающих). У птиц, ночующих на деревьях, хорошо развиты сгибатели пальцев ног. Эти мышцы бедра имеют длинные сухожилия, натягивающиеся самопроизвольно под тяжестью сидящей птицы. Самые крупные мышцы летающих и плавающих птиц – *большие грудные* (опускают крыло); их масса составляет 25% массы тела птицы. Движения птиц разнообразны: они могут ходить (голуби), бегать (страусы) и прыгать (воробьи) по земле, лазать по деревьям (попугаи), плавать на поверхности (утки) и в толще воды (пингвины), нырять (бакланы) и ходить по дну водоема (оляпка). Наиболее характер-

ный способ передвижения птиц – *полет*. При *машущем полете* птица ритмично поднимает и опускает крылья. Частота взмахов крыла зависит от его величины: у крупных (цапли) они редкие, у мелких – частые (у колибри до 50 взмахов в секунду). При *парящем полете* птица с неподвижными крыльями парит в вышине, используя восходящие потоки теплого воздуха (гриф). Скорость полета варьирует: у мелких птиц она максимальна от 120 км/ч у стрижа до 350 км/ч у пикирующего сокола.

Пищеварительная система. Птицы питаются разнообразной пищей; среди них есть хищники (сокол, орел, беркут), насекомоядные (синица, дятел, ласточка), растительноядные, питающиеся семенами (клест, снегирь, кедровка), растительноядные, питающиеся растениями (гусь, страус), всеядные (ворона, грач, сорока). Пищевая специализация птиц обуславливает строение их клюва. *Клюв* образован роговыми чехлами, покрывающими челюсти (зубы отсутствуют). Верхняя его часть называется *надклювьем*, а нижняя – *подклювьем*. У основания надклювья открываются ноздри, у некоторых птиц (голубь) они прикрыты мягкой вздутой кожей – *восковицей*, выполняющей осязательную функцию. Зерноядные птицы имеют конический клюв, гусиные – уплощенный с роговыми пластинками (*цедильный аппарат*), у дятлов – вытянутый и заостренный, у пеликанов в подклювье расположен большой кожистый мешок для ловли рыбы. *Пищеварительный тракт* начинается ротовой полостью. Слюнные железы отсутствуют или недоразвиты, язык короткий и слабо развит у птиц, заглатывающих пищу целиком. У птиц, отфильтровывающих пищу из воды (утки, гуси, фламинго), язык мясистый широкий с бахромой по краям. За ротовой полостью следует глотка, длинный пищевод с *зобом* (рис. 77), желудок, состоящий из двух отделов. В *железистом отделе желудка* пища подвергается ферментативному воздействию желудочного сока, в *мышечном* – механическому измельчению с помощью сокращения толстых мышечных стенок и заглатываемых камешков, имеющих в этом отделе. В тонкий кишечник открываются протоки печени и поджелудочной железы. Толстый кишечник короткий, не имеет прямой кишки и заканчивается клоакой. Птицы потребляют большое количество пищи, которая дает им энергию для движения, в

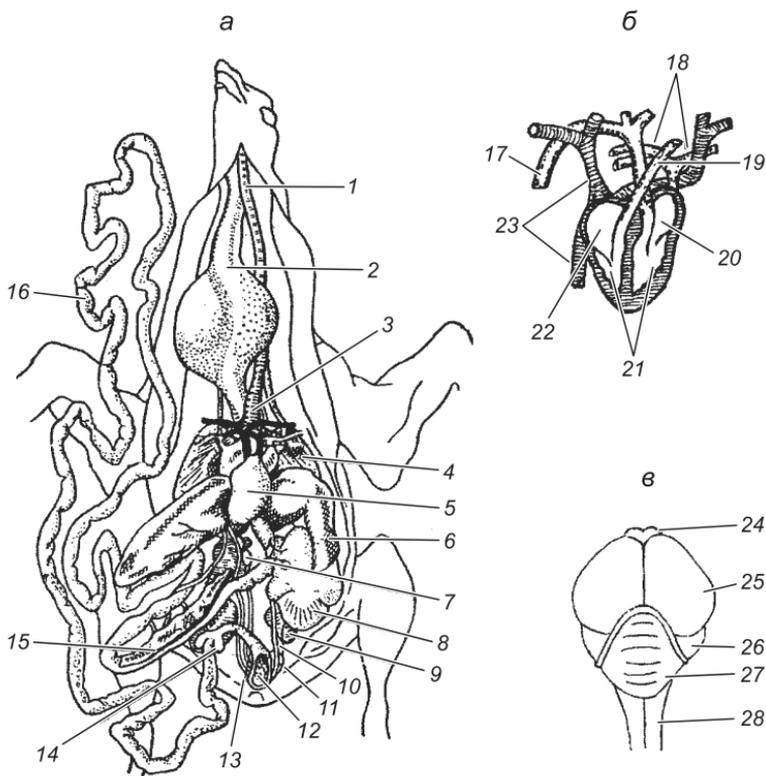


Рис. 77. Схема внутреннего строения птицы:

a – вскрытый голубь; *б* – сердце; *в* – головной мозг; 1 – трахея; 2 – зоб; 3 – певчая гортань; 4 – легкое; 5 – сердце; 6 – печень; 7 – семенник; 8 – мышечный желудок; 9 – почка; 10 – мочеточник; 11 – семяпровод; 12 – клоака; 13 – толстая кишка; 14 – слепая кишка; 15 – поджелудочная железа; 16 – тонкая кишка; 17 – правая дуга аорты; 18 – легочные вены; 19 – легочный ствол; 20 – левое предсердие; 21 – желудочки; 22 – правое предсердие; 23 – полые вены; 24 – обонятельные доли; 25 – полушария переднего мозга; 26 – зрительные доли среднего мозга; 27 – мозжечок; 28 – продолговатый мозг

том числе полета, и поддержания постоянной высокой температуры тела. Поэтому птицы не могут долго голодать: мелкие – 15–30 ч, крупные хищники – до месяца; птенцы погибают без корма через 10–15 ч. Высокая потребность в пище вынуждает птиц мигрировать в поисках корма. Характерна высокая интенсивность пищеварения, достигаемая благодаря набуханию пищи в зобе, измельче-

нию ее в мышечном желудке, обилию выделяемых пищеварительных соков, быстрому опорожнению кишечника. Продолжительность пищеварения – от 30 мин до 4 ч.

Выделительная система. Органы выделения – *вторичные (тазовые) почки*, мочевой пузырь отсутствует. Моча по мочеточникам поступает в клоаку. Конечный продукт обмена – мочевая кислота.

Кровеносная система. *Сердце четырехкамерное*, оно состоит из *двух предсердий и двух желудочков. Два круга кровообращения.* Характерно полное разделение потоков артериальной и венозной крови. *Большой круг кровообращения* начинается в левом желудочке, от которого отходит *правая дуга аорты*, разветвляющаяся на множество более мелких артерий, несущих артериальную кровь ко всем органам и тканям. Венозная кровь собирается в полые вены, впадающие в правое предсердие, где этот круг кровообращения заканчивается. *Малый круг кровообращения* начинается от правого желудочка легочным стволом, по которому венозная кровь течет к легким. Окисленная артериальная кровь притекает к левому предсердию по легочным венам. Характерен высокий уровень обменных процессов, достигаемый частыми сокращениями сердца, активным движением крови в сосудах, улучшением газообмена и поддержанием постоянной высокой температуры тела (*гомойотермные животные*). Температура тела у разных видов птиц колеблется от 38 до 43,5 °С.

Дыхательная система. Органы дыхания – *легкие*, небольшие плотные губчатые, малорастяжимые тела, не имеющие общей внутренней полости, как у пресмыкающихся, и сросшиеся с ребрами. Дыхательные пути начинаются ноздрями, ведущими в носовую полость. Внутренние дыхательные отверстия (хоаны) открываются в ротовую полость, далее дыхательные пути продолжают в *верхнюю гортань, трахею и нижнюю (печую) гортань*, где находится голосовой аппарат. Нижняя часть трахеи делится на *два бронха*, входящих в легкие. Бронхи ветвятся и образуют бронхиолы, в которых и происходит газообмен. Часть крупных бронхов не ветвится и выходит за пределы легких, образуя 5 пар тонкостенных выростов (расширений) – *воздушные мешки*. Они расположены между внутренними органами и мышцами, под кожей и в трубчатых костях. Функции воздушных мешков: времен-

ные резервуары для воздуха; обеспечение вентиляции легких; защита от перегрева в полете. В покое дыхательные движения осуществляются только за счет грудной клетки. В полете, когда стенки грудной клетки фиксированы, используются воздушные мешки, которые при взмах крыльев сжимаются и расправляются. Воздушные мешки играют роль мехов, продувающих воздух через легкие. При подъеме крыльев воздух из трахеи и бронхов попадает в легкие и задние воздушные мешки, а из легких проходит в передние воздушные мешки. При опускании крыльев богатый кислородом воздух выдавливается из задних воздушных мешков в легкие. Из передних воздушных мешков участвовавший в газообмене воздух попадает в трахею и во внешнюю среду. Такое дыхание называется *двойным* – газообмен происходит и на вдохе и на выдохе.

Нервная система. *Центральная нервная система* состоит из головного и спинного мозга. В *головном мозге* птиц 5 отделов: продолговатый, мозжечок, средний, промежуточный и передний. По сравнению с пресмыкающимися мозг имеет более крупные размеры, увеличенные большие полушария, огромный мозжечок и маленькие обонятельные доли. Наиболее развит *передний мозг*, имеющий крупные полосатые тела и участки коры, что обуславливает более сложное поведение птиц. Хорошо развиты *зрительные доли среднего мозга* и *мозжечок*, координирующий сложные движения птиц в полете. От головного мозга отходит 12 пар черепно-мозговых нервов. *Спинной мозг* имеет меньшие размеры вследствие срастания позвонков и образования крестца и копчика. У птиц особенно хорошо развито зрение. *Глаза* имеют *верхнее, нижнее* и *внутреннее (третье) веко* или *мигательную перепонку*. Характерна двойная аккомодация (обеспечивается изменением кривизны хрусталика и расстоянием между ним и сетчаткой). Птицы обладают *цветовым зрением*. Орган слуха содержит *внутреннее* и *среднее ухо* с одной слуховой косточкой и барабанной перепонкой. Появляется *наружное ухо* в виде зачатка наружного слухового прохода. Тонкий слух имеют хищные ночные птицы (сова, филин). Функцию ушной раковины у них выполняют *подвижные ушные перья*. *Вкусовые рецепторы* расположены у птиц на языке и стенках ротовой полости. Нервные

окончания, находящиеся в коже, выполняют функцию *органа осязания*, воспринимают боль и изменения температуры. *Обоняние* у птиц развито плохо.

Поведение птиц основано на инстинктах и условных рефлексах. Наиболее *важными инстинктами* в жизни птиц являются защитные, пищевые, репродуктивные (выбор гнездового участка, строительство гнезда, брачные пение и танцы, забота о потомстве и др.). Примером выработки *условных рефлексов* у птиц является способность голубей возвращаться в места своего обитания практически из любой точки земного шара, основанная на хорошей ориентации птиц в пространстве (*голубиная почта*). Грачей, ворон, скворцов, попугаев можно научить механически произносить отдельные слова и фразы.

Половая система. Все птицы *раздельнополые*. У самки половая система непарная – имеется только левый яичник и яйцевод, открывающийся в клоаку. У самца парные семенники и семяпроводы. Размножение половое, осеменение внутреннее. Птицы – *яйцекладущие животные*. В центре *яйца* расположен *желток с зародышевым диском* (собственно яйцеклетка), его окружают 5 оболочек: *белковая*, 2 *подскорлуповые* (образуют воздушную камеру), *скорлуповая* (содержит соли кальция), *надскорлуповая* (образуется в яйцеводе и предохраняет яйцо от бактерий). Развитие прямое. Зародыш развивается в яйце.

Сезонные явления в жизни птиц обусловлены фотопериодизмом, изменением количества и вида корма, чередованием сухого и влажного сезонов. *Основные периоды годового цикла птиц*: подготовка к размножению (гнездование), размножение и выведение потомства, постгнездовая линька, подготовка к зиме, зимовка. *Гнездо* – центр гнездового участка, в него самка откладывает яйца. Птицы устраивают гнезда на земле (жаворонок), на ветвях (сорока), и в дуплах (дятел) деревьев, в земляных норах (береговая ласточка). Самое сложноустроенное гнездо у синицы ремеза. Гнезд не строят птицы, образующие колонии. Кукушка подбрасывает яйца в чужие гнезда, так как пичей ей иногда служат волосатые гусеницы, которые ядовиты для птенцов. В период гнездования развиваются признаки полового диморфизма. Характерны брачные игры и турниры, брачное пение, появляется яркое оперение и происходит образование пар – это *токование*, одна из

форм полового поведения. Токование завершается спариванием и откладкой яиц. Число яиц в кладке – от 1 (дневные хищники) до 26 (серая куропатка). Так как для развития зародыша тепла внешней среды недостаточно (необходимы температура около 39 °С и высокая влажность), происходит насиживание кладки яиц самкой, самцом или обоими по очереди. В сутки яйцо переворачивают от 50 до 200 раз для предупреждения перегрева и лучшей аэрации. Продолжительность насиживания яиц различна: воробьинообразные – 11 суток, вороны – 17, утки – 26, лебедь – 35, пингвины – 60 суток. Толщина скорлупы яйца к концу периода насиживания уменьшается, так как частично используется на формирование скелета зародыша. Объем воздушной камеры подскорлуповой оболочки при развитии зародыша увеличивается. К концу периода насиживания птенец начинает дышать, с помощью рогового бугорка надклювья (*яйцевой зуб*) пробивает скорлупу и выходит из яйца.

По степени развития птенцов птиц делят на две группы: выводковые и гнездовые (птенцовые). Птенцы *выводковых птиц* зрячие, покрыты пухом, способны к передвижению и самостоятельному склевыванию корма (куры, гуси, страусы, лебеди и др.). Родители защищают выводок, обогревают птенцов и помогают им в поиске пищи. Птенцы *гнездовых птиц* вылупливаются голыми, слепыми и беспомощными (воробьи, голуби, попугаи, дятлы и др.) и остаются в гнезде от 10 до 60 суток. Забота родителей о птенцах состоит в их кормлении, чистке гнезда и регулировании температуры в нем. Выкармливание идет очень интенсивно: за сутки родители могут принести каждому птенцу до 35 порций пищи, при этом масса тела птенцов мелких птиц может увеличиваться на 20–50%.

После выведения птенцов птицы образуют *стаи*, и в укромных местах происходит их *постгнездовая линька*. У большинства видов птиц при линьке перья заменяются постепенно, лишь у некоторых (гуси, утки, лебеди) одновременно выпадают все маховые перья, и птицы утрачивают способность к полету и вынуждены прятаться. Затем птицы активно питаются (жируют), накапливая питательные вещества для зимовки. Кедровки, оползни, сойки, сычи запасают корм на зиму. В преддверии зимы многие птицы мигрируют.

По характеру сезонных миграций птиц делят на оседлых, кочующих и перелетных. *Оседлые птицы*

(поползень, сойка, синица, галка, воробей, рябчик) не мигрируют, зимуют в пределах того района, где обитали летом. *Кочующие птицы* (снегирь, клест, полярная сова, грач) собираются в стаи и постепенно продвигаются к югу; постоянных мест зимовки они не имеют. *Перелетные птицы* (соловей, ласточка, стриж, аист, кулик, кукушка, утка, лебедь, гусь) покидают гнездовья и мигрируют на большие расстояния. Сигналом для осеннего отлета служит сокращение длины светового дня (*фотопериодизм*). Существует определенная последовательность отлета перелетных птиц в зависимости от характера их питания: сначала улетают насекомоядные птицы, затем – зерноядные и, наконец, водоплавающие и болотные.

МНОГООБРАЗИЕ ПТИЦ

Класс **Птицы** включает два надотряда: Пингвины и Типичные птицы (бескилевые и килевые) (рис. 78).

Надотряд Пингвины (императорский пингвин, адели). Нелетающие, прекрасно плавающие птицы. Обитают на берегах Антарктиды и на островах у ее берегов; некоторые виды, следуя холодному течению, могут мигрировать в направлении экватора. Размеры тела – до 1 м, плавают с помощью крыльев, преобразованных в ласты. Грудина имеет киль. Стопа широкая, что позволяет пингвинам передвигаться в вертикальном положении, опираясь на хвост. Оперение несмачиваемое, напоминает мех. Большую часть года живут в открытом море, питаются рыбой, моллюсками и ракообразными. На берег выходят в период размножения. Образуют большие колонии, гнезд не строят. Единственное яйцо вынашивают на перепонках ног, прикрыв его складкой кожи на животе.

Надотряд Типичные птицы (бескилевые и килевые). Содержит до 40 отрядов.

Бескилевые (страусы, нанду, казуары, эму, киви) – это в основном крупные птицы, которые быстро бегают, но не могут летать. Потеря способности к полету вызвала атрофию киля грудины, чем и объясняется название группы. Перья пышные, так как их бородки не сцеплены из-за отсутствия крючочков. Живут бескилевые, как правило, на открытых местах, где есть возможность быстрого передвижения по земле, населяют степи и пустыни Африки, Южной Америки

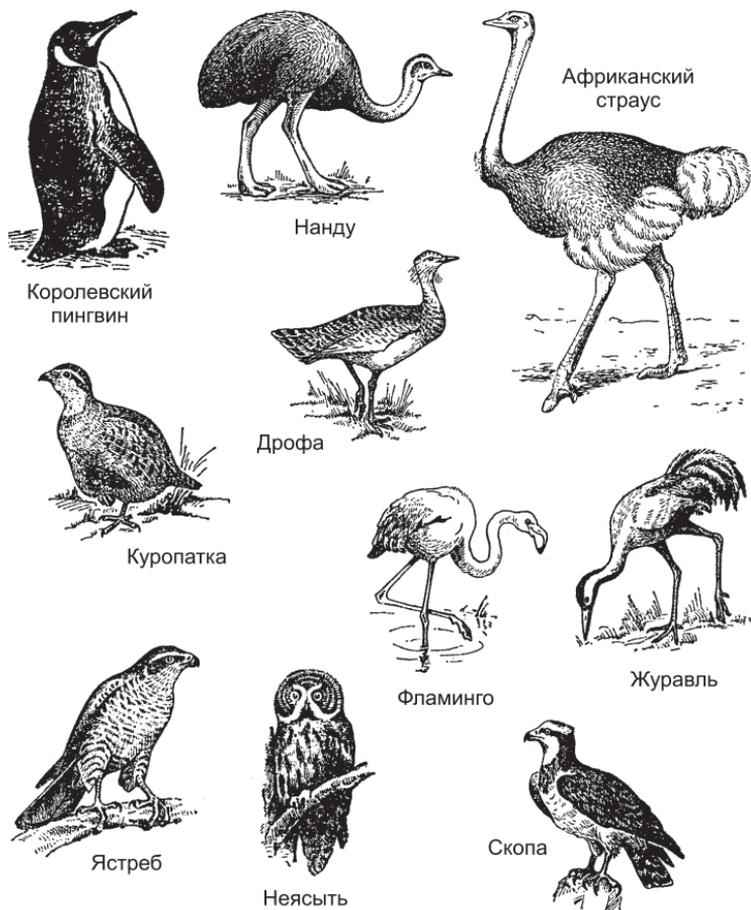


Рис. 78. Многообразие птиц

и Австралии. В связи с приспособлением к быстрому бегу число пальцев у них сократилось до трех или двух.

Африканский страус – самая крупная из ныне живущих птиц (масса 75–120 кг). Несколько самок откладывают яйца в общее гнездо. Самец насиживает кладку ночью, самки поочередно днем. Держатся страусы группами, иногда в стадах крупных млекопитающих. Они первыми замечают опасность и вспугивают все стадо. От врагов спасаются бегом, развивая скорость до 70 км/ч. При столкновении с врагом защищаются, нанося мощные удары ногами.

Килевые – это птицы, у которых хорошо развит киль грудины. Большинство представителей способны летать. Распространены во всех географических зонах от Арктики до Антарктики. Встречаются в различных местах обитания.

Отряд **Дятлообразные** (большой и малый пестрый дятлы, черный дятел (желна), зеленый дятел). Обитатели леса. У самки пестрого дятла черное с белыми полосами оперение, ярко-красное подхвостье, а у самца – еще и красная поперечная полоса на затылке. Клюв прямой крепкий долотообразный, язык длинный, заостренный, липкий, слюна липкая. При передвижении по стволам дятел цепляется за неровности коры цепкими когтями. Твердые и упругие перья хвоста, упираясь в ствол дерева, создают прочную опору телу птицы при долблении коры. Корм добывает в кронах и на стволах деревьев, поедая насекомых и их личинок, живущих открыто и под корой. Осенью и зимой питается семенами хвойных деревьев. Для этого дятел раздалбливает шишку, извлекая семена («кузница» дятла).

Отряд **Куриные** (рябчики, тетерева, глухари, куропатки, цесарки). **Рябчики, тетерева, глухари** – лесные обитатели, имеют короткий и выпуклый клюв, короткие и широкие крылья. Пальцы густо оперены, а зимой окаймлены роговыми бахромками, облегчающими передвижение по рыхлому снегу. Ранней весной у самцов тетеревов и глухарей происходят своеобразные турнирные соревнования – *ток*, после которого наиболее сильные приступают к размножению. В летний период пищей служат вегетативные части растений, плоды, семена, иногда беспозвоночные животные. Зимой питаются на деревьях. Гнездятся на земле, выводковые. **Куропатки и цесарки** обитают на открытых пространствах, питаются и гнездятся на земле. Имеют покровительственную окраску. Летают только в случае опасности, в основном передвигаются по земле.

Отряд **Воробьинообразные**. Является самым многочисленным отрядом птиц. Насчитывает около 5 тыс. видов. Это певчие гнездовые птицы с хорошо развитой нижней гортанью и *резонатором* звука – сросшимися в костный барабан нижними кольцами трахеи. Заселяют различные места обитания.

Полевой жаворонок – обитатель полей, лугов и степей. Прилетает ранней весной; самцы поют в полете.

Гнездится на земле. Покровительственная окраска оперения серовато-бурая с темными пестринками. Кормится насекомыми и семенами на земле.

Большая синица – подвижная птица величиной с воробья. Зеленоватая окраска спины, желтая грудка с черной полосой и черной шапочкой на голове. Обитает и в лесу, и в городе. Гнездится рано, откладывая до 15 яиц. Через две недели выводятся птенцы, а еще через три – выводок покидает гнездо. Вскоре взрослые птицы делают еще одну кладку (до 10 яиц), иногда в том же гнезде.

Ласточки гнездятся по долинам рек, в местах поселения человека. Насекомых ловят в воздухе на лету. По земле из-за коротких ног почти не ходят. Городская и деревенская ласточки строят (лепят) гнезда из комочков грязи, скрепляя их липкой слюной, береговые ласточки роют норы в обрывах по берегам рек.

Обыкновенный скворец гнездится в укрытиях, постройках, скворечниках. Кормится на земле, в ветвях деревьев и кустов, поедая вредных насекомых.

Ворона, галка, грач, сорока – большоголовые, большеклювые коренастые птицы. Места обитания – самые разнообразные. Гнездятся на деревьях. Всеядны.

Домовой и полевой воробей – мелкие птицы, живущие вблизи жилища человека, а зимой – в домах людей. В основном зерноядные, но также едят ягоды и насекомых.

Отряд Гусеобразные (гуси, утки, лебеди). Околводные выводковые птицы. Уплощенный клюв с роговыми пластинками и мясистым языком образует цедильный аппарат. Процеживая воду и ил, добывают беспозвоночных, едят водные растения. Шея длинная, ноги короткие. Пальцы, направленные вперед, соединены плавательной перепонкой. Оперение плотное, прилегающее, несмачиваемое (смазанное жировыми выделениями копчиковой железы). Прекрасно плавают и хорошо ныряют. На суше ходят неуклюже, переваливаясь с боку на бок. Полет быстрый. Перелетные птицы.

Отряд Аистообразные (аисты, цапли, фламинго). Крупные длиноклювые, длинношеие, длинноногие птицы. Держатся около воды, но не умеют ни нырять, ни плавать. Медленно ходят по мелководью и вылавливают водных животных. Оперение рыхлое, полет медленный, активный или парящий. Белые аисты гнездятся оди-

ночными парами в поселках и даже в городах. Гнезда строят на вершинах сломанных деревьев, столбах, крышах строений, водонапорных башнях. Гнездовые перелетные птицы.

Отряд Журавлеобразные (журавли, дрофы). Преимущественно перелетные птицы. Осенью они улетают на юг, а весной возвращаются к местам гнездовий, выстроившись в небе в треугольный клин и громко курлыкая. Большинство журавлей обитают на заболоченных лугах. Пары сохраняются долгие годы. В период тока характерны групповые и парные танцы. Гнезда строят на земле, откладывая 1–2 яйца. Вылупившиеся птенцы сразу же следуют за родителями, а в возрасте 5–9 недель способны к полету. В Беларуси распространен серый журавль.

Дрофа – одна из самых редких и крупных птиц (масса тела до 16 кг). Обитает в степях. Издали заметив опасность, улетает или убегает на своих мощных ногах. Окраска оперения схожа с цветом выгоревшей на солнце растительности, поэтому птица, затаившись, легко скрывается от опасности.

Отряд Соколообразные (Дневные хищные птицы) (стервятники, грифы, соколы, орлы, ястребы, канюки, луны). Распространены по всему земному шару и заселяют все наземные ландшафты – леса, равнины, горы, степи, пустыни. Характерно острое зрение, короткий, но сильный клюв, с загнутым книзу острым концом надклювья. Мускулатура груди и задних конечностей мощная. Пальцы заканчиваются крупными изогнутыми когтями. Полет маневренный. Многие соколообразные способны к длительному парению. Стервятники и грифы поедают только мертвых животных. Соколы, орлы, ястребы, канюки, луны ловят живую добычу. Основными пищевыми объектами хищных птиц являются мышевидные грызуны. Реже они поедают насекомых, мелких птиц, рыбу, иногда мелких копытных. В Беларуси наиболее часто встречаются тетеревятник и перепелятник, канюк, болотный лунь.

Отряд Совообразные (Ночные хищные птицы) (совы, филины, сычи). Имеют крупные направленные вперед глаза, чуткий слух (*зачаток наружного уха*). Мягкое рыхлое оперение обеспечивает бесшумность полета.

Птицы приспособлены к различным средам обитания, что обусловило возникновение **экологических групп птиц.**

Каждая группа привязана к своим местам обитания, использует свойственные им корма и имеет определенные приспособления к их добыванию.

Птицы лесов – самая многочисленная группа. Подразделяются на три подгруппы. *Древеснолазающие птицы* (дятлы, чечетка, чиж, щегол, клесты) – кормятся и устраивают гнезда на деревьях. *Лесные птицы* (пустельга, ястреб, обыкновенная кукушка, сыч) – гнездятся на деревьях или в зарослях кустарников, ловят добычу в воздухе. *Наземные птицы* (фазан, тетерев, глухарь, рябчик) гнездятся только на земле, добывают корм и на земле, и на деревьях.

Птицы открытых пространств – лугов, полей, степей, пустынь (жаворонки, трясогузки, журавли, куропатки, перепела, дрофа) гнездятся и кормятся на земле.

Околоводные птицы подразделяются на две группы: *болотные* (цапли, аисты) и *водоплавающие* (лебеди, гуси, утки). Добывают корм с поверхности земли, со дна водоемов или влажного грунта, крупных размеров. *Плавающие* (пингвины) – постоянно обитают в воде, для размножения выходят на сушу.

Птицы культурных ландшафтов подразделяются на две группы. *Птицы парков и садов* (синицы, воробьи, ласточки, мухоловки, скворцы) обитают возле жилья человека, уничтожая вредных насекомых. *Птицы городов* (воробьи, голуби, вороны, галки, сороки) находят множество мест для гнездования, а в зимнее время – для укрытий от холода. Кроме естественной, свойственной им пищи используют дополнительные источники корма на свалках, в контейнерах с бытовыми отходами, на кормушках.

Значение птиц. Птицы – важное звено биогеоценозов и пищевых сетей. Они являются «санитарами» природы (грифы, стервятники), уничтожают вредных насекомых и грызунов (воробьинообразные, хищные), опыляют растения (колибри, нектарница). Питаясь плодами и семенами растений, птицы способствуют их распространению (*зоохория*). Птицы дают высококачественные продукты питания (мясо, яйца, жир), сырье для промышленности (пух, перо). Дикие утки, гуси, рябчики, куропатки, глухари являются объектами охоты. Эстетическое воздействие на человека оказывает внешний

вид птиц, их пение (попугаи, снегири, колибри, канарейки, соловьи, малиновки).

Некоторые птицы могут представлять опасность для человека как природные резервуары возбудителей болезней (голуби).

В Красную книгу Республики Беларусь занесены *орлан-белохвост, серый журавль, золотистая шурка, беркут* и т. д. – всего 74 вида.

КЛАСС МЛЕКОПИТАЮЩИЕ

Млекопитающие – высшая группа позвоночных и всего животного мира. Класс **Млекопитающие** насчитывает около 4500 видов, из них на территории Беларуси обитает 76 видов. Распространены они по всем континентам и заселили все жизненные среды – наземно-воздушную, водную и почвенную. В зависимости от среды обитания различают следующие **экологические группы млекопитающих**: **наземные** (кабаны, лисицы, лоси, волки), **подземные** (кроты), **древесные** (белки, ленивцы, коала), **летающие** (летучие мыши, вампиры), **водные** (ластоногие, киты и дельфины). Произошли млекопитающие от рептилий в триасовый период мезозойской эры. Переходная форма – *зверозубые ящеры* имели кожные железы, слабое ороговение эпидермиса, расположение задних конечностей под туловищем, дифференцированные зубы.

Характерные черты представителей класса: высокая степень развития центральной нервной системы, особенно коры головного мозга, определяющей разнообразные и сложные формы приспособительного поведения; совершенство размножения (живорождение и вскармливание детенышей молоком); высокая интенсивность процессов жизнедеятельности и совершенство терморегуляции, обеспечивающее постоянную высокую температуру тела.

Размеры и масса тела млекопитающих варьируют от 4 см и 1,5 г (бурозубка) до 33 м и 150 т (синий кит). Тело разделено на отделы: *голова, шея, туловище, хвост, передние и задние конечности*, находящиеся под туловищем. Такое расположение конечностей обеспечивает им лучшую опору при движении, возможность развивать большую скорость при беге (у землероек – 4–7 км/ч, у слона до 40 км/ч, у антилоп до 80 км/ч, у гепарда до 110 км/ч) и сохранение

равновесия при изменении направления движения. Движения у млекопитающих разнообразны: бег, лазанье по деревьям, прыжки, полет, плавание и др.

Кожа состоит из многослойного *эпидермиса*, *дермы* и *подкожной жировой клетчатки*. Производные эпидермиса: *волосы*, *вибриссы* (чувствительные «усы» хищных, ластоногих и грызунов), *щетина* (свиньи), *иглы* (еж), *роговые пластины* (броненосцы), *полые рога* и *копыта* (копытные), *когти* (хищники), *ногти* (приматы). Костные рога оленей и лосей развиваются за счет дермы. Волос имеет *стержень* и *корень*, расположенный в *волосяной сумке*. Длинные волосы образуют *ость*, короткие волосы – *подшерсток*. При *линьке* часть волос постепенно выпадает, заменяясь новыми. У животных умеренных широт волосяной покров полностью меняется дважды в год, весной и осенью. *Дерма* пронизана кровеносными сосудами, в ней располагаются чувствительные клетки, воспринимающие давление, тепло, холод и т. д. Кожа содержит *потовые*, *сальные*, *пахучие* и *млечные железы*. Млечные и пахучие железы представляют собой видоизмененные потовые. *Подкожная жировая клетчатка* является не только энергетическим резервом, но и теплоизолятором; она лучше всего развита у млекопитающих, живущих в арктических и антарктических водах (ластоногие, китообразные).

Опорно-двигательная система. *Скелет* состоит из трех отделов: скелет головы, скелет туловища и скелет конечностей и их поясов. *Череп* подвижно соединен с позвоночником с помощью двух мышечков затылочной кости. Хорошо развито *костное нёбо*. *Мозговой отдел* по сравнению с пресмыкающимися имеет большие размеры и образован меньшим количеством костей. *Позвоночник* состоит из 5 отделов: шейный (7 позвонков, за исключением ленивца и ламантина), грудной (9–24 позвонка), поясничный (2–9 позвонков), крестцовый (4–9 позвонков), хвостовой (может иметь различную длину и содержать от 3 до 40 позвонков). Имеется грудная клетка и ребра. *Скелет пояса передних конечностей* образован парными лопатками и ключицами. Вороньи кости, характерные для других позвоночных, утратили самостоятельность и приросли к лопаткам. *Скелет пояса задних конечностей* образован тазовыми костями (сросшиеся подвздошные, седалищные и лобковые кости). *Таз закрытого типа* – лобковые и се-

далищные кости срастаются по средней линии. *Скелет передних конечностей* содержит кости плеча, предплечья и кисти, *скелет задних конечностей* – кости бедра, голени и стопы. Конечности млекопитающих имеют от 1–2 (непарнокопытные и парнокопытные) до 5 пальцев (приматы).

Мускулатура сильно дифференцирована, наиболее развиты мышцы спины, конечностей и их поясов, появилась *подкожная и мимическая мускулатура*. Плоская мышца *диафрагма* делит вторичную полость тела на грудную и брюшную. Большая подвижность млекопитающих обеспечивается гибкостью позвоночника, поднятым над землей туловищем, расположением конечностей под туловищем и удлинением их за счет развития костей стопы и кисти.

Пищеварительная система. Ротовое отверстие окружено *губами* (это связано с выкармливанием детенышей молоком и обеспечивает сосательные движения). *Зубы* расположены в ячейках челюстей и в большинстве случаев дифференцированы на клыки, резцы и коренные. *Характерна смена молочных зубов на постоянные*. Число и форма зубов зависит от характера пищи, способа ее потребления и является важным признаком отрядов млекопитающих. Хорошо развиты *язык, слюнные железы* (объем слюны у коровы, составляет до 50 л в сутки). Ротовая полость отделена от носовой *твердым и мягким нёбом*, поэтому дыхание не мешает пережевыванию пищи. Пищеварительный тракт дифференцирован на глотку, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник, заканчивающийся анальным отверстием. Между тонким и толстым кишечником находится *слепая кишка* с червеобразным отростком – *аппендиксом*. Хорошо развиты печень и поджелудочная железа (рис. 79). У жвачных копытных желудок разделен на четыре отдела. У непарнокопытных и грызунов хорошо развита слепая кишка. Длина тонкого кишечника в несколько раз превышает длину тела.

Выделительная система. *Вторичные (тазовые) почки* млекопитающих имеют большее число капиллярных клубочков и более длинные почечные канальцы по сравнению с почками пресмыкающихся. Из почек выходят мочеточники, открывающиеся в мочевой пузырь, который сообщается с внешней средой самостоятельным протоком – мочейспускательным каналом. Конечный продукт обмена – мочевина.

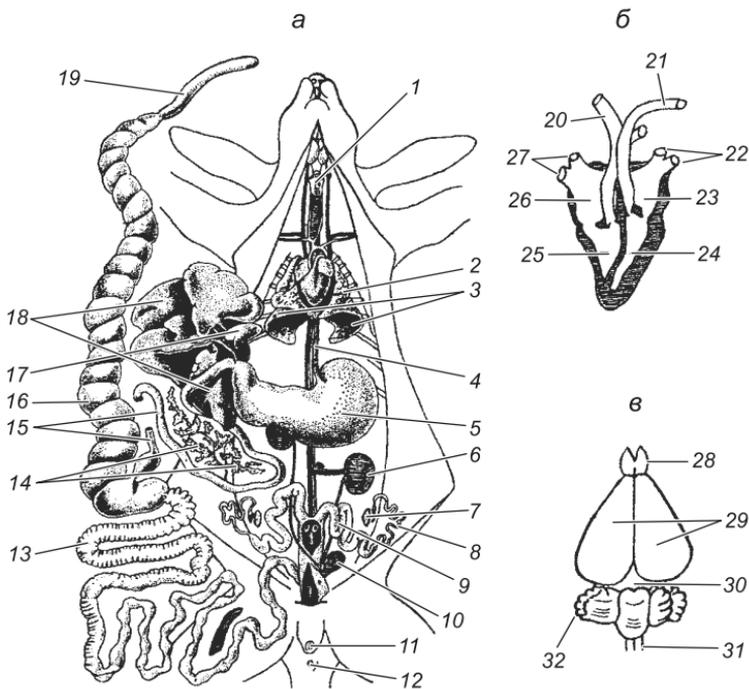


Рис. 79. Схема внутреннего строения млекопитающего:
а – вскрытый кролик; *б* – сердце; *в* – головной мозг; 1 – гортань; 2 – сердце; 3 – легкие; 4 – пищевод; 5 – желудок; 6 – почка; 7 – яичник; 8 – яйцевод; 9 – матка; 10 – мочевого пузыря; 11 – мочеполовое отверстие; 12 – анальное отверстие; 13 – толстая кишка; 14 – поджелудочная железа; 15 – тонкий кишечник (перерезан); 16 – слепая кишка; 17 – желчный пузырь; 18 – печень; 19 – червеобразный отросток; 20 – легочная артерия; 21 – дуга аорты; 22 – легочные вены; 23 – левое предсердие; 24 – левый желудочек; 25 – правый желудочек; 26 – правое предсердие; 27 – полые вены; 28 – обонятельные доли; 29 – полушария переднего мозга; 30 – средний мозг; 31 – продолговатый мозг; 32 – мозжечок

Кровеносная система. *Четырехкамерное сердце* имеет два предсердия и два желудочка. В правой части сердца – венозная кровь, в левой части – артериальная. Два круга кровообращения. Характерно полное разделение артериальной и венозной крови. От левого желудочка отходит левая дуга аорты. Все органы и ткани тела снабжаются богатой кислородом кровью, текущей в сосудах большого круга кровообращения. В остальном кровеносная система млекопитающих соответствует таковой у птиц. Спо-

способность млекопитающих вырабатывать тепло (высокая интенсивность обмена веществ), сохранять его (волосаянь покров и подкожно-жировая клетчатка) и регулировать теплоотдачу (потовые железы) позволяет им поддерживать постоянную высокую температуру тела независимо от температуры внешней среды, т. е. они являются *гомойотермными животными*.

Дыхательная система. Дыхательные пути достигают высшей степени дифференцировки. Воздух поступает через ноздри в носовую полость и через хоаны в носоглотку, а не в ротовую полость, как у всех остальных наземных позвоночных. Далее он проходит в гортань, трахею и бронхи. Ветвящиеся бронхи образуют *бронхиальное дерево*. На концах бронхиол находятся мелкие пузырьки (*альвеолы*), стенки которых состоят из однослойного эпителия и густо оплетены капиллярами. В них происходит газообмен. Благодаря альвеолярному строению легкие имеют очень большую площадь дыхательной поверхности (в 50–100 раз больше поверхности тела). Дыхательные движения (вдох – выдох) происходят за счет сокращения межреберных мышц и *диафрагмы*. С дыханием связано и воспроизведение звуков. В гортани млекопитающих имеются *голосовые связки*. Выдыхаемый из легких воздух вызывает их колебания, благодаря чему животные издают звуки, специфические для каждого вида и используемые ими в коммуникативных целях.

Нервная система. *Центральная нервная система* включает *головной и спинной мозг*. *Периферическая нервная система* представлена 12 парами черепно-мозговых нервов, спинно-мозговыми нервами и нервными сплетениями. В головном мозге 5 отделов: продолговатый, мозжечок, средний, промежуточный и передний. Все они хорошо развиты. Масса головного мозга в 3–15 раз больше массы спинного мозга (у человека в 45 раз). Ведущую роль играет хорошо развитая *кора больших полушарий переднего мозга*. У многих млекопитающих она имеет *борозды и извилины*. Кора координирует работу нервной системы и организма в целом. В ней имеются сенсорные, ассоциативные и двигательные зоны. *Сенсорные (чувствительные) зоны* получают импульсы от большинства рецепторов тела (входные сигналы), обеспечивая определенные виды ощущений: зрительные, слуховые, обонятельные, осязатель-

ные и др. *Ассоциативные зоны* осуществляют запоминание, научение и мышление. Для высших млекопитающих характерна *рассудочная деятельность*. Только млекопитающим свойственны игры молодых животных, в которых они приобретают определенные навыки (ловкость, подвижность, приемы защиты и нападения). Из *двигательных зон к эффекторам* (произвольным мышцам) поступают нервные импульсы, контролируя их активность. В *среднем мозге* имеется *четверохолмие* (передние бугры – зрительные, задние – слуховые). Хорошо развит *мозжечок*, состоящий из *двух полушарий, червя* и выполняющий функции координации движений и поддержания равновесия тела. Наряду со сложными инстинктами поведение млекопитающих в основном определяют *условные рефлексы*. Орган осязания – *кожа* и чувствительные волоски *вибриссы*, орган вкуса – *язык*, обоняния – *рецепторы носовой полости* (наиболее развитый орган чувств многих млекопитающих), зрения – *глаза*, слуха – *внутреннее, среднее и наружное ухо*. В среднем ухе имеются три слуховые косточки (молоточек, наковальня и стремечко), наружное ухо представлено ушной раковиной и наружным слуховым проходом. Многие виды (лошадь, кошка, обезьяны) обладают *цветовым зрением*. Для некоторых млекопитающих (дельфины, летучие мыши) характерна *эхолокация* (ориентация с помощью ультразвука).

Половая система. Млекопитающие *раздельнополые*, половые железы у них парные. Половые пути самок дифференцированы на *яйцеводы, матки (матку) и влагалище*. У самцов многих видов семенники располагаются не в брюшной полости, а в специальном наружном половом органе – *мошонке*. Семяпроводы заканчиваются семяизвергательным каналом, проходящим внутри копулятивного органа – *полового члена*. Появляются дополнительные железы, выделяющие секреты, которые образуют семенную жидкость. У самцов семяизвергательный канал одновременно является и мочеиспускательным. У самок влагалище открывается во внешнюю среду самостоятельным отверстием. За исключением нескольких видов *яйцекладущих*, подавляющее большинство млекопитающих *живородящие*. Яйцеклетки имеют мелкие размеры и содержат незначительное количество питательных веществ.

Осеменение внутреннее – самец вводит семенную жидкость в половые пути самки. Оплодотворение происходит в *яйцеводах*. Развивающийся зародыш погружается в слизистую оболочку матки. Вокруг зародыша образуется *амнион*, формирующий водную среду для развития. Одной стороной оболочки срастаются со стенкой матки, образуя *плаценту* (детское место). В плаценте стенки кровеносных сосудов матери и плода тесно соприкасаются друг с другом. Через них от матери в зародыш поступают растворенные питательные вещества и кислород, а от плода в организм матери – диоксид углерода и вредные продукты жизнедеятельности. Зародыш с плацентой соединен *пуповиной*. Плод в течение определенного периода развивается в матке (*внутриутробное развитие*). Наибольшая *продолжительность беременности* у слона (2 года), у крупных видов (крупный рогатый скот, человек) – около года, у собаки – около 2 месяцев, у мышевидных грызунов (серый хомяк) – 2 недели. После окончания срока беременности наступают *роды*: сокращение мышечных стенок матки выталкивает плод наружу. Отделенный от пуповины родившийся детеныш совершает первый вдох, его легкие расправляются, и он начинает дышать самостоятельно. После рождения самка *вскармливает детенышей молоком*. Молоко млекопитающих имеет белый цвет благодаря наличию микроскопических капелек жира. Млечные железы расположены на груди или брюхе. Их протоки открываются наружу *сосками*, число которых зависит от количества рождающихся детенышей (у собаки – 8–10 сосков). Количество детенышей от 1 (слон) до 22 (серая крыса). Для всех млекопитающих характерна *забота о потомстве*: строительство логова или гнезда, согревание, кормление и защита детенышей. Родители (чаще самка) воспитывают их, учат добывать пищу и защищаться от врагов. Наиболее сложные инстинкты заботы о потомстве характерны для приматов.

МНОГООБРАЗИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Класс Млекопитающие состоит из двух подклассов: **Первозвери (Клоачные)** и **Настоящие звери (Живородящие)** (рис. 80).

Представители подкласса **Первозвери (Клоачные)** (ехидна, проехидна, утконос) обитают в Южном полушарии (Австралии, Новой Гвинее, Тасмании). Это наземные и полуводные виды.

Характерные черты представителей подкласса: наличие кишечника, клюва, вороньих костей, волосяного покрова; протоки половых желез и мочевого пузыря открываются в клоаку; у взрослых особей нет зубов, губ, ушных раковин; редукция правого яичника; яйцекладущие, отсутствие плаценты; вскармливание детенышей молоком (детеныши слизывают молоко с кожи или шерсти, так как не имеют губ, а млечные железы не имеют сосков (млечное поле); непостоянная температура тела 26...34 °С (занимают промежуточное положение между теплокровными и холоднокровными животными).

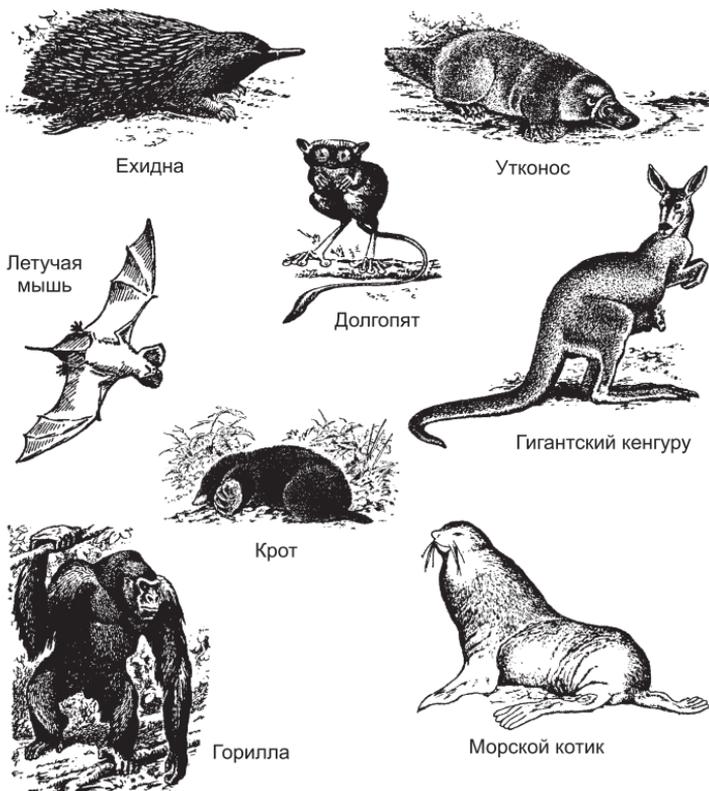


Рис. 80. Многообразие млекопитающих

Подкласс **Настоящие звери** включает отряд **низших зверей** Сумчатые и 14 отрядов **высших зверей**: Рукокрылые, Грызуны, Хищные, Ластоногие, Китообразные, Парнокопытные, Непарнокопытные, Приматы и др.

Отряд Сумчатые (кенгуру, коала, сумчатая мышь, опоссум, сумчатый волк, сумчатый крот, всего 250 видов). Распространены в Австралии, Америке, Новой Гвинее. Большинство сумчатых – растительноядные, некоторые – насекомоядные или хищные. Головной мозг примитивно-го строения (кора не имеет борозд и извилин). Температура тела 34...36 °С. Внутриутробное развитие непродолжительное. Детеныши рождаются недоразвитыми (тело новорожденного детеныша около 4 см), так как плацента у сумчатых не образуется. Они продолжают развитие в специальной выводковой *сумке* для вынашивания детенышей (до 250 дней). Кости таза (сумчатые кости) являются опорой для сумки. В нее открываются млечные железы. Детеныш кенгуру питается, плотно охватывая сосок матери, а молоко впрыскивается ему в рот при сокращении специальной мышцы.

Отряд Насекомоядные (бурозубка, кроты, ежи, выхухоль, всего 370 видов). Распространены преимущественно в тропических областях. Размеры тела мелкие или средние. Головной мозг малых размеров, кора больших полушарий не имеет извилин и борозд. Зубы слабо дифференцированы. Для большинства видов характерна *сумеречная активность* (кроты). Передние конечности к р о т а направлены в стороны, являются роющими (с их помощью он образует *котовины* – выбросы земли из подземных галерей), волосяной покров не имеет определенного направления (стоят торчком), голова без ушных раковин, глаза недоразвиты, сильно развито обоняние. Тело е ж а покрыто толстыми и острыми иглами (видоизмененные волосы); зимой ежи впадают в спячку. З е м л е р о й к и (обыкновенная бурозубка) не впадают в зимнюю спячку, потому что очень прожорливы (за сутки они съедают пищи в 1,5–2 раза больше массы собственного тела) и не могут выдержать без пищи даже сутки.

Отряд Рукокрылые (вампиры, рыжая вечерница, ушан, кожан, ночницы, крыланы, летучие мыши, всего 950 видов). Обитают в дуплах деревьев, на чердаках и в пе-

щерах. Образуют колонии. Питаются нектаром цветов, насекомыми, плодами деревьев, вампиры – кровью животных. Приспособлены к полету; между пальцами, а также между передними и задними конечностями и хвостом натянута эластичная летательная кожистая перепонка (*крылья*). Скелет прочный и легкий, грудина имеет *киль*. Количество постоянных зубов всех видов уменьшено. Хорошо развит орган слуха, ушные раковины большие. Рукокрылые ведут ночной образ жизни, ориентируются в полете с помощью *эхолокации*. С наступлением холодов впадают в спячку. Рукокрылые опыляют растения, распространяют семена, уничтожают вредных насекомых. Вампиры переносят вирус бешенства.

Отряд Грызуны (мыши, крысы, суслики, бобр, соня, ондатра, нутрия, полевка, хомяки, белки, всего 1600 видов). Обитают на деревьях, в норах и водоемах. В основном растительноядны. Грызуны мелкие или средних размеров. На пальцах имеют когти. Развита *защечная мешки*. Характерные *особенности зубов*: клыки отсутствуют (имеется промежуток между резцами и коренными зубами – *диагема*); резцы не имеют корней, растут в течение всей жизни; эмаль покрывает только переднюю поверхность резцов, задняя покрыта более мягким дентином, благодаря чему происходит их самозатачивание; коренные зубы имеют большую жевательную поверхность. Кишечник у грызунов длинный, хорошо развита слепая кишка. Для них характерны раннее половое созревание, двойная матка, *высокая плодовитость* (самка дает 6–8 пометов в год, по 8–15 детенышей в каждом). Некоторые виды грызунов из-за ценного меха являются объектами промысла (бобр, белки, ондатра). Грызуны служат пищей пресмыкающимся, птицам, хищным млекопитающим, распространяют семена злаков (полевки). Грызуны наносят большой ущерб как вредители сельскохозяйственных культур. Являясь природными резервуарами заболеваний (чумы, энцефалита, туляремии, клещевого тифа), они представляют собой опасность для человека.

Отряд Зайцеобразные (зайцы, кролики, пищухи, всего 60 видов). Растительноядные. Для них характерны следующие особенности: длинные уши и удлинённые задние конечности; передние конечности пятипалые; задние – четырехпалые; сдвоенные верхние резцы; кишечник

длинный, хорошо развита слепая кишка со спиральными складками, пища обычно дважды проходит через пищеварительный тракт (есть *копрофагия*). *Целлюлоза* переваривается в слепой или прямой кишке, которые могут быть сильно увеличены. Кролики живут в норах, зайцы не строят убежищ. Зайчиха приносит потомство 2–3 раза в год (по 3–8 зайчат), крольчиха – 5–7 раза в год (по 4–9 крольчат); крольчата рождаются слепыми и голыми, зайчата – зрячими и покрытыми шерстью.

Отряд Хищные (медведи, кошки, собаки, волки, куницы, всего 240 видов). Ведут наземный образ жизни, иногда обитают в пресных и морских водоемах. Размеры крупные (до 3 м), масса до 1000 кг. Чаще плотоядные, но есть и всеядные. Имеют длинный, часто пушистый хвост. Четырех-, пятипалые конечности с когтями. Особенности зубной системы: резцы мелкие, коренные зубы бугорчатые, с острыми режущими вершинами, наиболее выражены изогнутые заостренные *клыки* и *хищные (плотоядные) зубы*. Хорошо развиты борозды и извилины коры больших полушарий. Ключицы рудиментарные. Матка двурогая, семенники находятся в мошонке. Отряд Хищные включает несколько семейств: *Кошачьи* (рыси, тигры, львы, леопарды, кошки); *Волчьи* (волки, собаки, шакалы, лисицы, еноты); *Куньи* (куницы, хорьки, ласка, горностаи, барсук, выдры); *Медвежьи* (белый медведь, бурый медведь, белогрудый медведь). У кошачьих голова округлая, когти втяжные (за исключением гепарда); из органов чувств наиболее развиты зрение и слух. Они чаще подкарауливают жертву из засады, прыжком бросаются на нее и убивают. У волчьих морда острая, когти невтяжные; хорошо развито обоняние. Они настигают добычу гоним. Многие хищные являются ценными пушными животными. Они уничтожают грызунов, регулируют численность популяций животных, которыми питаются. Важную роль в эстетическом воспитании играют кошки и собаки. Вместе с тем хищные наносят вред скотоводству, являются переносчиками возбудителей опасных заболеваний (бешенство, эхинококкоз).

В Красную книгу Республики Беларусь занесены *барсук* и *бурый медведь*.

Отряд Ластоногие (настоящие тюлени, ушастые тюлени, моржи, всего 30 видов). Обитают в холодных по-

лярных морях, на сушу и лед выходят только для спаривания, деторождения, отдыха и линьки. Ведут стадный образ жизни. Размеры крупные (1–6 м), масса тела от 20 до 5000 кг. Имеют обтекаемую, веретенообразную форму тела, шея практически не выражена, конечности видоизменены в *ласты*, кожа толстая, покрытая жесткой шерстью, толстый слой *подкожного жира*. Хорошо развит слух, ушные раковины отсутствуют, глаза большие, хрусталик шаровидный (приспособлен для видения в воде), трубчатых костей и ключиц нет. Строение зубов как у хищных зверей, питаются моллюсками, рыбой, ракообразными. Все ластоногие являются объектом промысла (мех, жир, кожа).

Отряд Китообразные (беззубые киты: синий кит, зубатые киты: дельфины, кашалоты, всего 80 видов). Постоянные обитатели морских водоемов. Самые крупные животные (длина тела до 33 м, масса до 150 т). Форма тела обтекаемая, рыбообразная. Голова большая, шея отсутствует. Передние конечности превращены в *ласты*, задние редуцированы. Имеется хвостовой плавник. Волосной покров отсутствует, сальных и потовых желез нет. Хорошо развит *подкожный слой жира*. Головной мозг имеет сложное строение, скелет пропитан жиром. Хорошо развиты органы слуха и зрения (китообразные хорошо видят в воде благодаря плоской роговице и шаровидному хрусталику), обоняние развито слабо, ушные раковины отсутствуют, зубы однородные или отсутствуют. *Зубатые китообразные* (дельфины, кашалоты) питаются рыбой, проглатывая ее целиком. *Беззубые китообразные* (киты) питаются планктоном, процеживая воду через *китовый ус* (цедильный аппарат в виде эластичных роговых пластин длиной до 5 м, расположены на верхней челюсти). В сутки синий кит поедает 4–5 т пищи. Имеют одну пару млечных желез. Роды происходят в воде. Китообразные являются объектом промысла (жир, китовый ус, кожа).

Отряд Парнокопытные (олени, косули, коровы, свиньи, всего 150 видов). Крупные растительноядные животные (до 2–3 м). Ключицы отсутствуют. Парнокопытные имеют характерное строение конечностей: первый палец атрофирован, второй и пятый недоразвиты, наиболее развиты третий и четвертый; количество пальцев четное (1–2 пары). Концевые фаланги пальцев покрыты роговым

чехлом – *копытом*. Парнокопытных подразделяют на два подотряда: Нежвачные и Жвачные.

У нежвачных (свинообразные) кожа толстая, без волосяного покрова либо покрыта *щетиной*, хорошо развит *подкожный жировой слой*; ноги короткие, клыки большие, постоянно растущие коренные зубы имеют бугорчатую поверхность, есть резцы (у кабана 44 зуба: по 6 резцов, 2 клыка, 14 коренных на каждой челюсти); *желудок простой*. Всеядные. Целлюлоза у них переваривается в *слепой кишке*.

У представителей жвачных (верблюды, олени, лоси, крупный и мелкий рогатый скот) кожа покрыта шерстью, подкожный жировой слой не развит; есть рога. Клыки нижней челюсти похожи на резцы, на верхней челюсти резцов и клыков нет, вместо них имеется роговая пластинка. Растительоядные. Желудок состоит из четырех отделов: рубец, сетка, книжка (эти отделы образуют *преджелудок*, в стенках его нет пищеварительных желез), сычуг. *Кишечник* длинный, хорошо развита *слепая кишка*. Грубая растительная масса, не измельченная зубами, вместе со слюной попадает в *рубец* и *сетку*. В рубце (слабощелочная среда) пища предварительно обрабатывается ферментами слюны, а также подвергается воздействию анаэробных бактерий и инфузорий. Их ферменты расщепляют *клетчатку, пектиновые вещества и лигнин*; полученные продукты сбраживаются, что создает подходящую ферментативную среду для жизнедеятельности микроорганизмов. Также микроорганизмы рубца синтезируют *белок*. Переваривание растительных волокон облегчается и измельчением в процессе дополнительного жевания. Животное отрыгивает содержимое рубца в ротовую полость и вновь начинает пережевывать («жевать жвачку»). Пища вторично проглатывается и на этот раз попадает сначала в *книжку*, а затем в *сычуг*, представляющий собой настоящий желудок (реакция кислая). Вместе с пищей в сычуг попадают и микроорганизмы. Под действием *соляной кислоты* и *пепсина* в нем происходит переваривание пищи и микроорганизмов. Это дает некоторое дополнительное количество *белка*, благодаря чему жвачные практически не нуждаются в белковой пище. Кроме того, жвачные получают от микроорганизмов витамины группы В. Из сычуга пища попадает в *кишечник*, где происходит окончательное ее переваривание и всасывание.

Человек использует парнокопытных как источник продуктов питания (мясо, молоко), в качестве сырья для получения лекарств (сыворотка крови, рога оленей), в качестве сырья для промышленности (кожа, рога, шерсть), как тягловую силу (олени, верблюды). Парнокопытные являются природными резервуарами возбудителей заболеваний.

Отряд Непарнокопытные (носороги, ослы, зебры, лошади, всего 16 видов). Крупные (до 3 м) растительноядные животные. Число пальцев на конечностях нечетное, наибольшего развития достигает третий палец, остальные развиты слабо или отсутствуют, Концевые фаланги пальцев покрыты *роговыми копытами*. Ключицы отсутствуют. Имеют резцы на верхней и нижней челюстях и коренные зубы с широкой складчатой поверхностью. Желудок простой. Наиболее важным для человека является семейство *Лошадиные*. Им выведены различные породы лошадей: орловские рысаки, арабские скакуны, ахалтекинцы, тяжеловозы и др. Домашних лошадей используют как тягловую силу, их мясо употребляют в пищу, из молока кобылиц приготавливают лечебный напиток кумыс. Некоторые непарнокопытные являются объектом охоты.

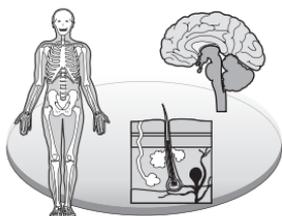
Отряд Хоботные (африканский и индийский слоны). Наземные животные самых крупных размеров (масса до 5 т). Ведут стадный образ жизни (в стаде несколько десятков особей). Волосистой покров отсутствует, ушные раковины большие. Орган осязания, обоняния и хватания – *хобот* – это сросшиеся нос и верхняя губа. Клыков нет, имеются 4 коренных зуба и *бивни* (видоизмененные резцы). Под кожей подошвы ног находится эластичная желеобразная масса, делающая походку бесшумной. Продолжительность жизни слонов до 70–80 лет, продолжительность беременности – 22–24 месяца.

Отряд Приматы (мартышки, гиббоны, лемуры, долгопяты, павианы, орангутаны, гориллы, шимпанзе, всего 200 видов). Древесные либо наземные млекопитающие средних или небольших размеров. Теплолюбивы. Обитатели тропиков. Ведут дневной образ жизни, живут стадами, реже одиночно. Имеют конечности хватательного типа, 5 хорошо развитых гибких пальцев, большой палец противопоставлен остальным и на передних, и на задних

конечностях. Плоские лопатки, наличие ключиц обеспечивают сложные движения передних конечностей. Пища приматов разнообразна, но предпочитают они сочные плоды. Развита все типы зубов. *Зрение бинокулярное, цветное*. Хорошо развит слух и мимическая мускулатура, слабо – органы обоняния. Способны к выражению эмоций. Наиболее высокая степень развития головного мозга. Характерно сложное поведение. У самок приматов пара млечных желез; беременность длится 9 месяцев. Детеныши рождаются беспомощными, имеют (как и человек) группы крови по системе антигенов АВ0 и Rh-фактору. Приматы – предки человека по филогенезу. Обезьян обычно используют в качестве объектов для медицинских и биологических экспериментов. К этому отряду относится и человек.

Значение млекопитающих. Млекопитающие являются компонентами биогеоценозов и звеньями пищевых сетей. Они «санитары» природы (хищники и падальщики), распространители плодов и семян растений (растительноядные). Некоторые из них – опылители растений (рукокрылые). Крупный и мелкий рогатый скот – источник ценных продуктов питания, лошади – транспортное средство, собаки – служебные животные. Млекопитающие являются источниками сырья для промышленности (шерсть, мех, кожа, рога) и фармакологии (сывортка крови, рога оленей), объектами промысла (ластоногие) и охоты (дикие кабаны, олени, лоси, зайцы), экспериментальными животными (обезьяны, собаки, мыши, крысы, морские свинки). Кроме того, они имеют большое эстетическое значение (кошки, собаки).

Млекопитающие (мышевидные грызуны, хищники) наносят вред сельскому хозяйству. Они могут быть источником ряда опасных заболеваний человека (грызуны, копытные, бродячие собаки).



БИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Анатомия человека (от греч. *anatomio* – *рассекаю*) – наука, изучающая строение человеческого организма, его органов и систем в связи с выполняемыми ими функциями.

Анатомия человека является комплексной наукой и состоит из следующих дисциплин:

- ♦ *нормальная анатомия* (изучает строение организма здорового человека);
- ♦ *топографическая анатомия* (изучает взаимное расположение органов в организме);
- ♦ *патологическая анатомия* (изучает изменения в строении органов и тканей при болезнях).

В анатомии используются различные методы исследования: *вскрытие и препарирование трупов*; *антропометрический* (измерение различных органов и частей тела); *гистологический* (микроскопическое изучение тканей и органов); *рентгенографический* и *рентгеноскопический* (изучение внутреннего строения органов живого человека с помощью рентгеновских лучей); *ультразвуковое исследование* и *компьютерная томография* (изучение внутреннего послойного строения органов живого человека с помощью ультразвука и рентгеновских лучей).

В развитие анатомии большой вклад внесли многие ученые. Величайший врач древности Гиппократ (460–377 гг. до н.э.), которого называют «отцом медицины», сформулировал учение о четырех основных типах телосложения и темперамента, описал некоторые кости крыши черепа. Древнеримский врач Клавдий Гален (131–201 гг. н.э.) описал 7 пар черепных нервов, соединительную ткань и нервы в мышцах, кровеносные сосуды в некоторых органах, надкостницу, связки.

Начиная с XIII в. в университетах стали выделять медицинские факультеты. В XIV–XV вв. на занятиях для

большей наглядности стали практиковать вскрытие трупов. Основоположником научной анатомии является итальянский ученый А. Везалий (1514–1564), который, используя собственные наблюдения, сделанные при вскрытии трупов, написал труд «О строении человеческого тела».

Начало микроскопической анатомии положил итальянский биолог и врач М. Мальпиги (1628–1694), открывший в 1661 г. с помощью микроскопа кровеносные капилляры.

Значительную роль в развитии анатомии сыграл труд французского врача М. Биша (1771–1802) «Общая анатомия в ее приложении к физиологии и медицине», в котором изложено учение о тканях, органах и системах.

Особое место в истории анатомии и хирургии занимает русский хирург Н.И. Пирогов (1810–1881). Большая заслуга его как анатома состоит в открытии и разработке оригинального метода исследования тела человека на распилах замороженных трупов с целью изучения взаимоотношений органов между собой и со скелетом. Результаты многолетних трудов он обобщил в книге «Топографическая анатомия».

Выдающимся исследователем в области функциональной анатомии и теории физического воспитания, основоположником теоретической анатомии в России был русский анатом П. Лесгафт (1837–1909).

.....
Физиология человека (от греч. *physis* – природа и *logos* – учение) – это наука, изучающая функции и процессы жизнедеятельности организма, его тканей, органов и систем и механизмы их регуляции.
.....

Физиология человека включает следующие частные дисциплины:

- ♦ *нормальная физиология* (изучает жизнедеятельность здорового организма);
- ♦ *патологическая физиология* (изучает жизнедеятельность организма при болезнях);
- ♦ *физиология отдельных систем органов* (кровообращения, пищеварения и т. д.).

Физиология начинала познание предмета своего изучения с *наблюдения*. Основным методом являлся *экспери-*

мент (на животных), посредством которого физиологи получали сведения о жизнедеятельности органов и систем организма животных и человека.

Для изучения функций организма также использовались следующие группы методов: *подавление функции организма вплоть до ее выключения; стимуляция функций; регистрация электрической активности; моделирование.*

Методы, позволяющие выделить и наблюдать в «чистом виде» исследуемую функцию, сопровождались обездвиживанием животного, применением наркоза, вскрытием и изолированием органов. При этом трудно было соблюдать правила асептики, поэтому после проведения опыта животные погибали (*острый эксперимент*). Если исследования проводились на подготовленных соответствующим образом животных, часто в условиях свободного поведения, то они назывались *хроническими экспериментами*.

Особые требования предъявляются к *методам исследования физиологических функций человека*. Прежде всего, они не должны причинять человеку вред и допустимы лишь при полной безопасности их применения. К таким методам относятся:

- ♦ *рентгенографический и рентгеноскопический;*
- ♦ *наблюдение за физиологическими процессами – эндоскопия* (осмотр и фотографирование внутренних органов с помощью оптических приборов);
- ♦ *графическая регистрация физиологических процессов – электроэнцефалография* (запись биотоков головного мозга), *электрокардиография* (запись биотоков сердца), *термография* (получение теплофотографий);
- ♦ *радиографический* (введение радиоактивных веществ и обнаружение с их помощью изменений функционирующих органов);
- ♦ *биохимические* (изучение молекулярных механизмов физиологических процессов).

Становление физиологии связано с трудами английского врача В. Гарвея (1578–1657). В 1628 г. вышла в свет его книга «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных». Этот год считают датой возникновения физиологии как самостоятельной науки.

Большой вклад в развитие физиологии внесли русские ученые: И.М. Сеченов (1829–1905) установил рефлекторный характер деятельности головного мозга; И.П. Павлов

(1849–1936) сделал величайшие открытия в различных разделах физиологии – кровообращении, пищеварении и изучении работы больших полушарий головного мозга.

Современная физиология рассматривает организм как единое целое в его способности приспосабливаться к условиям жизни.

.....
Гигиена (от греч. *hugienos* – здоровый) – это наука, изучающая влияние различных факторов среды и производственной деятельности на организм человека.
.....

Гигиена является комплексной наукой и состоит из следующих дисциплин:

- ♦ *общая гигиена* (изучает общие гигиенические закономерности);
- ♦ *гигиена труда* (изучает условия труда для профилактики профессиональных заболеваний);
- ♦ *гигиена питания* (наука о рациональном питании);
- ♦ *гигиена детей и подростков*;
- ♦ *гигиена отдельных систем органов* (зрения, слуха, дыхания).

Основная задача гигиены – изучение влияния среды на здоровье и трудоспособность населения и разработка соответствующих оздоровительных мероприятий. Другая важная задача гигиены – разработка средств и способов, направленных на повышение сопротивляемости организма неблагоприятным влияниям окружающей среды, на улучшение состояния здоровья и физического развития, повышение работоспособности. Этому содействуют здоровый образ жизни, рациональное питание, физические упражнения, закаливание, правильно организованный режим труда и отдыха, соблюдение правил личной гигиены.

В гигиене применяются *физические, химические, бактериологические, физиологические* и другие *методы исследования*. Одни из них используются для гигиенической оценки окружающей среды, другие – для анализа реакций организма на ее воздействие.

Простейшим методом изучения гигиенического состояния объектов окружающей среды (жилищ, водосточников) является *гигиеническое обследование* на основании осмотра на месте. Более точен и объективен *эксперимен-*

тальный метод, включающий различные лабораторные исследования, результаты которых сравнивают с соответствующими гигиеническими нормами (*гигиеническое нормирование*).

Непосредственное влияние внешних факторов на организм человека исследуют с помощью физиологических, биохимических и клинических методов. Широкое распространение получил *статистический метод*, применяемый для анализа заболеваемости, физического развития и других показателей здоровья населения.

Наиболее полное представление о влиянии окружающей среды на здоровье можно получить на основании *комплексной методики гигиенических исследований*, с помощью которой изучают не только явления и процессы, происходящие в окружающей среде, но и изменения, наблюдаемые в состоянии здоровья населения.

Для предупреждения заболеваний и борьбы с ними широко используют *санитарное просвещение*, в задачу которого входит пропаганда гигиенических знаний среди населения.

В развитие и становление гигиенической науки внесли большой вклад многие ученые. В трактате «О воздухах, водах и местностях» Гиппократ дал систематическое описание природных условий, показал их влияние на здоровье и подчеркнул важность санитарных мероприятий в предупреждении болезней. Немецкий ученый М. Петтенкофер (1818–1901), который считается основоположником гигиенической науки, ввел в гигиену экспериментальный метод, благодаря чему она превратилась в науку, располагающую объективными способами исследования. Широкой известностью пользуются труды русского ученого Ф. Эрисмана (1842–1915) по школьной, профессиональной гигиене и гигиене питания. Русский ученый Н. Семашко (1874–1949) разработал теоретические и практические положения гигиенической науки и санитарной практики.

ОБЩИЙ ОБЗОР ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

.....
Организм – целостная, саморегулирующаяся, самовоспроизводящаяся система, состоящая из клеток, тканей, органов и систем органов.
.....

В основе жизнедеятельности организма лежит **обмен веществ**, включающий два взаимосвязанных процесса: синтез органических веществ (**ассимиляция**) и их расщепление и окисление (**диссимиляция**). Как целостная система организм обладает свойствами живого: наследственностью и изменчивостью, ростом, развитием и размножением, раздражимостью, целостностью, дискретностью и др.

Целостность организма обеспечивается:

- ♦ структурным объединением всех его частей (клеток, тканей, органов);
- ♦ регуляторным действием нервной системы (с помощью нервных импульсов);
- ♦ гуморальной регуляцией (с помощью циркулирующих в жидкостях внутренней среды организма биологически активных веществ, которые вырабатывают в процессе своей жизнедеятельности клетки, ткани, органы, железы внутренней секреции).

Упорядоченное и эффективное функционирование сложного многоклеточного организма человека обеспечивается согласованной работой двух систем — **нервной и эндокринной**.

Организм состоит из **клеток**. На уровне клетки происходят важнейшие процессы: **обмен веществ, рост, размножение**. Основные компоненты клетки: *клеточная оболочка, ядро, цитоплазма с органоидами и включениями*. Кроме отдельных клеток имеются и производные клеток:

- ♦ *симпласт* – крупные образования, состоящие из цитоплазмы с множеством ядер (мышечные волокна);
- ♦ *синтиций* – структура, характеризующаяся тем, что после деления дочерние клетки остаются связанными друг с другом посредством цитоплазматических мостиков (перемычек);
- ♦ *межклеточное вещество* – продукт жизнедеятельности отдельных клеток.

.....
Ткань – совокупность клеток и межклеточного вещества, имеющих общее происхождение, сходное строение и выполняющих одинаковые функции.

Общие принципы строения тканей:

- ♦ содержат *специализированные клетки* (выполняют главные функции ткани); *созревающие клетки* данной ткани на разных стадиях дифференцировки; *камбиаль-*

ные клетки (малодифференцированные), обеспечивающие обновление (регенерацию); *мигрирующие клетки* (лейкоциты), вышедшие из кровеносного русла в ткань;

♦ имеют механическую опору (базальные мембраны, межклеточный матрикс);

♦ характеризуются постоянным расположением, определенной клеточной массой и конфигурацией;

♦ имеют определенные источники кровоснабжения (кроме эпителия и хряща) и иннервации в зависимости от особенностей функции.

Существуют 4 типа тканей: эпителиальная, соединительная, мышечная и нервная.

Эпителиальная ткань (эпителий) развивается из эктодермы, энтодермы и мезодермы.

Классификация эпителиальных тканей:

♦ **покровный эпителий:**

• *однослойный* (плоский, кубический, цилиндрический);

• *многослойный* (плоский неороговевающий, плоский ороговевающий, кубический, цилиндрический, переходный);

♦ **железистый эпителий:**

• экзокринные железы, или железы внешней секреции (одноклеточные, многоклеточные);

• эндокринные железы, или железы внутренней секреции (одноклеточные, многоклеточные).

♦ **атипический эпителий** (отдельные клетки чередуются с элементами соединительной ткани и не образуют сплошного пласта).

Особенности морфологии эпителиальной ткани: клетки плотно прилегают друг к другу, образуя сплошной пласт (межклеточного вещества практически нет) и связаны друг с другом; клетки всегда располагаются на слое соединительной ткани; покровный эпителий не содержит кровеносных и лимфатических сосудов; питание осуществляется диффузно через базальную мембрану со стороны прилежащей соединительной ткани. Базальная мембрана придает эпителию эластичность и обеспечивает диффузию веществ.

Плоский эпителий образует поверхностный слой кожи и выстилку ротовой полости, пищевода, мочевого пузыря. *Кубический эпителий* выстилает почечные канальцы. Клетки *цилиндрического (столбчатого) эпителия* выстилают желудок и кишечник. Столбчатые клетки имеют на своей поверхности цитоплазматические выросты (рес-

нички), ритмическое сокращение которых продвигает находящиеся у поверхности клеток частички в одном направлении. *Ресничный эпителий* выстилает большую часть дыхательных путей. *Чувствительный (сенсорный) эпителий* состоит из клеток, которые воспринимают внешние раздражения. Так, в носовой полости имеются клетки, которые воспринимают запахи. Клетки *железистого эпителия* вырабатывают секреты (молоко, ушную серу, пот, пищеварительные ферменты).

Эпителиальная ткань обладает *высокой способностью к восстановлению*.

Функции эпителиальной ткани:

♦ *защитная* (защита нижележащих структур от механических повреждений, инфекции, потери тепла и влаги);

♦ *участие в обмене веществ* (всасывание, выделение, газообмен);

♦ *секреторная* (экзокринные железы имеют выводные протоки и выделяют секрет во внешнюю среду – на поверхность кожи, слизистой оболочки в пищеварительном канале, дыхательных и мочевых путей и т. д.; эндокринные железы выводных протоков не имеют, вырабатываемый секрет – биологически активные вещества (гормоны) поступают непосредственно в кровь или лимфу).

Соединительная ткань, за исключением нейроглии, развивается из мезодермы. Она образует скелет, подкожную жировую клетчатку, собственно кожу (дерму), кровь, лимфу, входит в состав всех внутренних органов.

Классификация соединительных тканей:

♦ **жидкая:**

- *кровь и лимфа;*

♦ **рыхлая:**

- *волокнистая;*

- *жировая;*

♦ **плотная волокнистая:**

- *дерма кожи;*

- *сухожилия, связки;*

- *хрящи;*

♦ **костная:**

- *компактная;*

- *губчатая;*

- *дентин.*

Кроме перечисленных существуют *соединительные ткани со специальными свойствами* (ретикулярная, пигментная, студенистая).

Особенности морфологии соединительной ткани: клетки расположены рыхло; хорошо выражено межклеточное вещество, состоящее из волокон и основного вещества. *Основное (аморфное) вещество* – коллоидная система, содержащая жидкостный компонент для транспорта метаболитов между клетками и кровью, гликоген, гликопротеины, липиды, альбумины, глобулины, соли натрия и калия. Волокна межклеточного вещества могут быть *коллагеновые* и *эластические*. Они расположены беспорядочно, параллельно друг другу (в сухожилиях) или крест накрест (в фасциях). Фибриллярный белок *коллаген* отличается высокой прочностью и после гидратации превращается в желатин. *Эластические волокна* более тонкие, содержат белок *эластин*.

Все типы соединительной ткани (кроме жировой) характеризуются преобладанием межклеточного вещества над клетками. Соединительная ткань так же, как и эпителиальная, обладает *очень высокой способностью к восстановлению*.

Функции соединительной ткани:

- ♦ *трофическая* (питательная);
- ♦ *защитная* (фагоцитоз и выработка иммунитета);
- ♦ *механическая* (опорная);
- ♦ *образование стромы паренхиматозных органов;*
- ♦ *кроветворная* (красный костный мозг);
- ♦ *восстановительная* (регенерация).

Мышечная ткань развивается из мезодермы. Она обладает следующими свойствами:

- ♦ *возбудимость* (способностью отвечать на раздражение);
- ♦ *сократимость* (способностью волокон укорачиваться и удлиняться);
- ♦ *проводимость* (способностью проводить возбуждение).

Данные свойства не только основываются на функциональных особенностях мышц, но и объясняются их строением.

Классификация мышечных тканей:

- ♦ по гистологическому признаку:
 - *неисчерченная* (гладкая мышечная ткань);

• *исчерченная* (поперечно-полосатая скелетная мышечная ткань, поперечно-полосатая сердечная мышечная ткань);

♦ по физиологическому признаку:

• *непроизвольная* (гладкая мышечная ткань, сердечная мышечная ткань);

• *произвольная* (поперечно-полосатая скелетная мышечная ткань).

Гладкая мышечная ткань входит в состав стенок сосудов и полых внутренних органов.

Особенности морфологии и физиологии гладкой мышечной ткани. Состоит из мелких (от 20 мкм до 1 мм длиной) веретеновидных клеток (*миоцитов*) с одним ядром и тонкими, по всей длине клетки, миофибриллами. Сокращается непроизвольно, медленно (время сокращения 3–180 с), с небольшой силой, способна к длительному тоническому сокращению, медленно утомляется. Для этой ткани характерна небольшая потребность в энергии и кислороде. Иннервируется вегетативной нервной системой. Клетки способны гипертрофироваться (внутриклеточная регенерация).

Поперечно-полосатая скелетная мышечная ткань образует скелетную мускулатуру, мышцы рта, языка, глотки, верхней части пищевода, гортани, мимические и диафрагму. На долю этой мышечной ткани приходится примерно 40% массы тела.

Особенности морфологии и физиологии поперечно-полосатой скелетной мышечной ткани. Представлена длинными, вытянутыми мышечными волокнами (до 10–12 см); каждое волокно имеет форму цилиндра и состоит из цитоплазмы, большого числа ядер и специальных органоидов – миофибрилл, диаметр которых не превышает 1 мкм. В каждом волокне находится до 1000 миофибрилл, состоящих из продольных нитей: толстых *миозиновых* и тонких *актиновых*. Под микроскопом мышечное волокно выглядит разделенным на чередующиеся темные и светлые диски (поперечная исчерченность). Скелетные мышцы состоят из «*быстрых*» и «*медленных*» волокон. «Быстрые» волокна содержат меньше *миоглобина* (транспортный белок, который переносит кислород в мышцах), поэтому называются *белыми*, а «медленные», с большим количеством *миоглобина*, — *красными*. Сокращения

мышц быстрые, с большой силой и скоростью (сокращаются и расслабляются за 0,1 с), произвольные, мышцы обладают высокой утомляемостью. Сокращения регулируются соматической нервной системой. При необходимости скелетная мышечная ткань способна к регенерации за счет особых клеток (*миосателлитоцитов*).

Поперечно-полосатая сердечная мышечная ткань образует миокард.

Особенности морфологии и физиологии поперечно-полосатой сердечной мышечной ткани. Состоит из соединенных друг с другом ветвящихся клеток (*кардиомиоцитов*). Благодаря этому образуется множество щелевых контактов, которые позволяют нервным импульсам распространяться по всей мышечной массе, обеспечивая одновременное сокращение, а затем – расслабление. Содержит поперечноисчерченные миофибриллы, большое число митохондрий. Сокращается произвольно, медленно, обладает автоматией и низкой утомляемостью; сокращения регулируются вегетативной нервной системой. *Не регенерирует* (на месте погибших клеток после инфаркта миокарда образуются соединительно-тканые рубцы).

Функция мышечной ткани – двигательная.

Нервная ткань развивается из эктодермы. Она образует головной и спинной мозг, нервные узлы, нервы.

Особенности морфологии и физиологии нервной ткани. Состоит из нервных клеток – нейронов и расположенных между ними клеток нейроглии (соединительная ткань). Большинство нейронов являются мультиполярными (имеют звездчатую форму, три и более отростков). Нейрон состоит из тела и отростков двух типов: коротких ветвящихся – *дендритов* (обычно их много) и одного длинного – *аксона (нейрита)*, как правило, неразветвляющегося; отростки клеток могут объединяться в пучки. Дендриты проводят возбуждение к телу нервной клетки. Аксон, имеющий миелиновую оболочку, передает импульс от клетки к другим нервным клеткам и рабочим органам (скорость прохождения импульсов по волокнам соматической нервной системы – до 120 м/с). Передача информации в нервной системе осуществляется посредством специализированных межклеточных контактов – *синапсов*, которых в нервной системе насчитывается около 10^{15} – 10^{16} . Синапс образован двумя мембранами и уз-

кой щелью между ними. Одна из мембран (*пресинаптическая*) принадлежит клетке, посылающей сигнал, а другая (*постсинаптическая*) – клетке, принимающей сигнал. Информация передается от одной клетки к другой при участии *медиаторов* (*ацетилхолин, норадреналин*). Они выделяются из передающей клетки (расширенная часть конца отростка нейрона называется *синаптической бляшкой*) в синаптическую щель, а затем взаимодействуют с мембраной принимающей клетки, которая приходит в состояние возбуждения, изменяет свою проницаемость и способствует передаче нервного импульса.

Нейроны подразделяются на *чувствительные, двигательные* и *вставочные*. Скопления тел нейронов и дендриты образуют серое вещество головного, спинного мозга и нервные узлы, а аксоны – белое вещество мозга, нервные волокна и нервы. Чувствительные нервные волокна (*афферентные*) начинаются рецепторами (специальные образования, приспособленные к восприятию раздражений и преобразованию их в нервный импульс) в органах, двигательные нервные волокна (*эфферентные*) заканчиваются нервными окончаниями в органах.

Функции клеток нейроглии:

♦ *олигодендроциты* – покрывают миелиновой оболочкой некоторые аксоны;

♦ *микроглия* – выполняет фагоцитарную функцию;

♦ *астроциты* – обеспечивают доставку питательных веществ к нейрону;

♦ *эпендимные клетки* – образуют выстилку желудочков мозга и принимают участие в образовании спинномозговой жидкости.

Свойства нервной ткани:

♦ *возбудимость* – способность воспринимать раздражение и отвечать на него;

♦ *проводимость* – способность передавать возбуждение.

Функции нервной ткани:

♦ *рецепторная*;

♦ *проводниковая* (восприятие, переработка, хранение и передача информации, поступающей как из окружающей среды, так и от внутренних органов).

ОРГАНЫ И СИСТЕМЫ ОРГАНОВ

.....
Орган – это часть организма, имеющая определенное происхождение (зародышевые листки), форму, строение, расположение, кровоснабжение, лимфоотток, иннервацию и выполняющая характерные, присущие ей функции.
.....

Орган состоит из нескольких типов тканей, но обычно одна ткань преобладает (в сердце – мышечная ткань, в головном мозге – нервная) и определяет его специализацию. По типу строения органы подразделяются на:

♦ **трубчатые (полые)** – имеют полость и слоистое строение стенки (глотка, пищевод, желудок, тонкая и толстая кишка, выводящие протоки крупных пищеварительных желез, гортань, трахея, бронхи, лоханка, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал, матка, маточные трубы, влагалище, семявыводящие протоки и др.);

♦ **паренхиматозные** – окружены капсулой, не имеют полости, состоят из функциональных элементов (п а р е н х и м а) и соединительно-тканых структур (с т р о м а), обеспечивающих опору и питание (головной мозг, печень, слюнные железы, поджелудочная железа, селезенка, почки, яичко, яичник, эндокринные железы и др.);

♦ **атипичные** – не похожи по строению на первые два типа (орган зрения, орган слуха).

Особенности строения и функциональную специализацию органа определяет *структурно-функциональная единица* – минимальная часть органа; совокупность таких частей обеспечивает функцию органа (мышечное волокно мышцы, ацинус легкого, нефрон почки и т. д.).

.....
Аппарат органов – группа органов, связанных единой функцией, но имеющих разное строение и происхождение. Система органов – группа органов, выполняющих определенную функцию, развивающихся из общего эмбрионального зачатка и топографически связанных между собой.
.....

В организме человека имеются следующие а п п а р а т ы:

♦ **опорно-двигательный** (скелет и мышцы):

♦ **эндокринный** (железы внутренней секреции – гипофиз, эпифиз, щитовидная железа, околощитовидные же-

лезы, тимус, надпочечники, поджелудочная железа, половые железы);

♦ *мочеполовой*

и системы:

- *костная*;
- *мышечная*;
- *нервная* (головной мозг, спинной мозг, периферические нервы, нервные сплетения и окончания);
- *сердечно-сосудистая*, или *кровеносная* (сердце, артерии, капилляры, вены);
- *дыхательная* (носовая полость, носоглотка, гортань, трахея, бронхи, бронхиолы, легкие);
- *пищеварительная* (ротовая полость, зубы, язык, глотка, пищевод, желудок, двенадцатиперстная кишка, тощая кишка, подвздошная кишка, слепая кишка с червеобразным отростком, ободочная кишка, сигмовидная кишка, прямая кишка, слюнные железы, поджелудочная железа, печень);
- *мочевыделительная* (почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал);
- *половая* (*мужская* – внутренние половые органы (яички и их придатки, семявыносящие протоки с семенными пузырьками, предстательная железа) и наружные (половой член и мошонка); *женская* – внутренние половые органы (яичники, маточные трубы, матка, влагалище) и наружные (большие и малые половые губы, клитор, девственная плева));
- *сенсорные* (органы чувств – осязания, обоняния, вкуса, зрения, слуха);
- *лимфатическая* (лимфатические сосуды, лимфатические узлы).

В процессе эволюции выработан ряд приспособлений, поддерживающих определенный состав внутренней среды, необходимый клеткам любого организма. Этот принцип кратко сформулирован французским физиологом К. Бернардом: *постоянство внутренней среды есть условие свободной жизни*. Для того чтобы организм мог существовать в изменяющихся условиях внешней среды, он должен иметь механизмы регуляции состава своей внутренней среды. Для приспособления к различным условиям внешней среды в организме формируются ф у н ц и о -

нальные системы – временное объединение различных органов для достижения определенного результата (потовые железы, сосуды кожи – для поддержания определенной температуры тела при разной температуре окружающей среды). Теорию функциональных систем разработал в 1968 г. советский физиолог П.К. Анохин. Для обозначения тенденции к поддержанию постоянства внутренней среды американский физиолог У. Кэннон в 1929 г. ввел термин **гомеостаз**. Согласованная деятельность всех систем органов и тканей обеспечивает существование и жизнедеятельность каждого отдельного организма.

ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ

СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И РОСТ КОСТЕЙ

Опорно-двигательный аппарат состоит из скелета и мышц. Скелет является пассивной частью опорно-двигательного аппарата. Он образован костями, хрящами и связками. В скелете человека более 200 костей (у новорожденных количество костей несколько больше).

Функции скелета:

- ♦ *опорная* (прикрепление мышц к костям скелета, сохранение формы тела и поддержание его равновесия);
- ♦ *защитная* (защита от повреждений жизненно важных органов – головного мозга, сердца, легких и др.);
- ♦ *участие в минеральном обмене* (содержание в костях солей кальция, фосфора, магния, железа и др.);
- ♦ *кровотворная* (образование форменных элементов крови в красном костном мозге).

Кость – это орган, состоящий в основном из пластинчатой костной ткани, покрытый надкостницей и имеющий внутри полость, в которой находится костный мозг.

Мышцы – это активная часть опорно-двигательного аппарата; их сокращения обуславливают движение организма и отдельных его частей.

Химический состав кости: живая кость содержит 50% воды, 12,5% белков (оссеин, коллаген), 21,8% неорганических солей (фосфат и карбонат кальция) и 15,7% жиров и углеводов.

Высокая прочность костей обеспечивается сочетанием упругости органических и твердости минеральных веществ. В костях детей больше органических веществ, и

они более упругие, чем кости взрослого человека. С возрастом в костях увеличивается содержание минеральных солей, замедляется процесс биосинтеза белков, кости становятся более ломкими и хрупкими, что значительно повышает вероятность переломов. Прочность костей уменьшается и при недостатке в пище витаминов А, Д и С.

Кость состоит из нескольких видов соединительной ткани, но преобладает костная. В процессе развития большинства костей (за исключением мозгового черепа) выделяют три стадии: *соединительно-тканную*, *хрящевую* и *костную*.

Клеточный состав кости:

♦ *остеоциты* – основные клетки, обеспечивающие обменные процессы;

♦ *остеобласты* – недифференцированные делящиеся клетки, из которых образуются остеоциты;

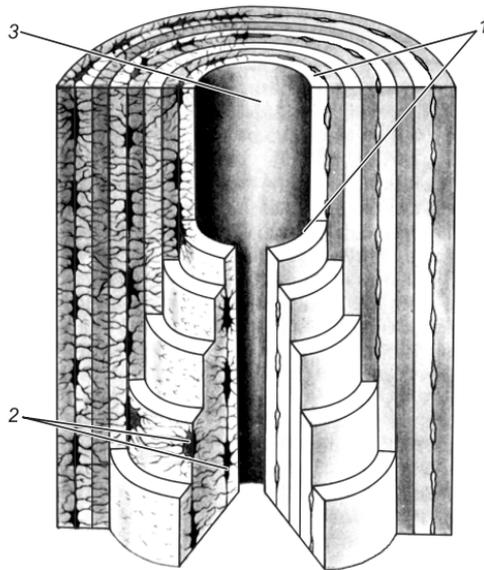
♦ *остеокласты* – клетки, участвующие в рассасывании поврежденных и регенерирующих участков костной ткани.

Межклеточное вещество (*костный матрикс*) представлено *коллагеновыми волокнами* и *основным веществом*, состоящим из минеральных солей и гликопротеинов.

Рассмотрим *микроскопическое строение кости*. Различают два вида вещества костной ткани: компактное и губчатое. *Компактное вещество* состоит из слоев пластин и слоя остеонов. *Пластины* охватывают кость целиком, образуя концентрические слои; состоят из основного вещества, в котором параллельными слоями располагаются пучки коллагеновых волокон; между пластинами находятся остеоциты (рис. 81). *Остеон (гаверсова система)* – структурная единица костной ткани, представляющая собой систему тонких, концентрически расположенных вокруг сосудов пластин в виде цилиндров, вставленных один в другой. Центральный (гаверсов) канал остеона содержит кровеносные сосуды (артерия и вена). *Губчатое вещество* образовано *костными перекладинами (балками)*, расположенными рыхло с промежутками между ними. Оно состоит из пластинок в плоских костях, в эпифизах трубчатых и в губчатых костях. Расположение костных перекладин соответствует направлениям, по которым кость испытывает нагрузки в виде сжатия и растяжения. Губчатое вещество – ячеистое, по виду напоминает губку,

Рис. 81. Строение остеона:

1 – пластинка остеона; 2 – остеоциты; 3 – центральный канал (канал остеона)



его ячейки заполнены *красным костным мозгом* (крово-творный орган).

Теперь рассмотрим *макроскопическое строение кости*. По строению и форме кости подразделяются на губчатые, плоские, смешанные и трубчатые. Губчатые кости состоят преимущественно из губчатого вещества, покрытого тонким слоем компактного. Они бывают *короткие* (кости запястья, предплюсны) и *длинные* (ребра, грудина). Плоские кости ограничивают полости, в которых помещаются органы, или служат для прикрепления мышц (кости черепа, лопатки). Они образованы двумя пластинками компактного вещества с тонким слоем губчатого вещества между ними. Смешанные кости состоят из нескольких частей, имеющих разное строение и выполняющих различные функции (тело позвонка – губчатая кость, отростки позвонка – плоские кости). Трубчатые кости имеются в органах, совершающих быстрые и разнообразные движения. Они бывают *короткие* (кости кисти и стопы) и *длинные* (кости плеча, предплечья, бедра, голени).

Длинная трубчатая кость имеет *тело (диафиз)* и *две головки (эпифизы)*. Между телом и головками кости расположен *эпифизарный хрящ*, обеспечивающий рост кости в длину. Наружный слой диафиза образован толстой плас-

тинкой компактного костного вещества, а внутренний – губчатым веществом. Внутри диафиза расположена костно-мозговая полость, заполненная *желтым костным мозгом* (жировая ткань). Головки трубчатых костей образованы губчатым костным веществом, содержат суставные поверхности, покрытые гиалиновым хрящом. Кроме суставных поверхностей снаружи кость покрыта *надкостницей* (слой волокнистой соединительной ткани). Она состоит из двух слоев: наружного – волокнистого и внутреннего – клеточного, где находятся остеобласты, обеспечивающие рост кости в толщину и заживление костных переломов, и остеокласты, разрушающие кости. Через надкостницу проходят нервы и сосуды, обеспечивающие питание кости, ее рост и регенерацию.

ТИПЫ СОЕДИНЕНИЯ КОСТЕЙ

Части скелета имеют три типа соединения: неподвижное, полуподвижное и подвижное. **Неподвижное (непрерывное) соединение костей** осуществляется двумя способами: швами (соединение костей черепа) и срастанием костей (кости таза с крестцом, крестцовые позвонки). **Полуподвижное (полупрерывное) соединение** – это соединение с помощью хрящей (грудные позвонки, ребра с грудиной). **Подвижное (прерывное) соединение костей (сустав)** является наиболее распространенным и сложным (рис. 82).

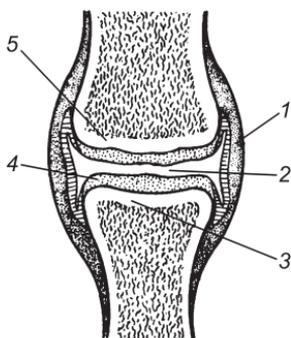


Рис. 82. Подвижное соединение костей:

1 – суставная сумка; 2 – суставная полость, заполненная синовиальной жидкостью; 3, 5 – суставные поверхности сочленяющихся костей; 4 – суставной хрящ

Сустав состоит из суставных поверхностей сочленяющихся костей, суставной сумки, суставной полости и суставной жидкости. Суставные поверхности костей покрыты гладким гиалиновым хрящом (облегчение движения костей в суставе). Суставная поверхность одной из костей сустава (головка) – выпуклая, а суставная поверхность дру-

гой (впадина) – вогнутая. Суставная сумка охватывает суставные поверхности сочленяющихся костей, образуя замкнутую суставную полость, заполненную суставной жидкостью. Суставы укрепляются связками, которые располагаются вне суставной сумки или внутри нее.

По форме суставных поверхностей суставы бывают:

- ♦ *плоские* (между костями запястья и пястья);
- ♦ *цилиндрические* (между локтевой и лучевой костями);
- ♦ *эллипсоидные* (между костями предплечья и кисти);
- ♦ *шаровидные* (плечевой сустав).

По движению вокруг осей выделяют суставы:

- ♦ *одноосные* (межфаланговые) – движение вокруг одной оси: сгибание и разгибание;
- ♦ *двухосные* (лучезапястные) – движение вокруг двух осей: сгибание и разгибание, приведение и отведение;
- ♦ *трехосные* (плечевые) – движения вокруг трех осей: сгибание и разгибание, приведение и отведение, вращение внутрь и наружу и круговые движения.

По строению выделяют суставы:

- ♦ *простые* – только две суставные поверхности (межфаланговые);
- ♦ *сложные* – больше двух суставных поверхностей (локтевой, коленный).

СТРОЕНИЕ СКЕЛЕТА ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ОСОБЕННОСТИ

Скелет – это совокупность костей тела, соединенных между собой с помощью хрящей и связок. В скелете человека выделяют три отдела: скелет головы, туловища (осевой), конечностей и их поясов (рис. 83).

Скелет головы (череп) состоит из мозгового и лицевого отделов. Многие кости черепа имеют отверстия и каналы для прохождения нервов и кровеносных сосудов, некоторые из них – полости, заполненные воздухом (пазухи). В полости черепа располагается головной мозг. Кроме того, имеются полости для рта, носа и органов зрения и слуха. Все кости черепа, за исключением нижней челюсти и подъязычной кости, соединены неподвижно. Нижняя че-

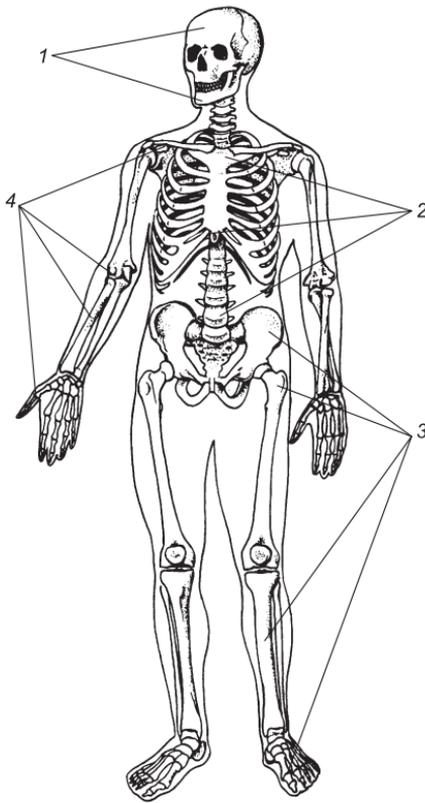


Рис. 83. Скелет (вид спереди):
 1 – череп; 2 – скелет туловища; 3 – скелет нижней конечности; 4 – скелет верхней конечности

Лицевой череп содержит 15 костей: 6 парных (верхнечелюстная, скуловая, носовая, слезная, нёбная, нижняя носовая раковина); 3 непарные (нижняя челюсть, сошник, подъязычная кость). Верхнечелюстные и нёбные кости срастаются и образуют перегородку между носовой и ротовой полостями – твердое нёбо. Верхнечелюстные кости и нижняя челюсть содержат ячейки (альвеолы), в которых располагаются корни зубов.

Скелет туловища включает позвоночник и грудную клетку. Позвоночник образован 33–34 позвонками и имеет 5 отделов: шейный – 7 позвонков; грудной – 12 по-

люсть соединяется с височными костями посредством сустава (рис. 84).

К моменту рождения на темени остается мягкий неокостеневший участок – родничок. Неполное окостенение черепа ребенка имеет очень большое значение при родах, когда происходит некоторое сжатие черепа новорожденного.

Верхняя часть мозгового черепа называется крышей, нижняя – основанием. В основании имеется большое затылочное отверстие, через которое соединяются спинной и головной мозг. В состав мозгового черепа входят 8 костей: 2 парные (теменная и височная); и 4 непарные (лобная, затылочная, решетчатая и клиновидная).

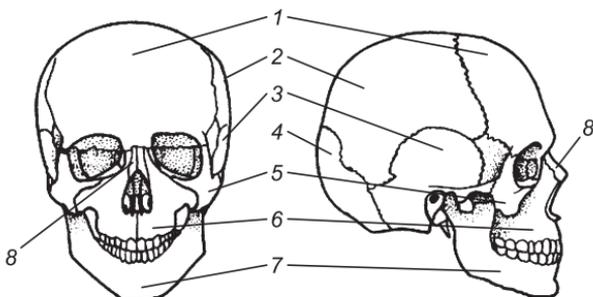


Рис. 84. Строение черепа:
 1 – лобная кость; 2 – теменная кость; 3 – височная кость;
 4 – затылочная кость; 5 – скуловая кость; 6 – верхнечелюстная кость; 7 – нижняя челюсть; 8 – носовая кость

звонков; *поясничный* – 5 позвонков; *крестцовый* – 5 позвонков и *копчиковый* – 4–5 позвонков. Все позвонки делятся на *свободные (истинные)* – их 24 и *сросшиеся (ложные)* – их 9–10. Каждый позвонок состоит из *тела* и *дуги*, от которой отходят несколько *отростков*. Между телом позвонка и дугой находится *позвоночное отверстие*. При наложении позвонков друг на друга эти отверстия образуют *позвоночный канал*, в котором располагается спинной мозг. Размеры позвонков увеличиваются от шейного отдела к поясничному. Между позвонками находится хрящевая ткань. Крестцовые и копчиковые позвонки срастаются, образуя *крестец* и *копчик* (рис. 85).

Позвоночник человека образует 4 физиологических изгиба:

- ♦ в шейном и поясничном отделах изгибы обращены выпуклостью вперед (*лордозы*);

- ♦ в грудном и крестцовом отделах изгибы обращены выпуклостью назад (*кифозы*).

Грудная клетка образована *грудиной*, *грудными позвонками* и 12 *парами ребер*: 1–7-я пары ребер с помощью хряща непосредственно соединены передними концами с грудиной (*истинные ребра*); 8–10-я пары соединяются передними концами с хрящом вышележащего ребра (*ложные ребра*); 11–12-я пары лежат свободно и передние их концы оканчиваются в мягких тканях (*колеблющиеся ребра*). В грудной клетке располагаются сердце, легкие, трахея, пищевод, крупные сосуды и нервы. Благо-

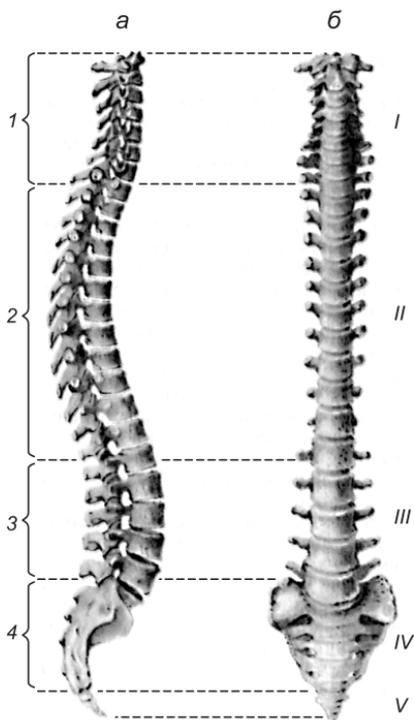


Рис. 85. Позвоночный столб:
a – вид сбоку; *б* – вид спереди; *I* – шейный отдел; *II* – грудной отдел; *III* – поясничный отдел; *IV* – крестцовый отдел; *V* – копчиковый отдел; 1, 3 – шейный и поясничный лордозы; 2, 4 – грудной и крестцовый кифозы

даря ритмичным движениям дыхательных мышц она принимает участие в дыхании.

Скелет конечностей состоит из скелета пояса (прикрепляет конечности к осевому скелету) и скелета свободной конечности.

Скелет пояса верхней конечности включает *лопатку* и *ключицу*. Скелет свободной верхней конечности состоит из *плечевой кости*, 2 *костей предплечья* (локтевая и лучевая) и *костей кисти* (8 костей запястья, 5 костей пястья и 14 фаланг пальцев). Кости свободной верхней конечности соединены друг с другом с помощью суставов. Суставы кисти отличаются подвижностью и разнообразием движений.

Скелет пояса

нижней конечности представлен *тазовой костью*, образованной срастанием подвздошной, седалищной и лобковой костей (срастание происходит в возрасте 17–18 лет). Скелет свободной нижней конечности состоит из *бедренной кости*, *надколенника*, *костей голени* (большой и малой берцовой) и *костей стопы* (7 костей предплюсны, 5 костей плюсны и 14 фаланг пальцев). Кости стопы образуют изгибы в продольном и поперечном направлениях (продольный и поперечный своды). Своды выполняют функцию амортизаторов при ходьбе и прыжках.

Особенности скелета человека, связанные с прямохождением и трудовой деятельностью: вертикальное расположение позвоночника; увеличение массы позвонков от шейного отдела к поясничному; наличие физиологических изгибов позвоночника (смягчают толчки при ходьбе, прыжках и беге, увеличивают размеры грудной клетки и таза); грудная клетка плоская и широкая; широкий и массивный таз, который поддерживает внутренние органы; массивные нижние конечности; стопа сводчатая (выпуклая), что смягчает толчки тела при ходьбе; преобладание мозгового отдела черепа над лицевым; сглаживание надглазничных дуг; подвижная кисть, высокая степень противопоставления большого пальца всем остальным; хорошо развитые ключицы, обеспечивающие круговые движения рук; наличие подбородочного выступа на нижней челюсти, что связано с речевой функцией.

СТРОЕНИЕ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ

У человека более 400 скелетных мышц (около 1/3 массы тела взрослого человека). **Скелетная мышца** состоит из поперечно-полосатой мышечной ткани (рис. 86). *Поперечно-полосатые мышечные волокна* объединяются в пучки, покрытые соединительно-тканными оболочками. Между мышечными пучками проходят кровеносные и лимфатические сосуды, мелкие нервы. В совокупности мышечные пучки образуют скелетную мышцу, покрытую более плотной оболочкой – *фасцией*. В каждой мышце различают сокращающуюся часть – *мышечное брюшко (тело)* и несокращающуюся – *сухожилие* (плотная волокнистая соединительная ткань), с помощью которого мышцы прикрепляются к костям обоими концами. Мимические мышцы прикреплены одним концом к кости, а другим – к коже. Сухо-

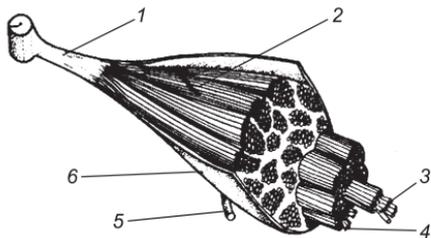


Рис. 86. Строение скелетной мышцы: 1 – сухожилие; 2 – мышечные пучки, окруженные соединительно-тканной оболочкой; 3 – миофибриллы; 4 – мышечное волокно, окруженное соединительно-тканной оболочкой; 5 – кровеносный сосуд; 6 – фасция

жилия скелетных мышц перекинуты через суставы и прикреплены к разным костям. Сокращаясь, мышца укорачивается, утолщается и движется относительно соседних мышц. Укорочение мышцы сопровождается сближением ее концов и костей, к которым она прикрепляется.

В зависимости от величины различают мышцы длинные и короткие; в зависимости от формы – широкие и веретенообразные. *Длинные мышцы* располагаются преимущественно на конечностях, *широкие* – на туловище, *короткие* – между ребрами и позвонками. Наиболее простой является *веретенообразная форма мышцы*, имеющих утолщенное брюшко и два конца, один из которых (верхний) обычно является началом (неподвижная точка), а другой (нижний) – местом прикрепления (подвижная точка) мышцы. Подвижный конец может прикрепляться к костям в одной точке (мышцы предплечья), в двух (двухглавая мышца), трех (трехглавая) и более.

По функции скелетные мышцы делятся на сгибатели (обеспечивают движение вперед); разгибатели (обеспечивают движение назад – все, кроме коленного и голеностопного суставов); отводящие (обеспечивают движение наружу); приводящие (обеспечивают движение внутрь); вращающие (мышцы, расположенные косо).

В каждом движении обычно участвует несколько групп мышц. По характеру взаимодействия мышцы подразделяются на синергисты (группы мышц, выполняющие одновременно одну функцию (жевательные и височная)) и антагонисты – мышцы, выполняющие противоположные функции (двухглавая мышца плеча – сгибатель, а трехглавая мышца плеча – разгибатель).

Основные группы мышц:

♦ *мышцы головы и шеи* (жевательная, височная, круговые мышцы глаза и рта, мимические, грудино-ключично-сосцевидная, челюстно-подъязычная);

♦ *мышцы туловища* (мышцы спины – трапециевидная, широчайшая; мышцы груди – большая грудная, межреберные, диафрагма; мышцы живота – наружная и внутренняя косые, прямая);

♦ *мышцы плечевого пояса и верхней конечности* (дельтовидная, подлопаточная, двух- и трехглавая, плечевая, сгибатели и разгибатели кисти и пальцев);

♦ *мышцы тазового пояса и нижней конечности* (ягодичные, грушевидная, портняжная, икроножная, большеберцовая, малоберцовая, сгибатели и разгибатели пальцев).

Ф у н к ц и и м ы ш ц: *двигательная* (вместе с костями обеспечивают движение тела и отдельных его частей, определяют положение тела в пространстве и равновесие); *защитная* (мышцы живота защищают от повреждений органы брюшной полости); *фиксация суставов* (предотвращают ненужные движения); *участие в дыхательных движениях, образовании звуков, движении глаз; обеспечение жевания, глотания, образования тепла, мимики, речи, активное нагнетание венозной крови по направлению к сердцу* и т. д.

РАБОТА МЫШЦ. УТОМЛЕНИЕ МЫШЦ. ЗНАЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ

Сокращаясь, мышца действует на кость как на рычаг и производит механическую работу. **Работа мышц** является необходимым условием их жизнедеятельности и зависит от протекающих в мышце обменных процессов.

Сила мышц зависит от площади сечения всех мышечных волокон. Величина сокращения мышц зависит от длины мышечных волокон.

Любое мышечное сокращение связано с расходом энергии. Ее источником служат органические вещества, которые поступают в мышцу с артериальной кровью. Кровь приносит также кислород, необходимый для кислородного этапа энергетического обмена. Поступившие в мышцу питательные вещества (глюкоза, жирные кислоты) расщепляются до молочной кислоты, которая затем окисляется до диоксида углерода и воды с выделением энергии, аккумулирующейся в аденозинтрифосфат (АТФ) – универсальный источник энергообеспечения мышечного сокращения. Для работающих мышц характерен интенсивный обмен веществ, сопровождающийся сложными химическими превращениями с выделением и затратой боль-

шого количества энергии. Одни химические реакции протекают с участием кислорода, другие – без него.

При усиленной физической нагрузке мышцы выделяют больше диоксида углерода, что сопровождается такими реакциями, как усиление выделения адреналина, увеличение частоты дыхания и пульса, расширение кровеносных сосудов мышц, усиление снабжения мышц кислородом; повышение кислотности крови.

Мышечное сокращение связано со следующими реакциями:

♦ гликоген → глюкоза → молочная кислота + энергия (АТФ);

♦ молочная кислота + $O_2 = CO_2 + H_2O +$ энергия (АТФ);

♦ АТФ → АДФ + $H_3PO_4 +$ энергия (используемая для сокращения).

Механизм мышечного сокращения довольно сложен. Нервный импульс приводит мышцу в возбужденное состояние и увеличивает проницаемость мембраны мышечного волокна для ионов кальция. Они устремляются внутрь *миофибрилл* и активизируют *миозин*. Активированный миозин отщепляет от АТФ остаток фосфорной кислоты, при этом освобождается энергия, которая способствует соединению миозина с актином и образованию актин-миозинового комплекса (мышца сокращается и выполняет работу). После сокращения мышцы актин-миозиновый комплекс разрушается, ионы кальция выходят из миофибрилл, мышца расслабляется, кровь уносит диоксид углерода и воду.

Сокращение скелетных мышц иннервирует (регулирует) *соматическая нервная система*. Она обеспечивает быструю реакцию мышц на раздражение. Кроме того, работоспособность скелетных мышц (снабжение кислородом и питательными веществами) контролируется *вегетативной нервной системой*.

Мышцы никогда, даже в покое, не бывают полностью расслаблены, они находятся в состоянии некоторого напряжения – тонуса. Сокращение скелетной мышцы происходит в ответ на раздражение, передающееся из нервной системы по двигательному нервному волокну, т. е. носит рефлекторный характер. Мышечный рефлекс может начинаться с раздражения зрительных, слуховых, осязательных рецепторов или рецепторов, находящихся в самой мышце либо в сухожилиях.

В регуляции работы мышц участвуют следующие отделы центральной нервной системы:

- ♦ передняя центральная извилина коры больших полушарий обеспечивает произвольные движения;
- ♦ подкорковые центры больших полушарий обеспечивают автоматические движения (бег, ходьба);
- ♦ средний мозг осуществляет регуляцию тонуса мышц;
- ♦ мозжечок обеспечивает поддержание равновесия и координацию движений, сложнорефлекторные движения;
- ♦ различные отделы головного мозга регулируют действие мышц через проводящие пути и двигательные корешки спинного мозга.

Динамическая работа – это поочередное сокращение скелетных мышц, обеспечивающих движение тела и его частей. *Статическое напряжение мышц* – это напряжение скелетных мышц, обеспечивающее поддержание тела в пространстве или удержание груза.

Мышца не может работать непрерывно. При длительном сокращении наступает постепенное снижение ее работоспособности, сокращения становятся замедленными. Такое состояние носит название **мышечного утомления**, развивающегося особенно быстро при статическом напряжении мышц.

Причинами утомления мышц являются: торможение нервных центров (центральной нервной системы), регулирующих работу мышц; нарушение передачи нервных импульсов от нервных центров к мышцам по двигательным (центробежным) нервным волокнам; нарушение питания мышцы и доставки кислорода, вследствие чего в ней накапливаются недоокисленные продукты обмена (молочная кислота).

При выполнении ритмических физических упражнений (динамическая работа) утомление наступает медленнее, так как в промежутках между сокращениями работоспособность мышц частично восстанавливается. Чем больше нагрузка и чем чаще ритм сокращений, тем быстрее наступает утомление (мышца не успевает восстановиться). При очень большом напряжении (бег на короткие дистанции) гликоген (глюкоза) расщепляется до молочной кислоты быстрее, чем может окисляться молочная кислота, и она накапливается в организме. В таких случа-

ях говорят, что *мышца имеет кислородную задолженность* (мышечное утомление), которая компенсируется усиленным вдыханием кислорода. Наибольшая работоспособность сохраняется при средних ритме и нагрузке (особенно у тренированных людей).

Русский физиолог И.М. Сеченов предложил *теорию активного отдыха*, согласно которой утомление проходит быстрее при активном отдыхе. В основе этой теории лежит явление активации «утомленного» нервного центра работавшей мышцы центром другой работающей мышцы.

Физические упражнения способствуют формированию опорно-двигательного аппарата, так как кость растет усиленно в тех направлениях, в которых испытывает большее натяжение или сжатие. Сухожилия мышц прикрепляются к гребням и буграм костей, поэтому чем сильнее развиты мышцы, тем прочнее кости скелета. Чем большую работу совершает мышца, тем больше питательных веществ и кислорода приносит к ней кровь, вследствие чего мышцы растут, и человек становится сильнее. Мышечная работа сопровождается изменениями в деятельности сердечно-сосудистой системы, органов дыхания и центральной нервной системы. Ткани получают больше кислорода, и в них активизируются обменные процессы.

Систематические занятия физической культурой и спортом укрепляют здоровье человека, обеспечивают устойчивость к воздействию различных факторов окружающей среды, способствуют росту его выносливости за счет активизации нервных центров, регулирующих работу мышц.

Организм человека поддерживается в вертикальном положении мышцами-разгибателями (мышцы спины), которые противостоят мышцам-сгибателям и силе тяжести, действующей вместе с ними. *Осанка* – это привычное положение тела при различных состояниях (стояние, походка, работа). Формирование осанки происходит в возрасте 6–7 лет. При нарушении функции мышц-разгибателей (мышц спины) возникают *нарушения осанки* (например, сутулость). Это приводит к нарушению работы сердца и легких. В детском возрасте, когда хрящевая ткань в позвонках еще не заменилась костной, могут возникать *разнообразные искривления позво-*

ночника: боковое (сколиоз); избыточный грудной кифоз (горб); избыточный поясничный лордоз. Они нарушают нормальную деятельность сердечно-сосудистой системы, органов дыхания и пищеварения. Еще одним нарушением развития скелета является *плоскостопие* – уплощение свода стопы. *Искривлению позвоночника и развитию плоскостопия способствуют*: слабое развитие мышц, рахит, постоянное ношение тяжестей в одной руке, неправильная посадка детей за партой, ношение в период роста тесной обуви и обуви на высоком каблуке, несбалансированное питание (недостаток белков, минеральных солей, витаминов).

Чрезмерная физическая нагрузка, неосторожные движения, падения могут привести к вывихам и переломам костей. При *вывихе* происходит смещение костей в суставе, растяжение и разрыв связок, при *переломе* – нарушение целостности костей.

Первая медицинская помощь при вывихах и переломах. При *вывихе* необходимо придать конечности положение, при котором боль не ощущается, зафиксировать сустав и приложить холодный компресс (снег, лед). При *переломе* необходимо наложить на поврежденный участок повязку с шиной, захватывающей два соседних с переломом сустава.

ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА

ПОСТОЯНСТВО ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА (КРОВЬ, ТКАНЕВАЯ ЖИДКОСТЬ И ЛИМФА)

Все клетки организма нуждаются в постоянном притоке питательных веществ и кислорода и в непрерывном удалении продуктов жизнедеятельности. Взаимосвязь органов дыхания, пищеварения, выделения и всех клеток организма обеспечивает *внутренняя среда организма* – кровь, тканевая жидкость, лимфа. Термин «внутренняя среда организма» предложил в 1878 г. французский физиолог К. Бернар.

Кровь – жидкая соединительная ткань, циркулирующая в замкнутой системе кровеносных сосудов. Она состоит из клеток (форменных элементов) и жидкого

вещества (плазмы) и является основой для образования других жидкостей внутренней среды (лимфы и тканевой жидкости). Средний объем крови взрослого человека – 5–6 л. Кровь составляет 7–8% массы тела. В организме циркулирует не вся кровь, а только ее часть (в состоянии покоя кровью заполнено около 30% капилляров), другая часть находится в депо: в селезенке, печени, легких и подкожной клетчатке – и пополняет кровоток, когда возникает необходимость в восстановлении объема циркулирующей крови (во время мышечной работы и при кровопотерях). Следует отметить, что в организме существует постоянное перераспределение объема крови: в работающих органах ее больше за счет расширения кровеносных сосудов, а в неработающих – меньше вследствие сужения кровеносных сосудов.

Плазма путем диффузии проникает из крови через стенки капилляров к клеткам и образует **тканевую жидкость**. По составу тканевая жидкость напоминает плазму крови, почти не содержит белков, которые, имея большие размеры молекул, не проходят через стенки капилляров при диффузии. Количество тканевой жидкости в организме человека составляет примерно 20 л. Тканевая жидкость выполняет функцию посредника между клетками и капиллярами: клетки выделяют в нее диоксид углерода и другие продукты диссимиляции и получают из этой жидкости кислород и питательные вещества. Часть тканевой жидкости возвращается в кровеносные капилляры.

Меньшая часть тканевой жидкости поступает в лимфатические капилляры, образуя лимфу. **Лимфа** – это молочно-белая жидкость, сходная по составу с плазмой крови, но с меньшим (в 3–4 раза) содержанием белка. В небольшом количестве в ней имеются лейкоциты (лимфоциты). Лимфатические капилляры слепо начинаются между клетками тканей, имеют более проницаемую стенку, чем кровеносные капилляры, больший диаметр, и переходят в лимфатические сосуды. По ходу лимфатических сосудов располагаются лимфатические узлы – биологические фильтры, которые задерживают чужеродные вещества и бактерии, и лимфа, проходя через них, обогащается лимфоцитами.

Самые крупные лимфатические сосуды образуют грудной лимфатический проток (впадает в ле-

вую подключичную вену) и правый лимфатический проток (впадает в правую подключичную вену, а затем в верхнюю полую вену). В сутки в кровь возвращается около 1–3 л лимфы. Лимфа способствует перераспределению воды и белков, которые отфильтровались в ткани через стенки капилляров. Через лимфатическую систему в кровь поступают высокомолекулярные вещества, в частности жиры, всосавшиеся в кишечнике, а также гормоны. Кроме того, лимфатическая система участвует в защите организма от инфекций.

Движение лимфы по лимфатической системе происходит благодаря сокращению скелетной мускулатуры, ритмическому сокращению стенок самих сосудов, присасывающему действию грудной клетки. Для нормальной циркуляции тканевой жидкости и лимфы необходима физическая активность. Застой этих жидкостей нарушает правильный обмен веществ. Обратному току лимфы в сосудах препятствуют *клапаны*, которые имеются в крупных сосудах. Скорость тока лимфы обычно не превышает 2 мм/мин. Лимфоток очень важен для освобождения тканей от избыточной жидкости. Если лимфы образуется больше, чем оттекает, то жидкость задерживается в тканях и возникает их отек.

Количество и состав крови, а также ее физико-химические свойства (рН, кислотно-щелочное равновесие, концентрация различных химических компонентов, осмотическое давление и т. д.) у здорового человека относительно постоянны: они могут претерпевать небольшие колебания, но быстро выравниваются. *Относительное постоянство состава крови* является необходимым условием жизнедеятельности всех тканей организма.

В поддержании постоянства внутренней среды организма – *гомеостаза* принимают участие кровеносная, дыхательная, пищеварительная и выделительная системы, а регулируют постоянство нервная и эндокринная системы.

Нарушение постоянства внутренней среды организма опасно для жизни. При некоторых состояниях организма наблюдается смещение реакции крови в щелочную (*алкалоз*) или в кислую (*ацидоз*) сторону. При усиленном дыхании из крови удаляется большое количество угольной кислоты, что приводит к сдвигу реакции в щелочную сторону; при нормализации дыхания рН крови быстро возвращается к норме.

ЗНАЧЕНИЕ КРОВИ И КРОВООБРАЩЕНИЯ

Кровь является основной частью внутренней среды организма. *Кровообращение* – это непрерывное движение крови по замкнутой системе кровеносных сосудов. Кровь выполняет свои функции только при движении.

Ф у н к ц и и к р о в и:

♦ *дыхательная* – перенос от органов дыхания к тканям кислорода и перенос диоксида углерода от клеток тканей к органам дыхания;

♦ *трофическая* – перенос питательных веществ от пищеварительной системы к тканям;

♦ *выделительная* – перенос продуктов диссимилиации от клеток к органам выделения. (Дыхательную, трофическую и выделительную функции можно объединить в одну – *транспортную*);

♦ *регуляторная* – перенос гормонов и биологически активных веществ от желез внутренней секреции к тканям;

♦ *защитная*, связанная со способностью лейкоцитов к фагоцитозу и образованию антител, а также со способностью крови к свертыванию;

♦ *терморегуляторная*, связанная с высокими теплоемкостью и теплопроводностью крови и регуляцией ее тока через капилляры кожи;

♦ *гомеостатическая*, связанная со способностью крови поддерживать постоянство внутренней среды организма.

СОСТАВ КРОВИ:

ПЛАЗМА, ФОРМЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Кровь состоит из плазмы и форменных элементов. На плазму приходится 55–60% объема крови, клетки крови составляют 40–45%. Часть объема крови, занимаемая форменными элементами, называется **гематокритом**. У мужчин он равен 44–46% (по объему), у женщин – 41–43% (по объему).

Плазма представляет собой желтоватую полупрозрачную жидкость и состоит из 90–92% воды, 7–8% белков, 0,12% глюкозы, 0,9% солей, 0,7–0,8% жиров, небольшого количества аминокислот, витаминов, гормонов; рН плазмы составляет 7,3. Снижение рН до 7,0 несовместимо с жизнью. Осмотическое давление плазмы крови равно

давлению, оказываемому 0,85% -м раствором натрия хлорида. Растворы с таким осмотическим давлением называются *изотоническими (физиологическими)*. Их вводят больным для восполнения недостатка жидкости в организме. *Белки плазмы* делятся на *глобулины* (α -, β - и γ -глобулины), *альбумины*, *фибриноген*, *протромбин*. Они играют важную роль в поддержании коллоидно-осмотического давления, в водном обмене, придают крови вязкость (альбумин), участвуют в свертывании (фибриноген, протромбин). Кроме того, альбумин связывает присутствующий в крови кальций, α -глобулин связывает тироксин и билирубин, β -глобулин – железо, холестерол и витамины А, D и К, γ -глобулин обеспечивает иммунологические реакции организма, связывая антигены (γ -глобулины обычно называют *антителами*). Белки плазмы крови синтезируются в клетках печени, селезенки, лимфатических узлов, в клетках костного мозга. Плазма без фибриногена называется **сывороткой**. Концентрация ионов натрия, калия и кальция и их процентное соотношение поддерживаются на относительно постоянном уровне.

К **форменным элементам крови** относятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.

Эритроциты – красные кровяные тельца – определяют цвет крови. Они безъядерные (это увеличивает диффузионную поверхность при относительно малом объеме), имеют вид двояковогнутого диска диаметром 7–8 мкм; толщина эритроцита примерно 1–2 мкм. Образуются эритроциты в красном костном мозге плоских костей грудины, черепа, в ребрах, позвонках, ключицах и лопатках, а также в головках длинных трубчатых костей. У эмбриона на той стадии развития, когда кости еще не сформировались, эритроциты образуются в печени и селезенке. В 1 л крови содержится $4\text{--}5 \cdot 10^{12}$ эритроцитов (в 1 мм^3 – 4–5 млн). У мужчин их больше, чем у женщин, так как мужские половые гормоны усиливают процессы эритропоэза, а женские – тормозят. Средняя продолжительность жизни эритроцитов – 120 суток. Они содержат специфический пигмент крови – *гемоглобин* (Hb), представляющий собой тетрамерный белок. В его состав входят четыре молекулы гема, которые присоединены к четырем полипептидным цепям глобина и придают крови красный цвет. Каждый гем имеет один атом двухвалентного железа, прочно связываю-

щий одну молекулу кислорода. В норме в крови содержится 130–160 г/л гемоглобина. Разрушаются эритроциты в печени и селезенке, где гемоглобин после отщепления молекулы железа (оно хранится в печени в составе белка *ферритина*) образует желчные пигменты (*билирубин* и *биливердин*).

Ф у н к ц и я э р и т р о ц и т о в – транспорт кислорода и диоксида углерода. Эритроциты участвуют в поддержании рН крови посредством *гемоглобинового буфера*. Гемоглобиновая буферная система на 75% обеспечивает буферную емкость крови. Это связано со способностью Hb образовывать непрочный химический комплекс с кислородом – *оксигемоглобин* (атомы железа Hb способны присоединять и отдавать кислород без изменения валентности).

Присоединение кислорода к Hb с образованием оксигемоглобина происходит при высоком парциальном давлении кислорода (в капиллярах легочных альвеол), где гемоглобин, отдавая ионы водорода, присоединяет кислород и становится сильной кислотой, которая связывает ионы калия. При низком давлении (в капиллярах внутренних органов) связь между кислородом и Hb становится непрочной, кислород высвобождается и диффундирует в тканевую жидкость, а затем в клетки. Одновременно появляется большое количество щелочно реагирующих солей гемоглобина, которые взаимодействуют с кислыми продуктами распада (угольной кислотой). В результате образуются бикарбонаты (NaHCO_3 , KHCO_3) и восстановленный гемоглобин. Соединение кислорода с Hb отличается от соединения Hb с диоксидом углерода (артериальная кровь ярко-алая, а венозная – темная). В венозной крови Hb образует соединение с диоксидом углерода – *карбгемоглобин*, который переносит около 10% диоксида углерода.

Гемоглобин может образовывать вредные для человека соединения. Повышение концентрации монооксида углерода в воздухе до 0,1% опасно для жизни, так как 80% Hb превращается в *карбоксигемоглобин* (HbCO) – стойкое химическое соединение, вследствие чего клетки организма не получают достаточного количества кислорода для обеспечения процессов жизнедеятельности. Уменьшение числа эритроцитов или снижение в них содержания гемоглобина на 10% ведет к развитию *анемии*.

В условиях низкого содержания кислорода в красном костном мозге эритроцитов может образовываться боль-

ше, чем разрушается. Этот механизм лежит в основе акклиматизации при понижении содержания кислорода в условиях высокогорья.

Если предотвратить свертывание крови и на некоторое время оставить ее в особых капиллярных трубчатках, то с определенной скоростью произойдет оседание эритроцитов. Этот показатель – СОЭ – имеет важное диагностическое значение, так как при воспалительных процессах он значительно превышает показатели нормы (3–12 мм/ч).

Лейкоциты – белые клетки крови – не имеют постоянной формы, содержат ядро, способны к амебoidalному движению (могут проходить через небольшие отверстия в стенках капилляров, находиться в межклеточном пространстве). Размеры лейкоцитов составляют 6–25 мкм. Их количество в крови сильно колеблется: при определении утром, натощак, оно составляет $4-9 \cdot 10^9$ в 1 л крови (в 1 мм^3 – 4–9 тыс.). Лейкоциты образуются в красном костном мозге, селезенке, вилочковой железе (тимусе), лимфатических узлах. Продолжительность их жизни составляет 2–4 суток (лимфоциты могут жить на протяжении десяти и более лет). Разрушаются лейкоциты в селезенке, в очагах воспаления. Лейкоциты бывают двух видов:

♦ **зернистые (гранулоциты)**, цитоплазма которых содержит гранулы: *нейтрофилы* – 45–75% (захватывают и переваривают бактерии), *эозинофилы* – 1–5% (поглощают комплексы антиген – антитело) и *базофилы* – 0–1% (вырабатывают *гепарин* – природный ингибитор системы свертывания крови и *гистамин* – важнейшее звено в механизмах регуляции тонуса гладких мышц и выделения желудочного сока). Нейтрофилы, эозинофилы и базофилы называют еще *микрофагами*;

♦ **незернистые (агранулоциты)**: *лимфоциты* – 18–40% (вырабатывают антитела в ответ на попадание в организм чужеродного белка) и *моноциты* – 2–9% (разрушают бактерии и другие крупные частицы; способны мигрировать через стенки капилляров в очаги воспаления, где действуют так же, как нейтрофилы). Моноциты называют *макрофагами*.

Функция лейкоцитов – защита организма от бактерий, генетически чужеродных белков, инородных тел – осуществляется благодаря их способности к фагоцитозу и образованию антител. Один лейкоцит может поглотить 20–30 микроорганизмов.

Увеличение содержания лейкоцитов называется *лейкоцитозом*, а уменьшение — *лейкопенией*. В редких случаях в красном костном мозге образуются патологически измененные лейкоциты (содержание их в 1 мм³ крови достигает 500 000 и более); это заболевание называется *лейкозом*.

Тромбоциты — кровяные пластинки округлой или овальной формы. Они не имеют ядра, содержат *тромбопластин*. Размеры тромбоцитов составляют 2–5 мкм. Содержание их в 1 л крови достигает 180–320 · 10⁹ (в 1 мм³ — 180–320 тыс.). Образуются тромбоциты в красном костном мозге из крупных клеток (*мегакариоцитов*), лежащих возле капилляров и погружающих свои отростки в просвет капилляра. От них отщепляются частицы, которые и становятся тромбоцитами. Продолжительность их жизни 7–10 суток. Разрушаются в селезенке. Ф у н к ц и я т р о м б о ц и т о в — участие в свертывании крови.

ГРУППЫ КРОВИ

Основоположниками учения о группах крови являются австрийский ученый К. Ландштейнер и чешский врач Я. Янский.

Кровь людей по системе антигенов АВ0 делится на 4 группы с учетом содержания в эритроцитах агглютиногенов А и В и в плазме — агглютининов α и β (табл. 5). *Агглютиногены* — склеиваемые вещества белковой природы, находящиеся в мембранах эритроцитов. *Агглютинины* (антитела) — склеивающие вещества белковой природы, находящиеся в плазме крови.

В эритроцитах приблизительно 85% людей имеется белковое вещество, названное *резус-фактором* (впервые оно было обнаружено в крови обезьян — макак семейства резус). Кровь таких людей резус-положительная (Rh⁺),

Таблица 5

Характеристики групп крови человека по системе антигенов АВ0

| Группа крови | Агглютиногены в эритроцитах | Агглютинины в плазме |
|--------------|-----------------------------|----------------------|
| I (0) | Отсутствуют | α и β |
| II (A) | A | β |
| III (B) | B | α |
| IV (AB) | A и B | Отсутствуют |

при отсутствии резус-фактора – кровь резус-отрицательная (Rh⁻).

В случае большой потери крови для восстановления объема плазмы и Hb, а также при некоторых заболеваниях человеку необходимо *переливание крови*. Обычно переливают одногруппную кровь, однако в редких случаях возможно переливание крови других групп, но с учетом совместимости. Люди с I группой крови являются *универсальными донорами* (донор – человек, дающий кровь), поскольку в их эритроцитах нет агглютиногенов (донорские эритроциты в крови реципиента не склеиваются). Людям с IV группой крови можно переливать кровь всех групп, поэтому они являются *универсальными реципиентами* (реципиент – человек, получающий кровь), так как у них в плазме крови нет склеивающих веществ агглютининов.

При неправильном подборе донора и реципиента может наступить *агглютинация*. В этом случае донорские эритроциты склеиваются, закупоривая мелкие сосуды и нарушая кровообращение, поскольку в эритроцитах донора и в плазме крови реципиента имеются соответствующие друг другу агглютиногены и агглютинины (A и α; B и β).

Для определения группы крови необходим набор стандартных сывороток (табл. 6). Если агглютинация наблюдается во всех каплях стандартных сывороток (I, II, III групп), куда добавлялась исследуемая кровь, то это кровь

Таблица 6

Определение группы крови с помощью стандартных сывороток

| Стандартная сыворотка / Переливаемая кровь | I группы (агглютинины α и β) | II группы (агглютинин β) | III группы (агглютинин α) |
|--|------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| I (0) группа | - | - | - |
| II (A) группа | + | - | + |
| III (B) группа | + | + | - |
| IV (AB) группа | + | + | + |

Примечание. Знак «-» обозначает отсутствие агглютинации; знак «+» обозначает ее наличие.

IV (AB) группы, поскольку в эритроцитах такой крови есть агглютиногены А и В. Если агглютинации не наблюдается во всех трех каплях стандартных сывороток, то это кровь I (0) группы, поскольку в эритроцитах такой крови нет агглютиногенов. Если агглютинация наблюдается в каплях стандартных сывороток I и II групп, куда добавлялась исследуемая кровь, то это кровь III (B) группы, поскольку в эритроцитах такой крови есть агглютиноген В. И, наконец, если агглютинация наблюдается в каплях стандартных сывороток I и III групп, куда добавлялась исследуемая кровь, то это кровь II (A) группы, поскольку в эритроцитах такой крови есть агглютиноген А.

При переливании резус-положительной крови людям с отрицательным резус-фактором у них вырабатывается небольшое количество антител по отношению к резус-фактору. Повторное переливание такой крови приведет к несовместимости.

СВЕРТЫВАНИЕ КРОВИ

Свертывание крови (гемостаз) – совокупность реакций, приводящих к образованию фибринового тромба при повреждении целостности стенки сосуда. Для осуществления этого процесса требуется тринадцать различных факторов крови, действующих согласованно. В норме кровь свертывается за 5–7 мин, при гемофилии она не свертывается. Препятствуют свертыванию крови холод, гепарин, гирудин, лимонно-кислый натрий и калий, фибринолизин.

Рассмотрим механизм свертывания крови. У поврежденной стенки сосуда разрушаются тромбоциты, освобождая *тромбопластин*, способствующий образованию фермента *протромбиназы*, который в присутствии витамина К и ионов Ca^{2+} взаимодействует с белком плазмы крови *протромбином*, образуя *тромбин*. Тромбин расщепляет молекулы растворимого глобулярного белка плазмы *фибриногена* на более мелкие единицы, которые затем полимеризуются и образуют сеть, состоящую из длинных перепутанных нитей *фибрина* – нерастворимого фибриллярного белка. В нитях фибрина задерживаются форменные элементы крови, образуя сгусток – *тромб*. Позднее он сжимается, подсыхает и образуется струп, который препятствует потере крови и создает механический барьер для проникновения микроорганизмов.

В неповрежденных кровеносных сосудах кровь не свертывается, поскольку изнутри поверхность сосудов очень гладкая и не происходит разрушения форменных элементов крови. В крови есть активные вещества *антисвертывающей системы* (гепарин, антитромбины, фибринолизин), препятствующие превращению фибриногена в фибрин, поэтому кровь находится в жидком состоянии.

ИММУНИТЕТ И ЕГО ВИДЫ

Учение о защитных свойствах крови разработано русским физиологом И.И. Мечниковым. Свойство лейкоцитов захватывать и переваривать попавшие в кровь и ткани микробы он назвал **фагоцитозом**, а лейкоциты – фагоцитами, т. е. пожирающими клетками. Среди фагоцитов он различал *микрофаги* (нейтрофилы, эозинофилы и базофилы) и *макрофаги* (моноциты). За исследования фагоцитоза в 1908 г. И.И. Мечникову присуждена Нобелевская премия.

.....
Иммунитет – врожденная или приобретенная невосприимчивость организма к действию инфекционных и других чужеродных агентов, обладающих антигенной активностью.
.....

Данное явление известно с конца XVIII в., открыто английским врачом Э. Дженнером при наблюдении больных натуральной оспой (он стал основоположником вакцинации).

Обеспечивают иммунитет находящиеся в **иммунной системе** *иммунокомпетентные клетки*. Органы иммунной системы: вилочковая железа (тимус), красный костный мозг (центральные органы), селезенка, лимфатические узлы, миндалины, лимфатические скопления в слизистых оболочках и внутренних органах (периферические органы). В центральных органах происходит формирование и созревание иммунокомпетентных клеток, а в периферических органах эти клетки функционируют.

Иммунитет может вырабатываться за счет клеток и антител.

Клеточный иммунитет осуществляют *B- и T-лимфоциты*, а также *A-клетки* – крупные долгоживущие клетки с высоким содержанием лизосом. На их поверхности име-

ются рецепторы к *B*- и *T*-лимфоцитам. Существуют *подвижные* (моноциты крови) и *фиксированные* (локализуются в дыхательных путях, печени, брюшине, селезенке, лимфатических узлах) *макрофаги*. Они накапливают и подвергают переработке проникающие антигены и представляют их для распознавания *T*-лимфоцитов; стимулируют дифференцировку *B*-лимфоцитов в антителообразующие плазмоциты. Макрофаги цитотоксически действуют на опухолевые клетки. Они выделяют *интерферон*, препятствующий размножению вирусов, *лизоцим*, вещества, способствующие дифференцировке стволовых клеток в гранулоциты, которые стимулируют размножение и созревание *T*-лимфоцитов.

Гуморальный иммунитет осуществляют антитела, которые образуют лимфоциты и плазматические клетки (*плазмоциты*). Одни антитела склеивают проникшие микроорганизмы, другие осаждают склеенные частицы, третьи разрушают болезнетворные агенты до более простых веществ, уже не опасных для организма.

Оба вида лимфоцитов образуются в красном костном мозге из стволовых клеток-предшественниц. *B*-лимфоциты проходят дифференцировку в лимфоидной ткани кишечника, аппендикса, небно-глоточного кольца, печени и селезенки. Они вырабатывают антитела. Когда поверхностные рецепторы (*иммуноглобулины*) *B*-лимфоцитов «узнают» комплементарные им антигены, *B*-лимфоциты начинают делиться и дифференцироваться, образуя клоны плазматических клеток (плазмоциты) и «клетки памяти». Плазмоциты живут несколько дней, «клетки памяти» – 20 и более лет (сохраняются и распространяют информацию об антигене по всей иммунной системе). *T*-лимфоциты антитела не вырабатывают, а с помощью рецепторов, находящихся на их поверхности, распознают инфицированные или злокачественные клетки (антигены) и либо уничтожают их, используя специальные вещества, либо включают *B*-лимфоциты в антителообразование. Способность выполнять свои защитные функции *T*-лимфоциты приобретают только после того, как пройдут через ткань тимуса.

Формы иммунитета:

♦ естественный врожденный – невосприимчивость к инфекционному заболеванию, обусловленная наследственно закрепленными особенностями вида (человек не болеет чумкой собак);

♦ естественный приобретенный пассивный – невосприимчивость к инфекционному заболеванию, обусловленная тем, что ребенок получает антитела после рождения с молоком матери (дети в первый год жизни не болеют корью, краснухой, свинкой и т. п., так как у них есть антитела к возбудителям этих заболеваний, полученные от матери). Данная форма иммунитета нестойкая;

♦ естественный приобретенный активный – невосприимчивость к инфекционному заболеванию у лиц, перенесших это заболевание (человек, переболевший корью, больше ею не болеет);

♦ искусственный пассивный – достигается введением сыворотки зараженных животных или переболевшего человека, содержащей готовые антитела. Данная форма иммунитета нестойкая (сохраняется 4–6 недель), после чего антитела разрушаются и необходимо повторное введение сыворотки. Например, введение сыворотки при дифтерии останавливает развитие возбудителей заболевания и способствует легкому его течению и быстрому выздоровлению;

♦ искусственный активный – достигается введением в организм *вакцины* (препараты из ослабленных или убитых возбудителей), на которую организм вырабатывает антитела. Он стойкий и сохраняется годами. С помощью вакцин проводят предохранительные прививки против полиомиелита, дифтерии и других заболеваний.

Защитной функцией крови является участие в воспалении и заживлении ран. При травмах (ранениях) участка тела возникает местная реакция окружающих тканей: отек, болезненность и повышение температуры. Такое состояние называется *воспалением*. Оно связано с выделением из поврежденных тканей *гистамина* и *серотонина*, которые вызывают местное расширение кровеносных сосудов, что ведет к усилению притока крови к поврежденному участку. Возрастает проницаемость капилляров, плазма выходит в окружающие ткани и вызывает их отек. В плазме содержатся бактерицидные факторы, антитела и нейтрофилы, которые противодействуют распространению инфекции. Также присутствует *фибриноген*, который в случае повреждения кровеносных сосудов обеспечивает свертывание крови. При ушибах травмируются кровеносные сосуды и наблюдается подкожное

кровоизлияние. При этом разрушаются эритроциты и образуются пигменты (продукты распада гема): *биливердин* (зеленый) и *билирубин* (желтый). Возникает синяк. На завершающей стадии воспалительного процесса в области ранения появляются клетки соединительной ткани (*фибробласты*), которые секретируют *коллаген*. Коллаген, соединяясь с полисахаридами, образует сеть беспорядочно переплетающихся волокон *рубцовой ткани*. Для образования коллагена необходим витамин С. Через 2–3 недели после травмы волокна рубцовой ткани собираются в пучки, располагающиеся вдоль линий натяжения в области поражения. Здесь начинают прорастать многочисленные мелкие кровеносные сосуды, которые снабжают кислородом и питательными веществами клетки, участвующие в заживлении раны. В заживление включаются и клетки эпидермиса, мигрирующие в область поражения. Встречаясь друг с другом, они соединяются, образуя сплошной слой под струпом. Когда формирование этого слоя заканчивается, струп отпадает и рана заживает.

КРОВООБРАЩЕНИЕ

СЕРДЦЕ. ЕГО СТРОЕНИЕ И РАБОТА. НЕРВНАЯ И ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЦА

.....
Кровообращение – движение крови по замкнутой системе кровеносных сосудов и сердцу.
.....

Система, обеспечивающая кровообращение, называется *кровеносной (сердечно-сосудистой)*. Она состоит из сердца и сосудов. Центральный орган кровеносной системы – **сердце**. Это полый мышечный орган массой 200–300 г, имеющий форму конуса. Сердце располагается в грудной клетке позади грудины и окружено *околосердечной сумкой (перикардом)*. Сумка защищает сердце, а ее секрет (небольшое количество серозной жидкости) уменьшает трение при сокращении. Расширенная часть сердца – *основание* обращено кзади и вправо, а узкая часть – *верхушка* – вниз, кпереди и влево. Две трети сердца лежат в левой половине грудной клетки, а одна треть – в правой.

Сплошной продольной перегородкой сердце разделено на правую и левую половины. Каждая половина состоит из *предсердия* и *желудочка*, между которыми имеются отверстия, снабженные створчатыми клапанами. В правой половине сердца находится *трехстворчатый клапан*, а в левой – *двухстворчатый*. Клапаны открываются только в сторону желудочков.

Открыванию клапанов в сторону предсердий препятствуют *сухожильные нити*, с помощью которых края створок клапанов прикрепляются к сосочковым мышцам. Эти мышцы, являясь выростами стенок желудочков, сокращаются вместе с ними, натягивают сухожильные нити и не допускают обратного тока крови (рис. 87).

К правому предсердию подходят 2 *полые вены*, к левому – 4 *легочные*. От правого желудочка отходит *легочный ствол*, от левого – *дуга аорты*. От аорты отделяются 2 *коронарные (венечные) артерии*, питающие кровью мышцу сердца. В месте отхождения легочного ствола и аорты от желудочков имеются *полулунные клапаны* в виде трех карманов, открывающихся по направлению тока крови. Они не пропускают кровь из сосудов обратно в желудочки.

Стенка сердца состоит из трех слоев. Наружный соединительно-тканый слой называется *эпикардом*. Средний слой образован особой поперечно-полосатой мышечной тканью и называется *миокардом*. Он обладает свойствами возбудимости, проводимости, сократимости и автоматии. Волокна миокарда соединены между собой отростками, благодаря чему возбуждение, возникшее в одном месте, охватывает всю мышцу сердца. Этот слой наи-

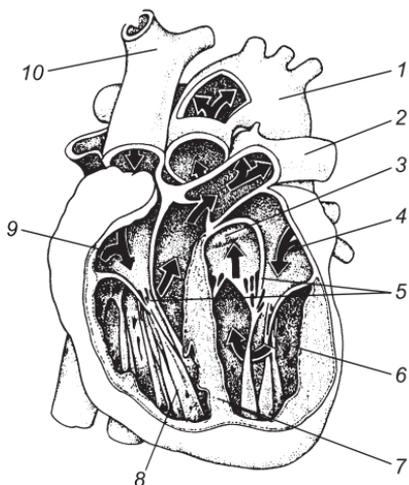


Рис. 87. Строение сердца:

1 – дуга аорты; 2 – левая легочная артерия; 3 – полулунный клапан в устье аорты; 4 – левое предсердие; 5 – створчатые клапаны; 6 – левый желудочек; 7 – межжелудочковая перегородка; 8 – правый желудочек; 9 – правое предсердие; 10 – верхняя полая вена

более развит в стенке левого желудочка. Именно на левый желудочек падает наибольшая нагрузка, так как кровь из него выталкивается в большой круг кровообращения. Внутренний слой стенки сердца представлен эндотелиальными клетками и называется *эндокардом*.

Сердце работает ритмично. Сердечный цикл состоит из трех последовательных фаз:

♦ сокращение предсердий (*систола предсердий*) – 0,1 с; кровь выталкивается из предсердий в желудочки, створчатые клапаны открыты, полулунные закрыты;

♦ сокращение желудочков (*систола желудочков*) – 0,3 с; кровь выталкивается из желудочков в артериальные стволы, створчатые клапаны закрыты, полулунные открыты;

♦ одновременное расслабление предсердий и желудочков (*диастола*) – 0,4 с; створчатые клапаны открыты, полулунные закрыты, кровь течет из полых и легочных вен в предсердия и на 70% наполняет желудочки.

Следовательно, весь цикл продолжается 0,8 с (при частоте пульса 75 ударов в минуту). В течение всего цикла предсердия работают 0,1 с, а 0,7 с отдыхают; желудочки работают 0,3 с, а 0,5 с отдыхают. Этим объясняется способность сердечной мышцы работать, не утомляясь, в течение всей жизни. За одно сокращение выбрасывается около 65 мл крови (*ударный, или систолический, объем*), за одну минуту – около 5 л крови (*минутный объем*), при тяжелой физической нагрузке – до 20 л, а за 70 лет жизни сердце человека перекачивает около 150 000 т крови.

.....
Автоматия сердца – периодическое возникновение импульсов в самой сердечной мышце, вызывающее ее ритмическое сокращение.
.....

Импульсы возникают в определенном видоизмененном (атипичном) участке миокарда правого предсердия – *синусно-предсердном узле (узел Кисс – Фляка)*, а затем последовательно передаются в *предсердно-желудочковый узел (узел Ашофф – Тавара), желудочковый пучок (пучок Гиса), состоящий из двух ножек и волокна Пуркине*. Проводящая система сердца регулирует и координирует последовательность сокращений камер сердца. Синусно-предсердный узел определяет частоту сокращений сердца («водитель ритма»). Импульс возбуждения от синусно-предсердного узла передается предсердиям, вызывая их

сокращения, и предсердно-желудочковому узлу, а от него по предсердно-желудочковому пучку и ножкам – миокарду желудочков.

Первая регуляция деятельности сердца осуществляется вегетативной нервной системой.

Сокращения сердечной мышцы являются произвольными. *Симпатическая* ее часть увеличивает частоту сердечных сокращений, усиливает их, способствует проведению возбуждения, повышает возбудимость сердца, а *парасимпатическая* – уменьшает частоту сердечных сокращений и их силу, замедляет проведение возбуждения, снижает возбудимость сердца.

На сердечную деятельность оказывает влияние и ряд веществ, выделяемых различными органами в кровь. Такая регуляция называется **гуморальной** (осуществляемой через кровь). *Адреналин* (гормон надпочечников) увеличивает частоту и силу сердечных сокращений и действует аналогично симпатической части вегетативной нервной системы. Также влияют на работу сердца *ионы кальция*. Аналогично парасимпатической части вегетативной нервной системы действуют *ацетилхолин* (образуется в синапсах) и *ионы калия*.

АРТЕРИИ, КАПИЛЛЯРЫ, ВЕНЫ

Кровеносные сосуды находятся во всех тканях и органах, за исключением ногтей, эмали зубов, покровного эпителия, хрящей, хрусталика, роговицы и т. п. В тех местах, где капилляры отсутствуют, питание тканей осуществляется диффузией из тканевой жидкости.

Артерии – сосуды, которые несут кровь от сердца к органам и тканям. Самая крупная артерия в организме человека – *аорта* (диаметр до 2,5 см). Стенки артерий состоят из трех слоев: *наружного* – *соединительно-тканного*, *среднего* – хорошо развитого *мышечного* (гладкомышечные клетки и эластические волокна) и *внутреннего* – *эпителиального* (*эндотелиальная оболочка*). Такие стенки являются прочными, толстыми и упругими. В артериях кровь движется под большим давлением. Обычно артерии располагаются глубоко под мышцами, что имеет защитное значение. Крупные артерии разветвляются на более мелкие, а те – на *артериолы* (диаметр менее 0,1 мм) и ка-

пилляры. По мере удаления от сердца количество эластических волокон в стенке артерий уменьшается, а мышечных – увеличивается, поэтому возможность сужения просвета сосудов возрастает. Следовательно, особую роль в продвижении крови по артериальному руслу играют артериолы. Повышение тонуса артериол затрудняет отток крови от артерий и приводит к повышению давления в них (*гипертония*), снижение тонуса артериол сопровождается понижением артериального давления (*гипотония*).

Капилляры представляют собой микроскопические сосуды: диаметр около 7 мкм, толщина стенок около 1 мкм, длина 0,2–0,7 мм. Общее количество всех капилляров составляет примерно 40 млрд, общая длина – около 100 000 км, а общая площадь сечения – около 6300 м². Каждая клетка отделена от ближайшего капилляра не более чем двумя-тремя клетками. Стенки капилляров состоят из одного слоя клеток, причем между соседними клетками имеются узкие щели, благодаря чему вода с растворенными в ней солями, питательными и другими веществами поступает в межклеточные пространства (тканевую жидкость) и далее в клетки. Именно в капиллярах кровь выполняет свои основные функции: отдает тканям кислород, питательные вещества и уносит диоксид углерода и другие продукты диссимиляции. Наряду с очень тонкими стенками капилляров этому способствует незначительная скорость движения крови в них. Капилляры образуют сети, связывающие мелкие артериолы и вены. Капиллярные сети соединены между собой параллельно, и благодаря этому возможна точная регуляция перераспределения крови между различными тканями.

Вены – это сосуды, которые несут кровь от органов и тканей к сердцу. Их стенки, так же как и у артерий, состоят из трех слоев, но они гораздо тоньше и слабее, поскольку средний слой содержит меньше гладкомышечных клеток и эластических волокон. Давление в венах обычно низкое (в полых венах – отрицательное), а стенки их более эластичны, поэтому большие изменения объема крови в этих сосудах лишь незначительно сказываются на давлении в них. Таким образом, венозная система играет роль вместительного резервуара. В просвете вен (в основном, нижних конечностей) имеются *полулунные клапаны*, пре-

пятствующиме обратному току крови. Стенки вен легко сжимаются окружающими мышцами, что способствует продвижению крови к сердцу.

КРУГИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Все сосуды в организме человека объединяются в два круга кровообращения: большой и малый. **Большой круг кровообращения** начинается от левого желудочка аортой, в которой различают восходящую часть, дугу и нисходящую часть. От восходящей части отходят *коронарные артерии*, снабжающие кровью сердце. Проходя через сердечную мышцу, они впадают в правое предсердие. От дуги аорты отходят: слева – левая общая сонная и подключичная артерии, справа – плечеголовный ствол, разделяющийся на правые общую сонную и подключичную артерии. По этим артериям кровь идет к голове и верхним конечностям. От нисходящей части аорты отходят артерии к органам грудной и брюшной полостей; на уровне 4-го поясничного позвонка аорта разделяется на 2 общие подвздошные артерии, каждая из которых делится на наружную и внутреннюю, от них идут артерии к нижним конечностям. При сокращении левого желудочка кровь выбрасывается в аорту, а затем по артериям и артериолам попадает в капилляры внутренних органов, где происходит газообмен. Из капилляров после отдачи кислорода и питательных веществ и насыщения диоксидом углерода и продуктами диссимиляции венозная кровь собирается в вены, затем в вены (яремные, подключичные, плечеголовые, кишечную, воротную, почечные, подвздошные и коронарный синус). Через верхнюю и нижнюю полые вены кровь попадает в правое предсердие.

.....
Во всех артериях большого круга кровообращения течет артериальная кровь, а в венах – венозная.
.....

Малый круг кровообращения начинается от правого желудочка легочным стволом, который делится на 2 легочные артерии, несущие венозную кровь к легким. Кровь, поступающая в легочную артерию, находится под давлением около 16 мм рт. ст. Артерии входят в легкие через ворота и распадаются на более мелкие артерии, арте-

риолы, а затем на капилляры. Капилляры густо оплетают стенки *альвеол*, где происходит газообмен. Насыщенная кислородом артериальная кровь по 4 легочным венам поступает в левое предсердие.

.....
В артериях малого круга кровообращения течет венозная кровь, а в венах – артериальная.
.....

У плода малый круг кровообращения не функционирует.

ДВИЖЕНИЕ КРОВИ ПО СОСУДАМ. КРОВЯНОЕ ДАВЛЕНИЕ. ПУЛЬС

Закономерности движения крови по сосудам были открыты в 1628 г. английским анатомом и врачом В. Гарвеем. Кровь движется по сосудам из области более высокого давления в область более низкого давления в результате:

♦ *ритмической работы сердца.* Работа сердца создает и поддерживает разность давления в сосудах. Во время сокращения сердце под давлением выталкивает кровь в артерии;

♦ *присасывающего действия грудной клетки.* Это действие заключается в том, что во время вдоха давление в ней ниже атмосферного, а в брюшной полости, где находится большая часть крови, – выше атмосферного;

♦ *наличия клапанов в венах;*

♦ *сокращения скелетной мускулатуры, сдавливающей вены.* При этом находящиеся в них клапаны способствуют току крови по направлению к сердцу.

В сосудах кровь встречает сосудистое (периферическое) сопротивление, которое зависит от их просветов: чем меньше диаметр сосуда, тем больше сопротивление. Поэтому скорость тока крови зависит от суммарного просвета сосудов. Скорость кровотока в аорте – 0,5 м/с, в полых венах – 0,25 м/с, в артериях – 0,2 м/с, в венах – 0,1–0,2 м/с, в капиллярах – 0,5 мм/с.

Кровяное давление – давление крови на стенки сосудов, создаваемое силой сокращения желудочков сердца. Энергия крови по мере продвижения расходуется на трение ее частиц друг о друга, о стенки сосудов и на сообщение скорости току крови, поэтому давление крови по ходу сосудов (от артерий к венам) постепенно уменьшается.

В аорте давление равно 150 мм рт. ст., в артериях – 120 мм рт. ст., в капиллярах – 20 мм рт. ст., а в полых венах оно отрицательное (ниже атмосферного).

Величина артериального (кровенного) давления (АД) зависит от объема циркулирующей крови, состояния стенок (тонуса) сосудов и миокарда, вязкости крови. Артериальное давление подвержено колебаниям, связанным с фазами работы сердца. Во время систолы желудочков оно более высокое – это максимальное – *систолическое* – давление, во время расслабления – минимальное – *диастолическое*. Артериальное давление измеряется обычно в плечевой артерии. В норме у взрослого человека систолическое давление равно 120–140 мм рт. ст., диастолическое – 65–80 мм рт. ст. (у пожилых людей оно повышается). Повышение АД называется *гипертонией*, а понижение – *гипотонией*.

Если нарушена нервная регуляция и преобладает влияние симпатической части вегетативной нервной системы, АД у человека повышается, если преобладает влияние парасимпатической части вегетативной нервной системы – АД понижается. Сосудодвигательный центр находится в продолговатом мозге. **Гуморальная регуляция** осуществляется гормоном надпочечников *адреналином*. Он вызывает усиление работы сердца и сужение сосудов, что приводит к повышению АД.

Кровь из сердца выбрасывается порциями, но по кровеносным сосудам она течет непрерывной струей. В момент сокращения левого желудочка кровь поступает в аорту, растягивая ее стенки. Диаметр аорты увеличивается. Во время расслабления сердца вследствие эластичности стенки аорты возвращаются в исходное положение. Так возникают колебательные движения стенки аорты, которые благодаря ее упругости и эластичности распространяются с определенной скоростью через артерии до артериол.

.....
Пульс – ритмические колебания стенок артерий, вызываемые повышением давления в период систолы.
.....

Скорость пульсовой волны по сравнению со скоростью тока крови во много раз больше. Пульс определяют на артериях, которые лежат поверхностно на костях (лучевая, височная артерии). У здорового человека пульс ритмичный, 60–80 ударов в минуту. Учащение пульса называет-

ся *тахикардией*, а урежение – *брадикардией*. При некоторых заболеваниях у человека наблюдается нарушение ритма сердечных сокращений – *аритмия*.

ГИГИЕНА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Гигиена сердечно-сосудистой системы – это комплекс условий, при которых сердце и сосуды обеспечивают нормальную циркуляцию крови и выполнение ею своих функций.

Люди, занимающиеся физкультурой и спортом, имеют хорошо развитую мускулатуру и тренированное сердце, которое может работать в более экономичном режиме, благодаря чему организм способен переносить большие физические и эмоциональные нагрузки.

Неблагоприятное воздействие на функцию сердечно-сосудистой системы оказывают **гиподинамия**, возникновению которой способствуют снижение физической активности и увеличение умственной нагрузки; избыточное питание, алкоголь и никотин.

Алкоголь вызывает сужение сосудов, нарушает использование тканями кислорода в процессе тканевого дыхания и приводит к ухудшению питания ткани сердца, способствуя развитию ишемической болезни сердца, атеросклероза (уплотнение коронарных сосудов за счет накопления холестерина), инфаркта миокарда (омертвление участка сердца в области миокарда), гипертонической болезни (стойкое повышение артериального давления) и т. п.

Никотин стимулирует выделение надпочечниками гормонов, что приводит к спазму сосудов. Вследствие этого повышается АД, и сердце затрачивает больше энергии, чтобы обеспечивать движение крови по сосудам. В крови при курении накапливается карбоксигемоглобин, что ухудшает снабжение сердца и других органов кислородом. Вещества, всасываемые из табачного дыма, нарушают усвоение витаминов (недостаток витамина С способствует отложению холестерина в стенках сосудов). В результате просвет сосудов уменьшается (курение – фактор риска развития ишемической болезни сердца).

Для диагностики заболеваний сердца применяют *электрокардиографию* (запись электрических потенциалов работающего сердца). На электрокардиограмме выявляются

различные зубцы, отражающие работу предсердий (зубец Р) и работу желудочков (комплекс зубцов Q₁RST).

Особенно опасны для жизни кровотечения, которые возникают при нарушении целостности кровеносных сосудов. Кровотечения бывают *внешние* (кровь изливается наружу) и *внутренние* (кровь изливается в орган, полость, межтканевые промежутки). При внутренних кровотечениях образуется *гематома* (ограниченное скопление крови, являющееся результатом повреждения кровеносных сосудов). В зависимости от пораженного сосуда кровотечения бывают капиллярные, артериальные и венозные. При *венозном кровотечении* кровь темная, не пульсирует, при *артериальном* – алая, пульсирует, при *капиллярном* – рана небольшая и кровь как бы сочится.

Первая медицинская помощь при кровотечении. При *капиллярном кровотечении* рану промывают дезинфицирующим средством и зажимают марлевым тампоном (повязку можно не накладывать). При *венозном кровотечении* края раны обрабатывают дезинфицирующими средствами, накладывают давящую повязку; в случае сильного кровотечения накладывают жгут. *Артериальное кровотечение* – самое опасное и его трудно остановить, так как в артериях высокое давление и большая скорость тока крови. Для остановки артериального кровотечения жгут накладывают выше раны, а для остановки венозного – ниже раны. Жгут накладывают зимой не более чем на 1 ч, летом не более чем на 2 ч.

ДЫХАНИЕ

ОРГАНЫ ДЫХАНИЯ, ИХ СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ. ГОЛОСОВОЙ АППАРАТ

.....
Дыхание – совокупность физиологических процессов, обеспечивающих газообмен между организмом и внешней средой (внешнее дыхание) и окислительные процессы в клетках, в результате которых выделяется энергия (внутреннее дыхание).
.....

При дыхании в клетки поступает кислород и удаляется диоксид углерода. Энергия, выделяющаяся в результате

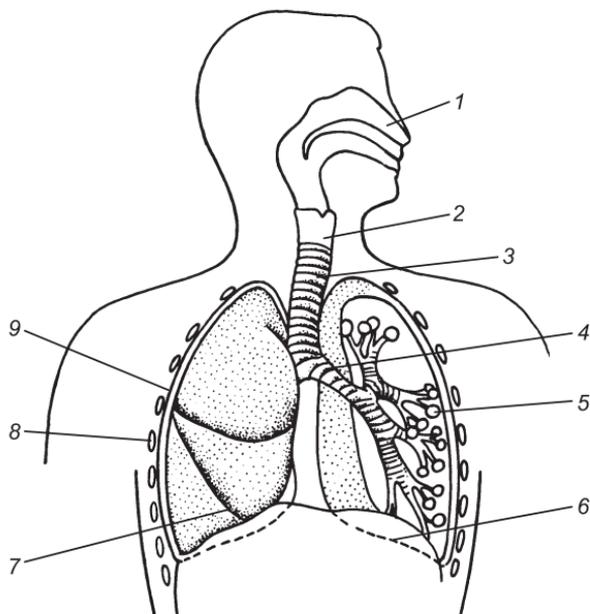


Рис. 88. Органы дыхательной системы:

1 – носовая полость; 2 – гортань; 3 – трахея; 4 – левый бронх;
5 – альвеолы; 6 – диафрагма; 7 – доли легкого; 8 – ребра; 9 – плевра

окисления органических веществ, обеспечивает разнообразные процессы жизнедеятельности организма.

Газообмен осуществляет **дыхательная система**, состоящая из дыхательных путей и легких (рис. 88). **Дыхательные пути** включают: носовую полость, носоглотку, ротоглотку, гортань, трахею, бронхи, бронхиолы. Все они имеют хрящевой остов (за исключением бронхиол) и мерцательный эпителий.

Через ноздри воздух поступает в носовую полость (носовое дыхание). Полость носа является начальным отделом дыхательных путей. Костно-хрящевой перегородкой носа она делится на левую и правую половины. В каждой половине полости носа различают преддверие носа и собственно полость носа. Слизистая оболочка преддверия носа покрыта многослойным плоским эпителием, содержит потовые и сальные железы и корни жестких волос (вибрисс). На боковых стенках полости носа располагаются *верхняя, средняя и нижняя носовые раковины*. Ра-

ковины участвуют в образовании верхнего, среднего и нижнего носовых ходов. *Верхний носовой ход* располагается между верхней и средней носовыми раковинами. *Средний носовой ход* ограничен нижней и средней носовой раковинами. *Нижний носовой ход* ограничен дном полости носа и нижней носовой раковиной; в переднем отделе этого хода находится отверстие *носолезного канала*. С носовой полостью связаны воздухоносные *пазухи соседних костей* (*придаточные пазухи носа*: верхнечелюстная (*гайморова*), лобная, ячейки решетчатой кости и клиновидная пазуха). Околоносовые (придаточные) пазухи открываются в носовые ходы. Нередко придаточные пазухи являются очагами воспалительных процессов – *синуситов* (*гайморит*). Сзади носовая полость сообщается через внутренние отверстия (*хоаны*) с носоглоткой. Ф у н к ц и и носовой полости: очищение воздуха от пыли и микроорганизмов (благодаря мерцательному эпителию и лейкоцитам); согревание и увлажнение воздуха (благодаря большому количеству кровеносных сосудов и слизистых желез); в слизистой верхнего носового хода находятся *обонятельные рецепторы*.

Из носовой полости через хоаны воздух проходит в носоглотку, затем в ротоглотку, в которой пересекаются дыхательные и пищеварительные пути. Далее воздух поступает в гортань, вход в которую во время проглатывания пищи закрывает надгортанник.

Гортань – полый орган воронкообразной формы, который сверху прикреплен к подъязычной кости, а внизу переходит в трахею (рис. 89). Гортань образована хрящами, поперечно-полосатыми мышцами и выстлана слизистой оболочкой.

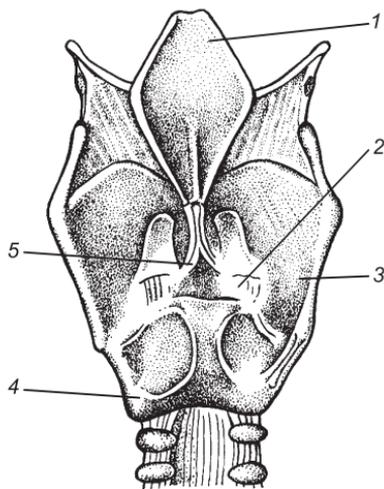


Рис. 89. Гортань:
1 – надгортанник; 2 – черпаловидный хрящ; 3 – щитовидный хрящ; 4 – перстневидный хрящ; 5 – голосовая связка

Хрящи гортани: 3 непарных (щитовидный, перстневидный и надгортанник) и 3 парных (черпаловидные, рожковидные и клиновидные).

Щитовидный хрящ состоит из двух четырехугольных пластинок, соединенных спереди под определенным углом. У мужчин этот угол меньше, чем у женщин, поэтому хрящ выступает вперед, образуя *кадык*. На боковых стенках полости гортани имеются 2 парные складки слизистой, выступающие в просвет полости гортани: верхние – преддверные и нижние – голосовые складки, в которых находятся голосовые связки и голосовые мышцы. *Голосовые связки* натянуты от черпаловидных хрящей к внутренней поверхности щитовидного хряща. Между ними находится *голосовая щель*. Звуки возникают в результате натяжения и колебания голосовых связок во время выдоха. В их формировании также участвуют язык, мягкое нёбо, надгортанник, щеки и зубы. У мужчин голосовые складки длиннее и толще, чем у женщин (поэтому голос у них более грубый и низкий).

На уровне VI–VII шейных позвонков гортань переходит в трахею (длина 10–13 см и диаметр 1,5–2,5 см), которая состоит из 16–20 хрящевых полуколец (сзади со стороны пищевода хрящевые полукольца соединены плотной соединительно-тканной перепонкой). Спереди к трахее прилежат перешеек щитовидной железы, вилочковая железа, кровеносные сосуды, с боков – доли щитовидной железы.

На уровне IV–V грудных позвонков трахея делится на 2 главных бронха. Длина правого главного бронха около 3 см (6–8 хрящевых колец), диаметр 1,5–2,5 см, длина левого главного бронха 4–6 см, диаметр 1–2 см (9–12 хрящевых колец). Правый бронх расположен более вертикально, чем левый и, таким образом, является продолжением трахеи. Бронхи входят в легкие.

Легкие занимают почти всю грудную полость. Правое легкое короче и шире, левое – длиннее и уже. Правое легкое состоит из *трех долей* (верхней, средней и нижней), левое – из *двух* (верхней и нижней). Каждое легкое имеет форму неправильного конуса; в нем различают суженную часть – *верхушку* и нижнюю расширенную часть, прилежащую к диафрагме, – *основание*. На внутренней поверхности легких находятся *ворота легких*, через которые в них входят бронхи, нервы и легочные сосуды. Комплекс этих образований называют *корнем легкого*.

Главные бронхи в воротах легкого делятся на *долевые бронхи* (второго порядка): три – в правом легком и два – в левом. Долевые бронхи дихотомически ветвятся на *сегментарные бронхи* (третьего порядка), которые в свою очередь делятся на ветви с постепенным убыванием диаметра (образуется 8–10 порядков ветвления). Бронхи диаметром около 1 мм (11–13-й порядки) называются *дольковыми* (в стенке есть хрящ); дольковые бронхи дают 18–20 *концевых бронхиол* (их стенка представлена слизистой оболочкой, которая покрыта реснитчатым эпителием, и мышечной оболочкой). Вся совокупность бронхов в легких называется *бронхиальным деревом*. Концевые бронхиолы дихотомически делятся на дыхательные бронхиолы (на стенках имеются легочные альвеолы). Каждая дыхательная бронхиола образует 8–9 *альвеолярных ходов*, которые, расширяясь, образуют слепо заканчивающиеся *альвеолярные мешочки*; стенки последних состоят из многочисленных легочных *альвеол*, где непосредственно происходит газообмен. Дыхательные бронхиолы, альвеолярные ходы, альвеолярные мешочки и легочные альвеолы в совокупности составляют *альвеолярное дерево*.

Стенки альвеол состоят из однослойного эпителия, тонкого слоя эластических волокон и густо оплетены капиллярами. Их диаметр 0,2–0,3 мм. В легких насчитывается 300–400 млн альвеол. Один кубический сантиметр легочной ткани имеет общую газообменную поверхность 300 см². Общая поверхность легких (площадь дыхательной поверхности) составляет 60–150 м².

Все структуры, происходящие из одной конечной бронхиолы, образуют структурно-функциональную единицу легкого – *ацинус* (гроздь), которых в обоих легких около 20 000.

Снаружи легкие покрыты *плеврой*, состоящей из *двух листков*: *наружного – пристеночного*, выстилающего грудную клетку изнутри и срастающегося с диафрагмой и межреберными мышцами, и *внутреннего*, покрывающего все легкое. Между листками находится *плевральная полость*, в которой имеется жидкость (2–5 мл), увлажняющая листки плевры, благодаря чему уменьшается ее трение во время дыхания. В полости плевры воздуха нет и давление там отрицательное. При сокращении и рас-

слаблении дыхательных мышц (межреберных и диафрагмы) объем плевральной полости изменится.

Основная функция легких – обеспечение газообмена между внешней средой и организмом. Физиологическая роль легких не ограничивается газообменом. Их сложному строению соответствует и многообразие функциональных проявлений: секреторно-выделительная функция, участие в обмене веществ (водном, липидном и солевом с регулирующей хлорного баланса). Считается, что легкие обладают развитой системой клеток, обеспечивающих фагоцитоз.

ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ И ТКАНЯХ

Газообмен в легких и тканях осуществляется в несколько этапов.

Внешнее (легочное) дыхание. При спокойном вдохе в организм человека поступает около 500 мл вдыхаемого воздуха, в котором содержится 79% азота, 20,9% кислорода и 0,03% диоксида углерода; 360 мл вдыхаемого воздуха заполняет альвеолы легких, а 140 мл остается в дыхательных путях (воздух *мертвого пространства*). В смеси газов, каковой является воздух, давление каждого газа определяется его процентным содержанием и носит название *парциального давления* (от лат. pars – часть). Во вдыхаемом воздухе парциальное давление кислорода составляет 104 мм рт. ст., а парциальное давление диоксида углерода – 40 мм рт. ст. В венозной крови, находящейся в капиллярах альвеол, парциальное напряжение кислорода – 40 мм рт. ст., а парциальное напряжение диоксида углерода – 47 мм рт. ст. Между вдыхаемым воздухом и венозной кровью газообмен происходит путем *диффузии* (разность парциального давления газов обеспечивает переход их из области большего в область меньшего давления), поэтому кислород поступает в кровь, и она становится артериальной, а диоксид углерода идет в альвеолы, где образуется альвеолярный воздух (80% азота, 14,4% кислорода и 5,6% диоксида углерода); 360 мл альвеолярного воздуха соединяется со 140 мл воздуха мертвого пространства и образуется 500 мл выдыхаемого воздуха (79% азота, 16,3% кислорода и 4% диоксида углерода).

Транспорт газов кровью. Артериальная кровь, содержащая оксигемоглобин, по легочным венам поступает в

левое предсердие, затем в левый желудочек и в аорту. По артериям большого круга кровообращения она поступает к внутренним органам и тканям.

Внутреннее (тканевое) дыхание. Парциальное напряжение кислорода в артериальной крови равно 70 мм рт. ст., а напряжение диоксида углерода – 40 мм рт. ст. Находящаяся в капиллярах внутренних органов артериальная кровь контактирует с межклеточной жидкостью, в которой парциальное напряжение кислорода – 0 мм рт. ст., а парциальное напряжение диоксида углерода – 60 мм рт. ст. Между артериальной кровью и клетками газообмен происходит по градиенту концентрации, поэтому диоксид углерода поступает в кровь и она становится венозной; кислород же идет в межклеточную жидкость, а из нее в клетки и ткани. Большая часть диоксида углерода не растворяется в плазме, а направляется в эритроциты. Здесь он взаимодействует с водой, образуя нестойкую угольную кислоту:



Данная реакция протекает с участием специального фермента *карбоангидразы*. В эритроцитах H_2CO_3 диссоциирует на ион H^+ и бикарбонатный ион HCO_3^- . Образовавшийся HCO_3^- поступает из эритроцитов в плазму. Около 10% диоксида углерода взаимодействует с гемоглобином, образуя карбгемоглобин.

Транспорт газов кровью. Содержащая карбгемоглобин и карбонаты венозная кровь по венам большого круга кровообращения попадает в верхнюю и нижнюю полые вены, затем в правое предсердие, правый желудочек, в легочной ствол, в легочные артерии и в капилляры альвеол. Здесь HCO_3^- и карбонаты вновь проникают в эритроциты, где карбоангидраза ускоряет образование диоксида углерода и воды. Диоксид углерода поступает в альвеолы и выходит наружу в составе выдыхаемого воздуха.

МЕХАНИЗМ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ

Газообмен в легких происходит в результате ритмичных **дыхательных движений** – вдоха и выдоха, непрерывно следующих один за другим. У взрослого человека происходит 16–18 дыхательных движений в минуту. Легкие

не содержат мышечной ткани, и дыхательные движения совершаются с помощью мышц грудной клетки: межреберных, грудных и диафрагмы.

При вдохе происходит увеличение объема грудной полости за счет поднятия ребер (сокращение наружных межреберных мышц) и опускания купола диафрагмы. В плевральной полости возникает отрицательное давление, поэтому одновременно с увеличением объема грудной клетки расширяются и легкие. Давление в них становится ниже атмосферного, и воздух по дыхательным путям устремляется в легкие. Г л у б о к и й в д о х происходит за счет дополнительного сокращения мышц шеи, плечевого пояса и грудных мышц.

При выдохе объем грудной клетки и легких самопроизвольно уменьшается вследствие расслабления наружных межреберных мышц, опускания ребер и подъема купола диафрагмы. Давление в альвеолах возрастает, и воздух выходит по дыхательным путям из легких. Г л у б о к и й в ы д о х происходит за счет сокращения внутренних межреберных, грудных мышц и мышц живота.

Для акта дыхания очень важно состояние легочной ткани, которая обладает эластичностью, т. е. оказывает определенное противодействие растяжению. При растяжении легочная ткань стремится вернуться в исходное состояние. Легкие развивают силу, противодействующую давлению, которое оказывает воздух на их стенки, и эта сила тем больше, чем больше растяжение легкого.

ЖИЗНЕННАЯ ЕМКОСТЬ ЛЕГКИХ

.....
Жизненная емкость легких – максимальное количество воздуха, которое можно выдохнуть после глубокого вдоха.

Жизненная емкость легких колеблется от 3500 до 4800 мл у мужчин и от 3000 до 3500 мл у женщин. У физически тренированных лиц она достигает 6000–7000 мл. Жизненную емкость легких определяют с помощью прибора *спирометра*.

Жизненная емкость легких включает три компонента: дыхательный объем, резервный объем вдоха и резервный объем выдоха. При обычном дыхании человек вдыхает и выдыхает около 500 мл воздуха, что составляет *дыхательный объем*. После спокойного вдоха человек может еще вдохнуть примерно 1500 мл воздуха (*резервный объем вдоха*). После спокойного выдоха человек может еще выдохнуть около 1500 мл воздуха (*резервный объем выдоха*).

После максимального выдоха в легких (альвеолах) остается около 1200 мл воздуха (*остаточный объем*). Уменьшение объема альвеол при выдохе не приводит к их спадению (слипанию) благодаря *сурфактантам* – поверхностно-активным веществам (смесь белков и фосфолипидов), смачивающим альвеолы изнутри, поэтому легкие полностью не спадаются и находятся в расправленном состоянии.

НЕРВНАЯ И ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ДЫХАНИЯ

Нервная регуляция дыхания осуществляется дыхательным центром продолговатого мозга, который координирует ритмическую деятельность мышц, принимающих участие в дыхании (сокращение и расслабление), вызывая поочередно вдох и выдох. Центры регуляции дыхания находятся и в коре больших полушарий головного мозга (человек может сознательно изменять ритм и глубину дыхания при разговоре, пении, физических упражнениях).

Автоматия дыхательного центра (регуляция дыхания) обусловлена импульсами от нервных окончаний легких, сосудов, мышц. Сжатие легких во время выдоха сопровождается возбуждением рецепторов альвеол, и в них возникают нервные импульсы. Импульсы по центростремительным (афферентным) волокнам передаются в дыхательный центр. В дыхательном центре активируется центр вдоха и тормозится центр выдоха. От центра вдоха импульсы по центробежным (эфферентным) волокнам поступают к диафрагме и межреберным мышцам. Они сокращаются, купол диафрагмы опускается, ребра поднимаются, объем грудной клетки увеличивается и происходит вдох.

При вдохе за счет растяжения легких в рецепторах стенок альвеол возникает возбуждение, которое трансформируется в нервные импульсы и по центростремительным волокнам передается в дыхательный центр. В дыхательном центре тормозится центр вдоха и активируется центр выдоха. Межреберные мышцы и диафрагма перестают получать возбуждение от дыхательного центра и расслабляются, ребра опускаются, купол диафрагмы поднимается, объем грудной клетки уменьшается и происходит выдох. Таким образом, вдох рефлекторно вызывает выдох, а выдох стимулирует вдох.

Гуморальная регуляция дыхания осуществляется за счет разности парциальных напряжений диоксида углерода в крови. Увеличение его содержания в крови, омывающей дыхательный центр, повышает возбудимость этого центра, – и дыхание становится более частым и глубоким. Такое дыхание продолжается до тех пор, пока содержание диоксида углерода в крови не снизится до нормального уровня. На уменьшение содержания диоксида углерода в крови дыхательный центр отвечает понижением возбудимости вплоть до полного прекращения своей деятельности на некоторое время, до установления нормального уровня содержания диоксида углерода. Повышение возбудимости дыхательного центра и углубление дыхания также могут вызвать снижение содержания кислорода в крови и применение некоторых лекарственных препаратов, поступающих в кровь.

Защитными дыхательными рефлексами являются *кашель* и *чихание*, которые способствуют удалению попавших в дыхательные пути инородных частиц, слизи и т. п.

ГИГИЕНА ДЫХАНИЯ

Гигиена дыхания – комплекс требований, направленных на поддержание нормального функционирования дыхательной системы. Этому способствуют: проветривание рабочей зоны на производстве; влажная уборка помещений; прогулки на свежем воздухе; занятия физическими упражнениями на свежем воздухе; дыхательная гимнастика; использование марлевых повязок или респираторов при работах, связанных с повышенным загрязнением воздуха. При несоблюдении требований гигиены дыхания

развиваются различные заболевания: бронхит, пневмония, туберкулез и др. Основной путь передачи этих заболеваний – воздушно-капельный (при чихании, кашле, разговоре с больным человеком), иногда возбудители заболеваний попадают в организм с пылью.

Никотин вызывает хронические воспалительные процессы в легких и бронхах. Табачный дым содержит канцерогенные вещества (*бензопирен*), поэтому у курящих людей часто развивается рак легких.

Негативное воздействие на дыхательную систему оказывает *отравление угарным и бытовым* (пропан-бутановой смесью) *газами*: у пострадавших появляются головная боль, рвота, судороги, происходит потеря сознания; при остановке дыхания через 4–5 мин погибают клетки головного мозга. В случае потери сознания и остановки дыхания необходимо применять и *искусственное дыхание* (рот в рот, рот в нос), при котором частота поступления воздуха в организм пострадавшего должна составлять 16–18 раз в минуту. В выдыхаемом воздухе содержится 16% кислорода (достаточно для обеспечения газообмена) и 4% диоксида углерода (гуморальная стимуляция дыхательного центра).

ПИЩЕВАРЕНИЕ

ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ И ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Для нормальной жизнедеятельности организм нуждается в строительном материале, энергии, витаминах, минеральных солях и воде, которые поступают с пищей. Пищевые продукты становятся доступными клеткам организма только после их расщепления в пищеварительной системе и дальнейшего усвоения (всасывания мономеров).

Пищевые продукты – это то, чем питается человек (хлеб, мясо, молоко, яйца, фрукты, овощи и др.). Они бывают растительного и животного происхождения, содержат разное количество питательных веществ и имеют различную энергетическую ценность. **Продукты животного происхождения** являются источниками преимущественно белков и жиров. Большое количество белков содержится в мясе (от 14 до 21%), рыбе, молоке и

продуктах его переработки. *Животные белки* наиболее ценны (содержат незаменимые аминокислоты: триптофан, фенилаланин и др.). Они усваиваются на 96%. *Животные жиры* поступают в организм в виде сливочного масла, сыра, сметаны, свиного сала. Продукты растительного происхождения, благодаря высокому содержанию в них углеводов (около 80% сухих веществ), являются источниками энергии. Они содержат также 8–23% белков. Однако *растительные белки* бедны незаменимыми аминокислотами. *Растительные жиры* поступают в организм в виде растительного масла. Овощи, фрукты, ягоды и соки из них – источники витаминов, ферментов и микроэлементов. Клетчатка, пектиновые вещества, органические кислоты продуктов растительного происхождения стимулируют секрецию пищеварительных соков, создают массу кишечного содержимого, способствуют перистальтике и опорожнению кишечника.

Питательные вещества (белки, жиры, углеводы) – это органические соединения, являющиеся для организма строительным материалом и источником энергии (при окислении 1 г белка или 1 г углеводов выделяется 17,6 кДж; 1 г жира – 38,9 кДж энергии).

.....
Пищеварение – это процессы механического и химического изменения продуктов и питательных веществ, протекающие в пищеварительной системе.

Механическая обработка пищи – это измельчение, перетирание, перемешивание пищи до состояния кашицы. *Химическая обработка пищи* осуществляется с помощью пищеварительных соков, содержащих пищеварительные ферменты (табл. 7).

Таблица 7

Функции различных отделов пищеварительной системы

| Отдел пищеварительной системы | Основные функции |
|-------------------------------|---|
| 1 | 2 |
| Ротовая полость | Смачивание пищи слюной, перетирание, измельчение, формирование пищевого комка, начальное расщепление углеводов, всасывание некоторых лекарств |

| 1 | 2 |
|---------------------------|--|
| Глотка | Проглатывание пищи |
| Пищевод | Продвижение пищи |
| Желудок | Пропитывание пищи желудочным соком, перетирание, расщепление белков, эмульгированных жиров молока, всасывание воды, лекарств |
| Двенадцатиперстная кишка | Обработка пищи желчью и соком поджелудочной железы, расщепление белков, жиров и углеводов |
| Тощая и подвздошная кишка | Окончательное расщепление белков, жиров и углеводов, всасывание воды, аминокислот, моносахаридов, жирных кислот и глицерола |
| Толстый кишечник | Формирование каловых масс, всасывание воды и минеральных солей |
| Прямая кишка | Выведение каловых масс |

ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫЕ ФЕРМЕНТЫ

Химическая обработка пищи начинается в ротовой полости, а заканчивается в тонком кишечнике. Она осуществляется под действием ферментов.

Ферменты – это биологически активные вещества белковой природы, способные ускорять биохимические реакции.

Молекулы ферментов имеют активный центр – специфическую группу аминокислот. Расщепляя органические вещества в пищеварительном канале, ферменты являются катализаторами. Пищеварительные ферменты образуются в слюнных железах, желудке, поджелудочной железе, кишечнике.

Свойства пищеварительных ферментов:

♦ *специфичность*. Каждый фермент расщепляет питательные вещества только определенной группы, поэтому выделяют следующие ферменты:

- *протеолитические* (пепсин и химозин желудочного сока, трипсин и химотрипсин сока поджелудочной железы, энтерокиназа, аминопептидаза, карбоксипептидаза кишечного сока) – расщепляют белки до полипептидов и аминокислот;

- *липолитические* (липазы желудочного сока, сока поджелудочной железы и тонкого кишечника) – расщепляют жиры до глицерола и жирных кислот;

- *амилолитические* (амилаза и мальтаза слюны, амилаза, мальтаза, лактаза, сахараза сока поджелудочной железы и тонкого кишечника) – расщепляют углеводы до дисахаридов и моносахаридов;

- *нуклеолитические* (нуклеазы сока поджелудочной железы и тонкого кишечника) – расщепляют нуклеиновые кислоты до нуклеотидов;

- ♦ *действие только в определенной химической среде.* Например, пепсин (фермент желудочного сока) активен только в кислой среде, а для работы ферментов кишечника необходима щелочная среда;

- ♦ *действие только при определенной температуре.* Оптимальная температура – 36...37 °С. При изменении этих условий снижается активность ферментов, что приводит к нарушению пищеварения и к различным заболеваниям;

- ♦ *высокая биохимическая активность.* Небольшое количество фермента может расщеплять большую массу органического вещества.

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ РОТОВОЙ ПОЛОСТИ. РЕГУЛЯЦИЯ СЛЮНООТДЕЛЕНИЯ

Ротовая полость образована губами, щеками, нёбом, языком и мышцами дна ротовой полости (рис. 90). Стенки полости рта выстланы слизистой оболочкой, содержащей многочисленные мелкие железы, выделяющие слюну. Губы представляют собой складки, основу которых составляет круговая мышца рта. Спереди они покрыты кожей, сзади – слизистой оболочкой. Основу щек и составляет щечная мышца, к которой снаружи прилежит *жировое тело щеки*, хорошо выраженное у грудных детей (играет важную роль при сосании).

Нёбо состоит из твердого нёба и мягкого нёба. *Твердое нёбо* представлено отростками верхних челюстей и горизонтальными пластинками нёбных костей. Оно также является дном полости носа. Слизистая оболочка твердого нёба содержит большое количество мелких слюнных желез. *Мягкое нёбо* является продолжением твердого нёба и представлено слизистой оболочкой и двумя парными

мышцами. Задняя часть мягкого нёба свисает вниз, является задней стенкой полости рта, образует нёбную занавеску, которая заканчивается нёбным язычком.

Зубами верхней и нижней челюсти ротовая полость делится на *преддверие* и *собственно полость рта*. Зачатки зубов закладываются в период эмбрионального развития. На 5–6-м месяце после рождения развивается первая генерация зубов – *молочные* (их 20), которые с 6 лет начинают заменяться *постоянными*. *Малые коренные* и *зубы мудрости* (третьи большие коренные) вырастают, минуя стадию молочных. *Зубная формула молочных зубов* по половинам верхней и нижней челюстей расшифровывается следующим образом: 2 резца, 1 клык, 0 малых коренных зубов и 2 больших коренных зуба:

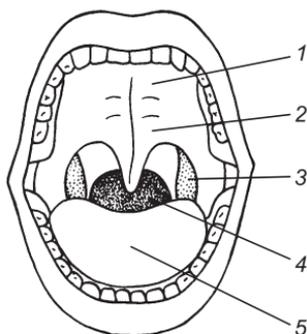


Рис. 90. Ротовая полость: 1 – твердое нёбо; 2 – мягкое нёбо; 3 – нёбные миндалины; 4 – зев; 5 – язык.

| | |
|---------|---------|
| 2 0 1 2 | 2 1 0 2 |
| 2 0 1 2 | 2 1 0 2 |

Всего у взрослого человека 32 зуба: 8 резцов, 4 клыка, 8 малых и 12 больших коренных.

Зубная формула постоянных зубов по половинам верхней и нижней челюстей расшифровывается следующим образом: 2 резца, 1 клык, 2 малых коренных и 3 больших коренных зуба:

| | |
|---------|---------|
| 3 2 1 2 | 2 1 2 3 |
| 3 2 1 2 | 2 1 2 3 |

Резцы и *клыки* обеспечивают откусывание пищи (отрезание и разрывание), *малые (премоляры)* и *большие (моляры)* *коренные зубы* – размельчение и растирание пищи.

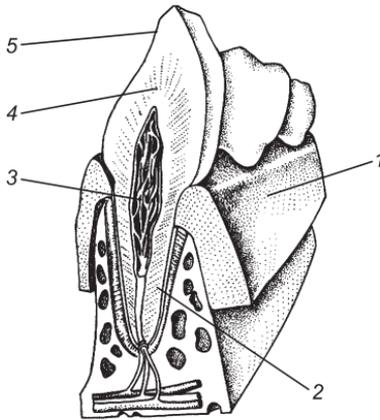


Рис. 91. Строение зуба:
1 – десна; 2 – цемент; 3 – пульпа; 4 – дентин; 5 – эмаль

Зуб состоит из коронки (отдел, выступающий над десной), шейки (суженная часть в области перехода коронки в корень) и корня (часть, которая помещается в альвеоле и соединена с ней надкостницей). *Количество корней зубов:* резцы, клыки, малые коренные – 1; большие коренные нижней челюсти – 2; большие коренные верхней челюсти – 3. Вещество зуба образовано твердыми тканями: дентином, эмалью и зубным цементом (рис. 91). Основу

зуба составляет *дентин*, покрытый на коронке *эмалью* (видоизмененная эпителиальная ткань), а на шейке и корне *зубным цементом*. В полости коронки и в канале корня находится мякоть – *пульпа* – зуба, представленная рыхлой соединительной тканью, сосудами и нервами.

Смыкание верхних резцов с нижними резцами называется *прикусом*. При правильном прикусе (*ортогнатия*) верхние резцы находятся впереди нижних резцов.

Язык – мышечный орган, образованный поперечно-полосатой мышечной тканью, покрытой слизистой оболочкой, в которой находятся вкусовые рецепторы. Он состоит из *корня, тела* и *верхушки*. На верхушке языка расположены *рецепторы*, воспринимающие сладкое, по бокам языка – кислое и соленое, на корне – горькое.

В ротовую полость открываются протоки *трех пар крупных слюнных желез*: околоушных, поднижнечелюстных и подъязычных. С глоткой она сообщается *зевом*, по бокам которого расположены *миндалины* – скопление лимфоидной ткани, выполняющие защитную функцию в борьбе с болезнетворными микроорганизмами. Миндалины и более мелкие лимфатические узлы ротовой полости образуют *лимфоидное кольцо*.

Пищеварение в ротовой полости – это определение вкусовых качеств пищи, ее измельчение, пропитывание

слюной и первоначальная химическая обработка. Размельчение пищи происходит с помощью зубов и языка. Язык воспринимает вкус и температуру пищи, участвует в формировании пищевого комка и в акте глотания. Секрет слюнных желез – *слюна* – содержит 99% воды, минеральные и органические вещества, обладает слабощелочной реакцией. В сутки вырабатывается 500–1500 мл слюны (в зависимости от вида пищи). Слюна увлажняет пищу, придает ей полужидкую консистенцию и склеивает частицы пищи (за счет белка *муцина*). *Лизоцим* слюны обладает бактерицидным действием. Ферменты *птиалин* (*амилаза*) и *мальтаза* при длительном воздействии способны расщеплять крахмал до моносахаридов (птиалин – до мальтозы, мальтаза – до глюкозы).

Одновременно с обработкой пищи во рту происходит формирование пищевого комка и глотание. Пища находится в полости рта 15–18 с.

.....
Глотание – рефлекторный акт (центр расположен в продолговатом мозге), обеспечивающий прохождение пищевого комка в пищевод.
.....

В данном процессе участвуют мышцы, воспринимающие раздражения от рецепторов языка. Сокращение мышц мягкого нёба приподнимает его и закрывает вход в носовую полость; одновременно надгортанник закрывает вход в гортань и пища за счет сокращения мышц глотки продвигается в пищевод.

Изучением деятельности слюнных желез занимался знаменитый физиолог И.П. Павлов. Разработав *метод фистулы*, он установил, что слюна выделяется рефлекторно. Пища раздражает рецепторы, расположенные в полости рта, и возбуждение по центrostремительным нервам достигает продолговатого мозга, где находится **центр слюноотделения**. От этого центра по центробежным нервам возбуждение идет к слюнным железам, и происходит выделение слюны. Так замыкается дуга безусловного пищевого рефлекса. Существуют и условные слюноотделительные рефлексы на определенные раздражители (выделение слюны у собак при виде и запахе пищи, выделение слюны у человека при разговоре о пище).

ГЛОТКА. ПИЩЕВОД

Глотка – непарный трубчатый (полый) орган, входящий в состав дыхательной и пищеварительной систем. Располагается она позади полостей носа (хоан), рта (зева) и гортани, на передней поверхности глубоких мышц шеи от основания черепа до VI–VII шейных позвонков. Полость глотки подразделяют на три части: верхнюю – носовую (*носоглотку*), среднюю – ротовую (*ротоглотку*) и нижнюю – гортанную. Стенка глотки состоит из трех оболочек: *слизистой* (ресничный эпителий в области носоглотки и многослойный в остальных отделах), *мышечной* (поперечно-полосатая ткань) и *соединительно-тканной*.

Пищевод – мышечная трубка длиной 25–30 см, сплюснутая в передне-заднем направлении. Он обеспечивает продвижение пищевого комка из глотки в желудок. Располагается пищевод на уровне от VI–VII шейных позвонков до X–XI грудных позвонков. В пищеводе выделяют три части: *шейную*, *грудную* и *брюшную*. Стенка пищевода имеет толщину около 4 мм и состоит из трех оболочек: *слизистой* (многослойный эпителий), *мышечной* (поперечно-полосатая ткань в верхней трети и гладкая – в остальной) и *соединительно-тканной*.

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ЖЕЛУДКА.

РЕГУЛЯЦИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ЖЕЛУДОЧНОГО СОКА

Желудок – расширенная часть пищеварительного канала объемом 1,5–3 л (у новорожденного около 7 см³), расположенная под диафрагмой в левом подреберье. Желудок имеет форму изогнутого рога или удлиненного мешка, в связи с чем в нем различают *малую* (*верхнюю*) и *большую* (*нижнюю*) *кривизну*. Слева у начала малой кривизны находится вход в желудок – *кардиальное отверстие*. Выделяют следующие части желудка: верхнюю – *дно* (*свод*), среднюю – *тело* и нижнюю – *пилорическую* (*привратниковую*) *область*. Стенка желудка состоит из трех слоев: наружного – *соединительно-тканного*, среднего – *мышечного* и внутреннего – *слизистого*.

Внутренняя поверхность желудка покрыта слизистой оболочкой, которая образует складки. В толще слизистой оболочки находятся железы (около 14 000 000), выраба-

тывающие желудочный сок. Они состоят из главных и обкладочных клеток. *Главные клетки* вырабатывают *ферменты*, а *обкладочные* – *соляную кислоту* (она создает кислую среду и превращает неактивный пепсиноген в активный пепсин). В железах малой кривизны, дна и тела желудка имеются *добавочные клетки*, в которых вырабатывается слизеподобное вещество (*муцин*) для защиты стенок желудка от раздражения кислотой. Слизистая оболочка быстро восстанавливает свою структуру (регенерирует).

Мышцы стенки желудка (*гладкая мышечная ткань*) состоят из трех слоев: *продольного, кольцевого и косоого*. В месте перехода желудка в двенадцатиперстную кишку кольцевой слой утолщается и образует *сфинктер*.

Желудочный сок бесцветен, содержит 97–98% воды, 1% органических веществ (ферменты), 0,5% минеральных солей, около 0,7% соляной кислоты (рН=1,5–2,2). В сутки выделяется около 2 л желудочного сока.

Пищеварение в желудке происходит под действием желудочного сока. Соляная кислота действует как антисептик и дезинфицирующее вещество, обеззараживающее большинство микроорганизмов, поступающих с пищей. В кислой среде пепсиноген превращается в *пепсин*, расщепляющий белки, в том числе *коллаген*, содержащийся в соединительно-тканых компонентах мяса.

Вследствие сокращений стенок желудка пища перемешивается с желудочным соком, приобретает жидкую консистенцию (*химус*) и переваривается. Белки под действием *пепсина* расщепляются на полипептиды. *Химозин (реннин)*, находящийся в желудочном соке у детей в период молочного вскармливания, створаживает белки молока, *липаза* действует на естественно эмульгированные жиры молока. В желудочном соке нет амилалитических ферментов, но за счет ферментов слюны, которые сохраняются в толще пищевых комков, продолжается переваривание углеводов. В желудке всасываются в небольшом количестве глюкоза, вода, растворенные соли и некоторые лекарственные препараты.

Образование и выделение желудочного сока находится под контролем нервных и гуморальных механизмов. Желудочный сок выделяется в две фазы:

♦ первая фаза секреции – *рефлекторная*, обусловленная раздражением пищей рецепторов полости рта,

глотки, пищевода, а также рецепторов зрительного или слухового анализатора. При этом происходит выделение *запального (аппетитного)* желудочного сока, который подготавливает желудок к восприятию пищи;

♦ вторая фаза секреции – *желудочная (нейрогуморальная)*, связанная с раздражением пищей рецепторов слизистой оболочки желудка (механическое и химическое раздражение). В результате слизистая желудка выделяет в кровь гормон *гастрин*, который активизирует секрецию желез желудка и регулирует двигательную активность желудка и кишечника.

Сильными химическими раздражителями рецепторов желудка являются мясные, рыбные и овощные отвары.

Большой вклад в изучение регуляции выделения желудочного сока и его состава внес И.П. Павлов, предложив использовать *методы фистулы, фистулы с перерезкой пищевода и «изолированного желудочка»*. Два первых метода доказывают существование первой фазы секреции, третий – существование второй фазы секреции.

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ КИШЕЧНИКА. ВСАСЫВАНИЕ

Тонкий кишечник живого человека имеет длину 3–5 м (у мертвого человека из-за отсутствия тонуса гладкой мускулатуры его длина достигает 6–7 м). Он состоит из *двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишок* (рис. 92). Стенка тонкой кишки имеет следующие оболочки: слизистую, мышечную и серозную (соединительно-тканную), покрытую однослойным эпителием. *Слизистая оболочка* образует круговые складки (до 600–700) и ворсинки (до 30 млн; 22–40 на 1 мм² поверхности слизистой в двенадцатиперстной кишке, 18–30 на 1 мм² – в тощей и подвздошной кишках), которые увеличивают всасывающую поверхность тонкой кишки в 1000 раз. *Ворсинки* – это выпячивания в слизистой оболочке пальцевидной или листовидной формы в просвет кишки (высота 0,2–1,5 мм). Они содержат большое количество кровеносных и лимфатических капилляров и снаружи покрыты однослойным эпителием. *Мышечная оболочка тонкой кишки* состоит из гладких мышц, образующих два слоя: внутренний

(кольцевой) и наружный (продольный). Толщина их незначительна. Сокращение кольцевого слоя ведет к сужению просвета кишки, продольного — к расширению, в результате чего возникают перистальтические поступательные движения, обеспечивающие перемешивание и продвижение химуса (пищевой кашицы) в направлении толстой кишки. *Серозная оболочка* кроме двенадцатиперстной кишки покрывает всю тонкую кишку, образуя *брыжейку тонкого кишечника*.

Двенадцатиперстная кишка имеет длину 17–20 см (у мертвого человека она составляет 25–30 см), диаметр 3–5 см. Она подковообразно изгибается. В двенадцатиперстную кишку открываются протоки печени и поджелудочной железы, в ней происходит пропитывание пищи желчью и соком *поджелудочной железы* (*панкреатическим соком*), в котором есть все группы пищеварительных ферментов. При попадании пищи из желудка в двенадцатиперстную кишку соляная кислота стимулирует выделение клетками кишечника гормона *секретина*. Секретин поступает в кровь и разносится по всему телу. При этом часть его попадает в поджелудочную железу и стимулирует выделение панкреатического сока.

Диаметр *тощей кишки* 3,5–4,5 см, длина ее составляет около 40% длины всего тонкого кишечника, диаметр

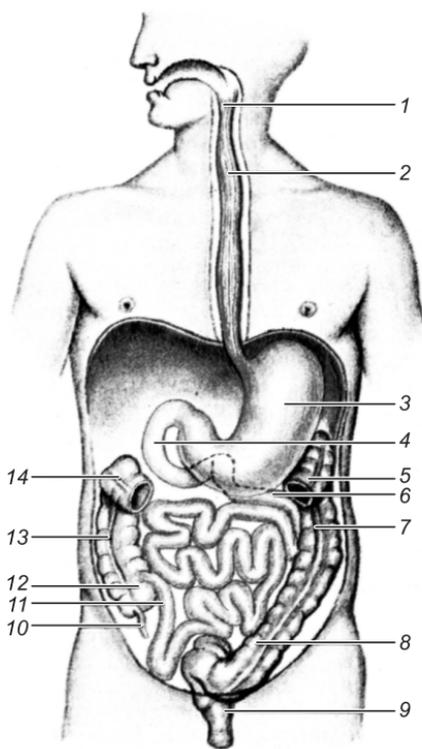


Рис. 92. Схема пищеварительного тракта:

1 – глотка; 2 – пищевод; 3 – желудок; 4 – двенадцатиперстная кишка; 5, 14 – ободочная кишка; 6 – тощая кишка; 7 – нисходящая кишка; 8 – сигмовидная кишка; 9 – прямая кишка; 10 – аппендикс; 11 – поперечная кишка; 12 – слепая кишка; 13 – восходящая кишка

подвздошной кишки – 2,0–2,5 см, ее длина составляет около 60% длины всего тонкого кишечника.

Железы стенки тонкой кишки вырабатывают *кишечный сок*, представляющий собой мутную, вязкую жидкость. За сутки выделяется около 2 л кишечного сока. Реакция среды сока щелочная: в ней нейтрализуется кислая среда поступающего сюда содержимого желудка. Кишечный сок содержит 22 фермента (*энтерокиназа, аминопептидаза, карбоксипептидаза, липаза, амилаза, мальтаза, лактаза, нуклеазы* и др.), расщепляющих различные компоненты пищи.

В тонком кишечнике происходит два вида **пищеварения** – пристеночное и полостное (в просвете). На поверхности ворсинок находятся *микроворсинки* (от 1500 до 3000 на каждой), высотой 0,9–1,25 мкм, диаметром 0,08–0,2 мкм. Они увеличивают всасывательную поверхность тонкой кишки в 30–40 раз и являются местом пристеночного пищеварения (расщепление и транспорт всосавшихся веществ). В этом отделе кишечника пищеварение в основном и заканчивается.

В тонком кишечнике происходит также **всасывание** (путем осмоса, диффузии, активного транспорта). Всасывательная поверхность тонкого кишечника увеличивается за счет складок слизистой, ворсинок и микроворсинок. Ворсинки всасывают воду, аминокислоты, глюкозу и глицерол. Жирные кислоты соединяются со щелочами и желчными кислотами, омыляются, образуя растворимые соли, которые всасываются через стенки ворсинок. В клетках ворсинок из глицерола и жирных кислот синтезируются жиры, поступающие в *лимфатические капилляры ворсинок*. Аминокислоты, нуклеотиды и моносахариды всасываются в *кровеносные капилляры ворсинок* и разносятся по всему организму.

Тонкая кишка переходит в **толстый кишечник**, длиной 1,5–2 м. Он большего диаметра (4–8 см), поэтому и получил такое название, имеет характерные вздутия. В толстом кишечнике выделяют: *слепую кишку* (длина 6–7 см) с *червеобразным отростком*, *восходящую ободочную* (длина 10–20 см), *поперечную ободочную* (длина 30–50 см), *нисходящую ободочную* (длина 10–12 см), *сигмовидную ободочную* (длина 20–70 см) и *прямую кишку* (длина 12–20 см), которая заканчивается *анальным отверстием*. Стенка толстого кишечника имеет следующие

оболочки: слизистую, мышечную и соединительно-тканую. Слизистая толстого кишечника образует складки, ворсинок нет. Мышечная оболочка более развита, чем в тонком кишечнике.

В толстом кишечнике происходит секреция большого количества слизи, **всасывание** воды (до 1 л в сутки), минеральных солей, глюкозы и некоторых лекарств, а также ряда ядовитых веществ, образующихся в результате гниения остатков белков, которые затем обезвреживаются в печени. В толстом кишечнике содержатся *микроорганизмы*, среди которых преобладает *кишечная палочка*. При участии бактерий происходит расщепление клетчатки. Микрофлора толстого кишечника разлагает непереваренные остатки пищи, синтезирует витамины группы В, а также Н и К, подавляет деятельность патогенных микроорганизмов и принимает активное участие в обмене веществ.

От пищевой кашицы остается 130–150 г сформированного кала, в состав которого входят вода, непереваренные остатки пищи, соли и органические вещества, слизь, отмершие клетки эпителия и большое количество бактерий толстой кишки. Каловые массы скапливаются в *прямой кишке*. Передвижение пищевых остатков в толстой кишке осуществляется за счет сокращения ее стенок. У взрослого человека *дефекация* (опорожнение кишечника) происходит 1–2 раза в сутки.

ПЕЧЕНЬ, ПОДЖЕЛУДОЧНАЯ ЖЕЛЕЗА И ИХ РОЛЬ В ОРГАНИЗМЕ

Печень – самая большая пищеварительная железа, ее масса 1,5–2 кг (2% массы тела). Она расположена в правом подреберье, под диафрагмой. Печень окружена фиброзной капсулой, а поверх нее покрыта брюшиной. С помощью связок она удерживается в определенном положении. Верхняя поверхность печени выпуклая, нижняя немного вогнутая. На нижней поверхности печени, в центре, находятся *ворота печени*, через которые проходят сосуды, нервы и желчные протоки. В углублении на нижней поверхности располагается желчный пузырь объемом 40–70 мл.

Основной структурно-функциональной единицей печени являются *печеночные дольки* (их около 500 000), из

них образуются 4 доли печени. Дольки имеют форму шестигранной призмы и состоят из печеночных клеток. *Гепатоциты (печеночные клетки)* в дольках образуют *балки (пластинки)*, с одной стороны которых располагаются кровеносные капилляры, с другой – *мелкие желчные протоки*. Эти протоки начинаются слепо вблизи центра печеночной дольки; по ним поступает вырабатываемая печеночными клетками желчь, затем она попадает в *междольковые протоки*, они сливаются друг с другом, укрупняются и формируют, в конечном итоге, *правый и левый печеночные протоки*, которые в воротах печени соединяются в *общий печеночный проток* длиной около 5 см. В воротах печени он сливается с протоком желчного пузыря, и образуется *общий желчный проток* (длина 6–7 см), который открывается в двенадцатиперстную кишку.

Печень вырабатывает в сутки от 500 до 1500 мл желчи. *Желчь* – это жидкость желтого цвета, состоящая из воды, желчных пигментов и кислот, холестерина, минеральных солей. Она образуется непрерывно, но поступает в кишечник во время приема пищи. Реакция желчи слабощелочная. Через общий желчный проток она попадает в двенадцатиперстную кишку.

Роль желчи в процессе пищеварения:

- ♦ эмульгирует (дробит на капельки) жиры, облегчая их расщепление;
- ♦ способствует всасыванию жиров и жирорастворимых витаминов (А, D, Е, К);
- ♦ активирует ферменты кишечного сока и сока поджелудочной железы;
- ♦ усиливает сокращения гладких мышц стенок тонкого и толстого кишечника;
- ♦ создает щелочную среду в кишечнике;
- ♦ губительно действует на микроорганизмы.

Печень кроме участия в процессе пищеварения выполняет следующие функции:

- ♦ *детоксикация* – обезвреживаются ядовитые вещества, которые попадают в воротную вену печени из вен органов брюшной полости (желудка, кишечника);
- ♦ *дезаминирование аминокислот* с образованием *аммиака*. В последующем он превращается в *мочевину*, которая кровью доставляется к почкам и выводится из организма;

♦ *выведение желчных пигментов (билирубин, биливердин)*, образующихся при расщеплении гемоглобина старых эритроцитов. В составе желчи эти пигменты поступают в двенадцатиперстную кишку и далее выходят из организма по кишечному тракту с каловыми массами, придавая им характерный цвет;

♦ *синтез белков плазмы крови (альбумины, фибриноген, протромбин)*, образование из глюкозы гликогена (гликогенез). У взрослого человека его содержание в печени может достигать 200 г. При необходимости гормон надпочечников адреналин регулирует превращение гликогена в глюкозу, и она поступает в кровь;

♦ *синтез витамина А* из провитамина А;

♦ *разрушение эритроцитов*;

♦ *инактивация гормонов и других биологически активных веществ*, а также лекарственных препаратов;

♦ *участие в обмене холестерина*;

♦ *печень – одно из депо крови*;

♦ *в эмбриональном периоде печень является кроветворным органом*,

Позади желудка, в изгибе двенадцатиперстной кишки, расположена **поджелудочная железа** длиной 12–15 см, шириной около 4 см. Она состоит из *головки, тела, хвоста* и имеет дольчатое строение. В области хвоста начинается *выводной проток*, который, расширяясь, идет к головке железы. Поджелудочная железа покрыта соединительно-тканной капсулой, которая срастается с брюшиной. Соединительно-тканные прослойки, отходящие от капсулы, делят паренхиму железы на *дольки*. Структурно-функциональная единица экзокринной части железы – *ацинус*. Он состоит из *секреторного концевой отдела* и *вставочного протока*; в совокупности из ацинусов образуются дольки. Пищеварительный сок из концевых отделов поджелудочной железы поступает во вставочные протоки, затем во внутридольковые протоки, в междольковые протоки, впадающие в *проток поджелудочной железы*, по которому пищеварительный сок выделяется в двенадцатиперстную кишку.

Поджелудочная железа является *железой смешанной секреции*. Ее *экзокринная часть*, на долю которой приходится 97% массы железы, вырабатывает пищеварительный сок. Сок поджелудочной железы имеет щелочную ре-

акцию. Он содержит *трипсин* и *химотрипсин*, расщепляющие полипептиды до аминокислот, *липазу*, которая расщепляет нейтральный жир до глицерола и жирных кислот, *амилазу* и *мальтазу*, расщепляющие углеводы до глюкозы, и *нуклеазы*, которые расщепляют нуклеиновые кислоты до нуклеотидов. В течение суток выделяется около 800 мл сока поджелудочной железы. *Эндокринная часть железы* (на ее долю приходится 3% массы) – *островки Лангерганса* (их общее число – от 1 до 2 млн) – вырабатывает гормоны (*инсулин, глюкагон*), регулирующие углеводный обмен.

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Гигиена питания – наука о рациональном питании, обеспечивающем сохранение здоровья. Она рассматривает вопросы соблюдения режима питания и правил личной гигиены, правильного хранения продуктов и приготовления пищи.

Суточное количество пищи, необходимое для покрытия энергетических затрат в организме, называется *нормой питания*. Зная энергетическую ценность пищевых продуктов, можно рассчитать необходимое их количество. Суточная потребность в энергии для лиц трудоспособного возраста определяется полом, возрастом и видом трудовой деятельности. Выделяют 4 группы профессий, характеризующихся различными энергетическими затратами и нормами питания:

- ♦ связанные с тяжелым физическим трудом (12 000–12 600 кДж/сут);
- ♦ связанные с физическим трудом средней тяжести (11 000–12 000 кДж/сут);
- ♦ связанные с легким физическим трудом (10 000–11 000 кДж/сут);
- ♦ не связанные с физическим трудом (9240–9500 кДж/сут).

У детей в связи с высокой интенсивностью обменных процессов повышены и энергетические затраты. Суточная потребность в энергии у них меняется со временем и составляет в возрасте от одного года до двух лет 376–418 кДж на 1 кг массы тела, а в возрасте от 14 до 17 лет – 209–272 кДж.

При составлении норм питания следует учитывать, что соотношение белков, жиров и углеводов должно быть 1:1,1:4,8. В сутки человеку необходимо 72–92 г белков,

81–110 г жиров и 358–484 г углеводов в зависимости от энергетических затрат. Кроме энергетической ценности необходимо учитывать и качественный состав пищи. Она должна содержать достаточное количество витаминов и минеральных солей. Особое внимание уделяется продуктам животного происхождения. Для обеспечения нормальных процессов обмена необходимы незаменимые аминокислоты, поэтому животные белки должны составлять до 60% общего их количества.

Необходимо соблюдать правильный режим питания: частота приема пищи – не менее 4 раз в день; интервалы между приемами пищи – не более 5 ч; распределение суточного рациона: 25–30% на завтрак, 35–40% на обед, 10–15% на полдник, 20–25% на ужин.

При несоблюдении правил приготовления пищи и личной гигиены, а также в результате приема несвежей пищи возникают пищевые отравления. Они могут быть вызваны патогенной кишечной палочкой, палочкой ботулизма, стафилококками, сальмонеллами, ядовитыми веществами, содержащимися в пищевых продуктах. При *ботулизме* поражается главным образом центральная нервная система, наступает паралич шейных и дыхательных мышц, расстройство зрения. Следует отметить, что палочки ботулизма, поселяясь в кишечнике крупного рогатого скота, лошадей, свиней, грызунов, не вызывают у них заболевания. Источником заражения сальмонеллезом являются домашние птицы, кошки, собаки, крупный и мелкий рогатый скот, инфицированные продукты. В молоке и молочных продуктах, мясе и рыбе развиваются *стафилококки*. Тяжелое заболевание холеру вызывает *холерный вибрион*; он не переносит воздействия высоких температур и хлорной извести, что используется для профилактики холеры. Пищевые отравления также могут быть вызваны свинцом, цинком, медью, ртутью.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

ПЛАСТИЧЕСКИЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

Обмен веществ и энергии является одним из основных признаков живого.

.....
Обмен веществ – это совокупность реакций пластического (ассимиляция) и энергетического (диссимиляция) обменов.
.....

Пластический обмен (ассимиляция) – совокупность реакций синтеза сложных органических веществ (белков, жиров, углеводов и нуклеиновых кислот) из более простых. Реакции пластического обмена являются эндотермическими (идут с поглощением энергии). **Энергетический обмен (диссимиляция)** – совокупность реакций, обеспечивающих клетку энергией, в процессе которых происходит расщепление и окисление сложных органических веществ: белков – до диоксида углерода, воды и аммиака, или мочевины; жиров и углеводов – до диоксида углерода и воды.

Источником энергии для организма являются органические вещества: белки, углеводы, жиры. Образовавшаяся в реакциях энергетического обмена химическая энергия преобразуется в дальнейшем в электрическую, тепловую и механическую энергию. Для нормального обмена необходимы также *вода, минеральные соли и витамины*.

Этапы обмена веществ:

- ♦ поступление веществ в организм;
- ♦ изменение веществ в ходе ассимиляции и диссимиляции;
- ♦ выведение конечных продуктов обмена из организма.

Ассимиляция и диссимиляция неразрывно связаны между собой:

- ♦ для ассимиляции необходима энергия, которая образуется в ходе реакций энергетического обмена;
- ♦ для реакций диссимиляции необходимы ферменты, которые образуются в ходе реакций пластического обмена;
- ♦ ассимиляция и диссимиляция протекают в клетке одновременно, и заключительные этапы одного вида обмена являются начальными стадиями другого.

ВОДНО-МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН В ОРГАНИЗМЕ

Вода входит в состав клеток, межклеточного вещества, тканевой жидкости и лимфы. Она составляет 65–70% массы тела человека (у детей больше), а плазма крови и лимфа содержат свыше 90% воды.

Роль воды в организме:

♦ определяет физические свойства клетки (объем, массу, тургор);

♦ является универсальным растворителем;

♦ является основным компонентом внутренней среды, местом протекания большинства биохимических реакций в клетке;

♦ участвует в реакциях гидролиза: $\text{АТФ} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{АДФ} + \text{H}_3\text{PO}_4 + 40 \text{ кДж}$;

♦ участвует в транспорте веществ: поглощение питательных веществ, их передвижение и выведение конечных продуктов обмена происходят только в водных растворах;

♦ обеспечивает терморегуляцию, поддерживая одинаковую температуру во всем организме;

♦ связанная вода образует сольватные (водные) оболочки вокруг белков, благодаря чему они не слипаются друг с другом. Гидрофобно-гидрофильные взаимодействия между разными частями белковой молекулы обеспечивают образование ее третичной и четвертичной структуры.

Суточная потребность человека в воде меняется в зависимости от условий внешней среды и составляет 2–2,5 л. Вода поступает в организм при питье (около 1 л), с пищей (около 1 л) и в результате окисления органических веществ (300–350 мл). Она всасывается в кишечнике (тонком и толстом), а также в небольшом количестве – в ротовой полости и желудке. Из организма вода выводится с мочой (1,2–1,5 л), потом (500–700 мл), выдыхаемым воздухом (350–800 мл), калом (100–150 мл).

Минеральные соли могут присутствовать в организме в твердом состоянии в виде кристаллов фосфата кальция ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) и карбоната кальция (CaCO_3) в костной ткани; в диссоциированном состоянии – в виде катионов и анионов.

Анионы фосфорной кислоты HPO_4^{2-} создают *фосфатную буферную систему*, поддерживающую внутри клеток слабощелочную (рН=6,9) среду, а угольная кислота и ее анионы HCO_3^- создают *бикарбонатную буферную систему*, которая поддерживает слабощелочную (рН=7,4) реакцию внеклеточной среды (например, плазма крови).

Одни ионы участвуют в активации ферментов, создании осмотического давления в клетке (K^+ , Na^+ Cl^-), в процессах мышечного сокращения и свертывании крови (Ca^{2+}), другие необходимы для синтеза важных органи-

ческих веществ. Например, остатки фосфорной кислоты входят в состав нуклеотидов, АТФ, ион Fe^{2+} – в состав гемоглобина, ион Mg^{2+} – в состав ферментов. Ионы NO_3^- , NH_4^+ являются источником атомов азота, ион SO_4^{2-} – атомов серы, которые необходимы для синтеза аминокислот.

Общее количество минеральных солей в организме человека – около 4,5%. Потребности организма в минеральных солях в основном удовлетворяются за счет продуктов питания. Железа много в яблоках, иода – в морской капусте, кальция – в молочных продуктах. Исключение составляет только хлористый натрий (поваренная соль), который добавляют к пище (до 10 г в сутки). В некоторых регионах в поваренную соль добавляют иод (в связи с недостатком его в воде и местных продуктах питания).

Всасывание минеральных солей происходит вместе с водой, в основном в толстом кишечнике. Попадая в кровь, они доставляются клеткам организма. Излишки минеральных солей выводятся из организма с потом, мочой и калом.

ОБМЕН БЕЛКОВ

Все белки построены из 20 аминокислот, но, несмотря на это, разнообразие белковых молекул огромно. Они обладают видовой специфичностью, которая определяется количеством и порядком расположения аминокислот, различным их сочетанием, способностью белков присоединять другие вещества.

Роль белков в организме:

- ♦ входят в состав мембран и органелл клетки;
- ♦ из *кератина* и *коллагена* состоят хрящи, сухожилия, волосы, ногти;
- ♦ некоторые белки способны присоединять и переносить различные вещества (*гемоглобин* переносит кислород и диоксид углерода, *альбумины* крови транспортируют жирные кислоты, *глобулины* – ионы металлов и гормоны);
- ♦ *актин* и *миозин* входят в состав миофибрилл мышечной ткани;
- ♦ *иммуноглобулины* (антитела) обеспечивают иммунитет, *протромбин* и *фибриноген* участвуют в реакции свертывания крови;
- ♦ некоторые белки, встроенные в плазмалемму, способны изменять свою пространственную конфигурацию

под действием факторов внешней среды (*родопсин* палочек сетчатки глаза);

♦ белковую природу имеют многие гормоны (*инсулин, глюкагон, АКТГ*);

♦ белками являются все ферменты (*трипсин, ДНК-полимераза*).

Суточная потребность человека в белках составляет 72–92 г. Их источником служат преимущественно продукты животного происхождения. Большое количество белков содержится в мясе (от 14 до 21%), рыбе, молоке и молочных продуктах. На долю продуктов растительного происхождения приходится 8–23% белков (бобовые). По содержанию необходимых для организма аминокислот белки делятся на полноценные (белки молока, мяса, рыбы и др.) и неполноценные, которые не содержат хотя бы одной из незаменимых кислот. Особенно важны для человека 8 аминокислот, которые не могут синтезироваться в организме и называются незаменимыми (*лизин, валин, лейцин, изолейцин, треонин, фенилаланин, триптофан, метионин*). Для детей незаменимыми являются также *аргинин* и *гистидин*. Отсутствие в пище некоторых из них приводит к нарушению синтеза белков. При отсутствии в пище лизина замедляется рост ребенка, при недостатке валина – нарушается чувство равновесия и т. д.

Протеолитические ферменты (*пепсин* и *химозин желудочного сока, трипсин* и *химотрипсин сока поджелудочной железы, энтерокиназа, аминопептидаза, карбоксипептидаза кишечного сока*) расщепляют белки до полипептидов и аминокислот.

Аминокислоты всасываются в кровеносные капилляры ворсинок тонкого кишечника и разносятся кровью по всему организму. В клетках из аминокислот образуются белки, свойственные данному организму. При избыточном количестве белки преобразуются в углеводы и жиры. Часть аминокислот, не использованных в синтезе белка, окисляется с освобождением энергии (17,6 кДж на 1 г вещества) и образованием воды, диоксида углерода, аммиака и др. Аммиак в печени обезвреживается и превращается в мочевины. Продукты диссимиляции (распада) белков выводятся из организма с мочой, потом и частично с выдыхаемым воздухом.

ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

Углеводы представляют собой первичные продукты фотосинтеза и «строительный материал» для биосинтеза всех других органических веществ. Углеводы подразделяются на моносахариды, олигосахариды и полисахариды.

Роль углеводов в организме:

♦ *олигосахариды* входят в состав цитоплазматической мембраны клетки и образуют гликокаликс;

♦ *гликоген* составляет энергетический клеточный запас;

♦ *глюкоза* – основной источник энергии, высвобождаемой в клетках живых организмов в ходе дыхания;

♦ *моносахариды* – основа для синтеза органических веществ в клетке – полисахаридов, нуклеиновых кислот и др.

В сутки человек должен получать 358–484 г углеводов. Основным их источником являются продукты растительного происхождения (картофель, хлеб, фрукты и др.). Углеводы в организме могут образовываться из белков и жиров.

Амилолитические ферменты (*амилаза* и *мальтаза слюны*, *амилаза*, *мальтаза*, *лактаза*, *сахараза сока поджелудочной железы* и *тонкого кишечника*) расщепляют углеводы до дисахаридов и моносахаридов.

Моносахариды всасываются в кровеносные капилляры ворсинок тонкого кишечника и разносятся кровью по всему организму. Уровень глюкозы в крови относительно постоянен и составляет 4,4–7,0 ммоль/л. Избыток глюкозы превращается в печени в *гликоген*. При чрезмерном поступлении в организм углеводов они могут превращаться в жиры. В клетках глюкоза окисляется до диоксида углерода и воды, которые удаляются с выдыхаемым воздухом, мочой, потом, при этом выделяется энергия (17,6 кДж на 1 г глюкозы).

ОБМЕН ЖИРОВ

Жиры и жироподобные вещества (липиды) – органические гидрофобные соединения, растворимые в органических растворителях (эфире, бензине, бензоле, хлороформе и др.). Из всех биомолекул липиды имеют наименьшую относительную молекулярную массу. Молекула жира образована молекулой трехатомного спирта глицерола и присоединенными к ней эфирными связями тремя молекула-

ми высших карбоновых кислот: пальмитиновой, стеариновой, арахидоновой, олеиновой, линолевой, линоленовой.

Роль жиров и жироподобных веществ в организме:

- ♦ входят в состав клеточных мембран, цитоплазмы, ядра;
- ♦ в виде липидов хранится значительная часть энергетических запасов организма;
- ♦ накапливаясь в подкожной жировой клетчатке и вокруг некоторых органов (почки, кишечник), жировой слой защищает организм и отдельные органы от механических повреждений;
- ♦ благодаря низкой теплопроводности слой подкожно-го жира помогает сохранять тепло;
- ♦ многие биологически активные вещества (витамины и гормоны) являются *стероидами* (тестостерон у мужчин и прогестерон у женщин, кортикостероиды, витамин D).

Суточная потребность в жирах составляет 81–110 г. Они поступают в организм с растительной и животной пищей: животные жиры – в виде сливочного масла, сыра, сметаны, свиного сала, растительные – в виде растительного масла.

Липолитические ферменты (*липазы желудочного сока, сока поджелудочной железы и тонкого кишечника*) расщепляют жиры до глицерола и жирных кислот. Жирные кислоты соединяются со щелочами и желчными кислотами, омыляются, образуя растворимые соли, которые всасываются через стенки ворсинок. В ворсинках из глицерола и жирных кислот синтезируются жиры (*триглицериды, фосфолипиды и холестерол*), которые в виде маленьких капелек (*хиломикроны*) поступают в лимфатические капилляры ворсинок тонкого кишечника.

Жиры всасываются в лимфу, затем поступают в кровь и разносятся по всему организму. Часть жира, попавшего в клетки, является «строительным материалом» (встраиваются в плазматические и ядерные мембраны клеток). Большая же его часть откладывается в подкожной клетчатке, сальнике, печени, мышцах. Жиры также являются важным источником энергии: при окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии. В организме человека жиры могут синтезироваться из углеводов и белков. Конечными продуктами окисления жиров являются диоксид углерода и вода, которые удаляются с выдыхаемым воздухом, мочой, потом.

ВИТАМИНЫ И ИХ РОЛЬ В ОБМЕНЕ ВЕЩЕСТВ. ГИПОВИТАМИНОЗЫ

.....
Витамины – это низкомолекулярные вещества, обладающие большой биологической активностью и необходимые для жизнедеятельности организмов.
.....

В 1881 г. русский врач Н.И. Лунин обнаружил, что если кормить мышей пищевой смесью, состоящей из очищенных продуктов, они погибают. Если же добавить в рацион 1 мл молока, мыши остаются здоровыми. В 1911–1912 гг. польский ученый К. Функ выделил препарат из отрубей и назвал его витамином.

Витамины обозначают буквами латинского алфавита А, В, С, D, Е, Р и др. Все витамины способны синтезировать большинство высших растений, многие бактерии и дрожжи.

Натуральные (естественные) витамины содержатся в продуктах растительного и животного происхождения и, за редким исключением, не синтезируются в организме человека. Витамины бывают **водорастворимые** (С, Р, группы В) и **жирорастворимые** (А, D, Е, К).

Роль витаминов в организме:

♦ входят в состав молекул многих ферментов – **коферменты** – и некоторых физиологически активных веществ;

♦ участвуют практически во всех физиолого-биохимических процессах, составляющих в совокупности обмен веществ;

♦ являются непрочными соединениями, быстро разрушаются при нагревании пищевых продуктов;

♦ действие витаминов проявляется в малых количествах и выражается в регулировании процессов обмена веществ.

Отсутствие витаминов в организме называется **авитаминозом**, недостаток – **гиповитаминозом**. Избыточное поступление витаминов в организм – **гипервитаминоз** – наблюдается при употреблении синтетических препаратов витаминов. Наиболее токсичны витамины А и D. Иногда гипервитаминоз А возникает при приеме в пищу продуктов, содержащих большое количество этого витамина (печень морских животных). Из водорастворимых витаминов наиболее токсичен В₁₂ (в больших дозах он вызывает сильные аллергические реакции).

В и т а м и н А (ретинол). Участвует в окислительно-восстановительных реакциях. Содержится в сливочном масле, печени, яичном желтке, молоке, рыбьем жире. В овощах (морковь) содержится про витамин А – к а р о т и н. В печени человека он превращается в витамин А. Суточная доза – 1,5 мг. Признаки гипо- и авитаминоза: замедление роста, сухость и помутнение роговицы, нарушение сумеречного зрения (*курунная слепота*), сухость кожи, снижение сопротивляемости организма заболеваниям.

В и т а м и н D (антирахитический, кальциферол). Стимулирует образование костной ткани, регулирует обмен кальция и фосфора. Содержится в сливочном масле, печени трески, яичном желтке, рыбьем жире. Может образовываться в коже из эргостерина (про витамин D) под действием ультрафиолетовых лучей. Суточная доза – 0,01–0,02 мг. Признаки гипо- и авитаминоза: у детей – развитие рахита (размягчение костей, искривление костей ног, уплощение груди, незаращение родничка, позднее появление зубов, у взрослых – ломкость костей).

В и т а м и н Е (токоферол). Предохраняет мембраны клеток и митохондрий от повреждений, участвует в окислительно-восстановительных процессах, в обмене белков, сокращении мышц, укрепляет стенки сосудов, разрушает свободные радикалы. Содержится в зеленых листьях овощей, орехах, семечках, гречневой крупе, проростках пшеницы, в яйцах, растительных маслах. Суточная доза – 10–12 мг. Признаки гипо- и авитаминоза: дистрофия скелетных мышц, нарушение половой функции (бесплодие), нарушение зрения у детей.

В и т а м и н К (филлохинон). Участвует в свертывании крови. Синтезируется микрофлорой кишечника. Содержится в капусте, зеленых томатах, шпинате, ягодах рябины. Из животных продуктов его источником является печень. Суточная доза – 1 мг. Признаки гипо- и авитаминоза: замедление свертывания крови, самопроизвольные кровотечения.

В и т а м и н С (аскорбиновая кислота). Участвует в окислительно-восстановительных реакциях, необходим для образования коллагена. Содержится в черной смородине, лимонах, шиповнике, клюкве, луке, чесноке, картофеле. Суточная доза – 50 мг. Признаки гипо- и авитаминоза: цинга (повышенная утомляемость, кровоточивость десен, выпадение зубов, кровоизлияния, снижение иммунитета).

В и т а м и н В₁ (тиамин). Участвует в регуляции обмена белков, жиров и углеводов. Содержится в дрожжах, орехах, неочищенном рисе, печени, яичном желтке. Суточная доза – 2,5 мг. Признаки гипо- и авитаминоза: заболевание *бери-бери* (поражение нервной системы с параличом конечностей и атрофией мышц).

В и т а м и н В₂ (рибофлавин). Участвует в регуляции обмена веществ, в окислительно-восстановительных реакциях, как кофермент – в развитии эритроцитов, обеспечивая кроветворную функцию организма; в регенерации нервных волокон; в нормализации функции печени. Содержится в молоке, мясе, печени, яичном белке, фруктах, овощах. Суточная доза – 2,5 мг. Признаки гипо- и авитаминоза: поражение роговицы, ангулярный стоматит (*заеды*), замедление роста.

В и т а м и н В₃ (пантотеновая кислота). Является коферментом ключевых реакций метаболизма жиров. Содержится в пчелином маточном молочке и пивных дрожжах. Достаточно много его в печени животных, яичном желтке, гречневой и овсяной крупах, бобовых. Суточная доза – 10–15 мг. Признаки гипо- и авитаминоза: психоэмоциональная неустойчивость, склонность к обморокам, изменение походки, чувство жжения стоп.

В и т а м и н В₅ (витамин РР, никотиновая кислота). Входит в состав ферментов, являющихся катализаторами окислительно-восстановительных реакций, обмена белков и транспортной РНК. Содержится в животных (особенно печень, мясо) и многих растительных продуктах (рис, хлеб, картофель). Суточная доза – 10–20 мг. Признаки гипо- и авитаминоза: дерматит (воспаление открытых участков кожи, диарея (понос), деменция (слабоумие)).

В и т а м и н В₆ (пиридоксин). Участвует в регуляции обмена аминокислот. Содержится в мясе, молоке, дрожжах, рисе, бобах. Суточная доза – 2,5 мг. Признаки гипо- и авитаминоза: дерматит и неврит.

В и т а м и н В₉ (фолиевая кислота, витамин В_с). Участвует в обмене белков и нуклеиновых кислот. Витамин много в листовых овощах, например в шпинате. Он содержится в салате, печени, мясе и яичном желтке, капусте, томатах, землянике. Суточная доза – 0,3–1 мг. Признаки гипо- и авитаминоза: анемия (малокровие).

В и т а м и н В₁₂ (антианемический, цианокобаламин). Участвует в регуляции обмена белков, жиров и углеводов. Содержится в печени, мясе, твороге, яйцах. Суточная доза – 2–3 мкг. Признаки гипо- и авитаминоза: злокачественная анемия.

В и т а м и н Н (биотин). Участвует в транспорте диоксида углерода, в обмене углеводов и жиров. Содержится в молоке, яйцах, печени, цветной капусте, грибах. Синтезируется бактериями кишечника. Суточная доза – 150–200 мкг. Признаки гипо- и авитаминоза: заболевания кожи, выпадение волос.

Способы сохранения витаминов в пищевых продуктах: консервирование (сохранение продуктов со сравнительно небольшими потерями витаминов); *замораживание* (оптимальный способ сохранения витаминов; быстрое замораживание должно сочетаться с быстрым размораживанием); *квашение овощей и фруктов* (в процессе молочнокислого брожения образуется молочная кислота, способствующая сохранению в заквашиваемых продуктах витамина С); *вакуумная сушка* (проводится в условиях разряжения при температуре не выше 50 °С).

ВЫДЕЛЕНИЕ

СТРОЕНИЕ ОРГАНОВ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

.....
Выделение – совокупность физиологических процессов, обеспечивающих удаление из организма продуктов диссимиляции.
.....

В выделении продуктов обмена участвуют *почки, легкие, потовые железы и желудочно-кишечный тракт*. Диоксид углерода и пары воды выделяются с выдыхаемым воздухом через легкие. Основное количество воды и растворенные в ней мочевина, мочевая кислота и минеральные соли выводятся с мочой через почки, в меньшем количестве – через потовые железы с потом и в небольшом количестве – с калом.

Мочевыделительная система состоит из почек, мочеточников, мочевого пузыря и мочеиспускательного канала.

ВЫДЕЛЕНИЕ

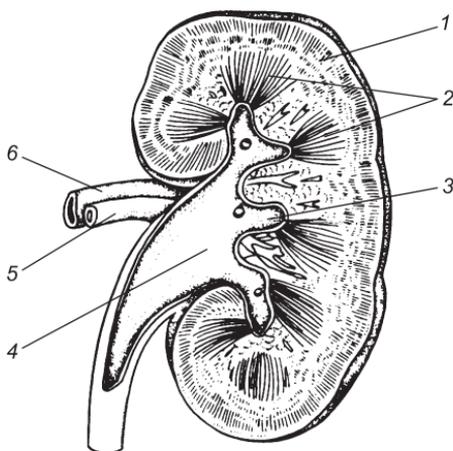


Рис. 93. Строение почки (продольный разрез):

1 – корковый слой; 2 – мозговой слой (пирамиды); 3 – почечные чашечки; 4 – лоханка; 5 – почечная артерия; 6 – почечная вена

Почки – парный орган бобовидной формы. Они расположены в поясничном отделе по бокам от позвоночника, имеют длину 10–12 см, ширину 5–6 см, толщину 4 см, массу 120–200 г. На вогнутой стороне находятся *ворота почки*, через которые проходят мочеточник, почечные артерии и вены, нервы, лимфатические сосуды. К верхним полюсам обеих почек прилежат **надпочечники**. Почка покрыта фиброзной

капсулой – плотной соединительно-тканной оболочкой, которая сращена с веществом почки. Строму почки составляет рыхлая соединительная ткань. Паренхима органа представлена *нефронами*.

На продольном разрезе почки (рис. 93) виден более темный наружный – корковый – слой и более светлый внутренний мозговой. Мозговой слой (лежит кнутри от коркового) образует 15–20 *пирамид*, вершины которых обращены в полость – почечную лоханку. Между пирамидами в виде столбиков располагается *корковое вещество*. Пирамида с прилежащим участком коркового вещества образует *долю почки*. В корковом слое (толщина 5–7 мм), который располагается по периферии, находятся *капсулы нефронов, сосудистые клубочки, извитые канальцы*, а в мозговом – *петли нефронов и собирательные трубочки*.

От почечной лоханки отходит **мочеточник**. Его длина составляет 30–35 см. Мочеточники открываются в **мочевой пузырь**. Это полый гладкомышечный орган, расположенный в полости малого таза, служит для накопления и выведения мочи. Объем мочевого пузыря – около 750 мл. По мере наполнения мочой мочевого пузыря растягивает-

ся, а затем периодически опорожняется. От мочевого пузыря начинается **мочеиспускательный канал**, заканчивающийся выводным отверстием. Женский мочеиспускательный канал короткий (длина 3–4 см), относительно широкий (7–8 мм), имеет почти прямолинейный ход, хорошо растяжим. Мужской мочеиспускательный канал имеет длину до 18 см, он уже, менее растяжим, образует S-образный изгиб.

ФУНКЦИИ ПОЧЕК. НЕФРОН – СТРУКТУРНО- ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ПОЧЕК. ОБРАЗОВАНИЕ МОЧИ. НЕРВНАЯ И ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Почки – это центральный орган мочевыделительной системы.

Функции почек:

♦ образование и выведение мочи, содержащей продукты диссимиляции, которые удаляются из организма;

♦ участие в регуляции объема крови, лимфы и тканевой жидкости, кислотно-щелочного равновесия, в поддержании артериального давления, обмене белков углеводов и жиров;

♦ синтез биологически активных веществ (ангиотензин, эритропоэтин, простагландины, ренин, а также регуляторы системы свертывания крови и фибринолиза);

♦ поддержание гомеостаза.

Структурно-функциональная единица почки – нефрон. В почке содержится около 1 млн нефронов. Нефрон состоит из *капсулы Шумлянского – Боумана* (в виде двухслойной чаши), в которой находится клубочек капилляров, и *системы канальцев* (рис. 94). От капсулы нефрона отходит *извитой каналец первого порядка (нисходящая часть нефрона)*, который идет к мозговому слою и, выпрямляясь, образует *петлю Генле (средняя часть нефрона)*. Петля возвращается в корковое вещество и там образует *извитой каналец второго порядка (восходящая часть нефрона)*, впадающий в *собирательную трубочку*. Собирательные трубочки сливаются и открываются в полость лоханки.

Нефрон имеет особое кровоснабжение. Отходящая от брюшной аорты почечная артерия распадается на

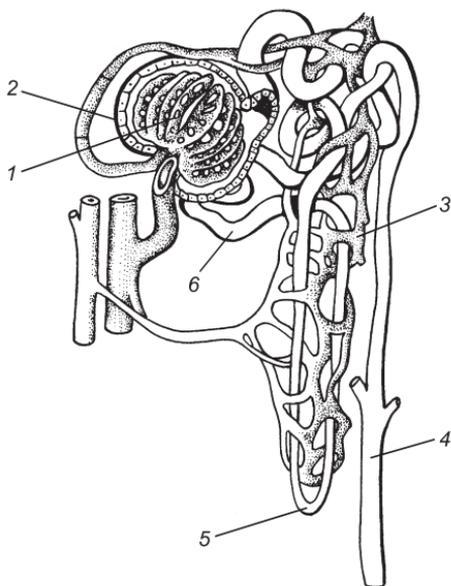


Рис. 94. Строение нефрона:

1 – сосудистый клубочек; 2 – капсула; 3 – капиллярная сеть второго порядка; 4 – собирательная трубочка; 5 – петля Генле; 6 – извитой каналец второго порядка

большое число более мелких *приносящих артерий*. Подходя к нефрону, приносящая артерия внутри капсулы Шумлянского – Боумана образует клубочек капилляров (*капиллярная сеть первого порядка*). Клубочки собираются в *выносящую артерию*, которая выходит из капсулы. Выносящая артерия вокруг извитых канальцев образует *капиллярную сеть второго порядка*. Капилляры сливаются в *венулы*, венылы в мелкие *вены*, а те – в почечную вену.

Образование мочи происходит в два этапа: фильтрация – образование первичной мочи и реабсорбция – образование вторичной мочи. В процессе фильтрации через стенки капилляров клубочка (капиллярная сеть первого порядка) в полость капсулы Шумлянского – Боумана фильтруется плазма крови (без белков). *Факторы, способствующие фильтрации:* просвет выносящей артерии в 2 раза меньше, чем просвет приносящей артерии (кровь течет медленно и застаивается в капиллярах); высокое (фильтрационное) давление в капиллярах клубочков – 60–70 мм рт. ст. *Факторы, препятствующие фильтрации:* онкотическое давление белков плазмы крови (вода образует сольватные оболочки возле крупных

белков, препятствуя их агрегации, и белки удерживают на себе часть воды) – 30 мм рт. ст.; давление фильтрата, находящегося в полости капсулы, – 20 мм рт. ст. Давление, обеспечивающее фильтрацию, вычисляется следующим образом: $70 - (30 + 20) = 20$ мм рт. ст. В результате фильтрации образуется первичная моча (по составу она сходна с плазмой крови, но в ней отсутствуют белки и содержатся продукты диссимиляции и необходимые организму вещества – глюкоза, аминокислоты, минеральные соли). В сутки ее образуется 150–180 л. Из капсулы клубочка первичная моча поступает в извитой каналец.

В процессе реабсорбции (обратное всасывание) из первичной мочи, находящейся в просвете канальца, в капиллярную сеть второго порядка происходит всасывание большей части воды и необходимых организму веществ (глюкозы, аминокислот, ионов натрия, калия и др.). При реабсорбции важную роль играет активный транспорт. Например, концентрация глюкозы в первичном фильтрате и крови одинакова; но вся глюкоза переходит из фильтрата в кровь. Активно поглощаются также соли, например натрия хлорид. Мочевина и другие продукты обмена реабсорбируются очень плохо, поэтому их концентрация увеличивается в просвете нефрона. Клетки канальцевой части нефрона обладают способностью выделять некоторые вещества (органические кислоты, лекарственные препараты и др.) непосредственно из крови. *Канальцевая секреция* избирательна, регулирует содержание ионов K^+ , H^+ и бикарбонатов в крови, происходит за счет активного транспорта. В результате реабсорбции и канальцевой секреции в канальце образуется вторичная моча. Она содержит воду, мочевину, мочевую кислоту, аммиак, сульфаты и другие вещества. В сутки образуется около 1,5 л вторичной мочи. Из канальцев она собирается в почечную лоханку, затем по мочеточнику поступает в мочевой пузырь, из него по мочеиспускательному каналу периодически выводится наружу.

Нервная регуляция работы почек осуществляется вегетативной нервной системой: почки иннервируются волокнами ее симпатической и парасимпатической частей. Так, возбуждение симпатических нервов почки приводит к сужению почечных сосудов. Если происходит сужение приносящих артериол, то фильтрация плазмы замедляет-

ся; если сужаются выносящие артериолы, то фильтрация плазмы усиливается. **Центр мочеиспускания** находится в крестцовом отделе спинного мозга. На деятельность почек влияют гормоны – **гуморальная регуляция**: гормон гипофиза *вазопрессин* (антидиуретический гормон), усиливающий процесс реабсорбции и уменьшающий мочеотделение, гормон надпочечников *альдостерон* (всасывание ионов натрия), гормон щитовидной железы *тироксин*, усиливающий мочеотделение, гормон мозгового вещества надпочечников *адреналин*, уменьшающий мочеотделение.

КОЖА

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ КОЖИ

.....
Кожа – это наружный покров тела, являющийся барьером между внешней и внутренней средой организма.
.....

Площадь кожи – 1,5–1,6 м². Состоит из трех слоев: наружного – эпидермиса, среднего – дермы, внутреннего – подкожной жировой клетчатки.

Эпидермис имеет толщину 0,07–2,5 мм (хорошо развит на ладонях и подошвах). Это многослойный плоский эпителий, состоящий из пяти слоев: рогового, блестящего, зернистого, шиповатого, базального. Верхний слой – ороговевший, самый нижний – ростковый. Ороговевшие клетки слущиваются и заменяются новыми. Роговой слой кожи полностью обновляется в течение 7–11 дней. Клетки росткового слоя делятся и образуют новые клетки, восполняя верхние слои кожи. В эпидермисе содержатся пигментные клетки, которые вырабатывают пигмент *меланин*, придающий коже определенный цвет, а также защищающий организм от воздействия ультрафиолетовых лучей. Производными эпидермиса являются ногти, кожные железы и волосы.

Собственно кожа (дерма) имеет толщину 0,5–5 мм. В ней выделяют сосочковый и сетчатый слой. Сосочковый слой обеспечивает питание эпидермиса, состоит из рыхлой соединительной ткани и образует выпячивания (сосочки) в эпидермис. Он содержит волокна, придающие коже прочность и упругость, кровеносные и лимфатиче-

ские сосуды, нервные сплетения и окончания нервных волокон – *рецепторы* (около 2,5 на 1 см²), а также гладкомышечные клетки. Под сосочковым находится сетчатый слой, который обеспечивает прочность и эластичность кожи и состоит из плотной неоформленной волокнистой соединительной ткани. В ней много коллагеновых и эластических волокон, располагающихся по определенным направлениям. В сетчатом слое находятся потовые и сальные железы (рис. 95).

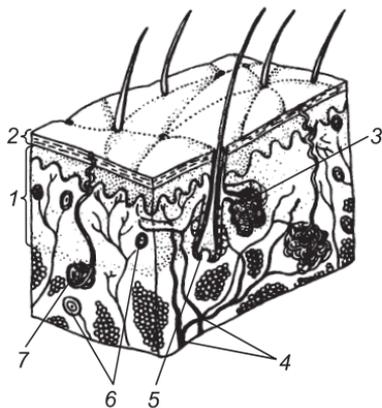


Рис. 95. Строение кожи:

1 – дерма; 2 – эпидермис; 3 – сальная железа; 4 – кровеносные и лимфатические сосуды; 5 – волосяная сумка; 6 – нервные окончания; 7 – потовая железа

Потовая железа имеет тело (свернутая железистая трубочка) и выводной проток, открывающийся на поверхности кожи; видоизмененными потовыми железами являются молочные железы. У человека 2–3 млн потовых желез, особенно много их в коже лица и ладоней. Пот, образующийся в потовых железах, содержит воду, аммиак, мочевину, минеральные соли и другие продукты обмена веществ. В зависимости от температуры окружающей среды количество пота в сутки составляет 0,5–3 л. *Сальные железы* выделяют в сутки до 20 г *кожного жира*, который смазывает волосы, кожу и делает их эластичными. Сальные железы отсутствуют на ладонях и подошвах. Протоки желез открываются в волосяные сумки, сами железы после выделения кожного жира разрушаются.

Волос состоит из *волосяной луковицы*, *корня* и *стержня*. Волосяная луковица и корень окружены волосяной сумкой. К волосяной луковице подходят сосуды и нервы. К волосяной сумке прикрепляется мышца (пучок гладкомышечных клеток), сокращение которой обуславливает появление «гусиной кожи» и поднимает волос. Волосы бывают *длинные* (волосы головы, бороды, усов), *щетиновые* (волосы бровей, ресниц, ноздрей) и *пушковые* (покрывают большую часть тела).

Подкожная жировая клетчатка – самый глубокий слой кожи. Она состоит из рыхлой соединительной ткани, в которой много *жировых клеток* (жира). Толщина этого слоя зависит от образа жизни, питания, обмена веществ. Жир является запасным питательным веществом и защищает ткани и органы от механических воздействий, а также от переохлаждения.

Функции кожи:

♦ *защитная* – защищает организм от вредных воздействий различных факторов внешней среды (механических, химических, проникновения микроорганизмов);

♦ *депо крови*;

♦ *участие в обмене веществ* (витамина D, мочевины, водно-солевом);

♦ *орган осязания* (тактильные рецепторы, воспринимающие прикосновение и давление). Температурные колебания воспринимаются двумя видами рецепторов: одни возбуждаются холодом, другие – теплом. Болевые рецепторы разбросаны по всему телу. На 1 см² приходится до 100 рецепторов;

♦ *терморегуляторная* (кожа отдает около 80% тепла, образующегося в организме).

Терморегуляция – физиологическая реакция организма, направленная на поддержание постоянной оптимальной температуры тела в непрерывно меняющихся условиях внешней среды. Образование тепла происходит за счет химических процессов в печени, мышцах, почках и других органах. Отдача тепла осуществляется путем теплоизлучения, теплопроводения и испарения воды с поверхности кожи. При повышении температуры внешней среды обмен веществ в организме рефлекторно снижается и образование тепла уменьшается. При понижении температуры внешней среды активизируются обменные процессы и увеличивается теплопродукция.

Терморегуляция происходит с участием кожи (потовые железы, сосуды кожи, подкожная жировая клетчатка) и контролируется нервной и эндокринной системами. При низкой температуре просвет сосудов кожи рефлекторно сужается, уменьшается количество циркулирующей в них крови и теплоотдача уменьшается. С повышением температуры окружающей среды расширяются сосуды кожи, в них усиливается циркуляция крови, что ведет к повышению теплоотдачи. Если температура воздуха вы-

ше температуры тела, расширение сосудов кожи не может усилить теплоотдачу. В этом случае температура тела регулируется усиленным потоотделением. Чем теплее и суше воздух, тем быстрее испаряется пот (во влажном воздухе испарение прекращается). Потоотделение происходит рефлекторно: при повышении температуры окружающей среды возбуждаются терморепторы. Возникающие при этом нервные импульсы по чувствительным нервным волокнам передаются в спинной мозг, гипоталамус промежуточного мозга – главный центр терморегуляции и в кору больших полушарий. В центре терморегуляции происходит их анализ, и возникает ответная реакция на раздражение. По двигательным нервным волокнам импульсы достигают потовых желез, и они выделяют пот, что способствует охлаждению тела.

Интенсивность теплоотдачи зависит от толщины подкожной жировой клетчатки. При тонком ее слое теплоотдача увеличивается, а при толстом – уменьшается.

При нарушении терморегуляции может возникнуть тепловой или солнечный удар.

Первая медицинская помощь при тепловом или солнечном ударе. Если произошло перегревание организма, пострадавшего следует поместить в прохладное затемненное помещение, освободить его от тесной одежды, сделать холодный компресс, дать холодной воды, а затем сделать влажное холодное обертывание.

ГИГИЕНА КОЖИ

Гигиена кожи – это комплекс мер, направленных на оптимальное выполнение кожей своих функций.

Кожа, ногти, волосы всегда должны быть чистыми. При загрязнении кожи нарушаются ее функции, создаются условия для развития различных кожных заболеваний (например, гнойничковых). Если не следить за чистотой рук (особенно ногтей), можно занести в организм возбудителей различных болезней, в первую очередь кишечных.

За чистотой кожи и волос важно следить еще и потому, что при их загрязнении создаются условия для развития головных вшей.

Тренировка и совершенствование терморегуляторных механизмов выполняется путем **закаливания организма**,

которое рекомендуется проводить с раннего возраста. Принципы закаливания: постепенность, последовательность, систематичность постоянства, учет индивидуальных особенностей организма.

Основные элементы закаливания – пребывание на свежем воздухе, водные процедуры и солнечные ванны.

Свежий воздух содержит больше кислорода и губительно действует на болезнетворные бактерии. Воздушные ванны оказывают на организм легкое закаливающее воздействие. Их принимают в обнаженном или частично обнаженном виде, начиная с 20 мин при температуре воздуха 15...20 °С. Время процедуры ежедневно увеличивают на 10 мин, доводя его до 2 ч. Затем воздушные ванны можно принимать при температуре 10...15 °С. Во время каждой процедуры следует обязательно совершать активные движения.

Водные процедуры повышают способность сосудов быстро сужаться или расширяться в зависимости от температуры воды, а также нервный тонус, улучшают кровообращение. В детском возрасте их начинают с температуры воды 33...34 °С. Через каждые 3–4 дня температуру воды понижают на 1°, доводя ее до 18...20 °С. Продолжительность водной процедуры уменьшается по мере снижения температуры. Наиболее доступны ножные ванны, обтирания до пояса, обливание, душ, купание в открытом водоеме (начинают при температуре воды 18...20 °С). При проведении водных процедур недопустимо переохлаждение.

Солнечные ванны усиливают кровообращение, пигментацию кожи, способствуют образованию в организме витамина D. Закаливание солнцем начинают с 5–10 мин и увеличивают ежедневно на 5–10 мин, доводя до 2–5 ч.

При неосторожном обращении с огнем возникают ожоги. При ожогах I степени наблюдается покраснение и припухлость кожи, при ожогах II степени образуются пузыри, наполненные жидкостью, при ожогах III степени участки кожи некротизируются и обугливаются.

Первая медицинская помощь при ожогах. При *ожоге щелочью* поврежденный участок промывают водой и орошают 1–2%-м раствором *борной* или *уксусной кислоты*. При *ожоге кислотой* поврежденный участок также промывают водой и орошают 2%-м раствором *питьевой соды*.

При низкой температуре воздуха возникают обморожения.

Первая медицинская помощь при обморожении. При обморожении I степени необходимо растереть кожу пострадавшего чистыми руками или носовым платком и дать ему горячее питье. При обморожении II степени нельзя растирать кожу и вскрывать пузыри. При общем переохлаждении, обморожении III степени пострадавшего следует положить в теплое помещение и укутать теплым одеялом или одеждой.

НЕРВНАЯ СИСТЕМА

ЗНАЧЕНИЕ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ. РЕФЛЕКС. РЕФЛЕКТОРНАЯ ДУГА

Нервная система имеет очень важное значение в жизнедеятельности человека.

Функции нервной системы:

- ♦ объединяет все части организма в единое целое;
- ♦ регулирует работу разных органов и систем;
- ♦ осуществляет связь организма с внешней средой и приспособливает его к условиям среды;
- ♦ определяет психическую деятельность человека, его сознание, мышление, речь.

Деятельность нервной системы носит рефлекторный характер. **Рефлекс** – это ответная реакция организма на раздражение при участии нервной системы. Понятие «рефлекс» было введено Р. Декартом более 300 лет тому назад. Путь, по которому проходят нервные импульсы (возбуждение) от рецепторов к исполнительному органу, называется **рефлекторной дугой** (рис. 96). Она состоит из 5 звеньев:

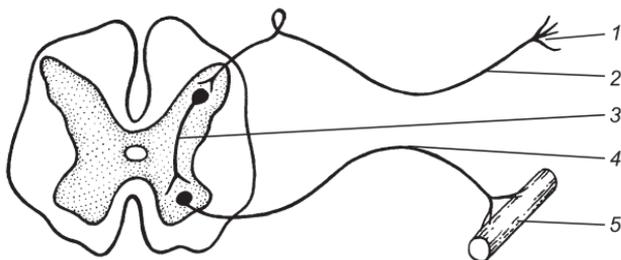


Рис. 96. Схема строения рефлекторной дуги:

- 1 – рецептор; 2 – чувствительный нейрон; 3 – вставочный нейрон;
4 – двигательный нейрон; 5 – рабочий орган

- ♦ рецепторы, воспринимающие раздражение;
- ♦ центrostремительный нейрон (чувствительный, афферентный);
- ♦ вставочный нейрон (ассоциативный);
- ♦ центробежный нейрон (двигательный, эфферентный);
- ♦ исполнительный орган, отвечающий на раздражение.

Чувствительные нейроны либо сами служат рецепторами, либо соединяют рецепторы с центральной нервной системой и передают ей информацию. *Двигательные нейроны* проводят сигналы от центральной нервной системы к исполнительным органам. *Вставочные нейроны* соединяют между собой чувствительные и двигательные нейроны. Рефлекторные дуги сухожильных рефлексов, например коленного, состоит из двух нейронов: чувствительно и двигательного (вставочный нейрон отсутствует).

ЦЕНТРАЛЬНАЯ И ПЕРИФЕРИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ СПИННОГО МОЗГА

Нервная система подразделяется на центральную и периферическую.

Периферическая нервная система – это нервные волокна, нервные узлы и нервные окончания. Нервные волокна в местах вхождения в центральную нервную систему образуют *корешки*. Корешки, соединяясь между собой, формируют *нервы*. Нервы связывают головной и спинной мозг со всеми органами и тканями организма. По мере приближения к объекту иннервации нервы разделяются на ветви и волокна. Ветви, обмениваясь волокнами, образуют *сплетения*. В тканях нервные волокна заканчиваются специализированными окончаниями: чувствительные волокна – рецепторами, двигательные – терминалями. По объектам иннервации нервы делят на соматические и автономные (вегетативные). Соматические нервы иннервируют кожу, скелет, суставы, скелетные мышцы, органы чувств, а автономные – внутренние органы, гладкую мышечную ткань и железы. По составу волокон нервы подразделяются на *чувствительные, двигательные и смешанные*. Скопления тел нейронов вне центральной нервной системы образуют *чувствительные узлы спинно-мозговых нервов, чувстви-*

тельные узлы черепно-мозговых нервов и автономные узлы (симпатические и парасимпатические) вегетативной нервной системы.

Периферическая нервная система вырабатывает и передает нервные импульсы, обеспечивая двухстороннюю связь центральной нервной системы с внешней и внутренней средой.

Центральная нервная система – это головной и спинной мозг. Она выполняет функцию контролирующего центра всего организма, воспринимая и обобщая входящую информацию и определяя ответную реакцию организма.

С п и н н о й м о з г находится в позвоночном канале и представляет собой несколько сплюснутый в передне-заднем направлении тяж длиной 41–45 см и толщиной около 1 см. Он начинается от продолговатого мозга и заканчивается на уровне второго поясничного позвонка. Ниже уровня спинного мозга в позвоночном канале находится так называемый «*конский хвост*», в котором сосредоточены корешки спинно-мозговых нервов поясничных, крестцовых и копчиковых сегментов. Спинной мозг покрывают три оболочки:

- ♦ *твердая* (плотная соединительная ткань) – выстилает позвоночный канал и выполняет защитную функцию;
- ♦ *паутинная* – содержит нервы и сосуды, имеет вид сети;
- ♦ *сосудистая* – имеет множество сосудов, питает мозг, сростается с его поверхностью и повторяет его форму.

Между паутинной и сосудистой оболочками находится *подпаутинное (субарахноидальное) пространство*, в котором находится спинно-мозговая жидкость (сходная по составу с плазмой крови). С п и н н о - м о з г о в а я ж и д к о с т ь – это среда организма, заполняющая систему желудочков мозга и субарахноидальное пространство головного и спинного мозга. У взрослого человека ее около 140 мл, обновляется она несколько раз в сутки. Основное место образования спинно-мозговой жидкости – сосудистые сплетения желудочков головного мозга. Она окружает мозг как бы «гидравлической подушкой», которая предохраняет его от механических повреждений при толчках и сотрясениях, обеспечивает постоянство внутричерепного давления, участвует в обмене веществ.

Передней и задней продольными бороздами спинной мозг делится на две симметричные половины. Соответ-

ственно делению позвоночника на позвонки в спинном мозге выделяют сегменты (всего 31). *Шейные сегменты* (1–8) расположены от I шейного позвонка до середины VII шейного позвонка, *грудные сегменты* (1–12) – от середины VII шейного позвонка до середины XI грудного позвонка, *поясничные сегменты* (1–5) – от середины XI грудного позвонка до верхнего края тела I поясничного позвонка. *Крестцовые сегменты* (1–5) лежат позади тела I поясничного позвонка. *Копчиковый сегмент* (1) расположен на уровне II поясничного позвонка. От каждого сегмента отходят два передних – *двигательных* – и в каждый входят два задних – *чувствительных* – *корешка*. Передний и задний корешки, соединяясь, образуют *смешанный спинно-мозговой нерв*, в котором находятся *центростремительные (чувствительные)* и *центробежные (двигательные) волокна*. *Спинно-мозговые нервы* (31 пара) выходят из позвоночного канала через межпозвоночные отверстия. Спинной мозг имеет *два утолщения* – *шейное* и *поясничное*, которые соответствуют местам выхода спинно-мозговых нервов к конечностям.

На поперечном разрезе спинного мозга имеются два слоя (рис. 97). В центре расположено серое вещество, в форме бабочки (скопление тел нейронов и дендритов), его окружает белое вещество (скопление аксонов). В центре серого вещества находится *спинно-мозговой канал* (полость, заполненная спинно-мозговой жидкостью). В сером веществе на протяжении всего спинного мозга различают *передние* и *задние рога*, а в грудных

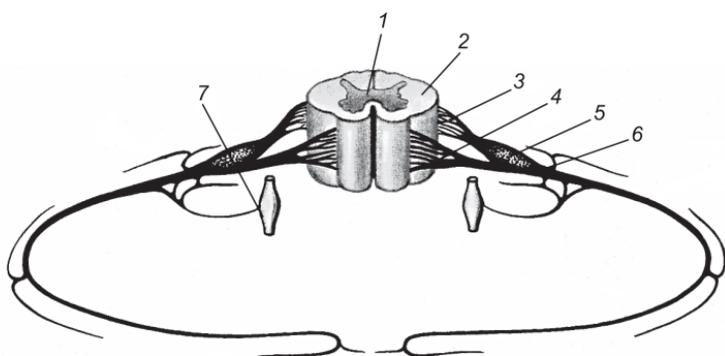


Рис. 97. Сегмент спинного мозга:

1 – серое вещество; 2 – белое вещество; 3 – задний корешок спинно-мозгового нерва; 4 – передний корешок спинно-мозгового нерва; 5 – спинно-мозговой узел; 6 – спинно-мозговой нерв; 7 – узел симпатической нервной цепочки

и верхних поясничных сегментах – также и *боковые рога*, в которых располагаются тела нейронов симпатической части вегетативной нервной системы. В задних рогах входят аксоны *чувствительных нейронов*, передающие возбуждение в спинной мозг. Тела этих нейронов лежат вне спинного мозга *в спинно-мозговых узлах* по ходу чувствительных нервных волокон. В задних рогах и в промежутке между рогами локализованы *вставочные нейроны*, с помощью которых происходит переключение возбуждения на двигательные нейроны. В передних рогах располагаются тела двигательных нейронов. От них отходят длинные отростки (*аксоны*), образующие передние (двигательные) корешки. По этим корешкам возбуждение передается рабочему органу и обеспечивает двигательные рефлексы.

Белое вещество располагается в виде 6 столбов (двух передних, двух боковых и двух задних). Нервные волокна белого вещества образуют *проводящие пути*, соединяющие спинной мозг с головным и отдельные сегменты спинного мозга между собой. Проводящие пути подразделяют на *восходящие (чувствительные)*, передающие возбуждение в головной мозг (по задним и боковым столбам), и *нисходящие (двигательные)*, проводящие импульсы от головного мозга к рабочим органам (по передним и боковым столбам). При нарушении связи между спинным и головным мозгом наступает *спинальный шок* – все рефлексы, центры которых лежат ниже поврежденного участка спинного мозга, исчезают и произвольные движения становятся невозможными.

Функции спинного мозга:

♦ *проводниковая*, заключающаяся в проведении нервных импульсов от органов в головной мозг и обратно;

♦ *рефлекторная*, состоящая в том, что в спинном мозге замыкаются дуги безусловных рефлексов, которые регулируют соматические и вегетативные функции организма). Каждый сегмент спинного мозга иннервирует (контролирует активность) скелетные мышцы и определенные участки кожи. В спинном мозге находятся центры потоотделения, расширения зрачка, движения диафрагмы (шейные и грудные сегменты), мочеиспускания, дефекации и половой функции (крестцовые сегменты). В грудных и верхних поясничных сегментах лежат нейроны симпатической части вегетативной нервной системы, в крестцовых сегментах располагаются ядра парасимпатической части вегетативной нервной системы.

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА. ЗНАЧЕНИЕ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ

Головной мозг располагается в мозговом отделе черепа. Масса головного мозга взрослого человека от 1100 до 1700 г. Развивается он из переднего отдела нервной трубки, проходя стадии 3 и 5 мозговых пузырей. Полость нервной трубки преобразуется в *мозговые желудочки*: I и II – в *переднем*, III – в *промежуточном*, IV – в *продолговатом мозге*. Желудочки заполнены спинно-мозговой жидкостью. Мозговые пузыри преобразуются в отделы головного мозга: передний (конечный), промежуточный, средний, задний и продолговатый (рис. 98). Последние четыре отдела образуют *ствол мозга* (в нем серое вещество находится внутри белого).

Головной мозг, как и спинной, покрыт тремя оболочками:

♦ *твёрдой* (плотная соединительная ткань), выполняющей защитную функцию;

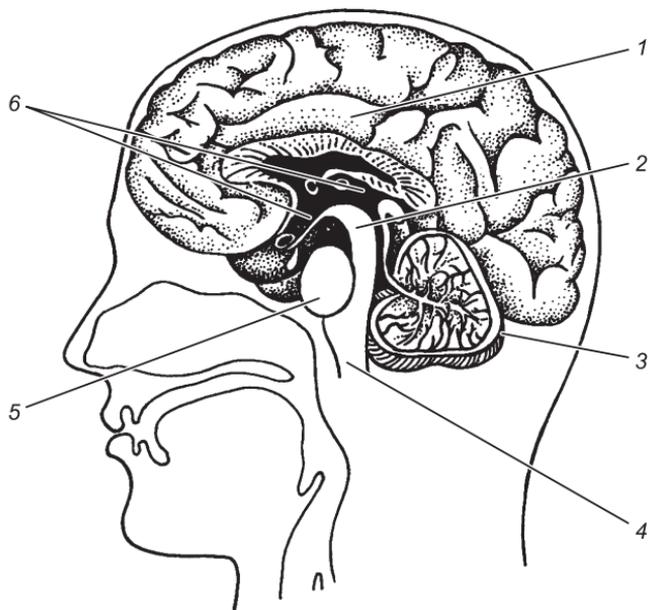


Рис. 98. Отделы головного мозга:

1 – полушария переднего мозга; 2 – ножки мозга; 3 – мозжечок;
4 – продолговатый мозг; 5 – мост; 6 – промежуточный мозг

- ♦ *паутинной*, содержащей нервы и сосуды;
- ♦ *сосудистой*, богатой сосудами.

Пространство между паутинной и сосудистой оболочками (*подпаутинное*) заполнено спинно-мозговой жидкостью. От различных отделов головного мозга отходит 12 пар черепно-мозговых нервов: I – обонятельный, II – зрительный, III – глазодвигательный, IV – блоковый, V – тройничный, VI – отводящий, VII – лицевой, VIII – преддверно-улитковый, IX – языкоглоточный, X – блуждающий, XI – добавочный, XII – подъязычный.

По выполняемым функциям одни черепно-мозговые нервы являются *чувствительными* (I – передает информацию о запахах, II – проводит нервные импульсы от сетчатки в головной мозг, VIII – проводит нервные импульсы от органов слуха и равновесия в головной мозг), другие – *двигательными* (IV и VI – иннервируют мышцы глаза, XI – мышцы шеи и XII – мышцы языка), третьи – *смешанными* (III – содержит двигательные и парасимпатические нервные волокна, иннервирующие мышцы глаза, V – иннервирует слезную железу, оболочки глазного яблока, жевательные мышцы, наружное ухо, кожу лица, VII – мимические мышцы, оболочки полости рта, носа, слезные и слюнные железы, обеспечивает вкусовую чувствительность языка, IX – язык, глотку, зев, небную миндалину, околоушную слюнную железу, мышцы глотки, X – образован чувствительными, двигательными и парасимпатическими волокнами). *Блуждающий нерв* (X) относится к вегетативной нервной системе и иннервирует внутренние органы шейного отдела, грудной и верхней частей брюшной полости.

Продолговатый мозг повторяет строение спинного мозга. На его передней и задней поверхности находится по одной *продольной борозде*, которые являются непосредственным продолжением борозд спинного мозга. По бокам от передней борозды расположено по одному выступу – *пирамиде*. На разрезе продолговатого мозга в толще белого вещества видны участки серого – скопления тел нейронов (*ядра IX – XII пар черепно-мозговых нервов*). Белое вещество представлено длинными и короткими пучками нервных волокон. В продолговатом мозге имеется полость – *четвертый желудочек мозга*, который является продолжением спинно-мозгового канала.

Функции продолговатого мозга:

- ♦ *проводниковая* (проведение импульсов из спинного мозга в вышележащие отделы головного мозга и обратно);
- ♦ *рефлекторная* (здесь находятся центры безусловных рефлексов жизненно важных функций (дыхания, работы сердца, тонуса сосудов), пищеварительных (сосания, слюноотделения, желудочной секреции и др.), защитных (кашля, чихания, мигания, рвоты)).

Задний мозг образован мозжечком и *варолиевым мостом*, расположенным между продолговатым и средним мозгом. Варолиев мост состоит из белого и серого вещества. Серое вещество представлено *ядрами V–VIII пар черепно-мозговых нервов*, а белое образовано *продольными и поперечными пучками нервных волокон*. Здесь расположены многочисленные пути, связывающие полушария мозжечка с другими отделами центральной нервной системы. Мозжечок состоит из *двух полушарий*, соединенных средней частью – *червем*. Полушария покрыты слоем серого вещества – *корой*, которая имеет *извилины*. Белое вещество мозжечка образовано нервными волокнами.

Функции заднего мозга:

- ♦ *проводниковая* (проведение импульсов из продолговатого мозга в вышележащие отделы головного мозга и обратно);
- ♦ *рефлекторная* (здесь находятся центры координации движений, равновесия и позы тела, регуляции мышечного тонуса; с участием варолиева моста реализуются движения глазных яблок, сокращение мышц лица, обеспечивающих мимику).

При поражении мозжечка нарушается координация движений, мышечный тонус и равновесие.

Средний мозг расположен между мостом и промежуточным мозгом. Состоит из *четверохолмия* (имеет 2 верхних и 2 нижних бугра) и *ножек мозга*. В центре его проходит узкий канал (*водопровод*), соединяющий третий и четвертый желудочки мозга. В среднем мозге расположены *ядра III и IV пар черепно-мозговых нервов*.

Функции среднего мозга:

- ♦ *проводниковая* (проведение импульсов от заднего мозга к промежуточному и от коры больших полушарий к продолговатому и спинному мозгу);
- ♦ *рефлекторная* (здесь находятся центры регуляции мышечного тонуса и позы, иннерваций мышц глаз, подкорковые центры зрения (верхние бугры) и слуха (нижние

бугры), через которые замыкаются слуховые и зрительные ориентировочные рефлексы).

Ретикулярная формация – совокупность многочисленных рассеянных или сгруппированных в ядра нейронов, отростки которых образуют сети. Она расположена в спинном, продолговатом, среднем мозге и варолиевом мосту. Это древняя форма двигательного контроля. Ретикулярная формация имеет двухсторонние связи со всеми частями центральной нервной системы: спинным мозгом, мозжечком, промежуточным мозгом, средним мозгом, различными участками коры больших полушарий. Она активизирует кору больших полушарий, участвует в регуляции сна и бодрствования, дыхания и кровообращения, в формировании эмоций, контролирует двигательную активность, объединяя ядра различных отделов головного и спинного мозга, обеспечивает выполнение сложных рефлекторных актов (глотания, жевания, кашля, рвоты и др.).

Промежуточный мозг расположен над средним мозгом, под большими полушариями переднего мозга. Он состоит из *таламуса, метаталамуса, эпиталамуса* и *гипоталамуса*. Полостью промежуточного мозга является *третий желудочек*. Серое вещество таламуса (*зрительные бугры*) объединено приблизительно в 40 ядер. Эпиталамус представлен *шишковидным телом (эпифизом)*, метаталамус является местом переключения слуховых и зрительных путей к коре головного мозга, гипоталамус – нижний отдел промежуточного мозга. Серое вещество гипоталамуса объединено в 32 пары ядер.

Функции промежуточного мозга:

♦ *проводниковая* (проведение импульсов от ствола мозга к большим полушариям и обратно);

♦ *рефлекторная*. В нем находятся:

• *таламус*, являющийся высшим подкорковым центром всех видов чувствительности, кроме обоняния, вкуса и слуха. В нем не только переключаются чувствительные пути, идущие к коре головного мозга, но и осуществляется интеграция различных чувствительных импульсов, на основе которой формируются поведенческие реакции человека. Он регулирует сон и бодрствование, эмоции и психическую деятельность;

• *гипоталамус*, в котором имеются подкорковые центры вегетативной нервной системы (терморегуляции,

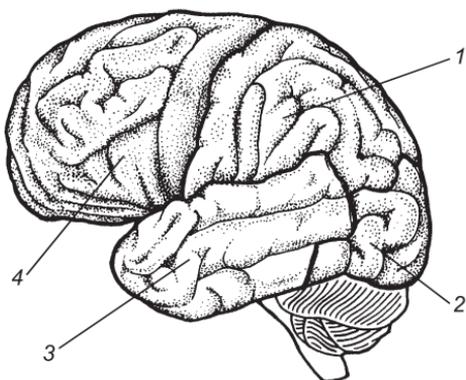


Рис. 99. Доли коры больших полушарий: 1 – теменная; 2 – затылочная; 3 – височная; 4 – лобная

регуляции обмена веществ, деятельности сердечно-сосудистой и пищеварительной систем, голода и насыщения, жажды и др.). Гипоталамус продуцирует *нейрогормоны*, регулирующие работу гипофиза, а через гипофиз – деятельность других желез внутренней секреции. Гуморальная регуляция обеспечивается тесной связью ядер гипоталамуса с гипофизом, которые объединяются в единую *гипоталамо-гипофизарную систему*.

Передний (конечный) мозг представлен *большими полушариями* (около 80% массы мозга) и *мозолистым телом*, которое передает информацию из одного полушария в другое. Продольная борозда делит передний мозг на правое и левое полушария. Снаружи они покрыты *корой*, имеющей *борозды*. Выделяют три наиболее глубокие борозды: *боковая, центральная и теменно-затылочная*. Они разделяют кору на *доли: лобную, височную, теменную и затылочную*. Каждая доля мозга в свою очередь делится бороздами на *извилины* (рис. 99). Кора больших полушарий – это слой серого вещества толщиной 1,3–4,5 мм, который состоит примерно из 14 млрд нейронов, расположенных в 6 слоев. Две трети коры скрыто в бороздах и извилинах. Выделяются участки коры – *поля (зоны)*, различающиеся по своему строению и функциям; их насчитывается от 50 до 200. В теменной доле позади центральной борозды, в задней центральной извилине находится *зона кожно-мышечной (соматической) чувствительности*, в передней центральной извилине лобной доли – *двигательная зона*, в височной доле – *вкусовая и слуховая зоны, обонятельная зона, зона восприятия письменной речи, зона восприятия устной речи (центр Вернике)*, в затылочной – *зрительная зона*, в лобной доле – *двигательные центры речи (центр Брока) и письма*. Под ко-

рой расположено *белое вещество*, в котором находятся скопления тел нейронов (*подкорковые ядра*) – центры регуляции вегетативных функций и двигательного аппарата. Волокна белого вещества связывают симметричные участки обоих полушарий, участки в пределах одного полушария, большие полушария с нижележащими отделами головного и спинного мозга.

Функции переднего мозга:

- ♦ *проводниковая*;
- ♦ *рефлекторная* (здесь замыкаются рефлекторные дуги безусловных и условных рефлексов).

Значение коры больших полушарий:

- ♦ *центральный отдел анализаторов сигналов* от органов чувств, в ее зонах происходит формирование различных ощущений;

- ♦ *орган психической деятельности*, определяющий сознание, абстрактное мышление, память и речь;

- ♦ *орган приобретения и накопления жизненного опыта*, в коре замыкаются дуги условных рефлексов.

- ♦ контролирует работу систем органов и обеспечивает связь организма с внешней средой.

Совокупность структур головного мозга (переднего, промежуточного, среднего) образует *лимбическую систему*. Она играет ведущую роль в формировании эмоций, мотивации поведения, в том числе и сексуального, в регуляции биологических ритмов и вегетативных функций, обеспечении самосохранения вида.

ВЕГЕТАТИВНАЯ И СОМАТИЧЕСКАЯ ЧАСТИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Нервная система по физиологическому действию подразделяется на соматическую и вегетативную. Часть нервной системы (центральной и периферической), иннервирующая скелетную мускулатуру, кости, кожу и органы чувств, называется **соматической нервной системой**. **Вегетативная нервная система** – часть нервной системы, иннервирующая гладкую мускулатуру, внутренние органы (сердце, сосуды, железы, желудок и др.), а также стимулирующая работоспособность скелетных мышц.

Вегетативная нервная система содержит центральный и периферический отделы. Центральный отдел

представлен *сегментарными центрами* (ядрами нейронов) в варолиевом мосту, среднем и продолговатом мозге, в боковых рогах и крестцовых сегментах спинного мозга и *надсегментарными* (высшими) *центрами*, расположенными в гипоталамусе, ретикулярной формации ствола головного мозга, в лимбической системе, мозжечке и коре больших полушарий переднего мозга. Периферический отдел включает нервные узлы, ветви, нервы, сплетения, нервные окончания. Вегетативная нервная система не имеет собственных чувствительных путей. Каждый из центробежных импульсов всегда проходит по двум последовательно расположенным нейронам: тела первых нейронов (*преганглионарных*) находятся в центральной нервной системе, а тела вторых (*постганглионарных*) – в нервных узлах периферической нервной системы. Возбуждение в вегетативной нервной системе проводится медленнее, чем по другим нервам, так как нервные волокна лишены миелиновой оболочки (скорость распространения нервных импульсов по волокнам вегетативной нервной системы составляет 1–18 м/с, по волокнам соматической нервной системы – до 120 м/с). Деятельность вегетативной нервной системы не подчинена воле человека.

По анатомическим и функциональным особенностям вегетативную нервную систему подразделяют на два отдела: симпатический и парасимпатический (рис. 100). В симпатическом отделе тела первых нейронов расположены в боковых рогах спинного мозга. Отростки этих нейронов (*преганглионарные*) заканчиваются в узлах двух симпатических нервных цепочек (здесь находятся *тела вторых нейронов*), идущих вдоль позвоночника. От этих узлов отходят нервные волокна (*постганглионарные*) ко всем органам. В парасимпатическом отделе тела первых нейронов расположены в среднем и продолговатом мозге, а также в крестцовых сегментах спинного мозга. Непосредственно от них к органам отходят *преганглионарные* нервные волокна, входящие в состав блуждающего нерва. *Тела вторых нейронов* располагаются в узлах нервных сплетений, которые находятся вблизи внутренних органов или внутри них (в стенке желудочно-кишечного тракта). От этих узлов отходят *постганглионарные* нервные волокна.

Таким образом, в парасимпатической нервной системе *преганглионарные* волокна по сравнению с таковыми в симпатической – длинные, а *постганглионарные* – короткие.

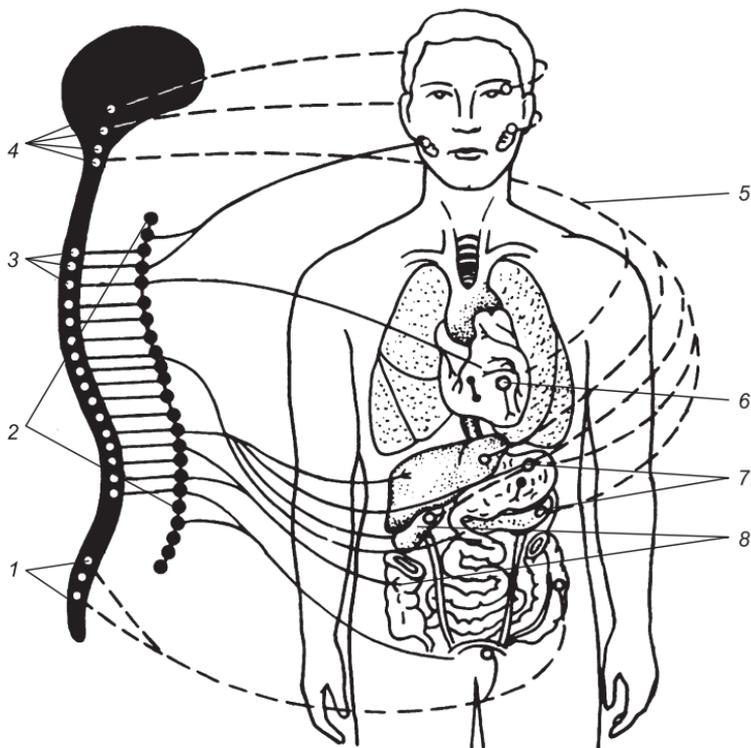


Рис. 100. Вегетативная нервная система:

1 – тела первых нейронов парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в спинном мозге; 2 – тела вторых нейронов симпатического отдела вегетативной нервной системы; 3 – тела первых нейронов симпатического отдела вегетативной нервной системы; 4 – тела первых нейронов парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в головном мозге; 5 – преганглионарные нервные волокна парасимпатического отдела вегетативной нервной системы; 6 – сердце; 7 – тела вторых нейронов парасимпатического отдела вегетативной нервной системы; 8 – внутренние органы

Симпатический и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы оказывают противоположное действие на функции органов. *Симпатическая иннервация* стимулирует функции органов, особенно в условиях стресса: учащает ритм и усиливает силу сердечных сокращений, сужает кровеносные сосуды, повышает артериальное давление, расширяет зрачок, тормозит работу пищеварительной системы, расслабляет желчные протоки, усиливает секрецию потовых желез, расширяет бронхи,

увеличивает количество сахара в крови и потребность организма в кислороде. Медиатором симпатической системы является гормон *норадреналин*. *Парасимпатическая иннервация* более выражена в состоянии покоя: замедляется ритм и уменьшается сила сердечных сокращений, сужаются зрачок, усиливается работа пищеварительной системы, сокращаются желчные протоки в печени, сужаются бронхи, уменьшается количество сахара в крови, а также потребность организма в кислороде. На артерии, потовые и слюнные железы, мышцы, поднимающие волосы, мозговое вещество надпочечников она воздействия не оказывает. Медиатором парасимпатической системы является *ацетилхолин*. Благодаря двойной иннервации осуществляется быстрая и точная регуляция деятельности органов. Регуляцию обоих отделов вегетативной нервной системы осуществляют *надсегментарные нервные центры*.

Гигиена нервной системы – это комплекс условий, направленных на нормальную деятельность центральной нервной системы (коры головного мозга). Ее утомление приводит к снижению памяти, работоспособности, устойчивости к воздействию факторов внешней среды, что влечет за собой нарушение функционирования разных систем органов и возникновение различных заболеваний. Необходимо чередовать умственный труд с физическим, занятиями физкультурой и спортом. Для предупреждения утомления человек должен соблюдать режим труда и отдыха.

Необходимо избегать употребления алкоголя, табакокурения, приема наркотиков, которые вредно действуют на центральную нервную систему. Наркогенные вещества могут вызвать у человека эйфорию, галлюцинации и даже летальный исход. Употребление наркотиков приводит к развитию психической и физической зависимости, вызывает привыкание, и организму требуются увеличенные дозы.

Алкоголь приводит к деградации личности, вызывает цирроз печени и язвенную болезнь желудка, алкогольные психозы (белая горячка). Употребление алкоголя особенно вредно в подростковом и юношеском возрасте, а также во время беременности. Никотин влияет в первую очередь на сосуды, вызывая их спазм и перерождение внутренней стенки, что приводит к инсультам, стенокар-

дии, инфаркту миокарда, эндартерииту. Употребление матерью алкоголя, никотина и других наркотических веществ чаще всего приводит к тяжелым нарушениям развития нервной системы плода (особенно к концу третьей недели эмбриогенеза). У женщин, злоупотребляющих алкоголем, рождаются дети с *алкогольным синдромом*. Его основными признаками являются: малые размеры тела; третье веко; косоглазие; седловидный нос; уменьшенные челюсти; низко расположенные уши; маленькая голова; сращение пальцев; неправильная форма грудной клетки; пороки сердца; умственная отсталость.

ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

БЕЗУСЛОВНЫЕ И УСЛОВНЫЕ РЕФЛЕКСЫ

.....
Высшая нервная деятельность – это совокупность условных рефлексов, которые лежат в основе поведения высокоорганизованных животных и человека и позволяют им лучше приспосабливаться к условиям окружающей среды.
.....

В 1863 г. русский физиолог И.М. Сеченов в работе «Рефлексы головного мозга» описал разнообразные сложные формы поведения и психику животных и человека с точки зрения рефлекторной теории как проявление одних рефлексов и торможение других. Позднее русский физиолог И.П. Павлов развил учение И.М. Сеченова и создал учение о физиологии высшей нервной деятельности человека и животных. Он считал, что *высшая нервная деятельность – это деятельность коры больших полушарий, которая является материальной основой условных рефлексов*. Кора больших полушарий, собирая информацию от всех сенсорных и двигательных систем, осуществляет анализ и становится аппаратом тонкой условно-рефлекторной деятельности и органом психической деятельности, сознательного мышления. Младенец, рожденный без коры больших полушарий, ничему не научается и не совершает произвольных движений. Такие дети умирают вскоре после рождения.

Все рефлексы И.П. Павлов разделил на безусловные и условные. **Безусловные рефлексы** – это врожденные реак-

ции организма, сложившиеся в процессе эволюции и передающиеся по наследству (чихание, сосание, кашель, пищевые, половые и т. д.). **Условные рефлексы** – это рефлексы, приобретаемые в течение жизни на базе безусловных рефлексов под влиянием определенных факторов внешней среды (слюноотделение на свет, слово; табл. 8).

Таблица 8

Отличия безусловных рефлексов от условных

| Безусловные рефлексы | Условные рефлексы |
|--|---|
| Врожденные, сформированы к моменту рождения | Приобретенные, образуются в течение всей жизни |
| Являются видовыми (присущи всем особям данного вида) | Являются индивидуальными (только у определенных особей вида) |
| Относительно постоянны (стойки и неизменны в течение всей жизни) | Непостоянны (одни исчезают, другие появляются) |
| Осуществляются при участии спинного мозга, ствола и подкорковых ядер головного мозга через <i>филогенетически закрепленную рефлекторную дугу</i> | Осуществляются при обязательном участии коры через <i>временные функциональные связи</i> |
| Являются основой для образования условных рефлексов | Образуются на основе безусловных рефлексов |
| Обеспечивают жизнедеятельность и оборонительные реакции | Приспосабливают организм к меняющимся условиям внешней среды (более совершенная ориентировка) |

ОБРАЗОВАНИЕ, ТОРМОЖЕНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ УСЛОВНЫХ РЕФЛЕКСОВ

Условные рефлексы образуются на основе безусловных рефлексов. Для их выработки не нужен специфический раздражитель.

Для образования условных рефлексов необходимы следующие условия: бодрствующее состояние коры; отсутствие отвлекающих раздражителей; сочетание условного

и безусловного раздражителей; действие условного раздражителя должно совпадать во времени с действием безусловного, но несколько предшествовать ему; действие условного раздражителя должно многократно сочетаться с действием безусловного раздражителя.

При проведении опытов И.П. Павлов придерживался следующих принципов:

- ✦ *объект опытов* – собаки;
- ✦ *условный раздражитель* (безразличный для жизнедеятельности) – свет;
- ✦ *безусловный раздражитель* (важный для жизнедеятельности) – пища;
- ✦ *безусловный рефлекс* – выделение слюны при попадании пищи в ротовую полость;
- ✦ *цель опытов* – выработать условный рефлекс (выделение слюны на включение света).

При действии условного раздражителя (свет) возникает ориентировочный рефлекс: возбуждаются фоторецепторы сетчатки глаза, и в них образуются нервные импульсы, которые по центростремительным (чувствительным) нервным волокнам достигают затылочной доли коры больших полушарий, где находится центральный отдел зрительного анализатора. Возникает *очаг возбуждения № 1* – собака ждет, что последует дальше.

При действии безусловного раздражителя (попадание пищи в ротовую полость) проявляется безусловный рефлекс: возбуждаются вкусовые рецепторы, в них образуются нервные импульсы, которые по центростремительным (чувствительным) нервным волокнам достигают височной доли коры больших полушарий, где находится центральный отдел вкусового анализатора. Возникает более сильный *очаг возбуждения № 2*. Импульсы, исходящие от него, поступают в продолговатый мозг, где находится центр слюноотделения, и активируют его. От этого центра импульсы по центробежным (двигательным) нервным волокнам достигают слюнных желез, и они выделяют слюну. После нескольких сочетаний условного и безусловного раздражителей в коре головного мозга возникает *временная функциональная связь между очагами возбуждения № 1 и № 2*, и при многократном повторении она становится прочной. Благодаря такой связи действие только условного раздражителя (без подкрепления безусловным) вы-

зывает возникновение реакции организма, соответствующей безусловному рефлексу. При включении света возбуждаются фоторецепторы сетчатки глаза, и в них образуются нервные импульсы, которые по центrostремительным (чувствительным) нервным волокнам достигают затылочной доли коры больших полушарий, где возникает очаг возбуждения № 1. Между ним и очагом возбуждения № 2 возникает *временная функциональная связь*. Затем импульсы от очага возбуждения № 2 достигают продолговатого мозга, где находится центр слюноотделения, и активируют его. Отсюда импульсы по центробежным (двигательным) нервным волокнам поступают в слюнные железы, и те выделяют слюну. Образуется условный рефлекс – выделение слюны на включение света.

.....
Механизм образования условного рефлекса – это установление временной функциональной связи между двумя очагами возбуждения, соответствующими безусловному и условному раздражителем.

Важным средством формирования условно-рефлекторной деятельности является доминанта (устойчивый очаг возбуждения). Она способна изменять (подавлять) работу других очагов возбуждения. Доминанта определяет поведение человека, делает его активным и творческим. Учение о доминанте разработал в 1923 г. русский физиолог А.А. Ухтомский.

Динамический стереотип – это относительно устойчивая система осуществления отдельных условных рефлексов (реакции коры больших полушарий головного мозга), основанная на его способности обеспечивать точность и своевременность ответной реакции организма на привычные, повторяющиеся в определенной последовательности раздражители. Стереотип может быть изменен, нарушен и вновь восстановлен в зависимости от временной и порядковой организации системы раздражителей. Привычки человека, распорядок дня являются проявлением стереотипа.

При изменении условий среды сформированные условные рефлексы могут исчезать в результате торможения.

.....
Торможение – это процессы, приводящие к ослаблению или прекращению возбуждения в центральной нервной системе.

Различают внешнее и внутреннее торможение. **Внешнее торможение** проявляется ориентировочной реакцией (рефлекс «что такое?»). Развивается в результате действия нового внешнего относительно сильного раздражителя, который приводит к возникновению нового очага возбуждения в коре. Этот очаг возбуждения вызывает торможение старого. Например, выработанный у животного условный рефлекс (слюноотделение на свет) не проявляется при внезапном шуме. Внешнее торможение развивается быстро. **Внутреннее торможение** развивается постепенно. Основное условие его возникновения – это отсутствие подкрепления условного раздражителя безусловным, или угасание – один из видов внутреннего торможения. Например, если у животного выработанный слюноотделительный рефлекс на свет не подкреплять кормлением, то рефлекс начнет угасать и исчезнет (разрушится временная функциональная связь между двумя центрами). Другой вид внутреннего торможения – д и ф ф е р е н ц и р о в к а . Если один из условных раздражителей (удары метронома с частотой 60 раз в минуту) подкреплять безусловным раздражителем, а другой, близкий к нему (удары метронома с частотой 100 раз в минуту), не подкреплять, то условный рефлекс возникает только на подкрепляемый раздражитель. Существует также з а п р е д е л ь н о е (о х р а н и т е л ь н о е) т о р м о ж е н и е , когда при действии чрезмерно сильного раздражителя в коре возникает не возбуждение, а торможение, предохраняющее нервные клетки от гибели.

ИНТЕГРАТИВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МОЗГА – ОСНОВА СОЗНАНИЯ, ВНИМАНИЯ, ПАМЯТИ. РЕЧЬ И МЫШЛЕНИЕ

Высшая нервная деятельность является основой психической деятельности (сознания, мышления и т. п.).

Сознание – высшая функция человеческого мозга, сущность которой заключается в отражении действительности и направленном регулировании взаимоотношений личности с окружающим миром. Сознание – это знание, которое в абстрактной форме может быть передано другим людям. Оно возникло на основе потребности к общению, передаче знаний. Внутренний мир человека скрыт от

внешнего наблюдателя, поэтому передача сведений от одного человека к другому происходит с помощью знаков. Такой знаковой формой общения стала **речь**. На основе общения возникает сознание. В понятие сознания включаются познавательные процессы, с помощью которых человек постоянно пополняет, обогащает свои знания: ощущение, восприятие, память и мышление.

Ощущение – это отражение мозгом предметов и явлений при воздействии их на рецепторы органов чувств. Ощущение является первым этапом в познании окружающего мира. В нем отражаются только отдельные признаки, свойства и качества предметов. В разных зонах мозга (центральные отделы соответствующих анализаторов) происходит переработка и анализ отдельных признаков раздражителя. Различные ощущения одного предмета (зрительный образ, его запах, тактильная информация) объединяются, и в ассоциативных областях коры (лобная доля) происходит их комплексная оценка (восприятие), вследствие чего формируются ответные реакции на раздражитель.

Восприятие – это определяемый внешними причинами процесс познания, в котором явления окружающего мира отражаются в виде ощущений, образов или словесных символов и формируются целостные представления о данном предмете. Восприятие заключается в интеграции и сопоставлении полученной информации (в виде ощущений) с той, которая была накоплена ранее и представляет собой определенный жизненный опыт.

Для того чтобы предмет, явление или событие были восприняты, необходимо, чтобы они вызвали ориентировочную реакцию, дали возможность сосредоточиться на них, привлекли внимание. *Внимание* – состояние психики, выраженное в сосредоточенности на чем-либо. Чем большее внимание будет привлечено новизной, сложностью, яркостью, необычностью предмета, явления или события, тем выше вероятность того, что они будут восприняты.

Память – это накопление, хранение и воспроизведение прошлого опыта. Она бывает нескольких видов:

- ♦ **э м о ц и о н а л ь н а я** (сохранение пережитых человеком чувства) – развита у всех людей;
- ♦ **с м ы с л о в а я** (запоминание, сохранение и воспроизведение прочитанных, услышанных и произнесенных слов) – развита у актеров, певцов;

- ♦ **образная** (запоминание зрительных и звуковых образов) – развита у музыкантов, писателей и художников;
- ♦ **двигательная** (запоминание и воспроизведение движений) – развита у спортсменов, танцоров.

Качественной особенностью памяти является то, что человек способен запоминать не всю информацию, а только общие положения.

В зависимости от времени хранения полученной информации память подразделяется на:

- ♦ **кратковременную** – информация хранится в течение нескольких секунд, что дает возможность запомнить очень небольшой объем информации (2–3 предложения);
- ♦ **промежуточную** – информация хранится несколько минут или часов. Запечатлеваются важные события, происходившие в последнее время;
- ♦ **долговременную** – информация может храниться всю жизнь. Если какое-то событие повторяется много раз, то оно запоминается на более длительный срок (собственное имя, таблица умножения, стихи, песни).

При долговременной памяти в результате длительных повторных циркуляций импульсов в нервных структурах остается глубокий «след», лежащий в основе всей памяти. На основе долговременной памяти возможно **научение**. Адаптивное изменение индивидуального поведения в результате предшествующего опыта (научение) подразделяют на несколько видов: метод проб и ошибок, запечатление (*импринтинг*), привыкание, подражание, мышление. Память является основой мышления.

Мышление – это способность человека с помощью слов и образов представить и выразить свое отношение к предметам и явлениям, а также различным состояниям своего организма. Мышление – активный процесс отражения объективного мира. Физиологическим аппаратом мышления являются временные функциональные связи. Существует два вида мышления:

- ♦ **словесно-логическое (абстрактное) мышление** – способность мыслить путем отвлеченных (абстрактных) понятий. Позволяет устанавливать общие закономерности, определяющие развитие природы и общества, самого человека. Благодаря этому виду мышления человеку удастся наиболее обобщенно решать мыслительные задачи;

♦ **наглядно-образное (конкретное) мышление** – характеризуется тем, что содержание мыслительной задачи основано на конкретных ощущениях и образах. Человек, решая задачу, анализирует, сравнивает, стремится обобщить различные образы предметов, явлений, событий.

Левое полушарие головного мозга обеспечивает словесно-логическое (обрабатывает информацию аналитически и последовательно), а правое – наглядно-образное мышление (обрабатывает информацию одновременно и целостно). Абстрактное мышление характерно только для человека. Оно позволяет ему развивать свои способности, науку, создавать культурные ценности, активно преобразовывать окружающую среду и общаться с другими людьми с помощью речи.

Речь регулируется левым полушарием головного мозга. Большинство речевые функции локализованы в височной доле, где находятся зоны, ответственные за обработку звуковой информации и понимание смысла речи. В лобной доле расположены двигательные центры речи, связанные с произношением слов. Речь выполняет две функции: **коммуникативную**, когда язык слов выступает как средство общения между людьми, и **семантическую**, когда язык слов является средством выражения мыслей, их образования и развития. В психологии различают два вида речи: **внешняя** – устная (диалогическая и монологическая) и **письменная**; **внутренняя** – разговор человека с самим собой.

ЗНАЧЕНИЕ СЛОВА

.....
***Сигнальная система** – совокупность процессов, происходящих в нервной системе и осуществляющих восприятие и анализ информации, а также формирование ответной реакции организма.*

Благодаря сигнальной системе происходит связь организма с внешней средой. У человека и животных существует **первая сигнальная система**. Центры ее находятся в коре головного мозга. Она воспринимает конкретные раздражители (сигналы) внешнего мира (предметы или

явления), обеспечивает конкретное (наглядно-образное) мышление и является основой для образования условных рефлексов.

Человек в раннем возрасте может научиться воспринимать информацию в виде символов, например букв и слов. Они дают ему представление о внешнем мире, обеспечивают возможность общения между людьми и накопление знаний в различных областях. Слово (условный раздражитель) стало для человека **второй сигнальной системой** (она существует только у человека). На основе слова возникает возбуждение, воспринимаемое и перерабатываемое корой переднего мозга. Слова являются сигналами для работы первой сигнальной системы («сигналы сигналов» по И.П. Павлову). Как «сигнал сигналов» слово дает возможность отвлечься от конкретных предметов и явлений, что находит свое выражение в понятиях (понятие «автомобиль» обобщает все возможные виды автомашин). Возникновение второй сигнальной системы связано с коллективным трудом: эта система – средство общения.

У животных также можно выработать условные рефлексы на слова (например, собака выполняет приказы хозяина), но для них слова – это просто звуковые раздражители (смысла слов они не понимают). Слова и речь обеспечили человеку сознание и мышление.

СОН И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ

Сон – это своеобразное состояние центральной нервной системы, характеризующееся исключением сознания, угнетением двигательной активности, обменных процессов, снижением всех видов чувствительности. Во время сна заторможены условные рефлексы и значительно ослаблены безусловные. Сон – физиологическое явление (глубокое охранительное торможение), предотвращающее переутомление и гибель нервных клеток. Процесс торможения частично охватывает большие полушария, средний и промежуточный мозг. Во время сна падает активность многих физиологических процессов, но продолжают свою деятельность стволые отделы, обеспечивающие кровообращение, дыхание и другие процессы. Изучению сновидений посвящены работы австрийского врача-психиатра и психолога З. Фрейда.

Сон – сложное циклическое явление. Обычно он состоит из 5–6 циклов, закономерно сменяющих друг друга. Каждый цикл имеет две фазы: первая – фаза медленного сна и вторая – фаза быстрого сна. Фаза медленного сна начинается сразу после засыпания. Она характеризуется урежением дыхания, пульса, расслаблением мышц, снижением температуры тела, уровня обменных процессов, высокоамплитудным медленным ритмом активности головного мозга. Ведущей является парасимпатическая иннервация. Сновидения неяркие. Проявлениями психических процессов в эту фазу сна могут быть разговоры во сне и лунатизм. В фазу быстрого (парадоксального) сна дыхание становится частым, глубоким, усиливается работа сердца, ускоряются реакции обмена веществ, появляются сокращения отдельных групп мышц, высокочастотные ритмы активности головного мозга, сходные с ритмами бодрствующего мозга. Ведущей является симпатическая иннервация. Сновидения яркие, реалистичные со зрительными, звуковыми и обонятельными образами.

Весь цикл длится примерно 1,5 ч и повторяется 4–6 раз. Фаза медленного сна – 50–70 мин, фаза быстрого сна – 10–15 мин. К утру продолжительность фазы быстрого сна увеличивается до 20–25 мин. У взрослых людей сон продолжается 7–8 ч, у новорожденных – 21 ч, поскольку ребенок спит несколько раз в сутки.

Основными теориями, объединяющими механизм сна, являются:

♦ *теория нервных центров* – объясняет чередование бодрствования и сна сменой активности подкорковых центров (передние ядра гипоталамуса – центры сна, задние ядра – центры бодрствования);

♦ *кортикальная* – сон наступает в результате распространения по коре процесса торможения.

Во время сна нейроны многих зон (зрительной, моторной и др.) коры находятся в состоянии особой активности, т. е. не происходит полного торможения корковой активности. Предполагают, что во время сна (фаза быстрого сна) в головном мозге происходит обработка поступившей за день информации, перераспределение ее, запоминание. Лишение человека сна приводит к расстройствам памяти и может вызвать психические заболевания.

ЧЕЛОВЕК – ЛИЧНОСТЬ

Индивид – это отдельный человек, личность с совокупностью свойств и особенностей, отличающих его от других людей.

Личность – это индивид, который имеет активную жизненную позицию, принимает осознанные решения и несет за них ответственность, управляет своим развитием и поведением. Личность характеризуется активностью (стремлением выходить за пределы собственных возможностей, расширять сферу своей деятельности и т. п.). **Направленность личности** – система побуждений (интересов, убеждений, идеалов, вкусов и т. д.), в которых проявляются потребности человека, определяющие его сознание и поведение. Потребности нашего организма в пище, воде, продолжении рода и другие называются *органическими* (они есть и у животных), а потребности, связанные с развитием личности, – *духовными*. Возникшие потребности побуждают личность к активному поиску путей их удовлетворения, становятся внутренними направляющими его деятельности – *мотивами*. Потребности лежат в основе интересов. Мы интересуемся предметами и явлениями жизни, которые привлекают к себе внимание, думаем о них, стремимся к ним. Интерес заставляет действовать в определенном направлении, выступает в качестве мотива.

Самосознание личности – собственный образ себя, выступающий как установка по отношению к самому себе. Самосознание включает следующие **компоненты**:

♦ **когнитивный** – образ своих качеств, способностей, внешности, социальной значимости и т. д.;

♦ **эмоциональный** – самоуважение, себялюбие, самоуничижение и т. д.;

♦ **оценочно-волевой** – стремление повысить самооценку, завоевать уважение.

Развитие личности в процессе вхождения индивида в новую социальную среду проходит три **фазы становления**:

♦ **адаптация** – усвоение действующих ценностей и норм и овладение соответствующими средствами и формами деятельности (т. е. уподобление индивида другим членам той же общности). На последнем этапе этой фазы у человека формируется способность различать главное и второстепенное;

♦ **индивидуализация** – стремление человека к максимальной персонализации, т. е. к мобилизации всех ресурсов для утверждения себя в качестве достойного и уважаемого всеми члена общества. Осуществление этой фазы невозможно без самоактуализации и творчества. **Самоактуализация** – главный стимул развития личности, стремление человека к возможно более полному проявлению и развитию своих личностных возможностей. **Творчество** – деятельность, которая дает новые, впервые создаваемые оригинальные продукты (открытие новых закономерностей в науке, технические изобретения, создание произведений искусства и т. д.);

♦ **интеграция** – это процесс, при котором новое, вносимое личностью в деятельность группы людей, принимается и в результате ее статус в этой группе повышается. Если новое, вносимое личностью, обществом не принимается и статус личности в группе понижается, происходит **дезинтеграция** и **изоляция** личности. Если же личность не предпринимает никаких попыток для своего становления, наступает ее **деградация**.

Индивидуальность – это сочетание особенностей индивида, которые делают его отличным от других людей и проявляются в своеобразии психики, темперамента и характера.

Интеллект – это способность мышления, познания, умение ставить проблемы и решать их.

Психологический возраст – это определенная качественная ступень развития индивида, характеризующаяся анатомо-физиологическими изменениями сознания. Этапы психического развития: *новорожденный* – первые 10 суток, *младенческий* – до 1 года, *преддошкольный (ясельный)* – 2–3 года, *дошкольный* – 3–6 лет, *младший школьный* – 6–10 лет, *подростковый* – 11–16 лет, *первый период юности* – 16–17 лет, *второй период юности* – 18–22 года, *первый период зрелости* – 22–35 лет, *второй период зрелости* – 35–60 лет, *пожилой возраст* – 60–75 лет, *старческий возраст* – 75–90 лет, *долгожители* – более 90 лет. Особенностью развития человека является относительно более продолжительный, чем у других видов млекопитающих, период детского возраста.

Сенситивные периоды развития – это возрастные периоды, во время которых условия для форми-

рования определенных свойств психики становятся наиболее благоприятными (например, сенситивный период развития речи – от года до шести лет). Если сенситивный период упущен и навык не развит, то в дальнейшем соответствующее качество развивается с трудом .

АНАЛИЗАТОРЫ (СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ) И ИХ ЗНАЧЕНИЕ

СТРОЕНИЕ АНАЛИЗАТОРОВ. ОРГАНЫ ЧУВСТВ

.....
Анализатор (сенсорная система) – функциональная система, обеспечивающая восприятие и переработку информации из внешней и внутренней среды организма.
.....

Учение об анализаторах разработано И.П. Павловым. Анализатор состоит из трех отделов: периферического, проводникового и центрального.

Периферический отдел представлен рецепторами, которые входят в состав соответствующих органов чувств. **Рецептор** – это клетка или специальный чувствительный орган, способный воспринять определенный раздражитель. Возбуждение связано с электрическими процессами в мембране чувствительной клетки, выражающимися в смене зарядов на мембране и преобразовании полученной информации из внешней среды или от внутренних органов в нервный импульс. Во многих органах чувств раздражитель видоизменяется (усиливается, ослабляется) с помощью вспомогательных структур, связанных с рецептором (в органе зрения такими структурами являются хрусталик, радужная оболочка, зрачок и др.). Выделяют следующие виды рецепторов: хеморецепторы (вкуса, обоняния); механорецепторы (осязания, слуха); фоторецепторы (зрения); терморецепторы (холода, тепла); болевые рецепторы. **Проводниковый** отдел представлен нервами, отходящими от рецепторов органов чувств. Функцией проводящих нервных путей является передача полученной от рецептора информации, закодированной в форме нервного импульса, в соответствующий отдел центральной нервной системы. **Центральный** отдел – определенный участок коры больших полушарий головного мозга, где происходит декодирование (расшиф-

ровка) информации с языка нервного импульса и преобразование в форму соответствующего ощущения (зрительного, слухового, вкусового и т. п.), анализ возбуждения, формирование ощущения и ответной реакции на раздражение.

Совокупность рецепторов, сконцентрированных в определенных участках тела, и клеток других тканей образует **органы чувств**. Они определяют основные виды чувствительности: осязание, обоняние, вкус, зрение, слух, равновесие.

.....
***Осязание** – это восприятие формы, величины, плотности, температуры различных предметов.*
.....

Наиболее богаты осязательными рецепторами губы, кончики языка и пальцев, а также ладони. В коже находятся *тактильные рецепторы*, воспринимающие прикосновение и давление, *температурные рецепторы*, которые воспринимают тепловые и холодные воздействия, и болевые рецепторы, трансформирующие внешние воздействия в болевые импульсы. Различают *три вида кожной чувствительности: тактильную, температурную и болевую*. Восприятие прикосновения и давления формирует чувство осязания, с помощью которого определяется форма, величина и консистенция предметов. У людей, лишенных зрения и слуха, осязание является основным источником информации о внешнем мире. Возбуждение от рецепторов кожи передается в спинной мозг. Центральный отдел осязательного анализатора – зона кожно-мышечной чувствительности, расположенная в задней центральной извилине теменной доли коры.

.....
***Обоняние** – это восприятие запахов различных веществ.*
.....

Обонятельные рецепторы находятся в слизистой верхнего и частично среднего носовых ходов. Импульсы от этих рецепторов по обонятельным нервам поступают в лобную долю коры, затем в височную, где находится центральная часть обонятельного анализатора, в которой происходит анализ запаха вдыхаемых веществ.

.....
***Вкус** – это восприятие вкусовых свойств веществ, поступающих в ротовую полость.*
.....

Рецепторы вкуса расположены в слизистой языка, на стенках ротовой полости, в нёбе, глотке, надгортаннике. Возбуждение от рецепторов передается по волокнам VII, IX и X пар черепных нервов в таламус. От таламуса нервные импульсы поступают в корковый обонятельный центр в височную долю коры, где находится центральная часть **вкусового анализатора** и формируется восприятие в виде различных вкусовых ощущений.

.....
Зрение – вид чувствительности, который позволяет воспринимать форму, размер, цвета и яркость окружающих нас предметов.
.....

В состав **зрительного анализатора** входят **рецепторы органа зрения, зрительный нерв и зрительная зона** в коре затылочных долей головного мозга.

.....
Слух – вид чувствительности, обуславливающий восприятие частоты и силы звуковых колебаний.
.....

Слуховой анализатор состоит из **рецепторов внутреннего уха, слухового нерва и слуховой зоны** в височной доле коры головного мозга.

.....
Равновесие – вид чувствительности, обуславливающий анализ положения тела в пространстве, изменение скорости и направления движений.
.....

Орган равновесия – вестибулярный аппарат – расположен во внутреннем ухе и представлен **полукружными каналами** и **двумя мешочками (овальным и круглым)** в преддверии улитки, в которых расположены **волосковые клетки**. **Вестибулярный анализатор** состоит из механорецепторов **органа равновесия, вестибулярного нерва** в составе VIII пары черепно-мозговых нервов и **вестибулярной зоны** в височной области коры и в постцентральной извилине.

Значение органов чувств заключается в том, что, воспринимая изменения в окружающей среде, они участвуют в образовании условных рефлексов, что позволяет организму ориентироваться и в этой среде и адекватно реагировать на ее изменения.

СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ И ГИГИЕНА ОРГАНОВ ЗРЕНИЯ

Зрительный анализатор состоит из трех отделов: **периферического, проводникового и центрального**. Периферическим отделом зрительного анализатора являются *фоторецепторы сетчатки глаза*. Глаз находится в глазнице – углублении лицевой части черепа. Он состоит из глазного яблока и вспомогательного аппарата.

Глазное яблоко имеет шаровидную форму и состоит из трех оболочек: наружной – фиброзной, средней – сосудистой и внутренней – сетчатой (рис. 101). *Фиброзная оболочка* придает форму главному яблоку и защищает его. Спереди она образует проницаемую для света *роговицу*. Роговица не содержит кровеносных сосудов, ее питание обеспечивается влагой **передней камеры глаза** и сосудами в прилежащих участках склеры. В роговице имеются чувствительные нервные окончания, вызывающие мигание и слезоотделение при самом незначительном прикосновении к роговице. Фиброзная оболочка сзади переходит в *склеру* (непрозрачную, плотную оболочку белого или слегка голубоватого цвета). Передняя часть склеры, обращенная в глазную щель, покрыта *конъюнктивой*. *Сосудистая оболочка* состоит из трех частей: собственно сосудистой, ресничного тела и радужки. Изнутри *собственно*

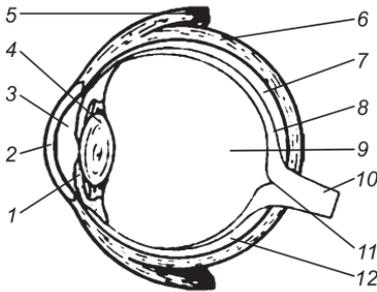


Рис. 101. Схема строения органа зрения:

1 – радужка; 2 – роговица; 3 – передняя камера глаза; 4 – хрусталик; 5 – глазные мышцы; 6 – склера; 7, 12 – сосудистая оболочка; 8 – сетчатка; 9 – стекловидное тело; 10 – зрительный нерв; 11 – слепое пятно

сосудистая оболочка выстлана клетками, содержащими пигмент *меланин*. Передняя часть сосудистой оболочки образует *радужку*, которая содержит пигмент, обуславливающий цвет глаз. Между роговицей и радужкой находится *передняя камера глаза*, заполненная влагой (0,2 мл), которая снабжает питательными веществами роговицу. В радужке имеется *зрачок* (круглое отверстие), который рефлекторно меняет свои размеры в

зависимости от интенсивности освещения за счет мышечных волокон: *радиальные* – расширяют зрачок, *кольцевые* – сужают. Позади радужки находится прозрачный *хрусталик* в форме двояковыпуклой линзы. Вещество хрусталика бесцветное, не содержит сосудов и нервов. Кривизна его меняется благодаря сокращению мышц *ресничного тела*. Между радужкой и хрусталиком расположена *задняя камера глаза*, заполненная влагой (0,2 мл), которая снабжает питательными веществами лишенный кровеносных сосудов хрусталик. Вся внутренняя полость глаза за хрусталиком заполнена студенистой массой, образующей *стекловидное тело*, которое выполняет опорную, защитную и светопреломляющую функции. *Сетчатка* прилегает к сосудистой оболочке и выстилает дно глаза. Она состоит из *двух листков*: *наружного*, содержащего пигмент, и *внутреннего*, содержащего *светочувствительные рецепторы* – палочки и колбочки. В сетчатке находится около 6–7 млн колбочек и 125–130 млн палочек. *Палочки* содержат зрительный пигмент *родопсин* и воспринимают свет в условиях сумеречного освещения. *Колбочки* благодаря наличию пигмента *иодопсина* и воспринимают дневной свет и цвета при ярком освещении. Существует *три типа колбочек*, которые воспринимают красный, зеленый и синий цвета. Промежуточные цвета воспринимаются при одновременном раздражении колбочек двух или более типов. Напротив зрачка расположено *желтое пятно*, в его центральной ямке имеются только колбочки – это место наибольшей остроты зрения. Сбоку от желтого пятна расположен участок, лишенный зрительных рецепторов, – место выхода зрительного нерва – *слепое пятно*.

Вспомогательный аппарат составляют: *6 глазных мышц*,двигающих глазное яблоко; *веки*, имеющие изнутри слизистую оболочку – *конъюнктиву*, *ресницы*, *брови*, отводящие пот и защищающие глаз от повреждений, *жировая клетчатка*, предохраняющая глаз от толчков, повреждений, *слезный аппарат*, содержащий *слезную железу* и *слезовыводящие протоки*. Слезная жидкость увлажняет поверхность глазного яблока, смывает посторонние частицы; в ее состав входит бактерицидное вещество *лизоцим*.

Оптическая система глаза – это совокупность сред, через которые проходят световые лучи: роговица, влага пе-

редней камеры, зрачок, влага задней камеры, хрусталик, стекловидное тело. Каждая преломляющая среда имеет свою оптическую силу, измеряемую в диоптриях. *Диоптрия* – преломляющая сила линзы с фокусным расстоянием в 1 м. Главные преломляющие среды – роговица и хрусталик. Оптическая система формирует уменьшенное перевернутое изображение предметов на сетчатке, обладает *аккомодацией* – способностью за счет изменения кривизны хрусталика создавать на сетчатке резкое изображение предметов, расположенных как на близком, так и на дальнем расстоянии от глаза.

Световоспринимающая часть глаза (на ней фокусируется изображение) – сетчатка. Желтое пятно является местом наилучшего видения и обеспечивает **центральное зрение**. Остальная часть сетчатки обеспечивает **боковое (периферическое) зрение**.

В основе восприятия света (*фоторецепции*) лежит поглощение квантов света светочувствительными пигментами, например родопсином, и последующее расщепление его на составляющие части: белок *опсин* и *каротиноид ретиналь* (альдегидная форма витамина А). В темноте происходит процесс ресинтеза пигмента.

Механизм восприятия света заключается в следующем. Световые лучи проходят через оптическую часть глаза и попадают на световоспринимающие рецепторы, в которых возникают сложные фотохимические реакции. Продукты распада родопсина и иодопсина вызывают формирование нервных импульсов в фоторецепторах. От них возбуждение по зрительному нерву поступает в подкорковые центры зрения (верхние бугры четверохолмия, зрительные бугры промежуточного мозга), а затем в затылочную долю коры головного мозга, где происходит его анализ и формируются зрительные ощущения.

Совместная работа обоих глаз – бинокулярное зрение – обеспечивает стереоскопическое (объемное) зрение. В случаях, когда световые лучи, пройдя через оптическую систему глаза, фокусируются не на сетчатке, развиваются **аномалии зрения**:

♦ **близорукость (миопия)** – человек четко видит предметы только на близком расстоянии, так как лучи фокусируются впереди сетчатки, поскольку хрусталик выпуклый и сильно преломляет лучи, либо удлинено глазное яблоко, либо ослаблена ресничная мышца;

♦ **дальнозоркость (гиперметропия)** – человек хорошо видит предметы на дальнем расстоянии, так как лучи фокусируются позади сетчатки, поскольку хрусталик плоский и слабо преломляет лучи, либо укорочено глазное яблоко, либо он потерял эластичность, либо ослаблена ресничная мышца.

Для коррекции близорукости применяют очки с двояковогнутыми линзами, а для исправления дальнозоркости – с двояковыпуклыми.

Гигиена зрения – это комплекс требований, направленных на обеспечение нормального функционирования органа зрения. При чтении освещение должно быть достаточным, свет должен падать слева, расстояние от глаза до предмета должно составлять 30–35 см. Нельзя читать в транспорте, так как в результате постоянно меняющегося расстояния между предметом и хрусталиком ослабевают его эластичность и функция ресничной мышцы. Необходимо защищать глаза от попадания пыли, инородных предметов, слишком яркого света, разрушающего светочувствительные рецепторы.

СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ И ГИГИЕНА ОРГАНОВ СЛУХА

Слух – это вид чувствительности, обуславливающий восприятие звуковых колебаний с частотой от 16 до 20 000 Гц. Периферической частью *слухового анализатора* являются *рецепторы органа слуха*. **Орган слуха** состоит из трех отделов: наружного, среднего и внутреннего уха (рис. 102).

Для человека характерен **бинауральный слух** (звуки улавливаются двумя ушами).

Наружное ухо представлено ушной раковиной, наружным слуховым проходом и барабанной перепонкой. *Ушная раковина* состоит из хряща, покрытого кожей. *Наружный слуховой проход* (костно-хрящевой канал S-образной формы, длиной до 3 см) имеет железы, которые выделяют ушную *серу* – вещество, задерживающее пыль и бактерии, попадающие в наружный слуховой проход. *Барабанная перепонка* – тонкая эластичная мембрана, отделяющая наружное ухо от среднего. В центре барабанной перепонки имеется углубление, в этом месте изнутри прикреплена рукоятка молоточка.

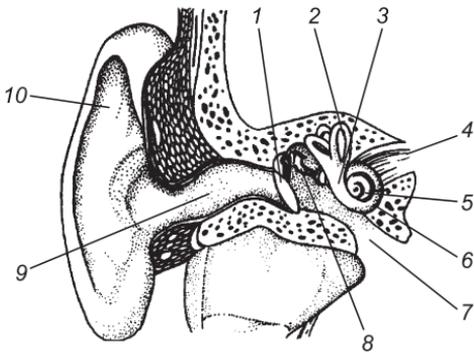


Рис. 102. Схема строения органа слуха:

1 – барабанная перепонка; 2 – полукружные каналы; 3 – преддверие улитки; 4 – слуховой нерв; 5 – улитка; 6 – височная кость; 7 – слуховая труба; 8 – слуховые косточки (стремечко); 9 – наружный слуховой проход; 10 – ушная раковина

Среднее ухо состоит из барабанной полости в височной кости объемом 1 см^3 и расположенных в ней слуховых косточек. Барабанная полость выстлана слизистой оболочкой и через слуховую (евстахиеву) трубу сообщается с носоглоткой. Слуховая труба выравнивает давление по обе стороны барабанной перепонки. Три слуховые косточки – молоточек, наковальня и стремечко – соединены между собой; они уменьшают амплитуду и увеличивают силу звука в 20 раз (площадь мембраны овального окна в 20 раз меньше площади барабанной перепонки). На внутренней стенке барабанной полости, отделяющей среднее ухо от внутреннего, имеется два отверстия – круглое и овальное, затянутые перепонками. Стремечко закрывает овальное отверстие, ведущее во внутреннее ухо.

Внутреннее ухо расположено в височной кости и состоит из преддверия, улитки и полукружных каналов. Функцию слуха выполняет улитка – спирально закрученный в 2,75 оборота костный канал. В костном канале улитки расположен перепончатый лабиринт, заполненный эндолимфой. Пространство между костным и перепончатым каналами заполнено перилимфой. В перепончатом канале находится звуковоспринимающий аппарат – спиральный орган, состоящий из основной мембраны с рецепторными клетками и покровной мембраны. Основная мембрана делит перепончатый канал улитки на два этажа и состоит из волокон, расположенных поперек хода улитки. У вершины улитки находятся длинные волокна, а у основания – короткие. На мембране расположены рецепторы (волосковые клетки), один их конец фиксирован на

мембране, а другой свободно заканчивается волосками. От фиксированного конца рецепторов отходят волокна слухового нерва. Над основной мембраной находится покровная мембрана. Волоски рецепторов омываются эндолимфой и могут соприкасаться с нависающей над ними покровной мембраной.

Рассмотрим **механизм восприятия звуков**. Звуковые волны улавливаются ушной раковиной, проходят через наружный слуховой проход и вызывают колебания барабанной перепонки. Те в свою очередь передаются слуховым косточкам, которые проводят и усиливают звук. Колебания стремечка вызывают колебания мембраны овального окна, которые передаются перилимфе и эндолимфе. Колебания эндолимфы вызывают резонанс волокон определенной длины основной мембраны. Волосковые рецепторы соприкасаются с покровной мембраной, и в них возникают нервные импульсы. По волокнам слухового нерва импульсы передаются в подкорковые центры слуха (нижние бугры четверохолмия) и в передний мозг. В височной доле коры переднего мозга происходит их качественная оценка. При длительном действии сильных звуков возбудимость волосковых клеток снижается, а при длительном пребывании в тишине – возрастает (происходит адаптация).

Гигиена слуха – это комплекс требований, направленных на обеспечение нормального функционирования органа слуха. Необходимо защищать уши от механических повреждений, громкого звука, постоянных шумов, ультра- и инфразвуков; применять индивидуальные противозвучные наушники, беруши, использовать на производстве специальную облицовку помещений, поглощающую звук; своевременно лечить заболевания носоглотки, так как через слуховую трубу в барабанную полость могут проникать болезнетворные бактерии и вызывать воспаленные уха.

ЭНДОКРИННЫЙ АППАРАТ

ЖЕЛЕЗЫ ВНУТРЕННЕЙ СЕКРЕЦИИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ. РОЛЬ ГУМОРАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ В ОРГАНИЗМЕ. ГОРМОНЫ И ИХ СВОЙСТВА

.....
Эндокринный аппарат – это совокупность желез внутренней секреции, которые не имеют выводных протоков и выделяют свои продукты (гормоны) непосредственно в кровь и тканевую жидкость.
.....

К железам внутренней секреции (эндокринным) относятся: гипофиз, эпифиз, щитовидная и околотитовидные железы, тимус, надпочечники, островковая часть поджелудочной железы и внутрисекреторная часть половых желез (рис. 103). Для них характерно богатое кровоснабжение.

Гормоны – органические вещества, вырабатываемые железами внутренней секреции. По химической природе гормоны являются: аминокислотами (*гормон щитовидной железы тироксин, гормон надпочечников адреналин*); белками и пептидами (*окситоцин, антидиуретический и адренотропный гормоны, глюкагон, инсулин, гонадотропины, гормон роста*); стероидами (*гормоны коры надпочечников*) и производными жирных кислот (*простагландины*). Свойства гормонов: высокая физиологическая активность; специфическое влияние на определенный тип обменных процессов или определенную ткань; как общее (*дистантное*), так и местное действие на рядом расположенные клетки органа; выделяемые в кровь гормоны доставляются во все части тела. Некоторые гормоны – *тироксин* или *соматотропин* влияют на обмен веществ всех клеток тела. Действие же большинства гормонов *избирательно* – циркулирующий в крови *секретин* воздействует только на клетки поджелудочной железы. Орган, реагирующий на определенный гормон, называют *органом-мишенью* этого гормона. Восприятие гормонов осуществляется *гликокаликсом* (надмембранным комплексом) клеток. *Гормоны быстро разрушаются в тканях*. Действие гормонов основано на способности к быстрым изменениям своей структурной организации, на повышении проницаемости мембран, стимуляции актив-

ности ферментов, активации или угнетении функциональной активности генов.

Согласно современной классификации, в эндокринном аппарате выделяют два отдела (звена): центральный и периферический. К **центральному звену** относятся: гипоталамус (нейросекреторные ядра), гипофиз и эпифиз. Центральное звено является регуляторным в эндокринной системе. **Периферическое звено** включает: железы, оформленные в виде органов – щитовидная и околощитовидные железы, надпочечники; скопления клеток, продуцирующих гормоны, в поджелудочной железе, тимусе (*вилочковой железе*) и половых железах – **железы смешанной секреции**; одиночные клетки, продуцирующие гормоны в стенке пищеварительного канала, в стенке дыхательных и мочевыводящих путей и др. (*диффузная эндокринная система*). Это гормоны местного действия (*гастрин* повышает секрецию желудочных и поджелудочной желез, усиливает моторику желудка, тонкой кишки и желчного пузыря; *ренин* вызывает сосудосуживающий эффект в почках и т. п.).

Гипоталамус – отдел промежуточного мозга, являющийся высшим центром регуляции эндокринных функ-

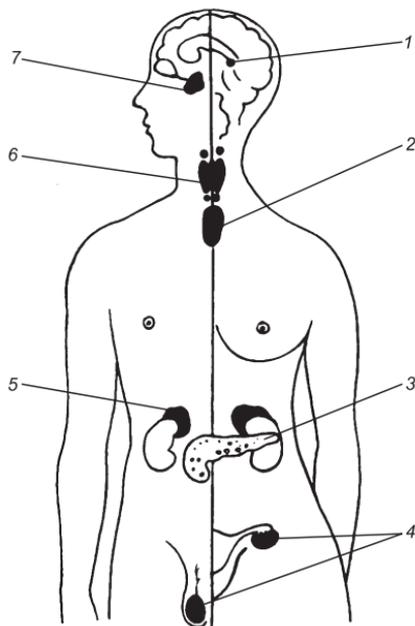


Рис. 103. Железы внутренней секреции:

1 – эпифиз; 2 – вилочковая железа (тимус); 3 – поджелудочная железа; 4 – половые железы; 5 – надпочечники; 6 – щитовидная железа; 7 – гипофиз

ций. Его нейросекреторные клетки вырабатывают гормоны, которые активируют (*либерины*) или тормозят (*статины*) выработку гормонов передней доли гипофиза.

Эпифиз – шишковидное тело, относящееся к промежуточному мозгу. Гормоны эпифиза (*меланотонин* и *серотонин*) тормозят половое созревание, регулируют суточную и сезонную активность организма и обеспечивают экономную и рациональную жизнедеятельность.

Околощитовидные железы числом от 1 до 10, вырабатывают гормон *паратирин*, который повышает уровень кальция в крови, активизирует рассасывание костной ткани, регулирует обмен фосфора (выведение почками) и кальция (отложение в тканях). Удаление околощитовидных желез ведет к *тетании* (судороги, разрушение зубов, похудение, резкое снижение содержания кальция в плазме крови).

Тимус (вилочковая железа) вырабатывает гормоны *тимозин* и *тимопоэтин*, которые обеспечивают дифференцировку Т-лимфоцитов.

Главная роль среди желез внутренней секреции принадлежит гипофизу, гормоны которого стимулируют деятельность всех других желез внутренней секреции.

Железы внутренней секреции осуществляют **гуморальную регуляцию** обмена веществ, роста, размножения, развития организма, деятельности систем органов и совместно с нервной системой обеспечивают ответные реакции организма или его клеток на раздражение. Для гуморальной регуляции характерны следующие особенности: гормоны действуют постепенно (в течение минут и часов); скорость тока крови, которая переносит гормоны, не превышает 0,5 м/с; влияние гормонов более продолжительно, чем действие нервного импульса; деятельность желез внутренней секреции находится под контролем нервной системы; отсутствует точный объект воздействия.

ВНУТРИСЕКРЕТОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГИПОФИЗА, ЩИТОВИДНОЙ, ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ, ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗ И НАДПОЧЕЧНИКОВ

Гипофиз имеет массу 0,5–0,7 г, находится на основании головного мозга и состоит из трех долей: передней, средней и задней. Гормоны передней доли регу-

лируют деятельность щитовидной железы (*тиреотропный гормон*), коры надпочечников (*адренокортикотропный гормон*), половых желез (*гонадотропные: лютеинизирующий и фолликулостимулирующий гормоны*), обмен веществ всех клеток и рост (*соматотропный гормон*). При недостатке гормона роста у детей развивается *карликовость* (при этом не нарушаются ни пропорции тела, ни психика детей). При избытке гормона роста в детском возрасте в дальнейшем развивается *гигантизм*, а избыток этого гормона у взрослых людей вызывает *акромегалию* (непропорциональное увеличение носа, языка, кистей рук, внутренних органов – печени, сердца и др.). Гормоны средней доли – *меланотропный*, регулирующий пигментацию кожи, и *липотропин*, усиливающий обмен липидов. Гормоны задней доли – *вазопрессин (антидиуретический)*, регулирующий образование мочи (усиливает реабсорбцию) и артериальное давление, и *окситоцин*, регулирующий сокращения гладких мышц матки (усиливает сокращения матки и обеспечивает изгнание плода). Если антидиуретический гормон вырабатывается в недостаточном количестве, возникает *несахарный диабет*, при котором больной за сутки выделяет 20–30 л мочи. При повышенной продукции вазопрессина мочи вырабатывается очень мало – до 250 мл в сутки.

Щитовидная железа располагается на передней поверхности трахеи и боковых стенках гортани. Ее масса 30–60 г. Внутри железы имеются небольшие пузырьки – *фолликулы*, являющиеся структурно-функциональными единицами щитовидной железы. Стенки фолликулов образованы железистым эпителием и заполнены особым коллоидным веществом. В нем содержатся гормоны *тироксин, трийодтиронин* и *кальцитонин* (он снижает уровень кальция в крови, являясь антагонистом гормонов околощитовидных желез). *Тироксин* (в его состав входит йод) влияет на рост костей и формирование скелета, развитие, обмен веществ всех клеток и функции нервной и сердечно-сосудистой систем. При его недостатке в детском возрасте наблюдается *кретинизм* (карликовость, характеризующаяся нарушением пропорций тела и отставанием в психическом развитии). У взрослого человека, недостаток тироксина вызывает *микседему* (слизистый отек), сопровождающийся замедлением обмена веществ, сла-

бостью, сонливостью, увеличением массы тела, сухостью кожи, выпадением волос, возможным нарушением психической деятельности. При избытке тироксина развивается *базедова болезнь*; у больных повышаются обмен веществ и возбудимость, учащается пульс, наблюдаются пучеглазие, дрожание рук, потливость, они худеют, несмотря на хороший аппетит. В местностях, где почва и вода содержат мало иода, отмечается компенсаторное увеличение щитовидной железы – *эндемический зоб*. Для профилактики данного заболевания в этих местностях необходимо использовать в пищу йодированную поваренную соль, а также морскую капусту.

Надпочечники – парные железы массой около 12 г. Они расположены у верхнего полюса почек. Надпочечники имеют наружный – *корковый* и внутренний – *мозговой* слои. В корковом слое образуются *минералокортикоиды* (*альдостерон*) и *глюкокортикоиды* (*кортизон*, *гидрокортизон*). Они регулируют углеводный, жировой, белковый, водно-солевой обмен, препятствуют развитию воспалительных процессов. В этом слое надпочечников вырабатываются и *половые гормоны* (*андрогены* у мужчин, *эстрогены* и *прогестерон* у женщин), влияющие на развитие вторичных половых признаков. При недостатке гормонов коркового слоя развивается *бронзовая (аддисонова) болезнь*: кожа больных приобретает бронзовый оттенок, они худеют, теряют аппетит, у них понижается содержание сахара (глюкозы) в крови, падает кровяное давление, развиваются слабость и быстрая утомляемость.

Клетки мозгового слоя выделяют *норадреналин*, повышающий тонус мелких артериальных сосудов и артериальное давление, и *адреналин*, который повышает артериальное давление, сужает кровеносные сосуды, способствует расщеплению гликогена, вызывает расслабление мускулатуры бронхов, ускоряет обмен веществ, угнетает перистальтику кишечника, увеличивает силу и частоту сердечных сокращений. При интенсивной физической нагрузке под действием адреналина из селезенки в сосуды поступает кровь, и объем крови в сосудах увеличивается. Адреналин также вызывает расширение капилляров кожи, мышц и сердца, увеличивая их кровоснабжение, а кровеносные сосуды брюшной полости и почек сужаются, уменьшается их кровенаполнение. Такое перераспреде-

ние крови позволяет поддерживать кровяное давление на нормальном уровне.

Поджелудочная железа является железой смешанной секреции. Эндокринная часть железы представлена *островками*. Их общая масса составляет примерно 3% (около 2 г) массы всей железы; большая часть островков расположена в хвостовом отделе. Гормоны поджелудочной железы регулируют углеводный обмен. *Инсулин*, вырабатываемый *β -клетками* островков Лангерганса, снижает количество глюкозы в крови, повышая проницаемость клеточных мембран и способствуя переходу глюкозы в ткани. При повышении содержания инсулина в крови наблюдается накопление гликогена в печени и мышцах. При снижении содержания инсулина развивается *сахарный диабет*, который характеризуется увеличением содержания глюкозы в крови, увеличением количества выделяемой мочи и появлением в ней сахара. В организме накапливаются кислые продукты обмена, больные пьют много воды, худеют. Для лечения этого заболевания используют инъекции инсулина.

Другой гормон поджелудочной железы – *глюкагон* (его вырабатывают *α -клетки* островков Лангерганса), действует противоположно инсулину: усиливает расщепление гликогена в печени, повышает уровень сахара (глюкозы) в крови.

Половые железы также являются железами смешанной секреции. Гормоны половых желез наиболее активно вырабатываются с периода полового созревания и определяют развитие вторичных половых признаков, репродуктивные возможности организма, обеспечивают оплодотворение, развитие зародыша и роды. Эндокринные клетки составляют 12–15% массы яичка, они вырабатывают мужской половой гормон – *тестостерон* и в небольшом количестве *эстрогены*. Клетки яичника, окружающие фолликул, вырабатывают *эстрогены*, желтое тело – *прогестерон*, а часть клеток – небольшое количество *андрогенов*.

ВЗАИМОСВЯЗЬ НЕРВНОЙ И ГУМОРАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА

В организме человека нервный и гуморальный механизмы регуляции процессов жизнедеятельности взаимосвязаны. *Гормоны желез внутренней секреции влияют на*

нервные клетки. При избыточной выработке щитовидной железой *тироксина* человек становится раздражительным, чрезмерно эмоциональным. При снижении функции щитовидной железы поведение человека меняется: он становится вялым, пассивным.

Деятельность желез внутренней секреции контролирует **нервная система**, которой принадлежит ведущая роль в **нейрогуморальной регуляции**. Нервная система, воздействуя на рецепторы, находящиеся в железах внутренней секреции, стимулирует или тормозит образование гормонов. Тесная связь деятельности эндокринных желез и нервной системы подтверждается анатомическим соседством гипоталамуса (отдел промежуточного мозга) и гипофиза. Гипоталамус вырабатывает *нейрогормоны*, которые поступают в кровь. Нейрогормоны стимулируют деятельность гипофиза, и он вырабатывает собственные гормоны. Под влиянием гормонов гипофиза щитовидная железа, надпочечники, половые железы усиливают выработку своих гормонов, которые поступают в кровь и влияют на органы и ткани. Так осуществляется прямая связь между гипоталамусом, гипофизом и другими железами внутренней секреции. Существует также обратная связь. Например, щитовидная железа под влиянием *тиреотропного гормона гипофиза* вырабатывает *тироксин*, который в свою очередь тормозит образование тиреотропного гормона. Возникает сбалансированное состояние в работе этих двух желез внутренней секреции.

Нервный и гуморальный механизмы функционируют по *принципу саморегуляции*. Так, при избытке в крови глюкозы нервная система стимулирует функцию внутрисекреторной части поджелудочной железы. В кровь поступает больше инсулина, и сахар (глюкоза) под его влиянием откладывается в печени в виде гликогена (*гликогенез*). При усиленной мышечной работе, когда в организме возрастает потребность в глюкозе (энергии) и в крови ее становится недостаточно, усиливается деятельность надпочечников. Выделяется *адреналин*, который способствует превращению гликогена в глюкозу и поступлению ее в кровь.

ПОЛОВАЯ СИСТЕМА

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ МУЖСКОЙ И ЖЕНСКОЙ ПОЛОВЫХ СИСТЕМ

Размножение – свойство организмов воспроизводить себе подобных, благодаря чему обеспечивается непрерывность и преемственность жизни. Продолжительность жизни каждой особи ограничена определенным сроком. Но за счет размножения одно поколение организмов сменяет другое, обеспечивая продолжение существования вида. У человека размножение половое.

Мужская половая система представлена **внутренними половыми органами** (яичками и их придатками, семявыносящими и семявыбрасывающим протоками с семенными пузырьками, предстательной железой) и **наружными** (половым членом и мошонкой) (рис. 104).

Яички (семенники) расположены в мошонке. Они имеют плотную консистенцию, овальную форму. К заднему краю яичка прилежат придаток яичка и семенной канатик. Размеры яичек – 3–5 см, масса 15–30 г. Они состоят из *извитых семенных канальцев*. У новорожденного извитые канальцы яичка не имеют просвета; он появляется только на 7–8 году жизни, и в это время среди клеток стенки канальца образуются *сперма-*

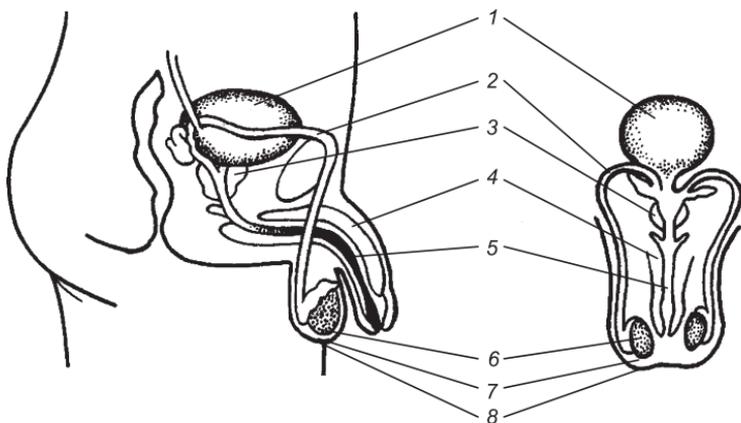


Рис. 104. Строение органов мужской половой системы:
1 – мочевой пузырь; 2 – семявыносящие протоки; 3 – предстательная железа; 4 – половой член; 5 – мочеиспускательный канал; 6 – яички; 7 – придатки яичек; 8 – мошонка

тогонии, которые последовательно превращаются в сперматоциты первого порядка, в сперматоциты второго порядка, в сперматиды и, наконец, в сперматозоиды. Извитые семенные каналцы сливаются между собой и образуют прямые семенные каналцы, которые являются семявыносящими путями. Сперматогенез у человека составляет 64–70 дней. У мужчин за время половой жизни (с момента полового созревания до глубокой старости) образуется около 500 млрд сперматозоидов. Яички вырабатывают мужские половые гормоны – андрогены, которые формируют вторичные половые признаки и обеспечивают способность мужского организма к оплодотворению.

Придаток яичка – небольшое тело, прилегающее к заднему краю половой железы, которое выполняет семявыводящую функцию, является резервуаром для накопления сперматозоидов и вырабатывает секрет, разжижающий сперму. Паренхима придатка состоит из 12–15 долек, образованных выносящими каналцами яичка, которые впадают в проток его придатка. Он имеет спиралевидный ход и продолжается в семявыносящий проток – трубку длиной 40–50 см, диаметр просвета которой 0,3–0,5 мм. Вблизи предстательной железы семявыносящий проток расширяется и соединяется с выводным протоком семенных пузырьков, образуя семявыбрасывающий проток, длиной примерно 2 см, шириной – от 1 мм. Он проходит предстательную железу и открывается в мочеиспускательный канал.

Семенные пузырьки – парный орган, в виде продолговатого уплощенного мешочка, длиной около 5 см, высотой – 2 см. Передний конец семенного пузырька переходит в узкий канал – выделительный проток, который соединяется с нижним концом семявыносящего протока. В них вырабатывается секрет, входящий в состав семенной жидкости.

Предстательная железа длиной около 3 см, шириной 4 см, имеет массу до 20 г, находится в области малого таза. Она построена из железистой паренхимы (меньшая часть) и гладкой мышечной ткани. Секрет железы входит в состав семенной жидкости и разжижает сперму.

Половой член состоит из трех пещеристых (кавернозных) тел, имеющих губчатое строение: благодаря

наличию соединительно-тканых перегородок образуются маленькие полости – *каверны (пещерки)*, которые во время возбуждения наполняются кровью, в результате чего половой член набухает и приходит в состояние *эрекции*. Он покрыт кожей, которая на *головке* образует складку – *крайнюю плоть*. Половой член служит для выведения мочи и семени. *Мошонка* – кожный мешок, в котором располагаются яички и их придатки.

Женская половая система представлена **внутренними половыми органами** (яичниками, маточными трубами, маткой и влагалищем) и **наружными половыми органами** (большими и малыми половыми губами, девственной плевой и клитором) (рис. 105).

Яичники расположены в брюшной полости. Длина яичника 3–4 см, масса 6–7 г. С 35–40 лет яичник начинает уменьшаться, а после 40–50 лет с прекращением менструаций атрофируется и уменьшается почти вдвое. Ткань яичника состоит из *мозгового* (представлено рыхлой соединительной тканью, которая составляет строму) и *коркового вещества*. У половозрелой женщины *фолликулы (пузырьки)*, составляющие основу коркового слоя яичника, находятся в разной степени созревания (развития) и имеют различную величину. *Первичный фолликул* имеет диаметр около 40 мкм и состоит из половой клетки, окруженной одним слоем уплощенного эпителия (фолликулярные клетки). Постепенно происходит деление фолли-

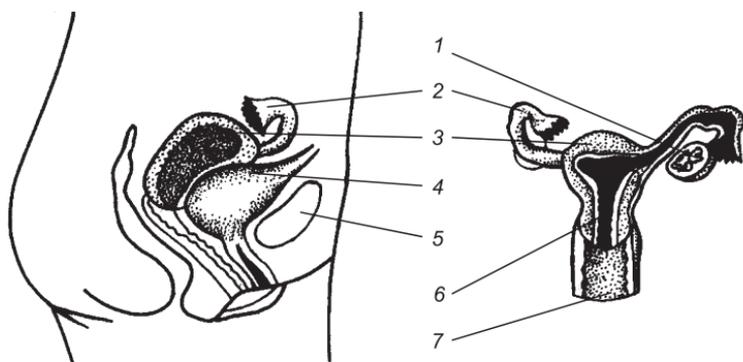


Рис. 105. Строение органов женской половой системы: 1 – яичники; 2 – маточные трубы; 3 – матка; 4 – мочевого пузыря; 5 – лобковая кость; 6 – шейка матки; 7 – влагалище

кулярных клеток, которые располагаются в несколько слоев, и образуется *вторичный фолликул*. Одновременно с созреванием фолликула развивается находящаяся в нем половая клетка. Когда половая клетка удваивается в размере, на ее поверхности формируется блестящая оболочка. В дальнейшем между фолликулярными клетками накапливается *фолликулярная жидкость*, образуются небольшие щели, которые сливаются в одну большую полость – в итоге образуется *граафов пузырек* (созревший фолликул), который начинает выпячиваться на поверхности яичника. Стенка созревшего фолликула разрывается, половая клетка попадает в брюшную полость, затем в маточную трубу (яйцевод). Разрыв фолликула и выход содержавшейся в ней клетки из яичника называется **овуляцией**. На месте лопнувшего фолликула образуется *желтое тело*. Если наступает беременность, то оно сохраняется до ее конца и является железой внутренней секреции (вырабатывает гормон *прогестерон*), если же оплодотворение не произошло, то желтое тело атрофируется, и на его месте остается рубец. В период беременности овуляция прекращается. На 5-м месяце эмбриогенеза в зачатке женской половой железы насчитывается 6 000 000 клеток – предшественниц *яйцеклеток (овогоний)*. К началу репродуктивного периода в яичниках обнаруживается около 100 000 *овоцитов первого порядка*. От момента полового созревания (с 11–15 лет) до прекращения гаметогенеза (45–50 лет) в яичниках раз в месяц созревает фолликул, а в нем – *овоцит второго порядка* (всего 300–400). В яичниках образуются *женские половые гормоны – эстрогены*, под влиянием которых формируются вторичные половые признаки и обеспечивается способность женщины к оплодотворению.

Две маточные трубы (яйцеводы) начинаются от верхних углов (*у дна*) матки и заканчиваются воронками у боковых стенок таза. Длина труб 10–12 см. В раннем возрасте трубы узкие и извилистые, впоследствии они выпрямляются и просвет их становится шире (до 6–8 мм). В маточной трубе происходит **оплодотворение** – соединение яйцеклетки со сперматозоидом. В результате образуется *зародыш*, который, развиваясь, по маточной трубе передвигается к матке.

Матка – гладкомышечный полый орган, расположенный в полости малого таза, в котором созревает и вынашивается *плод*. Она имеет грушевидную форму. Длина матки – около 8 см, ширина в области тела – 4–5,5 см, толщина стенок 1–2 см. Масса матки у нерожавших женщин около 50 г, у рожавших – 100 г (во время беременности происходит рост мышечных волокон). Внутри *тела матки* имеется щелевидная полость, переходящая в *шейку*, а канал последней открывается во *влагалище*. Стенка матки состоит из трех слоев: *внутреннего (слизистая оболочка)*, *среднего (мышечная оболочка)* и *наружного (серозная оболочка)*. В слизистой оболочке различают два слоя: функциональный и базальный. *Функциональный слой* претерпевает изменения во время менструального цикла и отторгается, а *базальный* не меняется и служит для восстановления функционального слоя. С *яичниковым циклом* тесно связан *маточный цикл*. Он также продолжается 28 дней. Под влиянием гормона желтого тела в слизистой матки создаются условия, благоприятные для развития зародыша, в случае если оплодотворение произошло. Если беременность не наступает, то желтое тело погибает, а функциональный слой слизистой оболочки матки отторгается, и происходит *менструация*. Она свидетельствует о гибели неоплодотворенной женской половой клетки и длится 3–5 дней.

Влагалище – это трубчатый, мышечно-эластичный орган длиной 8–10 см и шириной 2–3 см. Его стенка состоит из *слизистой оболочки, мышечного слоя и окружающей клетчатки*. Содержимое влагалища в период половой зрелости имеет кислую реакцию (включает молочную кислоту). Во время совокупления во влагалище из полового члена изливается семенная жидкость со сперматозоидами. Во время родов через влагалище из матки выходит наружу *плод*.

Большие половые (срамные) губы – это парная складка кожи, ограничивающая половую щель. В толще больших половых губ расположены железы преддверия влагалища (*бартолиновы железы*). Секрет их увлажняет вход во влагалище и разжижает семенную жидкость при движении сперматозоидов. **Малые половые (срамные) губы** – это парная складка кожи, находящаяся внутри от больших половых губ. В щель между ними открывается наружное отверстие мочеиспус-

кательного канала и отверстие влагалища. У девушек это отверстие окаймлено специальной пластинкой (складкой слизистой оболочки) – девственной плевой. Клитор располагается в преддверии влагалища и имеет вид небольшого возвышения. Он состоит из двух пещеристых тел, является местом повышенной чувствительности (*эрогенной зоной*), так как содержит большое число рецепторов, раздражение которых вызывает чувство полового возбуждения.

ГИГИЕНА ПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ

Для сохранения репродуктивной способности человек должен соблюдать определенные **требования**. Первоочередным в личной гигиене является поддержание тела в чистоте. Накопившаяся на коже грязь, кожный жир, разлагаясь, образуют неприятно пахнущие и раздражающие вещества, которые могут способствовать развитию гнойничковых заболеваний. Поэтому каждый день необходимо принимать душ, не реже 1–2 раз в неделю мыться с мылом и мочалкой. В период менструации необходим особо тщательный уход за наружными половыми органами: надо следить за чистотой белья, ежедневно не менее двух раз подмываться кипяченой водой с мылом, пользоваться специальными гигиеническими прокладками.

В период полового созревания часто наблюдаются функциональные расстройства нервной системы. В этом случае большое значение имеет правильное чередование труда и отдыха, продолжительность сна должна быть не менее 9 ч. Необходимо избегать случайных половых связей. Ранние и случайные половые связи приводят к развитию воспалительных заболеваний половых органов, заражению венерическими заболеваниями, беременности, поэтому необходимо использовать противозачаточные средства.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРАЦЕПЦИИ КАК СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ БЕРЕМЕННОСТИ И ВЕНЕРИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Все *методы контрацепции* подразделяются на две группы: обратимые и необратимые.

К **обратимым (временным) методам** относятся: гормональные, естественный, барьерные, а также применение внутриматочных средств.

Гормональные методы предполагают использование различных контрацептивов:

♦ *оральных комбинированных* – это таблетки с очень низким уровнем синтетических гормонов (эстрогенов и прогестинов). Они эффективны и практически безопасны;

♦ *оральных прогестиновых* – это таблетки, содержащие гормон прогестин. Они эффективны для кормящих матерей, так как не оказывают отрицательного воздействия на организм женщины и безвредны для ребенка;

♦ *инъекционных*, содержащих синтетический гормон, подобный природному *прогестерону*. Одна инъекция предохраняет от беременности в течение 90 дней.

Внутриматочные средства (ВМС) изготавливаются из пластика с добавлением металлов (меди, серебра) или гормонального вещества и вводятся в полость матки для предупреждения беременности. Они высокоэффективны, предохраняют от беременности на период от 3 до 5 лет и не вызывают дискомфорта во время полового акта.

При естественном методе женщине следует определить свои *фертильные дни* (когда она способна к оплодотворению) и воздерживаться в это время от половых контактов. Данным методом могут пользоваться только женщины с регулярным менструальным циклом.

Все вышеперечисленные методы не защищают от инфекций, передающихся половым путем. Поэтому для женщин, которые не имеют постоянных партнеров, рекомендуется барьерные методы контрацепции: применение *спермицидов* – различных препаратов в виде таблеток, крема, суппозиториев, аэрозолей, которые вводят во влагалище перед половым актом, а также использование партнером *презерватива* – тонкого чехла, изготовленного из латекса.

К **необратимым методам контрацепции** относится женская и мужская стерилизация, которые являются эффективными, не влияют на половую функцию и не опасны для здоровья.

Существует также *экстренная контрацепция* (оральные контрацептивы), которая применяется в течение 72 ч после незащищенного полового акта.

Несмотря на существование большого количества противозачаточных средств, многие люди отдают предпочтение *прерванному половому акту*. Однако этот метод сопряжен с большими психо-эмоциональными нагрузками и для мужчины, и для женщины и не всегда эффективен.

ОПАСНОСТЬ ИСКУССТВЕННОГО ПРЕРЫВАНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ

Медицинский аборт – преднамеренное прерывание беременности до 12 недель в медицинском учреждении. Существует два способа прерывания беременности:

♦ **мини-аборт** – это прерывание беременности до четырехнедельного срока;

♦ **аборт** – это прерывание беременности до двенадцатинедельного срока.

Возможно также прерывание беременности в сроке от 12 до 22 недель, однако оно проводится строго по медицинским или социальным показаниям.

Противопоказания к прерыванию беременности: срок беременности более 12 недель; с момента предыдущего аборта прошло менее 6 месяцев; острые воспалительные заболевания женских половых органов, острые инфекционные заболевания (ОРЗ, грипп и др.). Вред, наносимый женщине абортом, огромный, так как ее организм после прерывания беременности испытывает шок – происходит дисбаланс гормональной, иммунной и почечно-печеночной функций. Женщина становится раздражительной, ухудшается ее сон, повышается утомляемость.

Осложнения, возникающие в результате аборта, можно разделить на две группы:

♦ осложнения, проявляющиеся непосредственно после аборта:

- *воспалительные заболевания матки, маточных труб, яичников, тазовой брюшины, общее заражение крови;*

- *перфорация матки* – повреждение стенки матки медицинскими инструментами;

- *постабортный синдром* – стрессы, вызванные эмоциональными реакциями на полученные вследствие аборта физическую и эмоциональную травмы. Возможны развитие депрессии, чувства вины, страха, сексуальные расстройства, пристрастие к алкоголю.

♦ отдаленные последствия аборта. Сюда относятся *хронический воспалительный процесс женских половых органов*, нередко с нарушением функции яичников, *спаечная болезнь органов малого таза* с болевым синдромом; *внематочная беременность* (вследствие нарушенной проходимости маточной трубы); *бесплодие* или *невынашивание беременности* и др.

ЗАБОЛЕВАНИЯ, ПЕРЕДАЮЩИЕСЯ ПОЛОВЫМ ПУТЕМ, И ИХ ПРОФИЛАКТИКА

Венерические заболевания – это инфекции и инвазии, при которых возбудитель болезни обычно попадает в организм человека половым путем и поражает половые органы. Наиболее часто встречающимися и диагностируемыми венерическими болезнями являются: *гонорея* (вызывается бактерией *гонококком*; у женщин может протекать бессимптомно); *сифилис* (вызывается бактерией *бледной трепонемой*); *урогенитальный микоплазмоз* (вызывается микоплазмой); *трихомоноз* (вызывается жгутиковым протистом *урогенитальной трихомонадой*); *хламидиоз* (вызывается жгутиковым протистом *хламидией*; у мужчин часто протекает бессимптомно); *урогенитальный кандидоз* (вызывается грибами рода *Candida*); *урогенитальный герпес* и *папилломатоз* (вызываются вирусами герпеса и папилломавирусом; *СПИД* – вызывается *вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ)*).

Основные симптомы заболеваний, передающихся половым путем: гнойные выделения из половых путей, ощущение жжения и рези при мочеиспускании, появление язв на наружных половых органах, увеличение паховых лимфатических узлов, интоксикация и внутриорганные изменения, связанные с поражением нервных клеток и сосудов головного мозга при третичном сифилисе, и др.

Осложнения при венерических заболеваниях: снижение активности сперматозоидов; бесплодие; нарушение генетического материала; возникновение онкологических заболеваний и др.

РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

ВНУТРИУТРОБНОЕ РАЗВИТИЕ

Эмбриональному периоду развития организма (внутриутробное развитие) предшествуют осеменение и оплодотворение.

При **осеменении** сперматозоиды из влагалища движутся вверх и попадают в матку, а затем в маточные трубы. *Ооцит второго порядка* (будущая яйцеклетка) движется к сперматозоидам за счет колебания ресничек эпителия и сокращения мышечного слоя маточной трубы.

Оплодотворение – слияние яйцеклетки и сперматозоида – происходит в верхней трети трубы (когда яйцеклетка окажется в нижней части трубы, она уже не может быть оплодотворена). Оптимальные условия для оплодотворения – первые 12 ч после *овуляции*.

Первая стадия развития зародыша – *зигота* – клетка с диплоидным набором хромосом, содержащая гаплоидные наборы хромосом обоих родителей. К концу первых суток после оплодотворения начинается дробление зиготы. Процесс дробления происходит в маточной трубе и заканчивается через 3–4 суток образованием *бластулы*. В результате дробления поверхностно расположенных клеток бластулы – *бластомеров* образуется оболочка – *трофобласт*, из которой затем сформируются *зародышевые оболочки*. Центральные бластомеры – образуют *эмбриобласт*, из которого развивается зародыш. Внутри бластулы формируется полость – *бластоцель*, заполненная жидкостью; в результате образуется *бластоциста*.

Многоклеточный зародыш (*бластула*) на 5-е сутки попадает в матку. Двое суток он остается в полости матки. На 7-е сутки после оплодотворения зародыш за счет ферментов, вырабатываемых трофобластом, начинает внедряться в слизистую и постепенно погружается в нее (*имплантация*). Трофобласт образует выросты и превращается в ворсинчатую оболочку зародыша – *хорион*. Ворсинки хориона врастают в слизистую оболочку матки и погружаются в лакуны, заполненные материнской кровью. На 14–15-е сутки устанавливается непосредственный контакт между ворсинками хориона и сосудами матери – начинается образование *плаценты*, в результате чего питание и снабжение зародыша кислородом осуществляет непосредственно из крови мате-

ри. Образование плаценты заканчивается к исходу 3-го месяца беременности.

Одновременно начинается процесс *гастрюляции* – образования многослойного зародыша – *гастрюлы*. На этом этапе эмбрионального развития (2–3-я недели эмбриогенеза) формируются зародышевые листки; осевые органы и внезародышевые органы – желточный мешок, аллантоис, амнион и плацента.

В эмбриобласте образуются наружный *амниотический пузырек*, обращенный к трофобласту, и внутренний *желточный пузырек*, обращенный в бластоцель. Закладка зародыша происходит в месте соприкосновения обоих пузырьков. Здесь образуются *два зародышевых листка: эктодерма и энтодерма*. Оба листка составляют *зародышевый щиток*, который дает начало *мезодерме*.

Осевые органы – хорда, нервная трубка, кишечная трубка – формируются параллельно с образованием мезодермы. Закладка этих образований определяет *ось симметрии зародыша*. *Внезародышевые (провизорные, временные) органы* развиваются вне тела эмбриона, обеспечивают его рост и развитие и участвуют в формировании зародышевых оболочек.

Желточный мешок обеспечивает питание зародыша, выполняет кроветворную функцию (до 7–8-й недели), участвует в выработке половых клеток, которые мигрируют в зачатки половых желез. *Аллантоис* – пальцевидный вырост заднего отдела кишечной трубки, который на 2-м месяце эмбриогенеза исчезает. Вдоль него к хориону растут сосуды. *Амнион* обрастает зародыш и смыкается над ним, а пространство между эмбрионом и амнионом образует *амниотическую полость*, заполненную прозрачной водянистой жидкостью, выделяемой как эмбрионом, так и амнионом. Амниотическая жидкость предотвращает потерю эмбрионом воды, служит защитой, смягчая удары, и препятствует прилипанию амниотической оболочки к эмбриону; в то же время она обеспечивает некоторую подвижность зародыша. На 7-й неделе амнион соединяется с хорионом. *Пупочный канатик (пуповина)* связывает зародыш с плацентой. В нем находятся остатки аллантоиса и развиваются сосуды. Пупочный канатик содержит *пупочную вену*, доставляющую зародышу кислород и питательные вещества, и две артерии, несущие от зародыша к плаценте кровь, насыщенную диоксидом углерода и продуктами обмена.

После гаструляции происходят гистогенез – процесс развития тканей и органогенез – процесс формирования органов. Из *эктодермы* дифференцируется эпителий слизистой полости рта и носа, нервная ткань, органы чувств и др. Из *мезодермы* развиваются собственно кожа, кости, хрящи, мышечная и соединительная ткани, сердце, сосуды, селезенка и др. Из *энтодермы* образуются эпителий желудочно-кишечного тракта, печень, поджелудочная железа, органы дыхания и др.

Органы и системы органов имеют следующие сроки закладки:

- ♦ 2–3-я недели – нервная трубка, первичная кишка, эпидермис кожи;
- ♦ 3–4-я недели – нервная система, щитовидная железа;
- ♦ 4-я неделя – пищеварительная система, органы чувств;
- ♦ 4–5-я недели – гипофиз, органы кроветворения;
- ♦ 5-я неделя – дыхательная и мочевыделительная системы;
- ♦ 5–6-я недели – надпочечники, эпифиз;
- ♦ 7–8-я недели – лимфатические узлы и половая система.

К концу 8-й недели завершается зародышевый период развития: у зародыша уже сформированы голова, шея, туловище, произошла закладка конечностей и всех внутренних органов. С 9-й недели начинается плодный период. К концу 3-го месяца формируются все органы плода и можно определить пол ребенка. В середине 5-го месяца у плода прослушивается сердцебиение. Внутриутробное развитие продолжается 38–40 недель. К моменту рождения плод имеет рост 50–55 см и массу 3000–3500 г.

РОДЫ

Роды – это физиологический процесс, при котором происходит изгнание из полости матки через родовые пути плода и последа. Физиологические роды наступают в среднем после 10 акушерских месяцев (280 суток или 40 недель) беременности, когда плод становится зрелым и способным к внеутробному существованию (его надпочечники выделяют гормоны, стимулирующие родовую деятельность). Роды начинаются с длинного ряда регулярных непроизвольных сокращений матки – родовых схва-

то к, во время которых повышается внутриматочное давление. В самом начале родов схватки происходят через 10–15 мин, а затем становятся чаще и сильнее. Благодаря схваткам осуществляется раскрытие шейки матки (*раскрывающие схватки*) и изгнание плода (*изгоняющие схватки*), после чего к схваткам присоединяются потуги. Потуги – это сокращения мышц брюшного пресса и диафрагмы, возникающие рефлекторно и произвольно. Во время потуг происходит повышение внутрибрюшного давления. Одновременное повышение внутриматочного давления (схватки) и внутрибрюшного давления (потуги) способствует тому, что плод устремляется в сторону наименьшего сопротивления – в родовые пути.

Первые 12 часов за счет сокращений матки ребенок продвигается вниз к шейке матки, шейка при этом расширяется так, чтобы плод мог пройти через нее. В это время происходит и разрыв амниона, амниотическая жидкость выходит из организма матери. После отхождения околоплодных вод схватки стихают. Через 15–20 мин, когда мускулатура матки приспосабливается к уменьшенному объему, схватки возобновляются. В последующие 20–60 мин плод проходит через шейку матки и влагалище и рождается, т. е. происходит изгнание плода.

Родившийся ребенок начинает дышать, громко кричит, активно двигает ножками, кожа его приобретает розовый цвет. Когда пульсация сосудов пуповины после изгнания плода прекращается, ее перевязывают и отрезают, отделяя ребенка от матери. Остаток пуповины постепенно съезживается, рубцуется в конце концов от него остается только углубление рубца, называемое *пупком*.

После рождения ребенка начинается заключительный период родов, в котором происходит отслоение плаценты и плодных оболочек от стенки матки, а затем изгнание отделившего последа из половых путей. Главным условием отслоения плаценты являются последовые схватки. Нарушение связи между плацентой и стенкой матки сопровождается разрывом маточно-плацентарных сосудов, поэтому заключительный период родов характеризуется некоторой потерей крови (в среднем 250 мл). Через 10–15 мин после рождения ребенка происходит изгнание последа. Продолжительность родов в среднем составляет около суток. После родов матка уменьшается и ее слизистая быстро восстанавливается.



ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

.....
Общая биология – наука, изучающая основные закономерности жизненных явлений, протекающих на различных уровнях организации живого.
.....

Выделяют следующие **уровни организации биологических систем**: молекулярно-генетический, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биосферно-биогеоценотический. Для каждого уровня иерархической системы жизни выделяют *элементарную единицу* и *элементарное явление*.

На *молекулярно-генетическом уровне* изучают химический состав, биохимические и генетические процессы, протекающие в живых системах, в том числе хранение, изменение и реализацию генетической информации. Элементарными единицами данного уровня являются *биомолекулы (биополимеры)*, а главными из них – *нуклеиновые кислоты* и *белки*. Элементарное явление этого уровня – *передача генетической информации дочерним молекулам ДНК при репликации и молекулам белка при транскрипции и трансляции*. Воплощение генетической информации в конкретные процессы жизнедеятельности возможно только в клетке.

Клеточный уровень предполагает изучение строения и жизнедеятельности клеток, их специализации в процессе развития, механизмов деления клеток и их взаимодействия в многоклеточном организме. Элементарной единицей этого уровня является *клетка*, а элементарным явлением – *реакции клеточного метаболизма*, упорядоченное протекание которых обеспечивают белки-ферменты.

Организменный уровень предусматривает изучение особенностей строения и функций отдельных особей, механизмов согласованного функционирования их органов и систем органов, приспособительных реакций особей на

изменения окружающей среды. Элементарной единицей организменного уровня является *особь*, а *закономерные изменения организма в индивидуальном развитии (формирование фенотипа)* составляют элементарное явление.

На *популяционно-видовом уровне* изучают взаимоотношения между особями популяций, их генофонд и взаимоотношения с окружающей средой. Элементарная единица этого уровня – *популяция*, а элементарное явление – *изменение ее генофонда*.

На *биосферно-биогеоценотическом уровне* исследуют взаимоотношения между популяциями биогеоценозов, круговорот веществ и энергии, обусловленный жизнедеятельностью организмов. Элементарная единица этого уровня – *биогеоценоз*, а элементарное явление – *круговорот вещества и энергии*, обусловленный преимущественно жизнедеятельностью организмов. Совокупность всех живых организмов, населяющих Землю и окружающая их неживая природа, составляет *биосферу*.

Уровни организации живой материи отражают иерархичность (соподчиненность) структурной организации жизни. Только при комплексном изучении явлений жизни на всех уровнях можно получить целостное представление об *особой биологической форме движения материи*, в основе которой лежат более простые формы движения (химическая, физическая и др.), но жизнь не сводится к их сумме.

.....
По современным представлениям, субстратом жизни является комплекс сложных биополимеров – белков и нуклеиновых кислот, а жизнь есть их совместная функция.
.....

Жизнь существует в виде открытых систем, которые непрерывно обмениваются с окружающей средой веществом, энергией и информацией.

Фундаментальными свойствами живого являются: **самообновление**, связанное с потоком веществ и энергии; **самовоспроизведение**, обеспечивающее преемственность между поколениями клеток и организмов, связанное преимущественно с потоком информации; **саморегуляция**, базирующаяся на потоках веществ, энергии и информации. Фундаментальные свойства живого обуславливают основные признаки жизни – **обмен**

веществ и энергии, раздражимость, репродукцию, наследственность, изменчивость, индивидуальное и историческое развитие, дискретность и целостность, гомеостаз.

Биология оказывает существенное влияние на развитие практической медицины, сельского и других отраслей народного хозяйства, для которых она является теоретической базой.

Достижения биологии последнего времени привели к возникновению совершенно новых направлений в науке. Так, установление молекулярной природы гена послужило основой для *генной инженерии* – комплекса методов, с помощью которых возможно конструирование про- и эукариотических клеток с новой генетической программой. На этой основе налажено промышленное производство антибиотиков, гормонов (инсулина, соматотропина), интерферона, витаминов, ферментов и других биологически активных препаратов. В последние годы интенсивно разрабатывается программа «Геном человека», которая предусматривает определение точной локализации генов в геноме человека и разработку многочисленных методов генноинженерной терапии наследственных болезней.

Применяя методы биологического моделирования (на животных), врачи познают сущность патологических процессов, выявляют принципиальные возможности восстановления клеток и тканей, находят способы профилактики и лечения болезней человека. На лабораторных животных моделируются болезни сердца, печени, поджелудочной железы, многие наследственные болезни (например, гемофилия у собак), изучаются закономерности злокачественного роста, разрабатываются методы преодоления тканевой несовместимости при пересадках тканей и органов, новые оперативные подходы. Изучение биологии паразитических организмов необходимо для успешной профилактики и борьбы с инфекционными и инвазионными болезнями растений, животных и человека.

Использование законов наследственности и изменчивости лежит в основе создания высокопродуктивных пород домашних животных, сортов культурных растений и штаммов микроорганизмов.

Изучение взаимоотношений организмов и окружающей их среды позволяет повышать продуктивность агроценозов, что имеет важное значение для успешного разви-

тия земледелия, разумного использования возобновляемых природных ресурсов и охраны окружающей среды.

КЛЕТКА – СТРУКТУРНАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ЖИЗНИ

ЦИТОЛОГИЯ КАК НАУКА. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ КЛЕТКИ

.....
Цитология (от греч. *cytos* – клетка, *logos* – наука) – наука, изучающая строение, химический состав и функции клеток, их размножение, развитие и взаимодействие в многоклеточном организме.
.....

Таким образом, предмет цитологии составляют как одноклеточные организмы (бактерии, протисты), так и клетки многоклеточных (грибов, растений и животных).

Основной задачей цитологии является дальнейшее изучение строения и функций клеток и их компонентов (мембран, органоидов, включений, ядра); химического состава клеток и биохимических реакций, протекающих в них; взаимоотношений клеток многоклеточного организма, деления клеток и возможности их приспособления к изменениям условий окружающей среды.

Для решения перечисленных задач в цитологии применяются различные методы исследования. Чаще всего используются *микроскопические методы*, позволяющие изучать структуру клеток и их компонентов. Различные системы микроскопов (световые, люминесцентные, фазово-контрастные) дают возможность получать увеличение до 2–2,5 тыс. раз. С помощью *гистохимических методов* можно устанавливать химический состав и локализацию различных химических компонентов (белков, ДНК, РНК, липидов и т. п.) в клетках. Для изучения тончайших структур клеток (вплоть до макромолекул) применяют *метод электронной микроскопии*, когда вместо пучка света используется поток электронов. Разрешающая способность электронного микроскопа составляет сотни тысяч раз. *Биохимические методы* исследования позволяют изучать химический состав клеток и биохимические реакции, протекающие в них. *Методом дифференциального*

центрифугирования выделяют отдельные компоненты клетки (митохондрии, лизосомы, рибосомы и др.) для последующего изучения другими методами, например биохимическими. С помощью *метода рентгеноструктурного анализа* исследуют пространственную конфигурацию и некоторые физические свойства макромолекул (например, ДНК), входящих в состав клеточных структур. Процессы матричного синтеза и деления клеток удается изучить с помощью *метода автордиографии* – введения в клетку радиоактивных изотопов и дальнейшего изучения их включения в синтезируемые клеткой вещества. Процессы деления живых клеток удается зафиксировать с помощью *кино- и фотосъемки*. *Микрохирургические методы* позволяют пересаживать структуры клеток (органеллы, ядро) из одной клетки в другую с целью изучения их функций и клонирования организмов. *Метод культуры клеток* (выращивание отдельных клеток на питательных средах в стерильных условиях) дает возможность изучать деление, дифференцировку и специализацию клеток и получать клоны растительных организмов.

КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ

История цитологии тесно связана с развитием микроскопической техники, так как большинство клеток имеет малые размеры, что не позволяет изучать их невооруженным глазом.

Впервые в 1665 г. английский естествоиспытатель Р. Гук, наблюдая под микроскопом срез пробки дерева, обнаружил пустые ячейки, которые он назвал «клетками». Р. Гук увидел фактически только оболочки растительных клеток. Голландец А. Ван Левенгук (1632–1723) многократно наблюдал под микроскопом в капле воды одноклеточные организмы. Длительное время основным структурным компонентом клетки считалась оболочка. Лишь в 1825 г. чешский ученый Я. Пуркине (1787–1869) обратил внимание на полужидкое студенистое содержимое клеток и назвал его протоплазмой. Английский ботаник Р. Броун (1773–1858) в 1831 г. обнаружил ядро в клетках растений. Немецкий ботаник М. Шлейден (1804–1881) в 1837 г. пришел к заключению, что все растительные клетки содержат ядро.

Обобщив накопившиеся к этому времени данные, немецкий зоолог Т.Шванн (1810–1882) в 1839 г. сформулировал *клеточную теорию*, которая гласила:

- ♦ клетка является главной структурной единицей всех живых организмов (вне клетки нет жизни);
- ♦ клетки животных и растений сходны по своему строению;
- ♦ процесс образования клеток обуславливает рост и развитие тканей и организмов.

В 1858 г. немецкий патолог Р. Вирхов (1821–1902) дополнил клеточную теорию важным положением о том, что клетка может происходить только от материнской клетки в результате ее деления.

К концу XIX в. благодаря успехам микроскопической техники было описано сложное строение клетки, основные ее органоиды и способы деления (митоз и amitoz). Применение электронной микроскопии позволило изучить тонкое строение всех структур клетки, что дополнило клеточную теорию новыми данными.

Современная клеточная теория включает следующие положения:

- ♦ клетка – основная структурно-функциональная и генетическая единица живых организмов, наименьшая единица живого;
- ♦ клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов сходны по строению, химическому составу и важнейшим проявлениям процессов жизнедеятельности;
- ♦ каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;
- ♦ клетки многоклеточных организмов специализированы: они выполняют разные функции и образуют ткани.

Клеточная теория, являясь важнейшим достижением естествознания, доказала единство строения и общность происхождения растений и животных и сыграла огромную роль в развитии всех разделов биологии.

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ КЛЕТКИ

Клетки тканей растений и животных имеют различную форму и размеры в зависимости от выполняемых ими функций. Диаметр большинства клеток колеблется от 10 до 100 мкм. Самые мелкие клетки имеют размеры около

4 мкм. Однако встречаются и очень крупные клетки, видимые невооруженным глазом (клетки мякоти арбуза, яйцеклетки). По форме клетки могут быть округлые, многоугольные, палочковидные, звездчатые, отростчатые, цилиндрические, кубические и др.

Клетка представляет собой элементарную живую систему, состоящую из трех основных структурных компонентов – оболочки, цитоплазмы и ядра. Цитоплазма и ядро образуют *протоплазму*.

Биологическая (элементарная) мембрана образует *оболочку* (отграничивает содержимое клетки от внешней среды), стенки большинства органоидов и оболочку ядра, разделяет содержимое цитоплазмы на отдельные отсеки. У всех клеток она построена одинаково и имеет толщину 7–10 нм. Биологическая мембрана при рассмотрении в электронном микроскопе выглядит *трехслойной* – два темных слоя, разделенных светлым. *Наружный и внутренний слои мембраны* (темные) образованы молекулами белков, а *средний* (светлый) – двумя слоями молекул жидких фосфолипидов (*липидное море*). Липидные молекулы расположены строго упорядоченно: водорастворимые, или *гидрофильные*, концы молекул обращены к белковым слоям, а водонерастворимые, или *гидрофобные*, – друг к другу. Белковые молекулы по отношению к билипидному слою могут располагаться по-разному: большинство их находится на обеих поверхностях липидного слоя (*периферические белки*), часть молекул пронизывает один (*полуинтегральные белки*), а часть – оба слоя (*интегральные белки*) липидных молекул (рис. 106). Молекулы липидов и белков мембран удерживаются гидрофильно-гидрофобными взаимодействиями.

Свойства мембран:

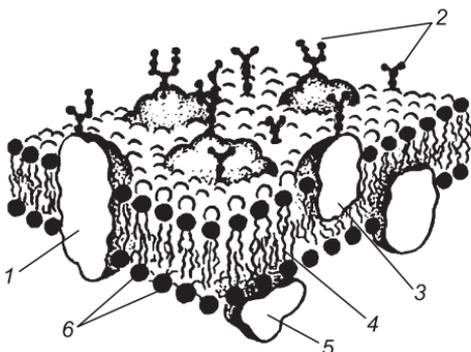
♦ *пластичность (текучесть)*, позволяющая мембранам изменять свою форму;

♦ *способность к самозамыканию*, дающая возможность восстанавливать целостность после разрывов;

♦ *избирательная проницаемость*, заключающаяся в том, что одни вещества проходят через нее легче, чем другие. Избирательная проницаемость мембраны связана с тем, что на ее поверхности имеются особые разветвленные структуры – *гликокаликс* (преимущественно гликопротеины), представляющие собой рецепторы, которые воспри-

Рис. 106. Схема строения биологической мембраны:

1 – интегральные белки; 2 – гликокаликс; 3 – полуинтегральные белки; 4 – гидрофобные концы липидных молекул; 5 – поверхностные белки; 6 – гидрофильные концы липидных молекул



нимают («узнают») определенные химические вещества, окружающие клетку. Гликокаликс обеспечивает так же взаимосвязи клеток многоклеточного организма, иммунный ответ и другие реакции.

Ф у н к ц и м е м б р а н:

♦ *структурная* – образуют плазмалемму, кариолемму и стенки мембранных органоидов;

♦ *регуляторная (транспортная)* – регулируют поступление веществ в клетку, ядро и органоиды и выведение из них;

♦ *защитная (барьерная)* – защищают клетку и органоиды от воздействия факторов внешней среды;

♦ *рецепторная* – «узнают» определенные вещества и сигналы;

♦ *ферментативная* – некоторые белки мембран являются ферментами и многие биохимические реакции протекают на мембранах;

♦ *разграничительная* – разделяют цитоплазму клетки на отсеки.

Цитоплазматическая мембрана – плазмалемма – элементарная мембрана, покрывающая клетку, участвует в обменных процессах клетки с окружающей средой. Она образует выросты, выпячивания, складки, микроворсинки, которые многократно увеличивают поверхность клетки. Наружная поверхность мембран некоторых клеток животных может быть покрыта муцином (гликопротеин), слизью или хитином, а растительных – целлюлозой, гемицеллюлозой, лигнином и другими веществами. Они образуют *клеточную стенку* и придают тканям растений механическую прочность. Клеточная стенка имеется у гри-

бов (образована хитином) и у бактерий (образована мурамином).

Через плазмалемму происходит поступление веществ в клетку – эндоцитоз и выведение их из клетки – экзоцитоз. Поступление в клетку ионов и мелких молекул может происходить по законам диффузии (вещество диффундирует туда, где концентрация его меньше) без затрат энергии. Поступление в клетку растворителя (воды) называется *осмосом*. неполярные (гидрофобные) мелкие молекулы могут проходить через билипидный слой мембраны. В клетку и из клетки ионы и мелкие полярные (гидрофильные) молекулы могут диффундировать по ионным каналам, образованным интегральными белками мембран.

При *облегченной диффузии* мембранные белки-«переносчики» (*пермеазы*) соединяются с молекулой вещества и проводят ее через мембрану по градиенту концентрации без затрат энергии (при этом увеличивается скорость переноса). При *активном транспорте* идет перемещение веществ против градиента концентрации с помощью транспортных белков (*порины, АТФ-азы* и др.), образующих так называемые *мембранные насосы*, с затратой энергии АТФ (например, так поступают в клетку ионы калия, несмотря на большую их концентрацию в клетке). Путем активного транспорта происходит регуляция концентрации в клетках ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , поступление моносахаридов, нуклеотидов и аминокислот.

Через цитоплазматическую мембрану могут поступать в клетку не только мелкие молекулы или ионы, но и крупные молекулы и даже частицы. При этом мембрана окружает частицу, края ее смыкаются, и частица оказывается в мембранном пузырьке в цитоплазме (*эндосома*). Такой способ поглощения твердых частиц называется *фагоцитозом*, а капля жидкости – *пиноцитозом*. Они также идут с затратой энергии. *Экзоцитоз* – процесс обратный эндоцитозу. Вырабатываемые клеткой вещества (гормоны, полисахариды, белки, капли жира) заключаются в мембранные пузырьки, которые подходят к плазмалемме. Мембраны сливаются, и содержимое пузырьков выводится в окружающую клетку среду.

Основные функции цитоплазматической мембраны:

♦ *барьерная* – отграничивает и защищает содержимое клетки от воздействий внешней среды;

♦ *регуляторная* – регулирует поступление веществ в клетку и из клетки;

♦ *рецепторная* – «узнает» определенные вещества и обеспечивает межклеточные взаимодействия;

♦ *структурная* – принимает участие в построении ворсинок, жгутиков, ресничек.

Цитоплазма составляет основную массу клетки. Она на 85% состоит из воды и на 10% – из белков, а остальной объем приходится на долю органических и минеральных соединений. В цитоплазме различают гиалоплазму, органоиды и включения. В цитоплазме клеток расположен цитоскелет, образованный развитой сетью белковых трубочек – ф и л а м е н т о в. В зависимости от диаметра филаменты разделяют на три группы: *микрофиламенты* (6–8 нм), образованные белком актином, *промежуточные волокна* (около 10 нм), состоящие из разных фибриллярных белков (*цитокератины* и др.) и *микротрубочки* (около 25 нм), построенные из белка *тубулина*, способные сокращаться. Цитоскелет расположен в гиалоплазме между ядерной оболочкой и плазмалеммой. Он определяет форму клетки и участвует в различных движениях самой клетки (например, при делении) и во внутриклеточном перемещении органоидов и отдельных соединений.

Гиалоплазма (цитоплазматический матрикс) представлена однородным мелкозернистым веществом, обеспечивающим вязкость, эластичность, сократимость и движение цитоплазмы. Она представляет собой коллоидный раствор, который в зависимости от физиологического состояния и воздействия внешней среды может находиться в виде *золя* (жидкости) или *геля* (более упругого плотного вещества). Химический состав гиалоплазмы сходен с таковым цитоплазмы. Гиалоплазма является внутренней средой клетки, где протекают реакции внутриклеточного обмена.

Органоиды (органеллы) – это специализированные участки цитоплазмы клетки, имеющие определенную структуру и выполняющие определенные функции в клетке. Их подразделяют на *органойды общего назначения*, которые имеются в большинстве клеток (митохондрии, комплекс Гольджи, эндоплазматическая

сеть, рибосомы, клеточный центр, лизосомы, пластиды и вакуоли), и *органойды специального назначения*, которые имеются только в специализированных клетках (миофибриллы – в мышечных клетках; жгутики, реснички, пульсирующие и пищеварительные вакуоли – в клетках протистов). Большинство органоидов имеет мембранное строение. Мембраны отсутствуют в структуре рибосом и клеточного центра.

Митохондрии видны в световой микроскоп в виде гранул, палочек, нитей величиной от 0,5 до 7 мкм. Они имеются во всех клетках, однако число их колеблется в широких пределах (от нескольких единиц до нескольких тысяч). При исследовании под электронным микроскопом выяснена их внутренняя структура (рис. 107). Оболочка митохондрий состоит из двух мембран – *наружной гладкой* и *внутренней, образующей выросты – кристы*, которые вдаются во внутреннее гомогенное содержимое митохондрии (*матрикс*). На кристах расположены грибовидные тела – *АТФ-сомы*. В матриксе содержатся вода, соли, различные белки (ферменты), аминокислоты, имеется автономная система биосинтеза белков: кольцевая молекула митохондриальной ДНК, различные виды РНК и рибосомы (мельче, чем в цитоплазме клеток). Основными функциями митохондрий являются окисление органических соединений до диоксида углерода и воды и накопление химической энергии в макроэргических фосфатных связях АТФ, т. е. в митохондриях протекает аэробный этап энергетического обмена и биосинтез специфических белков.

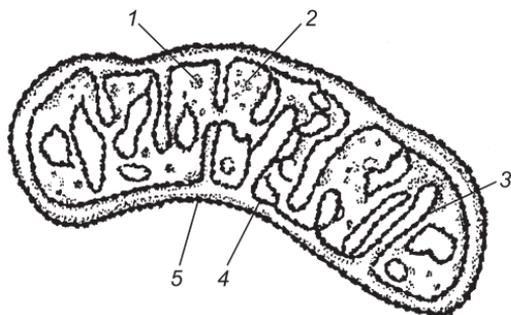
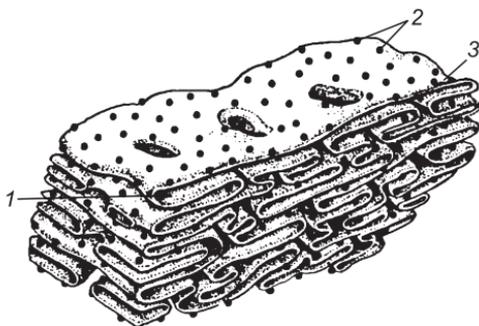


Рис. 107. Схема строения митохондрии:
1 – рибосома; 2 – матрикс; 3 – криста; 4 – внутренняя мембрана; 5 – наружная мембрана

Рис. 108. Схема строения гранулярной эндоплазматической сети:
 1 – канал; 2 – рибосомы;
 3 – мембрана



Эндоплазматическая сеть (ретикул) представлена системой каналов и полостей, образованных элементарными мембранами и пронизывающих всю гиалоплазму клетки (рис. 108). Имеются два типа эндоплазматической сети – *гладкая (агранулярная)* и *шероховатая (гранулярная)*. На мембранах гладкой эндоплазматической сети локализованы ферментные системы жирового и углеводного обмена. Здесь происходит синтез жиров и углеводов. На мембранах гранулярной эндоплазматической сети находятся рибосомы, в которых происходит синтез белков. Мембраны эндоплазматической сети делят клетку на отсеки, изолирующие ферментные системы, что необходимо для их последовательного вступления в биохимические реакции. Непосредственным продолжением эндоплазматической сети является *н а р у ж н а я я д е р н а я м е м б р а н а*. По каналам эндоплазматической сети происходит транспорт веществ как синтезированных в клетке, так и поступивших извне.

Р и б о с о м ы представляют собой мелкие сферические органоиды (размером от 15 до 35 нм), состоящие из двух неравных субъединиц, содержащие около 60% белка и 40% рибосомальной РНК. Субъединицы рибосом синтезируются в *ядрышках* и через поры ядерной мембраны поступают в цитоплазму, где располагаются либо на мембранах эндоплазматической сети, либо свободно. В эукариотических клетках рибосомы крупнее, чем у прокариот и в митохондриях и хлоропластах. При синтезе белков они могут объединяться на информационной РНК в группы (*п о л и с о м ы*) числом от 5 до 70. Рибосомы непосредственно участвуют в сборке белковых молекул.

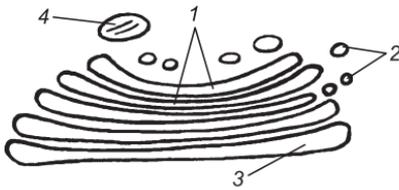


Рис. 109. Схема строения комплекса Гольджи:

1 – каналы, 2 – пузырьки; 3 – цистерна; 4 – вакуоль

Комплекс (аппарат) Гольджи выявляется под световым микроскопом в животных клетках в виде сложной сети, расположенной вокруг ядра (*сетчатый комплекс*). В клетках протистов и растений он представлен отдельными серповидными или па-

лочковидными тельцами (*диктиосомы*). Электронно-микроскопические исследования показали, что комплекс Гольджи состоит из элементарных мембран и напоминает стопку рулонов (рис. 109). Они образуют узкие каналы, расширяющиеся на концах в цистерны, от которых отпочковываются пузырьки. Каналы и цистерны комплекса Гольджи соединены с каналами эндоплазматической сети. Основные его функции: концентрация, обезвоживание и уплотнение синтезированных в клетке белков, жиров, полисахаридов и веществ, поступивших извне, сборка сложных комплексов органических веществ и подготовка их к выведению из клетки (например, целлюлозы и гемицеллюлозы у растений, гликопротеинов и гликолипидов у животных), либо к использованию в самой клетке. В клетках молочных желез комплекс Гольджи принимает участие в образовании молока, а в клетках печени – желчи. Пузырьки комплекса участвуют в формировании мембран и стенок растительных клеток после деления. В комплексе Гольджи образуются первичные лизосомы.

Л и з о с о м ы – шаровидные тельца диаметром от 0,2 до 2 мкм. Они покрыты элементарной мембраной и содержат около 40 гидролитических ферментов, способных в кислой среде (рН 4,5–5,0) расщеплять белки, нуклеиновые кислоты, жиры и углеводы. Образование лизосом происходит в комплексе Гольджи. При попадании пищевых веществ или микроорганизмов в составе *эндосомы* в цитоплазму клетки *первичные лизосомы* сливаются с ними, образуя *вторичные лизосомы (фагосомы)*, внутри которых происходит их переваривание (*гетерофагия* – переваривание чужеродных веществ). Лизосомы участвуют и в разрушении временных органов эмбрионов и личинок,

например хвоста и жабр в процессе развития головастиков лягушек (*аутофагия*). При повреждении мембран лизосом содержащиеся в них ферменты могут разрушать структуры самой клетки (*автолиз*). Продукты лизиса через мембрану лизосом поступают в цитоплазму и включаются в дальнейший обмен веществ. Вторичные лизосомы с остатками непереваренных веществ называются *остаточными тельцами*.

Клеточный центр (центросома) – органоид, находящийся вблизи ядра и состоящий из двух мелких гранул – *центриолей*, расположенных перпендикулярно друг к другу и окруженных лучистой сферой. Он характерен для большинства животных клеток, имеется у некоторых грибов, водорослей, мхов и папоротников. С помощью электронного микроскопа установлено, что каждая центриоль представляет собой цилиндрическое тельце длиной 0,3–0,5 мкм и диаметром 0,15 мкм. Она состоит из 27 микротрубочек, сгруппированных по три. Функция центросомы заключается в образовании полюсов деления и формировании микротрубочек веретена деления, с помощью которых происходит растягивание дочерних хромосом к полюсам в анафазе мейоза и митоза.

Органоиды движения клеток представлены *жгутиками* и *ресничками*. Это выросты цитоплазмы, покрытые элементарной мембраной, под которой находится 20 микротрубочек, образующих 9 пар по периферии и 2 одиночные в центре. У основания ресничек и жгутиков расположены *базальные тельца*, образующие микротрубочки этих органоидов. Длина жгутиков достигает 100 мкм. Реснички – это короткие (10–20 мкм) многочисленные жгутики. Реснички и жгутики служат для передвижения организмов (бактерии, протисты, ресничные черви), половых клеток (сперматозоидов) либо для перемещения частиц или жидкостей (реснички мерцательного эпителия дыхательных путей, яйцеводов и др.).

Вакуоли представляют собой участки гиалоплазмы растительных клеток и протистов, ограниченные элементарной мембраной. Они образуются из расширений эндоплазматической сети и пузырьков комплекса Гольджи. Вакуоли растений содержат клеточный сок и поддерживают тургорное давление. Вакуоли одноклеточных можно разделить на две группы: *пищеварительные*, в которые

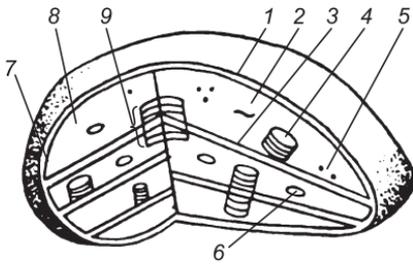


Рис. 110. Схема строения хлоропласта:

1 - наружная мембрана; 2 - ДНК; 3 - тилакоид стромы; 4 - тилакоид грани; 5 - рибосомы; 6 - зерна крахмала; 7 - внутренняя мембрана; 8 - строма; 9 - грана

поступают гидролитические ферменты лизосом и происходит внутриклеточное пищеварение, и сократительные, собирающие и выводящие за пределы клетки продукты диссимиляции и излишки воды и тем самым поддерживающие осмотическое давление клетки.

Пластиды - органоиды, содержащиеся только в растительных клетках. Они подразде-

ляются на три группы - хлоропласты (зеленые), хромопласты (чаще желтые или оранжевые) и лейкопласты (бесцветные). Пластиды имеют сходное строение и при определенных условиях могут переходить из одного вида в другой. Так, при хранении картофеля и моркови на свету лейкопласты и хромопласты превращаются в хлоропласты (овощи зеленеют).

Хлоропласты по форме напоминают двояковыпуклую линзу и содержат зеленый пигмент хлорофилл и вспомогательные пигменты - каротиноиды. Их размеры 5-10 мкм. Хлоропласты имеются в листьях, молодых побегах, незрелых плодах. Стенка хлоропласта образована двумя мембранами, под которыми находится бесструктурное содержимое - *строма*. Строма пронизана системой параллельно расположенных элементарных мембран, являющихся продолжением внутренней мембраны. Их называют *тилакоидами* (рис. 110). В некоторых местах парные мембраны тилакоидов диаметром около 0,3 мкм плотно прилегают друг к другу, образуя стопки, содержащие хлорофилл, - *граны*. В мембранах тилакоидов и гран встроены пигменты, улавливающие солнечный свет, и ферменты, синтезирующие АТФ. В строме хлоропластов локализованы ферменты фиксации CO_2 и синтеза органических соединений с использованием энергии АТФ. Таким образом, на мембранах тилакоидов и гран протекает световая фаза фотосинтеза, а в строме - темновая. В строме хлоропластов имеется автономная система синтеза белков (ДНК,

РНК и мелкие рибосомы). Основные функции хлоропластов – фотосинтез и синтез специфических белков.

Хромопласты – пластиды, содержащие растительные пигменты (кроме зеленого), придающие окраску цветкам, плодам, стеблям и другим частям растений благодаря накоплению в них каротиноидов.

Лейкопласты – бесцветные пластиды, содержащиеся чаще в неокрашенных частях растений – стеблях, корнях, луковицах и т. п. В них могут синтезироваться и накапливаться белки, жиры и полисахариды (крахмал).

Включения – это непостоянные компоненты цитоплазмы, содержание которых меняется в зависимости от функционального состояния клетки. Различают трофические, секреторные и экскреторные включения. Трофические включения представляют собой запасы питательных веществ. В растительных клетках это крахмальные и белковые зерна, в животных – гликоген в клетках печени и мышцах, капли жира в клетках подкожной жировой клетчатки. Секреторные включения являются продуктами жизнедеятельности клеток желез внешней и внутренней секреции. К ним относятся ферменты, гормоны, слизь и другие вещества, подлежащие выведению из клетки. Экскреторные включения представляют собой продукты обмена веществ в растительных и животных клетках (кристаллы щавелевой кислоты, щавелевокислого кальция и др.).

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ КЛЕТОЧНОГО ЯДРА

Ядро является обязательным компонентом всех эукариотических клеток. Исключение составляют некоторые высокоспециализированные, утратившие способность делиться и недолго живущие клетки, например эритроциты млекопитающих и клетки ситовидных трубок цветковых растений. Некоторые клетки имеют два и более ядер (клетки печени и мышц у человека и млекопитающих, инфузории, грибы и др.). Форма и размеры ядра зависят от формы и величины клетки и выполняемой ею функции. В округлых и многоугольных клетках оно обычно шаровидное, в вытянутых – палочковидное или овальное, в лейкоцитах – лопатное.

По химическому составу ядро отличается от остальных компонентов клетки высоким содержанием ДНК (15–30%) и РНК (12%); 99% ДНК клетки сосредоточено в ядре, где она вместе с белками образует комплексы – дезоксирибонуклеопротеины (ДНП).

Ядро выполняет две главные функции:

♦ хранение и воспроизведение наследственной информации;

♦ регуляция процессов обмена веществ, протекающих в клетке.

В процессе деления клеток структуры ядра претерпевают значительные изменения. В *интерфазном ядре* различают ядерную оболочку, ядерный сок, хроматин и ядрышки (рис. 111).

Ядерная оболочка (кариолема) представлена двумя биологическими мембранами, между которыми находится перинуклеарное пространство. Наружная ядерная мембрана непосредственно соединена с мембранами каналов эндоплазматической сети. Следовательно, перинуклеарное пространство и эндоплазматическая сеть образуют единую систему сообщающихся каналов. На наружной ядерной мембране располагаются рибосомы, внутренняя мембрана гладкая. Ядерная оболочка пронизана многочисленными порами (диаметр их около 90 нм), через которые происходит обмен веществ между ядром и цитоплазмой. Основная функция ядерной оболочки – регуляция обмена веществ. Кроме того, она выполняет защитную функцию.

Ядерный сок (кариоплазма) – это однородная масса, заполняющая пространство между структурами ядра (хроматином и ядрышками). В его состав входят вода, соли, белки (ферменты), нуклеотиды, аминокислоты и различные виды РНК (информационная, рибосомальная, транспортная). Ядерный сок осуществляет взаимосвязь ядерных структур и обмен с цитоплазмой клетки.

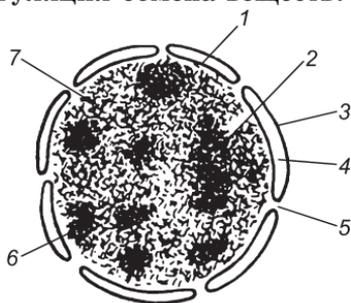


Рис. 111. Схема строения интерфазного ядра:

1 – внутренняя мембрана; 2 – ядрышко; 3 – наружная мембрана; 4 – перинуклеарное пространство; 5 – пора; 6 – хроматин; 7 – ядерный сок

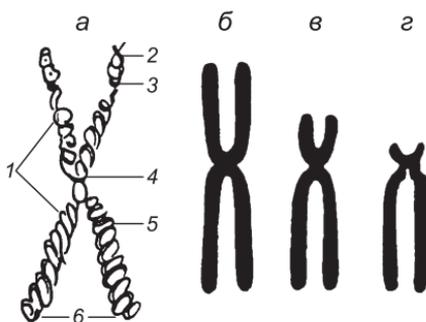
Хроматин представляет собой дезоксирибонуклеопротеин (ДНП, комплекс ДНК и белков-гистонов), выявляемый под световым микроскопом в виде тонких нитей и гранул. Так выглядят деспирализованные хромосомы в интерфазе. В процессе митоза хроматин путем спирализации образует хорошо видимые (особенно в метафазе) интенсивно окрашивающиеся структуры – хромосомы.

Метафазная хромосома состоит из двух продольных нитей ДНП – *хроматид*, основу каждой из них составляет одна молекула ДНК в комплексе с молекулами гистоновых белков. Хроматиды соединены друг с другом в области *первичной перетяжки* – *центромеры*, к которой прикрепляются нити *веретена деления*. Центромера делит тело хромосомы на два *плеча*. В зависимости от расположения первичной перетяжки различают следующие типы хромосом: *метацентрические* (равноплечие), в которых центромера расположена посередине, а плечи примерно равной длины; *субметацентрические* (неравноплечие), когда центромера смещена от середины хромосомы, а плечи неравной длины; *acroцентрические* (палочковидные), когда центромера смещена к одному концу хромосомы и одно плечо очень короткое. Концевые участки плеч хромосом заканчиваются *теломерами*, препятствующими соединению разных хромосом. В некоторых хромосомах могут быть *вторичные перетяжки*, отделяющие от тела хромосомы участок, называемый *спутником* (рис. 112).

Каждый вид растений и животных имеет определенное, постоянное число хромосом. Так, в ядре соматических клеток у лошадиной аскариды содержится 2 хромосомы, у мухи дрозофилы – 8, у кукурузы – 20, у таракана – 48, у человека – 46. Число хромосом не зависит от уровня организации вида и не всегда указывает на филогенети-

Рис. 112. Схема строения метафазной хромосомы и типы хромосом:

а – метафазная хромосома (1 – хроматиды; 2 – спутник; 3 – вторичная перетяжка; 4 – центромера; 5 – плечо; 6 – теломеры); *б* – метацентрическая хромосома; *в* – субметацентрическая хромосома; *г* – акроцентрическая хромосома



ческое родство. Следует отметить, что во всех соматических клетках большинства видов число хромосом парное (*диплоидное* – $2n$), т. е. каждая хромосома в наборе имеет парную, гомологичную. *Гомологичные хромосомы* одинаковы по величине, форме, расположению центромер. Соматические клетки некоторых растений содержат более двух наборов хромосом ($3n$, $4n$ и т. д.); они называются *полиплоидными*. Набор хромосом соматических клеток организмов определенного вида называется *кариотипом*. Для каждого биологического вида характерно постоянство числа, величины и формы хромосом. При образовании половых клеток из каждой пары гомологичных хромосом в клетку попадает только одна, поэтому хромосомный набор гамет называется *гаплоидным* (одинарным – $1n$).

Основная функция хромосом состоит в хранении, воспроизведении и передаче генетической информации в клетке.

Ядрышки обычно имеют шаровидную форму, не окружены мембраной и, следовательно, находятся в непосредственном контакте с ядерным соком. Они содержат белки (до 80% сухого веса) и рибосомальную РНК, которые окружают вторичные перетяжки хромосом. Ядрышки – непостоянные образования, они растворяются в начале деления клетки и восстанавливаются после его окончания. Их образование связано со вторичными перетяжками (*ядрышковыми организаторами*) некоторых хромосом (*спутничных*). В области вторичных перетяжек этих хромосом локализованы гены, кодирующие синтез рибосомальной РНК и белков, а в ядрышках происходит формирование субъединиц рибосом, которые затем выходят в цитоплазму через поры в ядерной оболочке.

Таким образом, клетки подавляющего большинства живых организмов имеют оформленное, сложно устроенное ядро, цитоплазму с обязательными органоидами и оболочку. Такие клетки называются **эукариотическими**. Они характерны для протистов, грибов, растений и животных.

Помимо эукариотических, встречаются и более древние и примитивно устроенные клетки – **прокариотические**. К прокариотам относятся бактерии и цианобактерии (табл. 9). Строение прокариотических клеток на примере бактерий описано ранее (см. с. 10).

Таблица 9

Отличительные признаки про- и эукариотических клеток

| Признак | Прокариоты | Эукариоты |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Цитоплазматическая мембрана | Есть | Есть |
| Клеточная стенка | Есть | У животных нет, у растений есть |
| Ядерная оболочка | Нет | Есть |
| Митохондрии | Нет | Есть |
| Комплекс Гольджи | Нет | Есть |
| Эндоплазматическая сеть | Нет | Есть |
| Лизосомы | Нет | Есть |
| Мезосомы | Есть | Нет |
| Рибосомы | Есть | Есть |
| Хромосомы | Нет (кольцевая молекула ДНК) | Набор хромосом (ДНК + белок) |
| Способ размножения | Простое бинарное деление | Митоз, amitoz, мейоз |

Клетки животных и растений имеют следующие р а з л и ч и я:

♦ клетки животных не имеют клеточной стенки (покрыты только элементарной мембраной), у клеток растений есть клеточная стенка (поверх мембраны имеется оболочка, чаще из целлюлозы);

♦ животная клетка – гетеротроф, она не содержит пластид, растительная – автотроф, имеет пластиды;

♦ в животной клетке имеется центросома, а в растительной – нет;

♦ в животной клетке нет центральной вакуоли, в растительной она имеется и содержит клеточный сок;

♦ запасное питательное вещество животной клетки – гликоген, а растительной – крахмал.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ

Химический состав клеток растений и животных весьма сходен, что говорит о единстве их происхождения. В клетках обнаружено более 80 химических элементов,

однако не для каждого из них известна физиологическая роль. Все элементы делят на три группы:

♦ **макроэлементы**, содержание которых в клетке составляет до 10^{-3} %. Это кислород, углерод, водород, азот, фосфор, сера, кальций, калий, хлор, натрий и магний, составляющие вместе свыше 99% массы клеток, причем 98% приходится на долю первых четырех элементов;

♦ **микроэлементы**, содержание которых колеблется от 10^{-3} % до 10^{-6} %. Это железо, марганец, медь, цинк, кобальт, никель, иод, бром, фтор, бор; на их долю приходится менее 1,0% массы клеток;

♦ **ультрамикрэлементы**, составляющие менее 10^{-6} %. Это золото, серебро, уран, бериллий, цезий, селен и др. – в сумме менее 0,01% массы клетки. Они играют определенную физиологическую роль в живых организмах. Например, установлено, что недостаток селена приводит к возникновению раковых заболеваний.

Все перечисленные элементы входят в состав неорганических и органических веществ живых организмов или содержатся в виде ионов.

Неорганические соединения клеток представлены водой и минеральными солями.

Самое распространенное неорганическое соединение в клетках живых организмов – **вода**. Ее содержание в разных клетках колеблется от 10% в эмали зуба до 85% в нервных клетках и до 97% в клетках развивающегося зародыша. Количество воды в клетках зависит от характера обменных процессов: чем они интенсивнее, тем выше содержание воды. В среднем в теле многоклеточных содержится около 80% воды. Такое высокое содержание воды говорит о важной роли, обусловленной ее химической природой. Молекулы воды имеют малые размеры, они полярны и способны соединяться друг с другом водородными связями.

Дипольный характер молекулы воды позволяет ей формировать вокруг молекул белков *водную (сольватную) оболочку*, препятствующую склеиванию их друг с другом. Это **связанная вода**, составляющая 4–5% всего ее содержания. Остальную воду (около 95%) называют **свободной**. Свободная вода является универсальным растворителем для многих органических и неорганических соединений. Большинство химических реакций идет только в растворах. Проникновение веществ в клетку и выведе-

ние из нее продуктов диссимиляции в большинстве случаев возможно только в растворенном виде. Вода принимает непосредственное участие и в биохимических реакциях, протекающих в клетке (реакции гидролиза). С водой связана также регуляция теплового режима клеток, так как она обладает хорошими теплопроводностью и теплоемкостью. По сравнению с другими жидкостями вода характеризуется высокой температурой кипения, большой теплотой плавления (льда – вода в твердом состоянии) и испарения, а также большим поверхностным натяжением.

Вода принимает активное участие в регуляции осмотического давления в клетках. Проникновение молекул растворителя через полупроницаемую мембрану в раствор вещества называется *осмосом*, а давление, с которым растворитель (вода) проникает через мембрану, – *осмотическим*. Величина осмотического давления возрастает с увеличением концентрации раствора. Осмотическое давление жидкостей организма человека и большинства млекопитающих равно давлению 0,85%-го раствора хлорида натрия. Растворы с таким осмотическим давлением называются *изотоническими*, более концентрированные – *гипертоническими*, а менее концентрированные – *гипотоническими*. Явление осмоса лежит в основе напряжения стенок растительных клеток (*тургор*).

По отношению к воде все вещества делятся на **гидрофильные** (водорастворимые) – многие минеральные соли, кислоты, щелочи, белки, некоторые витамины, все моносахариды, **гидрофобные** (водонерастворимые) – жиры, полисахариды, некоторые соли, витамины и др. и **амфифильные**, имеющие полярные и неполярные группы, например фосфолипиды имеют гидрофильную головку и гидрофобный хвост. Кроме воды растворителями могут быть жиры и спирты.

Минеральные соли и химические элементы в определенных концентрациях необходимы для нормальной жизнедеятельности клеток. Так, азот и сера входят в состав белков, фосфор – в состав ДНК, РНК и АТФ, магний – в состав многих ферментов и хлорофилла, железо – в состав некоторых ферментов, гемоглобина и миоглобина, цинк – в состав гормона поджелудочной железы и многих ферментов, иод – в состав гормонов щитовидной железы, медь участвует в процессе кроветворения и фотосинтеза и т.д. Нерастворимые соли кальция и фосфора обеспечивают прочность костной ткани и зубной эмали, катионы натрия,

калия и кальция – раздражимость клеток. Ионы кальция принимают участие в свертывании крови и обеспечивают мышечные сокращения.

Содержание катионов и анионов в клетке и окружающей ее среде (плазме крови, межклеточной жидкости, морской и пресной воде) различно вследствие полупроницаемости мембран. Например, в цитоплазме клеток много калия и мало натрия, а в межклеточной жидкости – наоборот.

Анионы слабых кислот связывают ионы водорода (H^+), а катионы слабых щелочей – ионы и гидроксила (OH^-), вследствие чего в клетках и межклеточной жидкости на постоянном уровне поддерживается слабощелочная реакция. Это явление называется *буферностью*.

Органические соединения составляют около 20–30% массы живых клеток. К ним относятся биологические полимеры – белки, нуклеиновые кислоты и полисахариды, а также жиры, гормоны, пигменты, АТФ и др.

Белки составляют 10–18% общей массы клетки (50–80% сухой массы). Молекулярная масса белков колеблется от десятков тысяч до многих миллионов единиц. Белки – это биополимеры, мономерами которых являются аминокислоты. Все белки живых организмов построены из 20 аминокислот. Несмотря на это, разнообразие белковых молекул огромно. Они различаются по величине, структуре и функциям, которые определяются составом, количеством и порядком расположения аминокислот. Помимо простых белков (альбумины, глобулины, гистоны) имеются и сложные, представляющие собой соединения белков с углеводами (гликопротеины), жирами (липопротеины) и нуклеиновыми кислотами (нуклеопротеины).

Каждая аминокислота состоит из углеводородного радикала, соединенного с карбоксильной группой, имеющей кислотные свойства ($-COOH$), и аминогруппой ($-NH_2$), обладающей основными свойствами. Аминокислоты отличаются одна от другой только радикалами.

Растения синтезируют все аминокислоты, необходимые для построения белков, из первичных продуктов фотосинтеза. Животные и человек не способны синтезировать следующие аминокислоты: валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин; эти аминокислоты называются *незаменимыми*.

Аминокислоты являются *амфотерными соединениями*, обладающими одновременно свойствами и кислот, и оснований. Данное явление обуславливает возможность соединения кислот в длинные цепочки. При этом устанавливаются прочные *ковалентные (пептидные) связи* между углеродом кислотной и азотом основной групп ($-\text{CO}-\text{NH}-$) с выделением молекулы воды. Соединения, состоящие из двух аминокислотных остатков, называются *дипептидами*, из трех – *трипептидами*, из многих – *полипептидами*.

Белки живых организмов состоят из сотен и тысяч аминокислот, т.е. представляют собой макромолекулы. Различные свойства и функции белковых молекул определяются последовательностью соединения аминокислот, которая закодирована в ДНК. Эту последовательность называют *первичной структурой молекулы белка*, от которой в свою очередь зависят последующие уровни пространственной организации и биологические свойства белков. Первичная структура белковой молекулы обусловлена ковалентными пептидными связями.

Вторичная структура белковой молекулы достигается ее спирализацией благодаря установлению между атомами соседних витков спирали *водородных связей*, которые образуются между NH-группами одного витка и CO-группами другого витка. Они слабее ковалентных, но многократно повторенные создают довольно прочное соединение. Функционирование в виде закрученной спирали (*α -спираль*) характерно для многих фибриллярных белков (коллаген, кератин, фибриноген, миозин, актин и др.). Некоторые белки (например, *фиброин*, составляющий основу шелкового волокна) образуют *складчатый слой* (*β -слой*), в котором две полипептидные цепи, соединенные водородными связями, складываются в «гармошку».

Многие белковые молекулы становятся функционально активными только после приобретения *глобулярной (третичной) структуры*. Она формируется путем многократного сворачивания спирали в трехмерное образование – *глобулу*. Данная структура поддерживается *гидрофобными взаимодействиями* (это силы притяжения между неполярными участками молекул, которые располагаются внутри клубка, а снаружи остаются гидрофильные боковые участки), *электростатическими связями* между

положительно и отрицательно заряженными радикалами остатков аминокислот и слабыми *дисульфидными* ($-S-S-$) *связями*. Глобулярную структуру имеет большинство белков (альбумины, глобулины и др.).

Для выполнения некоторых функций требуется участие белков с более высоким уровнем организации, при котором возникает объединение нескольких глобулярных белковых молекул в единую систему – *четвертичную структуру* (химические связи могут быть разными – *гидрофобные, водородные* и *ионные связи*). Например, молекула гемоглобина состоит из четырех различных глобул и геминовой группы, содержащей ион железа.

Утрата белковой молекулой своей структурной организации называется *денатурацией*. Причиной ее могут быть различные химические (кислоты, щелочи, спирты, соли тяжелых металлов и др.) и физические (высокая температура и давление, ионизирующие излучения и др.) факторы. Вначале разрушается очень слабая – четвертичная, затем третичная и вторичная структуры. Если под действием денатурирующего фактора не затрагивается первичная структура (не происходит *деградация*), то при возвращении белковых молекул в нормальные условия среды их структура может восстанавливаться, т. е. происходит *ренатурация*. Это свойство белковых молекул широко используется в медицине для приготовления вакцин и сывороток и в пищевой промышленности для получения пищевых концентратов.

Белки выполняют следующие функции: структурную, каталитическую, транспортную, двигательную, защитную, сигнальную, регуляторную и энергетическую.

Как *строительный материал* (структурная функция) белки входят в состав всех клеточных мембран, хроматина, ядрышек, рибосом, формируют цитоскелет клетки (микрофиламенты и микротрубочки).

Каталитическую (ферментативную) функцию выполняют белки-ферменты, в десятки и сотни тысяч раз ускоряющие течение биохимических реакций (ассимиляции и диссимиляции) в клетках при нормальном давлении и температуре около 37 °С. Они также участвуют в расщеплении питательных веществ в пищеварительной системе. Ферменты обладают, как правило, четвертичной структурой. Белковая часть фермента называется *апофер-*

ментом. В состав многих ферментов могут входить и небелковые компоненты – *кофактор* (неорганические соединения, например ионы металлов Zn^{2+} , Mg^{2+} и др.) или *кофермент (коэнзим)*, если это низкомолекулярное органическое соединение (например, витамины). Каждый фермент может катализировать только одну реакцию, т. е. действие ферментов строго специфично. Специфичность ферментов обусловлена наличием одного или нескольких *активных центров*, в которых происходит тесный контакт между молекулами фермента и специфического вещества (*субстрата*). Молекулы большинства ферментов во много раз превосходят по величине субстрата, на которые они действуют. Активный центр фермента составляет лишь небольшую часть его молекулы, чаще всего от 3 до 12 аминокислотных остатков, расположенных в строго определенном порядке. Каждый фермент действует при определенных температуре и pH среды. Некоторые ферменты применяются в медицинской практике и пищевой промышленности.

Транспортная функция белков заключается в переносе веществ, например кислорода (гемоглобин), свободных жирных кислот (сывороточный альбумин) и некоторых биологически активных веществ (гормонов). Транспортную функцию выполняют белки мембран – *пермеазы, порины* и др.

Двигательная (сократительная) функция белков состоит в том, что все виды двигательных реакций клеток и организмов обеспечиваются специальными сократительными белками – актином, миозином и тубулином. Они содержатся во всех мышцах, ресничках, жгутиках, микрофиламентах. Их нити способны сокращаться с использованием энергии АТФ.

Защитная функция белков связана с выработкой лейкоцитами особых белковых веществ – *иммуноглобулинов (антител)* в ответ на проникновение в организм генетически чужеродных белков или микроорганизмов. Антитела связывают, нейтрализуют и разрушают не свойственные организму соединения. Примером защитной функции белков так же может служить превращение фибриногена в фибрин при свертывании крови.

Сигнальная (рецепторная) функция осуществляется белками благодаря способности их молекул изменять

свою структуру (*конформация*) под влиянием многих химических и физических факторов, вследствие чего клетка или организм воспринимают эти изменения, например, в палочках сетчатки глаза содержится пигмент *родопсин*, в состав которого входит белок *опсин*.

Регуляторная функция осуществляется гормонами, имеющими белковую природу (например, инсулин, АКТГ, глюкагон).

Энергетическая функция белков заключается в их способности быть источником энергии в клетке (как правило, при отсутствии других источников). При полном ферментативном расщеплении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии.

Углеводы – обязательный компонент как животных, так и растительных клеток. В растительных клетках их содержание достигает 90% сухой массы (в клубнях картофеля), а в животных – 5% (в клетках печени). В состав молекул углеводов входят углерод, водород и кислород, причем число атомов водорода в большинстве случаев вдвое превышает число атомов кислорода.

Все углеводы подразделяются на моно-, ди- и полисахариды. Моносахариды чаще содержат пять (*пентозы*) или шесть (*гексозы*) атомов углерода, столько же кислорода и вдвое больше водорода (например, глюкоза – $C_6H_{12}O_6$). Пентозы (рибоза и дезоксирибоза) входят в состав нуклеиновых кислот и АТФ. Гексозы (глюкоза, фруктоза и галактоза) постоянно присутствуют в клетках плодов растений, придавая им сладкий вкус. Глюкоза содержится в крови и служит источником энергии для клеток и тканей животных. Дисахариды объединяют в одной молекуле два моносахарида. Пищевой сахар (*сахароза*) состоит из молекул глюкозы и фруктозы, молочный сахар (*лактоза*) включает глюкозу и галактозу. Все моно- и дисахариды хорошо растворимы в воде и имеют сладкий вкус. Молекулы полисахаридов образуются в результате поликонденсации моносахаридов. Мономером полисахаридов – крахмала, гликогена, целлюлозы (клетчатки) и хитина является глюкоза. Полисахариды практически нерастворимы в воде и не обладают сладким вкусом. Основные полисахариды – *крахмал* (в растительных клетках) и *гликоген* (в клетках животных) откладываются в виде включений и служат запасными энергетическими веществами.

Углеводы образуются в зеленых растениях в процессе фотосинтеза и могут использоваться в дальнейшем для биосинтеза аминокислот, жирных кислот и других соединений.

Углеводы выполняют три основные функции: *строительную (структурную), энергетическую и запасующую*. Целлюлоза образует стенки растительных клеток; сложный полисахарид – хитин – стенки клеток грибов и наружный скелет членистоногих. Углеводы в соединении с белками (*гликопротеины*) входят в состав костей, хрящей, сухожилий и связок. Кроме того, углеводы выполняют роль основного источника энергии в клетке: при окислении 1 г углеводов высвобождается 17,6 кДж энергии. Крахмал в растительных клетках, а гликоген в мышцах и клетках печени откладываются в качестве запасного питательного вещества.

Липиды (жиры) и липоиды являются обязательными компонентами всех клеток. Жиры представляют собой сложные эфиры высокомолекулярных жирных кислот и трехатомного спирта глицерола, а липоиды – жирных кислот с другими спиртами. Эти соединения нерастворимы в воде (гидрофобны). Липиды могут образовывать сложные комплексы с белками (*липопротеины*), углеводами (*гликолипиды*), остатками фосфорной кислоты (*фосфолипиды*) и др. Содержание жиров в клетке колеблется от 5 до 15% массы сухого вещества, а в клетках подкожной жировой клетчатки – до 90%.

Если в жирных кислотах имеются двойные связи (C=C), то такие кислоты и содержащие их липиды называются *ненасыщенными* (непредельными). Жирные кислоты и липиды, в молекулах которых нет двойных связей, называются *насыщенными* (предельными). Непредельными жирными кислотами являются олеиновая, линолевая и линоленовая, предельными – пальмитиновая, стеариновая, арахиновая.

Жиры с короткими ненасыщенными цепями жирных кислот плавятся при низкой температуре, а при комнатной температуре имеют жидкую консистенцию (масла). Жиры с длинными насыщенными жирными кислотами при комнатной температуре являются твердыми веществами.

Важная роль в организации биологических мембран принадлежит *фосфолипидам*, в молекулах которых к одной из трех ОН-групп глицерола присоединяется фосфор-

ная кислота. К липидам относятся *воска* – сложные эфиры одноатомных высокомолекулярных спиртов и высших карбоновых кислот, которые входят в состав липидных фракций нервной ткани, селезенки, лимфатических узлов и желчных протоков. Важную роль в живых организмах играют *стероиды*, построенные на основе спирта *холестерола*. К этой группе липидов (*стеролы*) относятся желчные кислоты, половые гормоны, витамин D и др. К стеролам близки *терпены*, представителями которых являются *гиббереллины* (ростовые вещества растений), *каротиноиды* (фотосинтетические пигменты), *ментол* и *камфара* (эфирные масла растений).

Ф у н к ц и и ж и р о в: *структурная (строительная), регуляторная, энергетическая, источник воды, запасающая и защитная*. Бимолекулярный слой липидов (преимущественно фосфолипиды) образует основу всех биологических мембран клеток. Липиды входят в состав оболочек нервных волокон. Производными холестерина являются мужской (тестостерон) и женский (прогестерон) половые гормоны и альдостерон (гормон коры надпочечников), витамин D и желчные кислоты. Жиры являются источником энергии: при полном расщеплении 1 г жира высвобождается 38,9 кДж энергии. Они служат источником воды: при окислении 100 г жира выделяется примерно 105 г воды. Жиры являются запасным источником энергии, накапливаясь в жировой ткани животных и в плодах и семенах растений. Они защищают органы от механических повреждений (например, почки окутаны мягким жировым «футляром»). Накапливаясь в подкожной жировой клетчатке некоторых животных (киты, тюлени), жиры выполняют *теплоизоляционную функцию*.

Нуклеиновые кислоты имеют первостепенное биологическое значение и представляют собой сложные высокомолекулярные биополимеры, мономерами которых являются *нуклеотиды*. Впервые они были обнаружены в 1868 г. швейцарским врачом И.Ф. Мишером в ядрах лейкоцитов, откуда и их название (от лат. *nucleus* – ядро).

Существует два типа нуклеиновых кислот: *дезоксирибонуклеиновая (ДНК)* и *рибонуклеиновая (РНК)*. ДНК входит в основном в хроматин ядра, хотя небольшое ее количество содержится и в некоторых органо-

идах (митохондрии, пластиды). РНК содержится в ядрышках, рибосомах, кариоплазме и цитоплазме клетки.

Структура молекулы ДНК была впервые расшифрована Дж. Уотсоном и Ф. Криком в 1953 г. Она представляет собой две полинуклеотидные цепи, соединенные друг с другом (рис. 113). Мономерами ДНК являются нуклеотиды, в состав которых входят: пятиуглеродный сахар – *дезоксирибоза*, остаток фосфорной кислоты и одно из четырех азотистых оснований. Нуклеотиды отличаются один от другого только азотистыми основаниями. В состав нуклеотидов ДНК входят следующие азотистые основания: *аденин* и *гуанин* (пуриновые основания), *цитозин* и *тимин* (пиримидиновые основания). Нуклеотиды соединяются в цепочку путем образования *ковалентных фосфодиэфирных связей* между дезоксирибозой одного и остатком фосфорной кислоты соседнего нуклеотида. Обе цепочки объединяются в одну молекулу *водородными связями*, возникающими между азотистыми основаниями разных цепочек, причем в силу определенной пространственной конфигурации между аденином и тимином устанавливаются две связи, а между гуанином и цитозином – три.

Цепи в молекуле ДНК *антипараллельны*, т. е. направлены в противоположные стороны, так что 3'-конец одной цепи располагается напротив 5'-конца другой. Двойная цепь молекулы ДНК закручена вправо в виде спирали вокруг одной оси. Витки спирали удерживаются водородными связями и гидрофобными взаимодействиями. Вдоль спирали молекулы соседние нуклеотиды распола-

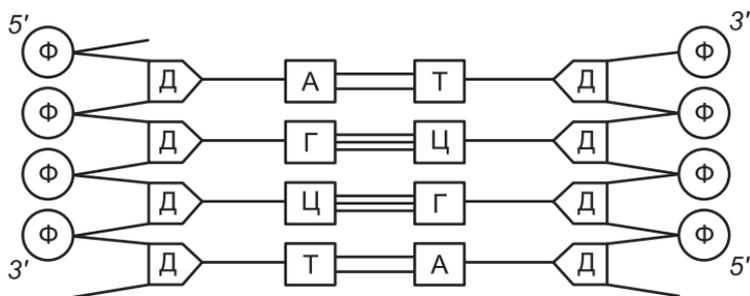


Рис. 113. Схема строения молекулы ДНК:

Ф – остаток фосфорной кислоты; Д – дезоксирибоза; А, Г, Ц, Т – соответственно аденин, гуанин, цитозин, тимин (азотистые основания)

гаются на расстоянии 0,34 нм друг от друга. Полный оборот спирали включает 10 пар нуклеотидов – длина его 3,4 нм.

Еще в 1951 г. Э. Чаргаффом было установлено, что в любой молекуле ДНК количество аденина равно количеству тимина, а количество гуанина – количеству цитозина, а сумма пуриновых оснований равна сумме пиримидиновых: $A+G = T+C$ (*правила Чаргаффа*). В дальнейшем было показано, что нуклеотиды двух цепочек образуют пары: А–Т, Г–Ц. Строгое соответствие нуклеотидов друг другу в парных цепочках ДНК называется **комплементарностью** (взаимодополняемостью). Это свойство лежит в основе **репликации** (самоудвоения) молекулы ДНК, т. е. образования новой молекулы на основе исходной. Репликация происходит следующим образом. Под действием специального фермента (*ДНК-полимеразы*) происходит раскручивание спирали ДНК и разрыв водородных связей между нуклеотидами двух цепочек. Освободившимся связям по принципу комплементарности присоединяются соответствующие нуклеотиды ДНК (А–Т, Г–Ц). Следовательно, порядок нуклеотидов в «старой» цепочке ДНК определяет порядок нуклеотидов в «новой», т. е. «старая» цепочка ДНК является матрицей для синтеза «новой». Такие реакции называются **реакциями матричного синтеза**, они характерны только для живого. Поскольку комплементарные цепи в молекуле ДНК направлены в противоположные стороны, а фермент ДНК-полимераза может двигаться вдоль цепи ДНК только в направлении $3' \rightarrow 5'$, то синтез новых цепей идет антипараллельно (*принцип антипараллельности*), причем первая, *лидирующая*, дочерняя цепочка синтезируется непрерывно по мере раскручивания молекулы ДНК, а вторая, *отстающая*, – отдельными фрагментами, которые затем сшиваются ферментом *лигазой*. После репликации каждая молекула ДНК содержит одну «материнскую» цепочку и вновь синтезированную «дочернюю». Такой принцип синтеза называется *полуконсервативным*.

Молекулы ДНК могут содержать от 200 до 2×10^8 пар нуклеотидов. Огромное разнообразие молекул ДНК достигается разными их размерами, составом и различной последовательностью нуклеотидов.

Роль ДНК в клетке заключается в хранении, воспроизведении и передаче генетической информации. Благодаря матричному синтезу наследственная информация дочерних клеток точно соответствует материнской.

РНК, как и ДНК, представляет собой полимер, построенный из мономеров – нуклеотидов. Структура нуклеотидов РНК сходна со структурой нуклеотидов ДНК, но имеются следующие отличия: вместо дезоксирибозы в состав нуклеотидов РНК входит пятиуглеродный сахар – *рибоза*, а вместо азотистого основания тимина – *урацил*. Остальные три азотистых основания те же: аденин, гуанин и цитозин. По сравнению с ДНК в состав РНК входит меньше нуклеотидов и, следовательно, ее молекулярная масса меньше.

Известны двух- и одноцепочечные РНК. *Двухцепочечные РНК* содержатся у некоторых вирусов, выполняя (как и ДНК) роль хранителя и передатчика наследственной информации. В клетках других организмов встречаются *одноцепочечные РНК*, которые представляют собой копии соответствующих участков ДНК.

В клетках существуют три типа РНК: информационная (матричная), транспортная и рибосомальная.

Информационная РНК (и-РНК) состоит из 300–30 000 нуклеотидов и составляет примерно 5% всей РНК, содержащейся в клетке. Она представляет собой копию определенного участка ДНК (гена). Молекулы и-РНК выполняют роль переносчиков генетической информации от ДНК к месту синтеза белка (в рибосомы) и непосредственно участвуют в сборке его молекул.

Транспортная РНК (т-РНК) составляет около 10% всей РНК клетки и состоит из 75–85 нуклеотидов. Молекулы т-РНК непосредственно участвуют в биосинтезе белков – транспортируют аминокислоты из цитоплазмы в рибосомы.

Основную часть РНК цитоплазмы (около 85%) составляет *рибосомальная РНК* (р-РНК). Она входит в состав рибосом. Молекулы р-РНК состоят из 3–5 тыс. нуклеотидов. Считают, что р-РНК обеспечивает определенное пространственное взаиморасположение и-РНК и т-РНК.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ – ОСНОВА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛЕТКИ

Постоянный обмен веществ с окружающей средой – одно из основных свойств живых систем. В клетках непрерывно идут процессы биосинтеза (**ассимиляция**, или **пластический обмен**), т. е. при участии ферментов из простых органических соединений образуются сложные: из аминокислот – белки, из моносахаридов – полисахариды, из нуклеотидов – нуклеиновые кислоты и т. д. Все процессы синтеза идут с поглощением энергии. Примерно с такой же скоростью идет и расщепление сложных молекул до более простых с выделением энергии (**диссимиляция**, или **энергетический обмен**). Благодаря этим процессам сохраняется относительное постоянство состава клеток. Синтезированные вещества используются для построения клеток и их органоидов и замены израсходованных или разрушенных молекул. При расщеплении высокомолекулярных соединений до более простых выделяется энергия, необходимая для реакций биосинтеза.

.....
Совокупность реакций ассимиляции и диссимиляции, лежащих в основе жизнедеятельности организма и обуславливающих его связь с окружающей средой, называется обменом веществ.
.....

Для реакций обмена характерна высокая организованность и упорядоченность. Каждая реакция протекает с участием специфических белков-ферментов. Они располагаются в основном на мембранах органоидов и в гиалоплазме клеток в строго определенном порядке, что обеспечивает необходимую последовательность реакций. Благодаря ферментным системам реакции обмена идут быстро и эффективно в обычных условиях – при температуре тела и нормальном давлении.

Пластический и энергетический обмены неразрывно связаны. Они являются противоположными сторонами единого процесса обмена веществ. Реакции биосинтеза нуждаются в энергии, которая поставляется реакциями энергетического обмена. Для осуществления реакций энергетического обмена необходим постоянный биосинтез

ферментов и структур органоидов, которые в процессе жизнедеятельности постепенно разрушаются.

Процессы ассимиляции не всегда находятся в равновесии с процессами диссимиляции. Так, в растущем организме процессы ассимиляции преобладают над процессами диссимиляции, благодаря чему обеспечивается накопление веществ и рост организма. При интенсивной физической работе и в старости преобладают процессы диссимиляции. В первом случае это компенсируется усиленным питанием, а во втором происходит постепенное истощение и в конечном итоге гибель организма.

ПЛАСТИЧЕСКИЙ ОБМЕН

.....
Пластический обмен (анаболизм) – совокупность реакций биологического синтеза, при котором из поступивших в клетку веществ образуются вещества, специфические для данной клетки.
.....

К пластическому обмену относятся *фотосинтез, биосинтез белков, синтез нуклеиновых кислот, жиров и углеводов.*

По типу питания живые организмы делятся на две группы – автотрофные и гетеротрофные.

Гетеротрофными называются организмы, не способные синтезировать органические вещества из неорганических и использующие в качестве пищи (источника энергии) готовые органические соединения. К гетеротрофам относятся большинство бактерий и протистов, грибы и животные.

Автотрофными называются организмы, способные синтезировать из неорганических веществ органические, служащие строительным материалом и источником энергии. К ним относятся пигментированные бактерии, некоторые протисты и все зеленые растения. Автотрофные организмы подразделяются на хемосинтезирующие и фотосинтезирующие. *Хемосинтезирующие организмы (бактерии) потребляют энергию, выделяющуюся при окислении некоторых неорганических веществ (например, нитрифицирующие бактерии последовательно окисляют аммиак до нитритов, а затем нитриты до нитратов).*

Фотосинтезирующие организмы (зеленые растения) используют энергию света.

Зеленые растения способны с помощью пигментов хлорофиллов и каротиноидов, содержащихся в хлоропластах, преобразовывать световую энергию Солнца в энергию химических связей органических веществ. В частности, из энергетически бедных веществ CO_2 и H_2O они синтезируют богатые энергией углеводы и выделяют кислород. Этот процесс синтеза первичного органического вещества называется **фотосинтезом**, который представляет собой цепь окислительно-восстановительных реакций. Он протекает в две фазы: световую и темновую (рис. 114).

Фотосинтез начинается с момента освещения хлоропласта видимым светом. Улавливание солнечной энергии происходит светочувствительными пигментами, которые образуют светособирающие комплексы, работающие наподобие воронки. Далее световая энергия передается от молекулы к молекуле и в конечном итоге доставляется на специализированную форму хлорофилла. Совокупность молекул хлорофилла и ферментов, обеспечивающих транспорт электронов, называется *фотосистемой*. Различают два типа фотосистем. *Фотосистема I*, содержащая хлорофилл с максимальным поглощением света (длина волны 700 нм) – Хл₇₀₀, и вторая – с максимальным поглощением света (длина волны 680 нм) – Хл₆₈₀.

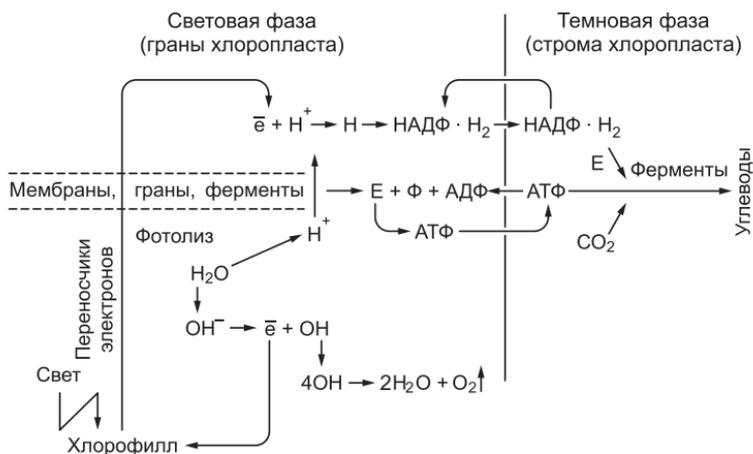


Рис. 114. Схема фотосинтеза

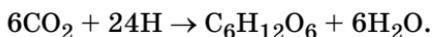
При поглощении молекулами хлорофилла фотосистемы I квантов света их электроны переходят в «возбужденное» состояние, поднимаются на более высокий энергетический уровень, поступают к *акцептору* и далее в *цепь переноса электронов*, а затем переходят на наружную поверхность мембран гран. При этом Хл_{700} окисляется и превращается в Хл_{700}^+ . Возбужденные молекулы хлорофилла фотосистемы II (Хл_{680}) отдают свои электроны акцептору. По цепи переноса электронов они поступают в фотосистему I и восстанавливают молекулы Хл_{700}^+ до Хл_{700} . Молекула восстановленного хлорофилла (Хл_{700}) вновь способна переходить в возбужденное состояние. Молекулы Хл_{680} , отдав свои электроны, окисляются до Хл_{680}^+ , восстановление которых происходит за счет электронов, образующихся при *фотолизе* воды. Под действием света вода распадается на ионы H^+ и OH^- . Протоны накапливаются на внутренней поверхности мембран гран хлоропласта (электроны – на наружной) и создают электрохимический мембранный потенциал. Когда разность потенциалов достигает критического уровня (около 200 мВ), протоны проходят по специальным каналам мембран, в которых находятся ферменты *АТФ-синтазы*. Энергия протонов и электронов используется ферментами для присоединения остатков фосфорной кислоты (фосфорилирование) к АМФ или АДФ. После прохождения по каналам протоны взаимодействуют с электронами и *никотинамидадениндинуклеотидфосфатом* (НАДФ) и восстанавливают его до $\text{НАДФ}\cdot\text{H} + \text{H}^+$. Ионы гидроксила, оставшись без противоионов H^+ , отдают свои электроны и превращаются в свободные радикалы OH , которые, взаимодействуя друг с другом, образуют воду и свободный кислород:



Электроны гидроксильных групп идут на восстановление Хл_{680}^+ . Таким образом, в световую фазу фотосинтеза, которая протекает в гранах хлоропластов только на свету, происходят следующие процессы: фотолиз воды с выделением кислорода, восстановление НАДФ до $\text{НАДФ}\cdot\text{H} + \text{H}^+$ и синтез АТФ.

В темновую фазу фотосинтеза накопленная в световую фазу энергия используется для синтеза моносахаридов из диоксида углерода (поступает из воздуха через

устыца) и водорода (отсоединяется от НАДФ · Н + Н⁺) путем сложных многоступенчатых ферментативных реакций (*цикл Кальвина*). В итоге получается:



В дальнейшем могут образовываться ди-, полисахариды и другие органические соединения (аминокислоты, жирные кислоты и др.). Этот процесс не требует прямого участия света. Он протекает в строме хлоропластов как на свету, так и в темноте. Коэффициент полезного действия фотосинтеза достигает 60%. Фотосинтез и дыхание являются противоположными процессами, их сравнительная характеристика дана в табл. 10.

Таблица 10

Сравнительная характеристика процессов фотосинтеза и дыхания

| Фотосинтез | Дыхание |
|--|----------------------------------|
| Образование органических веществ | Распад органических веществ |
| Поглощение CO ₂ | Поглощение O ₂ |
| Выделение O ₂ | Выделение CO ₂ |
| Накопление энергии | Освобождение энергии |
| Происходит только на свету | Происходит на свету и в темноте |
| Происходит в клетках, содержащих хлорофилл | Происходит во всех живых клетках |

Значение фотосинтеза огромно. Это главный процесс синтеза первичного органического вещества, протекающий в биосфере. Энергия Солнца аккумулируется в химических связях органических соединений, которые идут на питание всех гетеротрофов. При этом атмосфера обогащается кислородом и очищается от избытка диоксида углерода.

Биосинтез белков осуществляется во всех клетках про- и эукариотических организмов, это неотъемлемое свойство живого. Информация о первичной структуре белковой молекулы, от которой зависят все остальные структуры и свойства, закодирована последовательностью нуклеотидов в соответствующем участке молекулы ДНК – гене. Так как информация о структуре молекулы белка находится в ядре, а его сборка идет в цитоплазме (в рибосомах), в клетке имеется посредник, копирующий и переда-

ющий эту информацию. Таким посредником является *информационная РНК (и-РНК)*. Специальный фермент (*РНК-полимераза*) расщепляет двойную цепочку ДНК, и на одной из ее цепей (*кодирующей*) по принципу комплементарности выстраиваются нуклеотиды РНК. Считывание информации с кодирующей цепочки ДНК идет в направлении $3' \rightarrow 5'$. Таким образом, синтезированная молекула и-РНК повторяет порядок нуклеотидов в ДНК. Этот процесс называется *транскрипцией* (переписыванием). Синтезированная таким образом (матричный синтез) молекула и-РНК выходит в цитоплазму и на один ее конец ($5'$) сначала нанизывается малая субъединица рибосомы, а затем присоединяется большая субъединица (происходит сборка рибосомы), что обеспечивается *инициирующим кодоном* (АУГ).

.....
Система записи генетической информации в ДНК (и-РНК) в виде определенной последовательности нуклеотидов называется генетическим кодом.
.....

Свойства генетического кода:

♦ *триплетность* – одной аминокислоте в полипептидной цепочке соответствуют три расположенных рядом нуклеотида молекулы ДНК (и-РНК), называемые *триплетом*, или *кодоном*;

♦ *универсальность* – одинаковые кодоны кодируют одну и ту же аминокислоту у всех живых организмов;

♦ *неперекрываемость* – один нуклеотид не может входить одновременно в состав нескольких кодонов;

♦ *избыточность (вырожденность)* – одну аминокислоту могут кодировать несколько различных триплетов;

♦ *отсутствие разделительных знаков внутри гена при их наличии между генами* (начало считывания информации с и-РНК определяется *инициирующим кодоном* – АУГ, а конец – *терминирующими кодонами* – УАА, УАГ, УГА).

Следующий этап в биосинтезе белка – перевод последовательности нуклеотидов в молекуле и-РНК в последовательность аминокислот в полипептидной цепочке – *трансляция*. *Транспортные РНК (т-РНК)* «приносят» аминокислоты в рибосому. Молекула т-РНК имеет сложную конфигурацию (рис. 115). На некоторых участках ее между комплементарными нуклеотидами образуются во-

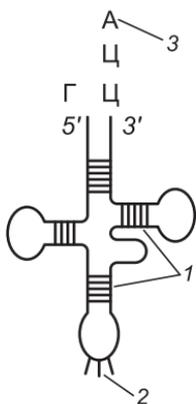


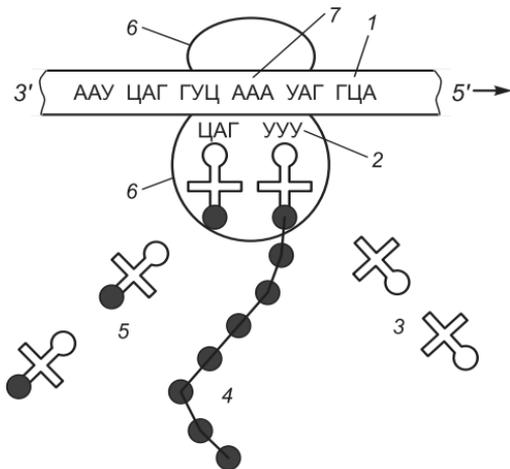
Рис. 115. Схема структуры молекулы т-РНК:
1 – водородные связи; 2 – антикодон; 3 – место прикрепления аминокислоты

дородные связи, и молекула по форме становится похожей на лист клевера. На его «верхушке» расположен триплет свободных нуклеотидов, которые по своему генетическому коду соответствуют данной аминокислоте (он называется *антикодоном*), а «черешок» (основание) служит местом прикрепления этой аминокислоты. Каждая т-РНК может переносить только свою аминокислоту. На одном конце (5') молекулы т-РНК («черешка») всегда находится гуанин, а на другом (3') – триплет ЦЦА. Каждая аминокислота присоединяется к одной из своих т-РНК при участии специфического фермента (*аминоацил-т-РНК-синтазы*) и АТФ (*активация аминокислот*). В результате образуется комплекс аминокислоты с т-РНК (*аминоацил-т-РНК*), в котором энергии связи между концевым

нуклеотидом А (в триплете ЦЦА) и аминокислотой достаточно для образования в дальнейшем пептидной связи. Т-РНК с аминокислотой поступает в *аминоацильный (аминокислотный) центр рибосомы* (рис. 116). Если антикодон т-РНК является комплементарным кодону и-РНК, то происходит временное присоединение т-РНК с аминокислотой к и-РНК. Рибосома передвигается по и-РНК на один кодон влево. Т-РНК с аминокислотой, находившаяся в аминоацильном центре, оказывается в *пептидильном центре*. В свободный аминоацильный центр поступает следующая т-РНК со своей аминокислотой и, если антикодон и кодон комплементарны, присоединяется к и-РНК. В рибосоме в каждый данный момент находятся два кодона и-РНК. Аминокислоты располагаются у активного центра большой субъединицы рибосомы, и с помощью ферментов между ними устанавливается пептидная связь. Одновременно разрушается связь между первой аминокислотой и ее т-РНК; т-РНК отсоединяется от и-РНК и уходит из рибосомы за следующей аминокислотой. Рибосома перемещается на один триплет влево, и процесс повторяется. Так постепенно наращивается молекула полипептида, в которой аминокислоты располагаются в стро-

Рис. 116. Схема биосинтеза белка:

1 – и-РНК; 2 – антикодон; 3 – т-РНК; 4 – полипептидная цепочка; 5 – т-РНК с аминокислотами; 6 – субъединицы рибосом; 7 – триплет



гом соответствии с порядком кодирующих их триплетов (матричный синтез). Конец считывания информации определяется кодонами-терминаторами. Часто на одну и-РНК нанизывается не одна рибосома, а несколько (такие структуры называются *полисомами*); при этом синтезируется несколько одинаковых белковых молекул.

После завершения синтеза белковая молекула отделяется от рибосомы и приобретает свойственную ей (вторичную, третичную или четвертичную) структуру. Биосинтез белка идет довольно быстро. За 1 с бактериальная рибосома образует полипептид из 20 аминокислот. Скорость биосинтеза зависит от активности ферментов, катализирующих процессы транскрипции и трансляции, от температуры, концентрации водородных ионов, наличия АТФ и свободных аминокислот и др.

РЕГУЛЯЦИЯ РАБОТЫ ГЕНОВ

РЕГУЛЯЦИЯ РАБОТЫ ГЕНОВ У ПРОКАРИОТ

Следует подчеркнуть, что в клетках есть специальные механизмы, регулирующие активность генов, благодаря чему в каждый данный момент синтезируются только те белки и в таких количествах, которые ей необходимы. По своим функциям все гены подразделяют на структурные и функциональные. Структурные гены да-

ют информацию о последовательности аминокислот в белках и нуклеотидов в различных видах РНК. Функционные гены регулируют работу структурных генов. К ним относятся *гены-операторы*, позволяющие или не позволяющие считывать информацию со структурных генов, и *гены-регуляторы*, дающие информацию о синтезе особого белка-репрессора, способного блокировать ген-оператор. Единица считывания информации у прокариот называется *оперон*, а у эукариот – *транскриптон*.

Схема регуляции транскрипции у прокариот была предложена французскими учеными Ф. Жакобом и Ж. Моно в 1961 г. на примере лактозного оперона кишечной палочки. Группа структурных генов, управляемая одним геном-оператором, образует *оперон*. В состав оперона входит также небольшой участок ДНК – *промотор* – место первичного прикрепления РНК-полимеразы – фермента, катализирующего реакции ДНК-зависимого синтеза и-РНК, и *инициатор* – определенная последовательность нуклеотидов, с которой начинается транскрипция. Ген-оператор включает и выключает структурные гены при считывании информации. В конце структурных генов имеется *терминатор транскрипции* (определенная последовательность нуклеотидов, отсоединяющая РНК-полимеразу от ДНК). Ген-регулятор, находящийся обычно на некотором расстоянии от оперона, постоянно активен и на основе его информации синтезируется особый белок-репрессор. Последний обладает способностью блокировать ген-оператор, вступая с ним в химическое взаимодействие, в результате чего считывания информации со структурных генов не происходит, т. е. оперон «не работает» (рис. 117).

Если в клетку поступает *индуктор* (вещество, которое расщепляется под действием ферментов, закодированных в данном опероне), то он связывает белок-репрессор, освобождая ген-оператор. РНК-полимераза разрывает связи между двумя цепочками ДНК оперона, начиная с промотора, и по принципу комплементарности информация с кодирующей цепочки структурных генов переписывается на и-РНК (считывание информации с кодирующей цепочки идет в направлении $3' \rightarrow 5'$). Затем и-РНК поступает в рибосомы, где синтезируются ферменты, разлагающие индуктор (рис. 118). Когда последние молекулы индуктора разрушены, освобождается белок-репрессор, который

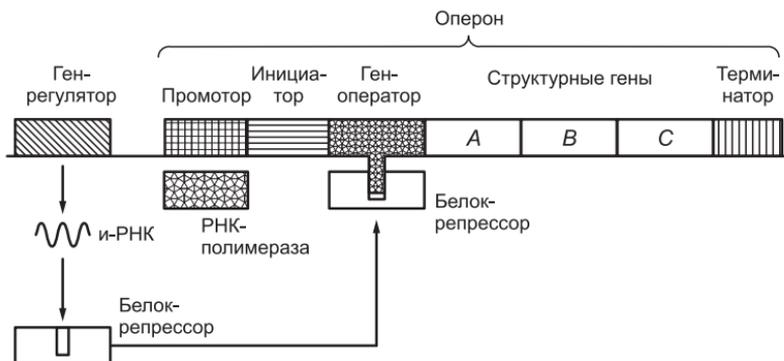


Рис. 117. Схема регуляции транскрипции у прокариот (оперон не «работает»)

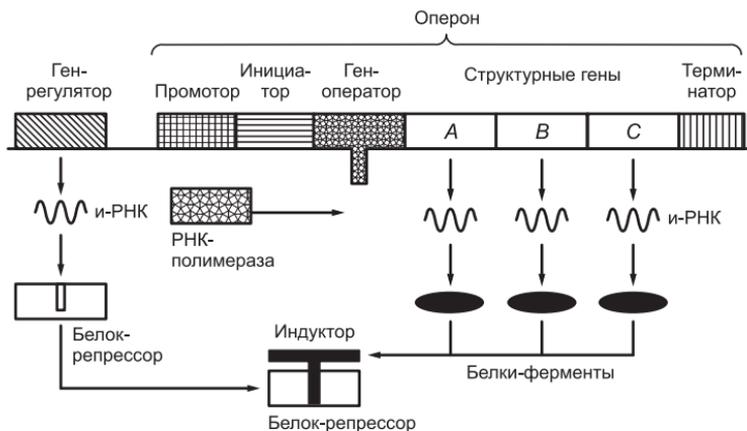


Рис. 118. Схема регуляции транскрипции у прокариот (оперон «работает»)

снова блокирует ген-оператор. Работа оперона прекращается, а при поступлении новых порций индуктора опять возобновляется.

Для каждого оперона имеется свой специфический индуктор. Например, для лактозного оперона индуктором является лактоза, для фруктозного – фруктоза и т. д.

У прокариот процессы транскрипции и трансляции могут протекать одновременно, т. е. цепь и-РНК еще продолжает синтезироваться, а к ее 5'-концу уже присоединяются рибосомы и начинается синтез полипептидов.

РЕГУЛЯЦИЯ РАБОТЫ ГЕНОВ У ЭУКАРИОТ

Схема регуляции транскрипции у эукариот разработана Г.П. Георгиевым (1972 г.). Принцип регуляции (обратная связь) сохраняется, но механизмы ее, по сравнению с прокариотами, являются более сложными. Единица транскрипции у эукариот называется *транскриптоном*. Он состоит из неинформативной и информативной зон. *Неинформативная (акцепторная) зона* начинается промотором с инициатором транскрипции. Далее следуют несколько генов-операторов, за которыми расположена *информативная зона*. *Информативная (структурная) зона* образована, как правило, *одним структурным геном*, в конце которого расположен терминатор транскрипции. Структурные гены эукариот имеют вставки из неинформативных – «молчащих» – участков ДНК – *интронов*. Информативные участки структурных генов называются *экзонами*.

Работу транскриптона регулируют несколько генов-регуляторов, дающих информацию для синтеза ряда белков-репрессоров. Индукторами в клетках эукариот являются сложные молекулы (например, гормонов). Когда индукторы освобождают гены-операторы от белков-репрессоров, РНК-полимераза разрывает водородные связи между двумя цепочками ДНК транскриптона (направление считывания информации с кодирующей цепочки $3' \rightarrow 5'$), начиная с инициатора транскрипции. Согласно правилу комплементарности, на кодирующей цепочке сначала синтезируется большая молекула *проинформационной РНК*, списывающая информацию (порядок нуклеотидов) как с информативной, так и с неинформативной зон. В дальнейшем в ядре клетки происходит *процессинг* – ферментативное разрушение неинформативной части РНК и расщепление ферментами *рестриктазами* информативной части на фрагменты, соответствующие экзонам. Молекулы и-РНК формируются посредством *сплайсинга* (сплавления) отдельных информативных фрагментов (соответствующих экзонам) ферментами *лигазами*. Процессы, происходящие в ядре с проинформационной РНК (процессинг и сплайсинг), называется *созреванием*. В начале зрелой и-РНК имеется *кодон-инициатор*, а в конце – *кодон-терминатор трансляции*. Далее зрелая и-РНК выходит из

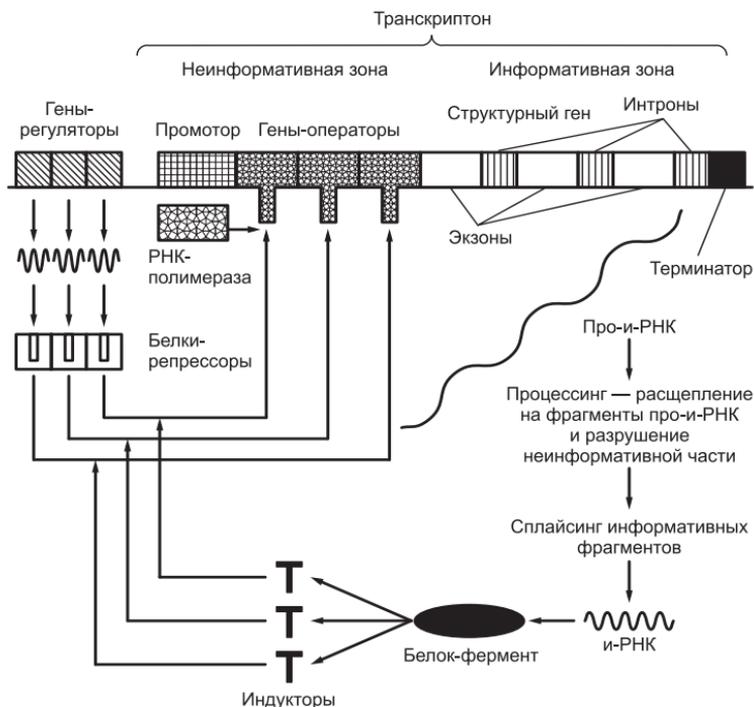


Рис. 119. Схема регуляции транскрипции у эукариот

ядра и поступает в рибосомы, где и происходит синтез соответствующих белков-ферментов, расщепляющих индуктор. Включение и выключение транскриптона происходит примерно так же, как и у оперона (рис. 119).

Следовательно, у эукариот синтез и-РНК и ее трансляция происходят независимо друг от друга в разных частях клетки в разное время – сначала транскрипция и созревание в ядре, а затем трансляция в рибосомах цитоплазмы.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН

Энергетический обмен (катаболизм) – совокупность реакций ферментативного расщепления сложных органических соединений, сопровождающихся выделением энергии.

Часть энергии рассеивается в виде тепла, а часть аккумулируется в макроэргических связях АТФ и используется затем для обеспечения всех разнообразных процессов жизнедеятельности клетки: биосинтетических реакций, поступления веществ в клетку, проведения импульсов, сокращения мышц, выделения секретов и др.

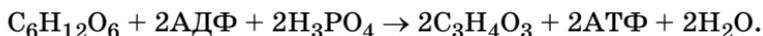
Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ, аденозинтрифосфат) является обязательным компонентом любой живой клетки. АТФ – моонуклеотид, состоящий из азотистого основания аденина, пятиуглеродного моносахарида рибозы и трех остатков фосфорной кислоты, которые соединены друг с другом *высокоэнергетическими (макроэргическими)* связями. В процессе *гидролиза* (присоединения воды) от АТФ отщепляется фосфатная группа и АТФ превращается в АДФ (*аденозиндифосфат*), а при последующем отщеплении фосфатной группы – в АМФ (*аденозинмонофосфат*). Отщепление одной молекулы фосфатной группы сопровождается выделением около 40 кДж энергии. Обратный процесс превращения АМФ в АДФ и АДФ в АТФ (*фосфорилирование*) происходит преимущественно в митохондриях путем присоединения остатка фосфорной кислоты с выделением воды и поглощением большего (более 40 кДж на каждый этап) количества энергии. Реакции присоединения к АТФ и отсоединения от АТФ фосфатной группы катализирует фермент *АТФаза*.

Выделяют три этапа энергетического обмена: подготовительный, анаэробный и аэробный.

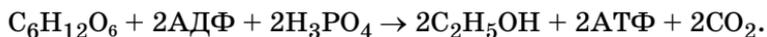
Подготовительный этап энергетического обмена протекает в пищеварительном тракте животных и человека или в цитоплазме клеток (вторичных лизосомах – *внутриклеточное переваривание*) всех живых существ. На этом этапе крупные органические молекулы под действием ферментов расщепляются на мономеры: белки до аминокислот, жиры до глицерина и жирных кислот, крахмал и гликоген до моносахаридов, нуклеиновые кислоты до нуклеотидов. Распад веществ сопровождается выделением небольшого количества энергии, рассеивающейся в виде тепла.

Анаэробный (бескислородный) этап энергетического обмена (анаэробное дыхание) протекает в цитоплазме клеток. Мономеры, образовавшиеся на первом этапе, подвергаются дальнейшему многоступенчатому расщепле-

нию без участия кислорода. Например, при гликолизе (расщеплении глюкозы, происходящем в животных клетках) одна молекула глюкозы расщепляется на две молекулы пировиноградной кислоты ($C_3H_4O_3$), которая в определенных клетках (мышечных), восстанавливается до молочной кислоты. На этом этапе моль глюкозы выделяет около 200 кДж энергии. Часть ее (около 80 кДж) идет на синтез двух молекул АТФ, а остальная (около 120 кДж) рассеивается в виде тепла. Суммарное уравнение этой реакции выглядит следующим образом:



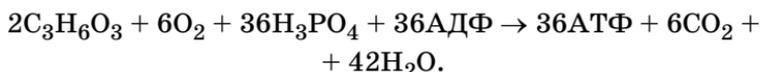
В клетках растительных организмов и некоторых дрожжевых грибов распад глюкозы идет путем спиртового брожения. При этом пировиноградная кислота, образовавшаяся в процессе гликолиза, декарбоксилируется с образованием уксусного альдегида, а затем восстанавливается до этилового спирта. Суммарное уравнение спиртового брожения выглядит следующим образом:



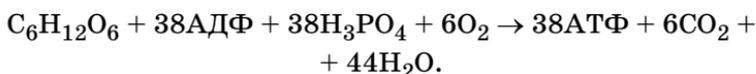
В ходе бескислородного этапа энергетического обмена распад одного моля глюкозы сопровождается синтезом двух молекул АТФ. У анаэробных организмов (некоторые бактерии, внутрикишечные паразиты) этот этап является конечным. Гликолиз протекает и в некоторых тканях многоклеточных организмов, способных функционировать в анаэробных условиях, например в поперечно-полосатых мышцах во время больших нагрузок. При этом в мышцах накапливается молочная кислота, что является одной из причин их утомления. Во время отдыха мышц она включается в следующий (кислородный) этап энергетического обмена. Реакции гликолиза относительно неэффективны, так как конечные продукты содержат еще большое количество энергии. Чаще всего для анаэробного высвобождения энергии используется глюкоза. При ее недостатке в анаэробный этап энергетического обмена могут вовлекаться аминокислоты и жирные кислоты.

Кислородный (аэробный) этап энергетического обмена (аэробное дыхание) имеет место только у аэробных организмов. Он заключается в дальнейшем окислении молочной (или пировиноградной) кислоты до конечных продук-

тов – CO_2 и H_2O . Этот процесс протекает в митохондриях с участием ферментов и кислорода. Образовавшаяся в процессе гликолиза пировиноградная кислота соединяется с коферментом А и в таком виде (*ацетил КоА*) поступает в матрикс митохондрий. Митохондрии содержат три группы ферментов: *цикла Кребса* (матрикс), *тканевого дыхания* (кристы) и *окислительного фосфорилирования* (АТФ-сомы). Пировиноградная кислота поступает в цикл Кребса, ферменты которого (*дегидрогеназы*) постепенно отщепляют от нее протоны и электроны, а углерод образует диоксид углерода. Диоксид углерода выделяется из митохондрии, а протоны и электроны поступают в систему ферментов тканевого дыхания (дыхательной цепи) и, накапливаясь по разные стороны внутренней мембраны митохондрии, создают разность потенциалов. Когда она достигает критического значения (около 200 мВ), протоны проходят через специальные ионные каналы в АТФ-сомах, содержащие ферменты окислительного фосфорилирования (АТФазы). В этот момент протоны присоединяют электроны, превращаются в водород, который соединяется с кислородом с образованием воды, а выделяющаяся при этом энергия идет на присоединение остатка фосфорной кислоты к АМФ или АДФ. Данный процесс сопровождается выделением 2600 кДж энергии (при расщеплении двух молей пировиноградной кислоты, образовавшихся при анаэробном распаде одного моля глюкозы), из которых 1440 кДж идет на синтез 36 молекул АТФ. Уравнение кислородного этапа выглядит так:



Суммарное уравнение анаэробного и аэробного этапов энергетического обмена имеет следующий вид:



Таким образом, в ходе второго и третьего этапов энергетического обмена при расщеплении одного моля глюкозы образуется 38 молекул АТФ. На это расходуется 1520 кДж ($40 \text{ кДж} \cdot 38$), а всего выделяется 2800 кДж энергии. Следовательно, 55% энергии, высвобождаемой при расщеп-

лении глюкозы, аккумулируется клеткой в молекулах АТФ, а 45% рассеивается в виде тепла. Основную роль в обеспечении клеток энергией играет кислородный этап.

Аналогичным образом в энергетический обмен могут вступать аминокислоты и жирные кислоты. При расщеплении аминокислот помимо диоксида углерода и воды образуются азотсодержащие продукты (аммиак, мочевины), выводящиеся через выделительную систему.

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ КЛЕТКИ

В многоклеточном организме клетки специализированы, т. е. они имеют определенное строение и выполняют конкретные функции. В соответствии со специализацией клетки имеют разную продолжительность жизни. Например, нервные и мышечные клетки после завершения эмбрионального развития не делятся и функционируют на протяжении всей жизни организма. Другие клетки – эпидермис кожи, эпителий тонкого кишечника, лейкоциты – в процессе функционирования быстро «изнашиваются» и заменяются новыми в результате непрерывного клеточного деления.

.....
*Совокупность процессов, протекающих в клетке от момента ее появления до гибели или деления на две дочерние, включая и само деление, называется **жизненным циклом клетки**. Совокупность процессов, протекающих в клетке от одного деления до другого, включая само деление, называется **митотическим циклом**.*
.....

Период в жизнедеятельности клетки от ее образования до начала следующего деления называется **интерфазой**. В интерфазе различают три периода: пресинтетический, синтетический и постсинтетический.

В пресинтетический, или постмитотический, период (G_1) клетка вступает сразу после деления. В этот период идут обменные процессы: синтез РНК, белков-ферментов, АТФ, накопление нуклеотидов ДНК. Клетка растет и выполняет свои обычные функции. Она содержит диплоидный набор хромосом, каждая хромосома состоит из одной хроматиды, а каждая хроматида содержит одну молекулу ДНК. Это обозначается следующим

образом: $2n1chr2c$ (c – количество молекул ДНК в одной паре гомологичных хромосом). Продолжительность данного периода – от нескольких часов до нескольких лет и даже десятилетий в зависимости от типа клетки.

В синтетический период (S) в клетке идет репликация молекул ДНК. В этот период происходит удвоение хроматид и к его окончанию содержание генетического материала в клетке становится равным $2n2chr4c$ (диплоидный набор хромосом, каждая хромосома состоит из двух хроматид, и всего в двух гомологичных хромосомах – 4 молекулы ДНК). В клетке идут обменные процессы (синтез белков, РНК), она увеличивается в размерах и продолжает выполнять свои основные функции. В этот период удваиваются центриоли. Его продолжительность – от нескольких минут до 6–12 ч.

В постсинтетический, или премитотический, период (G_2) продолжается синтез РНК и белков (преимущественно для построения микротрубочек митотического аппарата), накапливается энергия АТФ, затухают обменные процессы. Клетка постепенно прекращает выполнение своей основной функции, увеличивается вязкость цитоплазмы. Содержание генетического материала остается прежним ($2n2chr4c$). Продолжительность этого периода составляет 3–4 ч.

В интерфазу цитоплазма клетки увеличивается в размерах и нарушается ядерно-цитоплазматическое отношение (ЯЦО), что является основной причиной наступления деления клеток. Деление клеток может быть **непрямым** (митоз) и **прямым** (амитоз и прямое бинарное деление).

Митоз – сложное деление клетки, в непрерывном процессе которого различают 4 фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу. Продолжительность митоза составляет 0,5–3 ч (рис. 120).

В профазе начинает увеличиваться объем ядра, хромосомы становятся видимыми вследствие спирализации хроматина. К концу профазы заметно, что каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединенных в области центромеры. Постепенно исчезает ядрышко, растворяется ядерная оболочка, и хромосомы оказываются беспорядочно расположенными в цитоплазме клетки. Центриоли расходятся к полюсам. Начинает формироваться *ахроматиновое веретено деления*, часть нитей которого идут от

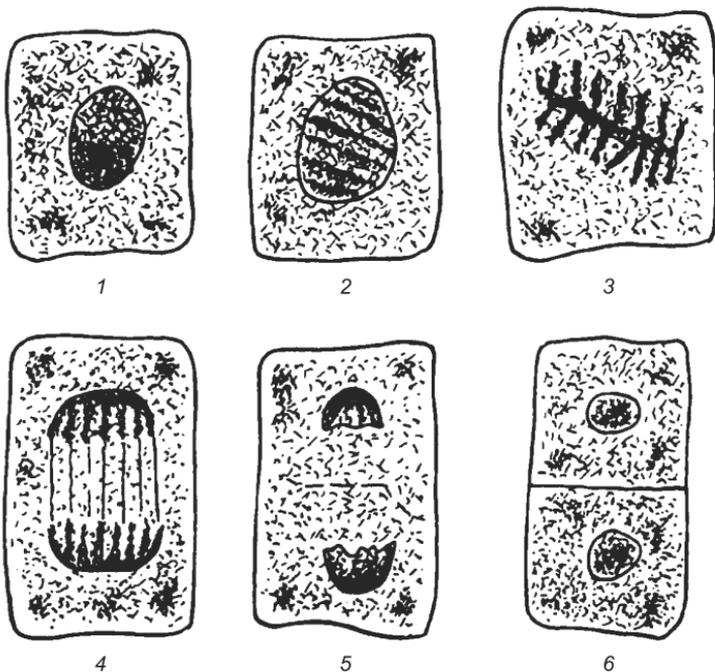


Рис. 120. Схема митоза в клетках корешка лука:
 1 – интерфаза; 2 – профаза; 3 – метафаза; 4 – анафаза; 5 – телофаза; 6 – две дочерние клетки

полюса к полюсу, а часть их к концу профазы прикрепляется к центромерам хромосом (идут от полюса к центромерам хромосом). Содержание генетического материала в клетке остается неизменным ($2n2chr4c$).

М е т а ф а з а характеризуется максимальной спирализацией хромосом. Они упорядоченно располагаются на экваторе клетки, образуя *метафазную пластинку*. В это время отчетливо видно, что каждая хромосома состоит из двух хроматид ($2n2chr4c$), поэтому подсчет и изучение хромосом проводят именно в данный период.

В а н а ф а з е каждая хромосома расщепляется в области центромеры на две хроматиды, которые с этого момента называются *дочерними хромосомами*. Нити веретена, прикрепленные к центромерам, сокращаются и тянут дочерние хромосомы к противоположным полюсам клетки. В этот период содержание генетического материала в

клетке у каждого полюса составляет диплоидный набор хромосом, но каждая хромосома содержит одну хроматиду ($2n1chr2c$ у каждого полюса).

В т е л о ф а з у собравшиеся у полюсов хромосомы деспирализуются и становятся плохо видимыми. Вокруг них из мембранных структур цитоплазмы образуется ядерная оболочка. Восстанавливаются ядрышки. Одновременно идет деление цитоплазмы (цитокинез): в животных клетках путем перетяжки, а в растительных – путем построения мембраны, начиная с середины клетки преимущественно из пузырьков комплекса Гольджи. Образовавшиеся дочерние клетки имеют диплоидный набор хромосом, каждая из которых состоит из одной хроматиды ($2n1chr2c$).

Биологическое значение митоза заключается в точном распределении хромосом и содержащейся в них генетической информации между дочерними клетками, что обеспечивает постоянство кариотипа и генетическую преемственность в многочисленных клеточных поколениях. Митоз обуславливает важнейшие явления жизнедеятельности: рост, развитие и восстановление тканей и органов организма.

При прямом делении клеток – **амитозе** вначале происходит разделение ядрышка, а затем ядра на две или несколько частей путем перетяжек; далее цитоплазма перешнуровывается и образуются две или несколько дочерних клеток. В ряде случаев разделение цитоплазмы не происходит, вследствие чего образуются многоядерные клетки. Амитозом делятся некоторые эукариотические клетки растений (растущего клубня картофеля, эндосперма семян) и животных, находящиеся в неблагоприятных условиях, например клетки поврежденных тканей, печени, эпителия мочевого пузыря, роговицы глаза и др.

Прямое бинарное деление характерно для прокариотических клеток. У бактерий содержится одна кольцевая молекула ДНК, прикрепленная к мембране клетки, которая перед делением удваивается (реплицируется). Между этими двумя молекулами ДНК вырастает мембрана и разделяет их и цитоплазму на две дочерние клетки, в каждой из которых содержится одна молекула ДНК.

Мейоз – разновидность митоза, в результате которого из особых соматических клеток половых желез, имеющих диплоидный набор хромосом ($2n$), образуются половые

клетки (у животных и семенных растений) или споры (у споровых растений) с гаплоидным ($1n$) набором хромосом (рис. 121). При оплодотворении ядра половых клеток сливаются и восстанавливается диплоидный набор хромосом. Таким образом, мейоз обеспечивает сохранение постоянно для каждого вида набора хромосом и количества ДНК.

Мейоз представляет собой непрерывный процесс, состоящий из двух последовательных делений, называемых мейозом I и мейозом II. В каждом делении различают те же фазы, что и при митозе, однако их продолжительность и преобразования генетического материала имеют отличия. В результате мейоза I число хромосом уменьшается вдвое (*редукционное деление*); при мейозе II гаплоидность клеток сохраняется (*эквационное деление*).

В профазе мейоза I происходит постепенная спирализация хроматина, образуются видимые хромосомы. Гомологичные хромосомы попарно сближаются сначала в области центромер, а затем по всей длине, образуя одну общую структуру, состоящую из двух хромосом и четырех хроматид. Их называют *бивалентами* или *тетрадами* (bi – два, tetra – четыре). Число бивалентов соответ-

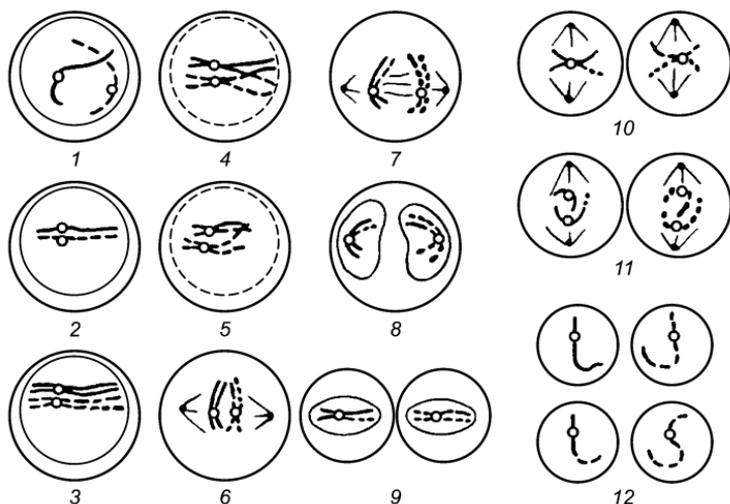


Рис. 121. Схема мейоза (показана одна пара гомологичных хромосом):

мейоз I: 1–5 – профазы; 6 – метафаза; 7 – анафаза; 8 – телофаза; 9 – интеркинез; мейоз II: 10 – метафаза; 11 – анафаза; 12 – дочерние клетки

ствуется гаплоидному набору хромосом ($1n$). Тесное соприкосновение двух гомологичных хромосом по всей длине называется *к о н ъ ю г а ц и е й*. Затем появляются силы отталкивания сначала в области центромер, и становится заметным, что каждая хромосома состоит из двух хроматид. В процессе конъюгации между некоторыми хроматидами гомологичных хромосом может происходить обмен участками – *к р о с с и н г о в е р*, приводящий к рекомбинации генетического материала. В процессе постепенного расхождения хроматид образуются их перекресты (*хиазмы*), которые смещаются к концам хроматид. К концу профазы биваленты остаются соединенными только своими концами, растворяются ядерная оболочка и ядрышки, формируется ахроматиновое веретено деления. Содержание генетического материала в этот период – $2n2chr4c$.

В *м е т а ф а з е м е й о з а I* гомологичные хромосомы (биваленты) располагаются попарно в экваториальной плоскости клетки. В этот момент спирализация их достигает максимума. Содержание генетического материала не изменяется ($2n2chr4c$).

В *а н а ф а з е м е й о з а I* гомологичные хромосомы, состоящие из двух хроматид, расходятся к противоположным полюсам клетки. Следовательно, из каждой пары гомологичных хромосом в дочернюю клетку попадет только одна – число хромосом уменьшается вдвое (происходит редукция). Содержание генетического материала становится $1n2chr2c$ у каждого полюса.

В *т е л о ф а з е м е й о з а I* происходит формирование ядер и разделение цитоплазмы – образуются две дочерние клетки. Каждая клетка содержит гаплоидный набор хромосом, состоящих из двух хроматид и двух молекул ДНК ($1n2chr2c$).

И н т е р к и н е з между первым и вторым мейотическими делениями очень короткий: в нем не происходит репликации ДНК, хромосомы не успевают полностью деспирализоваться и клетка быстро вступает в мейоз II, протекающий по типу митоза. Процессы, происходящие в *п р о ф а з е м е й о з а II*, аналогичны процессам профазы митоза. В *м е т а ф а з е м е й о з а II*, хромосомы располагаются в экваториальной плоскости клетки. Изменений генетического материала не происходит ($1n2chr2c$). В *а н а ф а з е м е й о з а II* хроматиды каждой хромосо-

мы отходят к противоположным полюсам клетки и содержание генетического материала у каждого полюса становится равным $1n1chr1c$. В телофазе мейоза II образуются 4 гаплоидные клетки ($1n1chr1c$).

Поскольку мейоз является разновидностью митоза, эти два процесса имеют много общего. В митоз и мейоз вступают соматические клетки, содержащие диплоидный набор хромосом и каждая хромосома состоит из двух хроматид и 4 молекул ДНК ($2n2chr4c$). В митозе и мейозе выделяют одинаковые фазы, в которых происходят сходные биологические процессы (спирализация и деспирализация хромосом, растворение ядрышек и кариолеммы, образование ахроматинового веретена деления и др.).

Между митозом и мейозом имеются и существенные различия. Митоз – это одно деление клетки, а мейоз – два следующих друг за другом деления. В результате митоза из одной соматической клетки с диплоидным набором хромосом образуются две дочерние клетки с диплоидным набором хромосом, а при мейозе из одной диплоидной материнской клетки образуются 4 клетки с гаплоидным набором хромосом. Кроме того, в профазе мейоза I происходит рекомбинация генетического материала (кроссинговер), а в анафазах – случайное отхождение гомологичных хромосом и хроматид к одному или другому полюсу. Все это является причиной **комбинативной изменчивости**, которая обеспечивает приспособляемость организмов к выживанию в разнообразных условиях существования и широко используется человеком в селекции.

Процесс образования половых клеток называется гаметогенезом (рис. 122). Формирование сперматозоидов – сперматогенез – происходит в мужских половых железах (семенниках), а яйцеклеток – овогенез – в женских половых железах (яичниках). Семенники высших животных и человека образованы семенными канальцами, в которых от стенки к центру располагаются клетки на разных стадиях развития. Образование сперматозоидов начинается в период полового созревания организма с интенсивного митотического деления первичных половых клеток – *сперматогоний*, содержащих диплоидный набор хромосом. Далее сперматогонии вступают в период роста (увеличиваются их размеры) и они превращаются в *сперматоциты I порядка*. Затем наступает период

Содержание
генетической
информации

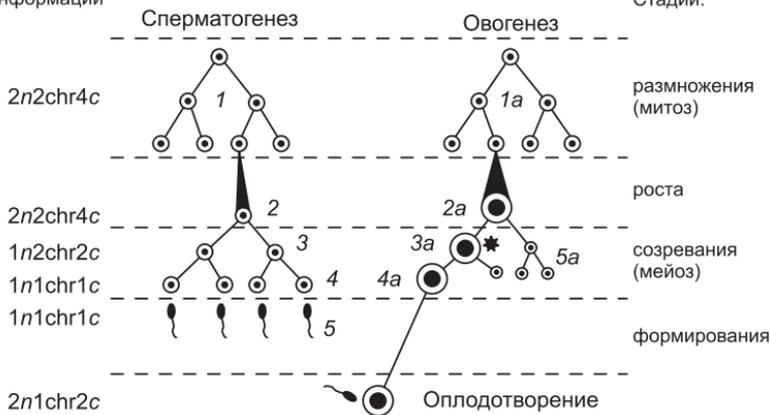


Рис. 122. Схема гаметогенеза:

1 – сперматогонии; 2 – сперматоцит I порядка; 3 – сперматоцит II порядка; 4 – сперматίδα; 5 – сперматозоид; 1a – овогонии; 2a – овоцит I порядка; 3a – овоцит II порядка; 4a – яйцеклетка; 5a – редуционные тельца; * – оплодотворение, как правило, происходит после первого деления мейоза

созревания – мейотическое деление. В результате его первого деления образуются два *сперматоцита II порядка*, а в результате второго – 4 сперматиды – овальные гаплоидные клетки, каждая хромосома которых состоит из одной хроматиды ($1n1chr1c$). Сперматиды в стадии формирования преобразуются в зрелые половые клетки – сперматозоиды.

Сперматогенез и овогенез протекают сходно, однако каждый из них имеет и определенные особенности. При сперматогенезе более интенсивно и более продолжительно идет размножение первичных половых клеток, так как сперматозоидов всегда образуется намного больше, чем яйцеклеток. Стадия роста лучше выражена при овогенезе, в связи с тем что размеры яйцеклеток значительно превышают размеры сперматозоидов. В стадии созревания (мейоз) при сперматогенезе из одной исходной клетки (сперматогонии) образуются 4 сперматиды, которые в стадии формирования превращаются в 4 сперматозоида. При овогенезе из одной исходной клетки (*овогонии*) образуется 1 яйцеклетка и 3 направительных (*редуционных*) тельца.

Последние содержат ядро и небольшое количество цитоплазмы. Они «забирают» на себя излишки генетической информации и в дальнейшем погибают. Стадия формирования выражена только при сперматогенезе: незрелые половые клетки (сперматиды) приобретают форму, характерную для сперматозоидов данного вида.

Сперматозоиды всегда меньше яйцеклеток и подвижны. Как правило, они состоят из *головки*, *шейки* и *хвоста*. В головке находится ядро с гаплоидным набором хромосом ($1n1chr1c$) и небольшое количество цитоплазмы с измененным комплексом Гольджи (*акросома*), обеспечивающим проникновение сперматозоида в яйцеклетку. В цитоплазме шейки сосредоточены центросома и митохондрии, вырабатывающие энергию для движения хвоста.

Яйцеклетка обычно крупная, шарообразная и неподвижная, имеет *оболочку*, большое количество *цитоплазмы* и *ядро*. В цитоплазме содержится определенное количество питательных веществ в виде желтка, необходимого для развития зародыша, и основные органоиды. У млекопитающих и человека яйцеклетки содержат мало желтка (их называют *изолецитальными*), так как развитие зародыша идет в матке за счет питательных веществ материнского организма. У рыб, пресмыкающихся и птиц развитие зародыша происходит во внешней среде, и их яйцеклетки содержат большое количество желтка. Если яйцеклетки содержат большое количество желтка и он размещен преимущественно на одном полюсе яйца (он называется *вегетативным*, а противоположный – без желтка – *анимальным*), то такой тип яиц называется *телолецитальным* (яйцеклетки лягушки). Если желток занимает центральное положение – такой тип яйцеклеток называется *центролецитальным* (яйцеклетки насекомых).

Половые клетки неравноценны с точки зрения «вклада» в обеспечение развития будущего организма. Сперматозоид вносит в яйцеклетку генетическую информацию, центросому и активизирует ее развитие. Яйцеклетка помимо генетической информации содержит все основные факторы, позволяющие организму развиваться, в том числе все органоиды (кроме центросомы) и запас питательных веществ.

РАЗМНОЖЕНИЕ И ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

.....
Размножение – одно из основных свойств живого, под которым понимают способность живых организмов воспроизводить себе подобных, обеспечивая непрерывность и преемственность жизни в ряду поколений.
.....

Существование целостного организма поддерживается делением составляющих его дискретных единиц – клеток, так как продолжительность жизни большинства клеток короче жизни особи. В свою очередь, существование вида поддерживается размножением составляющих его особей, продолжительность жизни которых ограничена. Размножение обеспечивает длительное сохранение видов и непрерывность самой жизни.

Различают два основных вида размножения: бесполое и половое. При **бесполом размножении** в воспроизведении себе подобного участвует только одна родительская особь, из части тела которой развиваются дочерние организмы. Их генотипы идентичны родительскому. При бесполом размножении нет необходимости искать полового партнера, оно позволяет быстро увеличивать число особей. Различают два вида бесполого размножения: вегетативное и спорообразование.

Вегетативное размножение осуществляется вегетативными частями тела организмов. Протисты размножаются путем деления клеток на две (митотическое деление) или множество (шизогония, малярийный плазмодий) частей. У многоклеточных растений возможно развитие нового организма из фрагментов нити (водоросли), кусочков слоевища (лишайники). Одним из способов вегетативного размножения является *почкование*: на материнском организме первоначально появляется небольшой бугорок, который, постепенно увеличиваясь, достигает размеров материнского организма и отделяется от него (дрожжи, гидра).

У цветковых растений новые особи могут образовываться из вегетативных органов: стебля (ива, смородина), листьев (фиалка, бегония), корней (вишня, осот), клубней

(картофель), луковиц (лук, тюльпан), корневищ (пырей, ландыш), усов (земляника) и др.

Вегетативное размножение у животных вследствие высокой специализации клеток наблюдается реже и происходит путем почкования (описано выше) и фрагментации. При *фрагментации* исходная особь делится на несколько частей и каждая из них постепенно развивается в самостоятельный организм. Этот способ размножения наблюдается у молочной планарии и кольчатых червей.

Спорообразование – вид бесполого размножения, при котором на материнском организме образуются специализированные клетки – *споры*, прорастающие в новые особи. При этом обеспечивается быстрое увеличение численности организмов. У водорослей и грибов споры могут образовываться из любой клетки организма путем митоза, а у высших споровых – из диплоидных клеток в специализированных органах (*спорангиях*) путем мейоза. У протистов спорогония с образованием спорозоитов происходит у представителей класса споровиков (малярийный плазмодий).

В результате **полового размножения** происходит объединение генетической информации двух родительских организмов в одной особи, что обуславливает значительную комбинативную изменчивость, позволяющую новым организмам быстрее и лучше приспосабливаться к изменяющимся условиям среды. Половое размножение предполагает поиск полового партнера; при этом потомков образуется, как правило, меньше, чем при бесполом размножении. В основе полового размножения лежит **п о л о в о й п р о ц е с с**, т.е. обмен генетическим материалом между особями одного вида (*конъюгация*) или объединение его (*копуляция*). Исторически сначала появился половой процесс, который позже (у многоклеточных) объединился с половым размножением.

Типичный половой процесс (*конъюгация*) протекает у инфузорий, бактерий и некоторых других организмов. Суть процесса конъюгации у инфузорий туфельек заключается в следующем. Две особи сближаются, между ними возникает *цитоплазматический мостик*, и после сложного преобразования микронуклеусов происходит *обмен блуждающими (мужскими) ядрами*, содержащими генетическую информацию. После конъюгации туфельки рас-

ходятся и начинают размножаться бесполом путем (поперечным делением). Таким образом, при конъюгации две особи обмениваются генетическим материалом, но увеличения их числа не происходит.

У некоторых протистов половой процесс представлен *копуляцией*. На определенном этапе жизни вся клетка одноклеточного превращается в гамету. Две гаметы сливаются с образованием зиготы (объединяется генетический материал). В дальнейшем происходит бесполое размножение.

При половом размножении у многоклеточных также происходит образование специализированных половых клеток (гамет) и последующее их слияние, но оно приводит к увеличению количества особей. Таким образом, половой процесс и половое размножение совмещаются. При слиянии зрелых половых клеток образуется зигота, из которой развивается новый дочерний организм. По достижении половой зрелости новый организм в свою очередь продуцирует гаметы, которые дают начало следующим потомкам. Так осуществляется преемственность поколений.

Процесс, обеспечивающий встречу сперматозоидов и яйцеклеток, называется *осеменением*. У большинства первично водных животных (рыб и земноводных) сперматозоиды и яйцеклетки выделяются в воду, где и происходит их встреча. Такое осеменение называется *наружным*. Для наземных животных (членистоногие, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие) характерно *внутреннее осеменение*, при котором самцы с помощью копулятивных органов вводят сперматозоиды в половые пути самки.

После осеменения происходит *оплодотворение*, т. е. слияние мужской и женской гамет с образованием диплоидной *зиготы* ($1n1chr1c + 1n1chr1c \rightarrow 2n1chr2c$), в которой каждая пара гомологичных хромосом представлена одной материнской и одной отцовской, состоящими из одной хроматиды.

Оплодотворению у цветковых растений предшествует формирование мужского и женского гаметофитов. Образование *мужского гаметофита* происходит в пыльцевых мешках (*спорангиях*) пыльников тычинок, содержащих диплоидные *материнские клетки микроспор*. Каждая из них в результате мейоза образует 4 *микроспоры*. Микроспоры превращаются в *пыльцевые зерна* (пыль-

цу) – мужской гаметофит, состоящий из двух клеток: *вегетативной* и *генеративной*, покрытых двойной оболочкой. Затем из генеративной клетки митозом образуются 2 спермия – мужские половые клетки без жгутиков.

Образование *женского гаметофита* происходит в *семязачатке*, который находится в завязи пестика. Семязачаток (семяпочка) представляет собой *мегаспорангий*, окруженный покровами. На верхушке семязачатка покровы образуют канал – *пыльцевход*. В семязачатке вблизи пыльцевхода развивается диплоидная *материнская клетка мегаспоры*, которая делится мейотически с образованием 4 гаплоидных *мегаспор*. Три из них погибают, а ядро четвертой последовательно трижды делится митозом. После первого деления два ядра перемещаются к полюсам клетки, где и происходит два последующих деления. Таким образом, на каждом из полюсов образуется по 4 ядра. Три ядра у каждого полюса превращаются в клетки. На полюсе, расположенном ближе к пыльцевходу, одна из клеток становится *яйцеклеткой*, две другие называются *синергидами* (вспомогательными клетками). На противоположном полюсе находятся три клетки, называемые *антиподами*. По одному ядру от каждого полюса мигрируют к центру клетки, сливаются и образуют диплоидное вторичное ядро центральной клетки. Так формируется *зародышевый мешок* – женский гаметофит с яйцеклеткой.

Перенос пыльцы с пыльников цветка на рыльце пестика называется *опылением*. После попадания на рыльце пестика пыльцевое зерно прорастает. Из его вегетативной клетки образуется пыльцевая трубка, которая проходит через столбик пестика и входит в семязачаток через пыльцевход. К этому времени из генеративной клетки образуются 2 спермия, которые по пыльцевой трубке проникают в зародышевый мешок. Один из спермиев сливается с яйцеклеткой. Из образовавшейся диплоидной зиготы развивается зародыш. Второй спермий сливается с центральной клеткой, образуется триплоидная клетка, из которой затем развивается *эндосперм* (запас питательных веществ). Оплодотворение одним спермием яйцеклетки, а вторым – центральной клетки, происходящее только у цветковых растений, называется *двойным оплодотворением*.

У некоторых организмов (черви, низшие ракообразные, насекомые, растения) яйцеклетки могут развиваться без оплодотворения. Такое развитие называется *партеногенезом*. При партеногенезе чаще развиваются особи одного пола (у пчел из неоплодотворенных яиц развиваются трутни), причем их соматические клетки могут быть как гаплоидными (осы, пчелы), так и диплоидными (тли, ракообразные). Восстановление диплоидности может происходить за счет редукционных телец.

ОНТОГЕНЕЗ

.....
Индивидуальное развитие (онтогенез) – совокупность процессов развития организма с момента образования зиготы и до смерти.
.....

Онтогенез подразделяют на периоды: **эмбриональный** – с момента оплодотворения яйцеклетки и до рождения или выхода из яйцевых оболочек и **постэмбриональный** – от рождения или выхода из яйцевых оболочек и до смерти. В первом периоде у животных формируется эмбрион, у которого закладываются основные системы органов, во втором – завершаются формообразовательные процессы, происходит половое созревание, размножение, старение и смерть организма.

Эмбриональное развитие начинается с **дробления зиготы**, которое происходит путем митоза. Дроблением этот процесс называется потому, что с каждым делением растет число клеток зародыша, но размеры его не увеличиваются.

Яйцеклетки у всех животных в большей или меньшей степени обладают полярностью. Тип дробления яйца зависит от количества желтка и характера его распределения. Различают *полное дробление*, когда дробится вся яйцеклетка, и *неполное*, когда дробится только ее часть. *Полному равномерному дроблению* подвергаются зиготы ланцетника и млекопитающих (изолецитальные яйца), так как они содержат мало желтка и он распределен относительно равномерно. *Полное неравномерное дробление* идет у яиц с умеренным содержанием желтка (телолецитальные яйца); при этом бластомеры, образующиеся на вегета-

тивном полюсе, крупнее бластомеров, образующихся на анимальном полюсе. В яйцах пресмыкающихся и птиц на вегетативном полюсе содержится очень много желтка, который препятствует дроблению, поэтому идет *неполное дробление* – дробится только диск цитоплазмы с ядром. Для центролецитальных яиц (насекомые) характерно *поверхностное дробление*. Сначала происходит многократное дробление ядра, затем ядра перемещаются к периферии и цитоплазма распадается на бластомеры, т.е. происходит дробление только периферической части цитоплазмы яйца.

Образующиеся в результате дробления клетки называются *бластомерами*. При полном дроблении (у ланцетника) на стадии 32 бластомеров зародыш имеет вид ягоды малины и называется *морулой*. Примерно на стадии 64 бластомеров в нем образуется полость, а бластомеры располагаются вокруг нее в один слой. Эта стадия называется *бластулой* (однослойный зародыш), стенка ее – *бластодермой*, а находящаяся внутри полость – *бластоцелем* (первичная полость тела).

Следующий этап эмбрионального развития – образование двухслойного зародыша – *гаструляция* (рис. 123). Она может осуществляться несколькими способами в зависимости от строения бластулы. У ланцетника двухслойный зародыш образуется путем впячивания бластодермы в полость бластоцеля. *Гастроула* имеет два слоя клеток: наружный – *эктодерму* и внутренний – *энтодерму*. Их называют *первым* и *вторым зародышевыми листками*. Полость называется *гастроцелем* (*первичная кишка*), а вход в кишку получил название *бластопора*, или *первичного рта*. У взрослых червей, моллюсков и членистоногих бластопор выполняет функции рта. Их называют *первичноротыми*. В процессе развития иглокожих и хордовых бластопор превращается в анальное отверстие, а рот развивается на противоположном конце тела. Их называют *вторичноротыми*.

На стадии двух зародышевых листков заканчивается развитие кишечнополостных. У всех остальных типов животных между экто- и энтодермой образуется *третий зародышевый листок* – *мезодерма*. *Зародышевые листки* – это отдельные пласты клеток, занимающие определенное положение в зародыше, из которых в дальнейшем развиваются все системы органов.

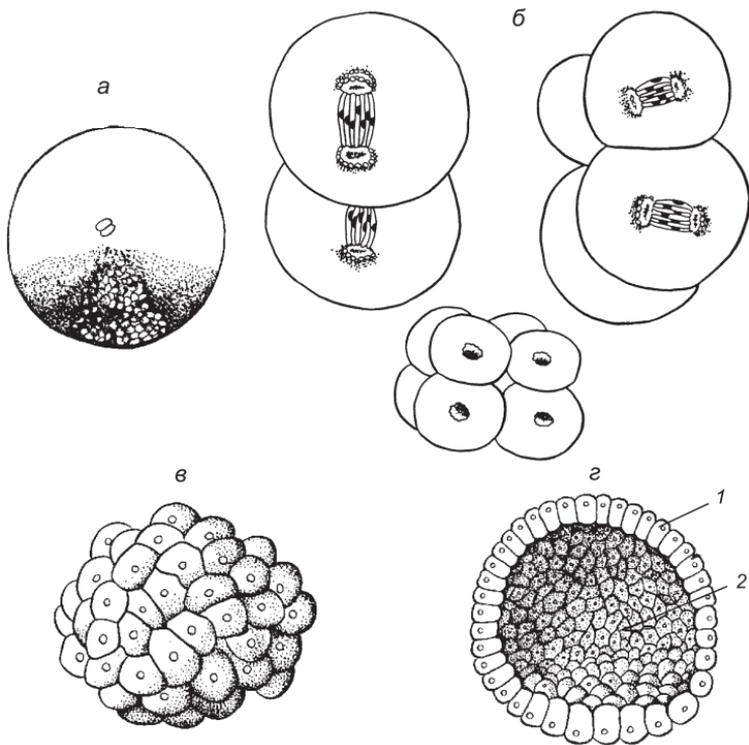


Рис. 123. Схема дробления зиготы и образования бластулы у ланцетника:
а – зигота; *б* – дробление зиготы; *в* – бластула; *г* – разрез бластулы (1 – бластодерма; 2 – бластоцель)

После завершения гастрюляции у зародышей хордовых происходит образование комплекса осевых органов: нервной трубки, хорды и кишечной трубки. Эктодерма на спинной стороне зародыша прогибается, образуя продольный желобок, края которого смыкаются (процесс называется *нейруляцией*, а стадия – *нейрулой*). Образовавшаяся нервная трубка погружается под эктодерму. Остальные клетки эктодермы образуют кожный эпителий и органы чувств. Спинная часть энтодермы, расположенная под нервным зачатком, постепенно обособляется и образует эластичный тяж – хорду. Из остальной (вентральной) части энтодермы образуются эпителий кишечной трубки, пищеварительные железы, органы дыхания. Из

мезодермы развиваются все виды соединительной ткани (кости, хрящи, сухожилия, подкожная клетчатка и др.), мышцы, кровеносная, выделительная и половая системы (рис. 124).

Связь развивающегося организма с окружающей средой обеспечивают провизорные органы. Они функционируют временно только в период эмбрионального развития. У большинства животных развивается *желточный мешок*, который покрывает желток, пронизан сетью кровеносных капилляров и непосредственно связан с кишечной трубкой зародыша. Клетки стенки желточного мешка выделяют ферменты, расщепляющие питательные вещества, которые поступают в организм зародыша. Он хорошо развит у животных, яйца которых содержат большое количество желтка (рептилии, птицы). Желточный мешок – это первый кроветворный орган зародыша. У млекопитающих и человека желточный мешок быстро редуцируется и входит в состав плаценты.

У истинно наземных хордовых животных зародыш имеет специальную водную оболочку – *амнион*. Амниотическая полость заполнена жидкостью, содержащей белки, сахара, минеральные соли, некоторые гормоны и мочевины. Она выполняет роль защиты от высыхания и механических воздействий и обеспечивает эмбриону некоторую подвижность. Позвоночные, у которых в процессе эмбрио-

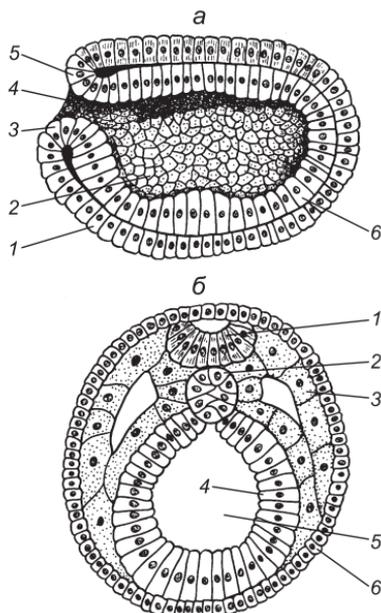


Рис. 124. Схема гастролы и образования осевых органов у ланцетника:

a – продольный разрез гастролы (1 – эктодерма; 2 – гастрощель; 3 – нижняя губа blastопора; 4 – blastопор; 5 – верхняя губа blastопора; 6 – эктодерма); *b* – поперечный разрез зародыша (1 – зачаток нервной трубки; 2 – хорда; 3 – мезодерма; 4 – эктодерма кишечника; 5 – просвет кишечной трубки, 6 – эктодерма)

генеза развивается амнион (пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие), называются *амниотами*. Низшие позвоночные, развитие которых происходит в воде, не имеют амниона (рыбы и амфибии); их называют *анамниями*.

Поверх амниона у млекопитающих и человека развивается зародышевая оболочка – *хорион (ворсинчатая оболочка)*. Наружная ее поверхность покрыта ворсинками, способными внедряться в слизистую оболочку матки. Ворсинки хориона и слизистая оболочка матки образуют специальный орган – *плаценту (детское место)*, соединенную с организмом зародыша *пупочным канатиком (пуповиной)*. Через плаценту (по сосудам пуповины) плод снабжается питательными веществами и кислородом и освобождается от продуктов жизнедеятельности. Плацента выполняет и защитную функцию, она является своеобразным клеточным барьером, препятствующим поступлению в кровь плода микроорганизмов и некоторых токсических веществ.

В эмбриогенезе развивается еще один провизорный орган – *аллантоис*, представляющий собой вырост пищеварительного тракта. У рептилий и птиц он служит местом накопления продуктов обмена. У млекопитающих и человека аллантоис развит слабо и входит в состав пупочного канатика.

Постэмбриональное развитие может быть прямым и непрямым (с метаморфозом).

При прямом развитии появившийся на свет организм похож на взрослую особь, но отличается от нее малыми размерами и недоразвитием некоторых систем органов (например, половой). Постэмбриональное развитие в этом случае сводится в основном к росту и половому созреванию. Такой тип развития наблюдается у животных, яйцеклетки которых содержат большое количество желтка (рыбы, пресмыкающиеся, птицы), или при внутриутробном развитии (млекопитающие).

При непрямом развитии из яйцевых оболочек выходит *личинка*, морфологически и физиологически отличающаяся от взрослого организма. У нее имеются специализированные личиночные органы и отсутствуют некоторые органы взрослой особи. Личинка питается, растет, личиночные органы разрушаются и формируются органы взрослого животного. Биологическое значе-

ние непрямого развития заключается в том, что организм на стадии личинки растет и развивается не за счет запасных питательных веществ яйцеклетки, а благодаря самостоятельному питанию. Следовательно, данный тип развития характерен для организмов, яйцеклетки которых содержат малое количество желтка (многие членистоногие, земноводные и др.).

Часто личинки и взрослые особи приспособлены к жизни в разных условиях среды, например личинки комаров и стрекоз – в воде, а взрослые – на суше. В одних случаях при непрямом развитии из яйца выходит личинка, которая после соответствующих преобразований превращается во взрослую особь. Этот тип развития называется *развитием с неполным превращением* (метаморфозом) и характерен, например, для лягушек. В других случаях в процессе развития из яйца выходит личинка, которая превращается в куколку. *Куколка* неподвижна, самостоятельно не питается, а под ее покровом происходит перестройка всех органов и тканей, заканчивающаяся выходом взрослой особи. Этот тип развития называется *развитием с полным превращением* (метаморфозом) и наблюдается, например, у мух, пчел, бабочек.

В процессе постэмбрионального развития постепенно наступают половое созревание и размножение особей, а затем старение и смерть.

.....
Старение – общебиологическая закономерность увядания организма, свойственная всем живым существам.
Старость – заключительный естественный этап онтогенеза, заканчивающийся смертью.
.....

Старение характеризуется многими морфологическими и физиологическими изменениями, приводящими к снижению обменных процессов и устойчивости организма к воздействиям внешней среды. *Геронтология* – наука о старости. Она изучает основные закономерности старения, проявляющиеся на всех уровнях организации, от молекулярного до организменного.

Старческие изменения проявляются прежде всего во внешних признаках: изменяется осанка и форма тела, появляется седина, морщины, ухудшается память, снижается зрение и слух, повышается артериальное давление и т. п. В клетках уменьшается содержание воды, снижается

активность транспорта ионов, что сказывается на важнейших физиологических свойствах клеток. Наблюдается дегенерация и гибель части клеток, снижается их митотическая активность, уменьшается количество митохондрий, разрушаются лизосомы и др. На молекулярно-генетическом уровне снижается активность ферментных систем окислительного фосфорилирования, репликации ДНК, синтеза и-РНК, репарации ДНК, вследствие чего накапливаются мутации.

Для продления активной жизни человеку необходимо вести здоровый образ жизни – трудиться, заниматься физической культурой, рационально питаться. Наука, изучающая здоровый образ жизни, называется *валеологией*.

С м е р т ь завершает индивидуальное развитие. Смерть у высших организмов – событие не одномоментное. В этом процессе различают два этапа – клиническую и биологическую смерть. *Клиническая смерть* характеризуется потерей сознания, прекращением дыхания и сердцебиения. Некоторое время после наступления клинической смерти (5–6 мин) еще сохраняется упорядоченный метаболизм клеток, т. е. ткани еще живы. В этот короткий период возможно возвращение организма к жизни – *реанимация*. *Биологическая смерть* связана с нарушением упорядоченности химических реакций, что приводит к необратимым процессам разложения в организме.

Значительное воздействие на здоровье и индивидуальное развитие оказывают **факторы внешней среды**, которые можно подразделить на необходимые для нормального развития и вредные.

К необходимым для нормального развития факторам относится прежде всего полноценная пища, содержащая нужные для жизни белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные соли, воду. Отсутствие или недостаток этих веществ в продуктах питания может приводить к нарушениям роста и развития. Важно также, чтобы организм развивался при оптимальной температуре и влажности, в незагрязненной радиоактивными веществами и вредными отходами производства среде.

Вредное воздействие на развитие организма человека оказывают алкоголь и никотин, особенно в период эмбрионального развития, детства и юношества. *Алкоголь* способствует дегидратации клеток и

общему обезвоживанию организма, а в высоких концентрациях вызывает денатурацию белковых молекул. Он поражает клетки печени, вызывая их жировое перерождение, оказывает токсическое воздействие на нервные клетки, нарушает секреторную и моторную функции желудка и кишечника, вызывает воспалительные процессы в поджелудочной железе и почках, способствует поражению кровеносных сосудов сердца и мозга, что приводит к нарушению нормальной их работы. Длительное поступление в организм *никотина* вызывает поражение в первую очередь легких и дыхательных путей, в которых развиваются хронические воспалительные процессы, например бронхов, которые воспаляются и спазмируются, затрудняя дыхание и газообмен. Никотин способствует поражению многих сосудов, в том числе и сердца. При длительном курении часто развиваются злокачественные опухоли воздухоносных путей и легких, так как дым сигарет содержит канцерогены, вызывающие перерождение клеток. Потребление алкоголя и курение должно быть абсолютно исключено в детском и юношеском возрасте, а также во время беременности.

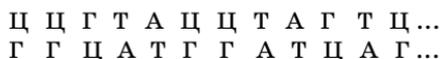
ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Задача 1. Одна из цепочек молекулы ДНК имеет следующий порядок нуклеотидов: ЦЦГТАЦЦТАГТЦ

1. Определите последовательность аминокислот в соответствующем полипептиде, если известно, что и-РНК синтезируется на комплементарной цепи ДНК.

2. Как изменится первичная структура полипептида, если выпадет четвертый нуклеотид?

Решение 1. Известно, что молекула и-РНК синтезируется по принципу комплементарности на одной из цепей молекулы ДНК. Нам известен порядок нуклеотидов в одной цепи ДНК и сказано, что и-РНК синтезируется на комплементарной цепи. Следовательно, надо построить комплементарную цепь ДНК, помня при этом, что аденин соответствует тимину, а гуанин – цитозину. Двойная цепочка ДНК будет выглядеть следующим образом:



Теперь можно построить молекулу и-РНК. Следует помнить о том, что вместо тимина в молекулу РНК входит урацил. Следовательно,



Соответствие кодонов и-РНК аминокислотам

| Основания кодонов | | | | | |
|-------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| первое | второе | третье | | | |
| | | У | Ц | А | Г |
| У | У Ц А Г | Фен Сер Тир Цис | Фен Сер Тир Цис | Лей Сер – – | Лей Сер – Три |
| Ц | У Ц А Г | Лей Про Гис Арг | Лей Про Гис Арг | Лей Про Глн Арг | Лей Про Глн Арг |
| А | У Ц А Г | Иле Тре Асн Сер | Иле Тре Асн Сер | Иле Тре Лиз Арг | Мет Тре Лиз Арг |
| Г | У Ц А Г | Вал Ала Асп Гли | Вал Ала Асп Гли | Вал Ала Глу Гли | Вал Ала Глу Гли |

Пр и м е ч а н и е. Сокращенные названия аминокислот даны по международной терминологии.

Три рядом расположенных нуклеотида (триплет, кодон) и-РНК определяют присоединение одной аминокислоты. Соответствующие триплетам аминокислоты находим по таблице кодонов (табл. 11). Кодон ЦЦГ соответствует пролину, УАЦ – тирозину, ЦУА – лейцину, ГУЦ – валину. Значит, последовательность аминокислот участка полипептидной цепи будет такой:

про – тир – лей – вал ...

2. Если из цепочки молекулы ДНК выпадет четвертый нуклеотид, то она будет выглядеть следующим образом:

Ц Ц Г А Ц Ц Т А Г Т Ц...

Комплементарная цепочка:

Г Г Ц Т Г Г А Т Ц А Г...

и-РНК:

Ц Ц Г А Ц Ц У А Г У Ц ...

Начиная со второго, произойдет сдвиг кодонов. Первый кодон ЦЦГ соответствует аминокислоте пролин, второй АЦЦ – аминокислоте треонин, третий УАГ – не кодирует аминокислоту (кодон-терминатор), четвертый – не полный. Таким образом, участок полипептида будет выглядеть следующим образом:

про – тре – ...,

т. е. произойдет значительное изменение порядка и количества аминокислот в полипептиде.

О т в е т: 1. Последовательность аминокислот в полипептиде будет такой:

про – тир – лей – вал...

2. После выпадения четвертого нуклеотида последовательность аминокислот в полипептиде будет следующей:

про – тре – ...

Задача 2. Полипептид имеет следующий порядок аминокислот:

гли – тре – ала – сер – арг...

Определите один из вариантов структуры гена, кодирующего данный полипептид.

Р е ш е н и е. Полипептид имеет такую последовательность аминокислот:

гли – тре – ала – сер – арг...

По таблице кодонов находим один из триплетов, кодирующий соответствующие аминокислоты:

Гли – ГГУ, тре – АЦУ, ала – ГЦУ, сер – АГУ, арг – АГА.

Значит, кодирующая данный полипептид и-РНК будет иметь следующую последовательность нуклеотидов:

Г Г У А Ц У Г Ц У А Г У А Г А ...

Порядок нуклеотидов в кодирующей цепочке ДНК:

Ц Ц А Т Г А Ц Г А Т Ц А Т Ц Т ...

Комплементарная цепочка ДНК:

Г Г Т А Ц Т Г Ц Т А Г Т А Г А ...

О т в е т: Один из вариантов последовательности нуклеотидов в гене:

Ц Ц А Т Г А Ц Г А Т Ц А Т Ц Т ...
Г Г Т А Ц Т Г Ц Т А Г Т А Г А ...

Задача 3. Одна из цепочек молекулы ДНК имеет следующий порядок нуклеотидов:

Г Ц Т А Ц Г Г Ц Т Т Г Ц

Какие т-РНК (с какими антикодонами) принимают участие в синтезе белка, закодированного комплементарной цепочкой ДНК?

Р е ш е н и е. Так как кодирующей является комплементарная данной цепочка ДНК, то построим ее:

Данная цепочка ДНК:

Г Ц Т А Ц Г Г Ц Т Т Г Ц ...

Комплементарная цепочка

ДНК: Ц Г А Т Г Ц Ц Г А А Ц Г ...
и-РНК: Г Ц У А Ц Г Г Ц У У Г Ц ...

Антикодоны т-РНК являются комплементарными кодомам и-РНК, следовательно, они такие:

ЦГА, УГЦ, ЦГА, АЦГ.

О т в е т: антикодоны т-РНК: ЦГА, УГЦ, ЦГА, АЦГ.

Задача 4. Считая, что средняя молекулярная масса аминокислоты около 110, а нуклеотида – около 300, определите, что тяжелее: полипептид или кодирующий его ген.

Р е ш е н и е. Допустим, что полипептид состоит из n аминокислот, тогда его молекулярная масса будет около $110n$. Так как каждая аминокислота кодируется тремя нуклеотидами, то кодирующая цепь ДНК содержит $3n$ нуклеотидов, а ее молекулярная масса $300 \cdot 3n = 900n$. Так как ген – это участок молекулы ДНК, а ДНК всегда двухцепочечная, то молекулярная масса соответствующего гена будет $900n \cdot 2 = 1800n$. Таким образом, ген в 16,4 раза тяжелее кодируемого им белка ($1800n : 110n = 16,4$).

О т в е т: ген в 16,4 раза тяжелее кодируемого им белка.

Задача 5. Полипептид состоит из 100 аминокислот. Определите длину соответствующего гена, если известно, что расстояние между двумя соседними нуклеотидами в спирализованной молекуле ДНК (измеренное вдоль оси спирали) составляет 0,34 нм.

Р е ш е н и е. Так как полипептид состоит из 100 аминокислот, а каждую аминокислоту кодирует триплет нуклеотидов, то общее количество нуклеотидов соответствующего гена равно 300 ($100 \cdot 3 = 300$). Известно, что расстояние между двумя соседними нуклеотидами в молекуле ДНК равно 0,34 нм, а между 300 нуклеотидами – $0,34 \text{ нм} \cdot 300 - 1 = 101,66 \text{ нм}$ (вычли единицу, так как расстояний на одно меньше, чем нуклеотидов).

О т в е т: длина гена, который кодирует полипептид, состоящий из 100 аминокислот, равна 101,66 нм.

Задача 6. В молекуле ДНК на долю цитозиновых нуклеотидов приходится 18%. Определите процентное содержание других нуклеотидов, входящих в эту молекулу ДНК.

Р е ш е н и е. По правилу комплементарности в двойной цепочке ДНК цитозин всегда комплементарен гуанину. Следовательно, на долю гуаниновых нуклеотидов также приходится 18%. Сумма пары нуклеотидов Ц+Г равна 36% ($18\% + 18\% = 36\%$). На пару нуклеотидов А+Т приходится $100\% - 36\% = 64\%$. Так как аденин всегда комплементарен тимину, то содержание каждого из них будет равным, т. е. $64\% : 2 = 32\%$. Таким образом, процентное содержание в этой молекуле ДНК цитозина и гуанина – по 18%, а аденина и тимина – по 32%.

О т в е т: содержание гуанина в данной молекуле ДНК равно 18%, аденина – 32%, тимина – 32%.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Одна из цепочек фрагмента молекулы ДНК имеет такую последовательность нуклеотидов:

Ц Г Т Г А Т Т Т Т Г Г Т Т Г Т А ...

Какова будет структура фрагмента ДНК после репликации?

2. Участок одной цепи ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов:

Г Г А А Ц А Ц Т А Г Т Т А А А А Т А Ц Г Ц ...

Какова последовательность аминокислот в полипептиде, соответствующем этой генетической информации?

3. Участок одной цепи ДНК имеет такую структуру:

Т А Т Т Ц Т Т Т Т Г Т ...

1) Укажите структуру соответствующей части молекулы полипептида, синтезированного при участии комплементарной цепи. 2) Как изменится первичная структура фрагмента белка, если выпадет второй от начала нуклеотид?

4. Часть молекулы белка имеет такую последовательность аминокислот: сер – ала – тир – лей – асп ...

Какие т-РНК (с какими антикодонами) участвуют в синтезе этого белка? Запишите один из возможных вариантов.

5. Запишите один из вариантов последовательности нуклеотидов в гене, если кодируемый им белок имеет следующую первичную структуру:

ала – тре – лиз – асп – сер – глн – глн – асп ...

6. Одна из цепочек молекулы ДНК имеет такую последовательность нуклеотидов:

А Т Г Т Т Ц Г Ц А А Г Т ...

Какие т-РНК (с какими антикодонами) участвуют в синтезе белка, закодированного комплементарной цепочкой ДНК?

7. Молекулярная масса одного нуклеотида в молекуле ДНК равна примерно 300. Определите молекулярную массу гена, кодирующего полипептид, состоящий из 250 аминокислот.

8. Расстояние между двумя соседними нуклеотидами в спирализованной молекуле ДНК (измеренное вдоль оси спирали) равно 0,34 нм. Какую длину имеет ген, определяющий синтез полипептида, состоящего из 300 аминокислот?

9. Исследования показали, что в молекуле и-РНК на долю адениновых нуклеотидов приходится 18% их общего числа, гуаниновых – 30%, цитозиновых – 28% и урациловых – 24%. Определите процентный состав азотистых оснований двухцепочечной ДНК, на кодирующей цепочке которой синтезирована данная и-РНК.

ОТВЕТЫ

1. Ц Г Т Г А Т Т Т Т Г Г Т Т Г Т А ...

Г Ц А Ц Т А А А А Ц Ц А А Ц А Т ...

2. Про – цис – асп – глн – фен – тир – ала ...

3. 1) Тир – сер – фен – цис ...; 2) фен – лей – фен ...

4. АГА, ЦГА, АУА, ГАА, ЦУА.

5. Ц Г А Т Г А Т Т Т Т А А Г А Г Т Т Ц Т Т Ц Т А ...

Г Ц Т А Ц Т А А А А А Т Т Ц Т Ц А А Г А А Г А Т ...

6. УАЦ, ААГ, ЦГУ, УЦА. 7. 450 000. 8. 305,66 нм. 9. В двухцепочечной ДНК аденина и тимина содержится по 21%, а гуанина и цитозина – по 29%.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ

ГЕНЕТИКА КАК НАУКА

Представители любого биологического вида воспроизводят подобные себе существа. Это свойство потомков быть похожими на своих предков называется *наследственностью*. Однако дочерние особи в большей или меньшей степени отличаются от своих родителей. Это свойство потомков называется *изменчивостью*. Изучением явлений наследственности и изменчивости занимается наука генетика.

.....
Генетика – наука о закономерностях наследственности и изменчивости.

Наследственность – это свойство живых организмов передавать из поколения в поколение морфологические, физиологические, биохимические и другие признаки и особенности индивидуального развития в определенных условиях среды.

Изменчивость – это свойство, противоположное наследственности; оно заключается в способности дочерних организмов отличаться от родителей морфологическими, физиологическими, биохимическими особенностями и отклонениями в индивидуальном развитии.

.....
Наследственность и изменчивость реализуются в процессе **наследования**, т. е. при передаче генетической информации от родителей к потомкам через половые клетки (при половом размножении), либо через соматические (при бесполом размножении).

Элементарными дискретными единицами наследственности и изменчивости являются гены.

.....
Ген – это участок молекулы ДНК (у некоторых вирусов – РНК), определяющий последовательность аминокислот конкретного полипептида или нуклеотидов РНК.

Фен – отдельный внешний или внутренний признак, формирующийся под действием гена и факторов среды.

Генотип – совокупность всех генов организма.

Фенотип – совокупность внутренних (объем желудка, содержание эритроцитов и глюкозы в крови) и внешних (цвет глаз, форма носа, окраска цветков) признаков и свойств организма; фенотип развивается под действием генотипа и факторов среды.

Геном – совокупность генов в гаплоидном наборе хромосом.

.....

Аллельные гены – гены, определяющие развитие альтернативных (взаимоисключающих, например желтый и зеленый цвет горошин) признаков; они располагаются в одинаковых локусах (местах) гомологичных (парных) хромосом. Аллельные гены принято обозначать одинаковыми буквами латинского алфавита: доминантный – прописной буквой (A), а рецессивный – строчной (a).

Неаллельные гены – гены, определяющие развитие неальтернативных признаков; они располагаются в разных локусах гомологичных хромосом и в негомологичных хромосомах (например, гены, определяющие цвет и форму поверхности горошин). Они обозначаются разными буквами латинского алфавита (A, B).

Доминантный ген – ген, подавляющий действие другого аллельного гена; проявляется фенотипически в гомо- и в гетерозиготном состояниях (например, желтый цвет горошин).

Рецессивный ген – ген, подавляемый другим аллельным геном; проявляется фенотипически только в гомозиготном состоянии (например, зеленый цвет горошин).

Гомозигота – организм, содержащий в соматических клетках одинаковые аллельные гены (AA, aa). Он образует один тип гамет и не дает расщепления при скрещивании с таким же по генотипу организмом.

Гетерозигота – организм, содержащий в соматических клетках разные аллельные гены (Aa). Он образует два типа гамет и дает расщепление при скрещивании с таким же по генотипу организмом.

Генетика как наука решает следующие основные задачи:

♦ изучает способы хранения генетической информации у разных организмов (вирусов, бактерий, грибов, растений, животных и человека) и ее материальные носители;

♦ анализирует способы передачи наследственной информации от одного поколения клеток и организмов к другому;

- ♦ выявляет механизмы и закономерности реализации генетической информации в процессе индивидуального развития и влияние на них условий среды обитания;

- ♦ изучает закономерности и механизмы изменчивости и ее роль в приспособительных реакциях и в эволюционном процессе;

- ♦ изыскивает способы исправления поврежденной генетической информации.

Для решения перечисленных задач используются различные методы исследования.

Метод гибридологического анализа был разработан Г. Менделем. Этот метод основан на скрещивании организмов, у которых учитывается одна или несколько пар альтернативных признаков. Он позволяет выявлять закономерности наследования отдельных признаков при половом размножении организмов. Сущность его заключается в следующем:

- ♦ анализ наследования проводится по отдельным альтернативным признакам;

- ♦ прослеживается передача этих признаков в ряду поколений;

- ♦ проводится точный количественный учет наследования каждого альтернативного признака и характер потомства каждого гибрида в отдельности.

Цитогенетический метод основан на микроскопическом исследовании *кариотипов* (набор хромосом) клеток организма и позволяет выявлять геномные и хромосомные мутации. Возможности этого метода значительно возросли после разработки способов дифференциального окрашивания хромосом и использования компьютера для анализа кариотипов.

Генеалогический метод предполагает изучение родословных животных и человека и позволяет устанавливать тип наследования (например, доминантный, рецессивный, аутосомный или сцепленный с полом) того или иного признака, зиготность организмов и вероятность проявления признаков в будущих поколениях. Этот метод широко используется в селекции и работе медико-генетических консультаций.

Близнецовый метод, предложенный Ф. Гальтоном (1876 г.), основан на изучении проявления признаков у близнецов. Различают однояйцовых (монозиготных) и

разнойцовых (дизиготных) близнецов. *Монозиготные близнецы* развиваются из одной оплодотворенной яйцеклетки и имеют большую степень сходства по признакам, которые определяются преимущественно генотипом (одинаковые группы крови по разным системам, цвет волос и глаз и др.). Возможные фенотипические отличия монозиготных близнецов обусловлены только воздействием факторов внешней среды. *Дизиготные близнецы* развиваются после оплодотворения разными сперматозоидами нескольких одновременно созревших яйцеклеток. Они имеют разный генотип как обычные братья и сестры. Сравнительная степень сходства (*конкордантность*) и различия (*дискордантность*) у моно- и дизиготных близнецов, удается выявлять роль наследственности и внешней среды в формировании конкретных признаков.

Биохимические методы основаны на изучении активности ферментов и химического состава клеток, которые определяются наследственностью. С помощью этих методов выявляют генные мутации, для которых известны биохимические нарушения, а с помощью специальных *нагрузочных тестов* - гетерозиготных носителей рецессивных генов.

Популяционно-статистический метод позволяет рассчитывать частоту встречаемости генов и генотипов в популяциях, используя математическое выражение закона Харди-Вайнберга (см. с. 536).

НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ

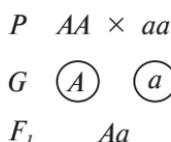
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ

МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Основные закономерности наследования были изучены чешским ученым Г. Менделем и изложены в его книге «Опыты над растительными гибридами» (1865 г.). Мендель проводил скрещивание растений гороха, при котором родительские формы анализировались по одной паре альтернативных признаков. Такое скрещивание называется **моногибридным**. Если у родительских форм учитываются две пары альтернативных признаков, скрещивание называется **дигибридным**, более двух признаков – **полигибридным**. Прежде чем проводить опыты, Мендель по-

лучил *чистые линии горохов* с альтернативными признаками, т. е. гомозиготные доминантные (AA) и гомозиготные рецессивные (aa) особи, которые в дальнейшем скрещивались друг с другом.

Запись скрещивания проводится следующим образом: в первой строке пишут букву P (от лат. *parentes* – родители), далее генотип женского организма, знак скрещивания \times и генотип мужского организма; во второй строке записывают букву G (гаметы) и гаметы женской и мужской особей, причем каждая гамета берется в кружок; в третьей строке ставят букву F (от лат. *filiale* – дочерний) и записывают генотипы потомков.



При выписывании гамет рекомендуется придерживаться следующих правил:

♦ из каждой пары аллельных генов в гамету должен попасть один ген;

♦ если организм гомозиготен (например, AA), то все гаметы, сколько бы их ни образовалось, будут содержать только один ген (A), т. е. все они будут однотипны и, следовательно, гомозиготный организм образует один тип гамет;

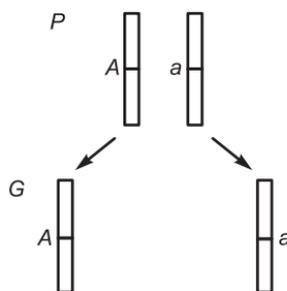
♦ если организм гетерозиготен (Aa), то в процессе мейоза одна хромосома с геном A попадет в одну гамету, а вторая гомологичная хромосома с геном a попадет в другую гамету. Следовательно, гетерозиготный организм по одной паре генов будет образовывать два типа гамет: $Aa \rightarrow A + a$ (рис. 125).

При анализе результатов скрещивания оказалось, что все потомки в первом поколении одинаковы по фенотипу (проявляется доминантный признак желтой окраски – закон доминирования) и генотипу (гетерозиготны), откуда и название первого закона Менделя.

.....
Первый закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения). При скрещивании гомозиготных особей, анализируемых по одной паре альтернативных признаков, наблюдается единообразие гибридов первого поколения как по фенотипу, так и по генотипу.

При скрещивании гибридов первого поколения между собой (т.е. гетерозиготных особей) получается следующий результат:

| | | | |
|----------|-------------------|----------|-------------------|
| $P(F_1)$ | Aa | \times | Aa |
| G | \textcircled{A} | | \textcircled{a} |
| | \textcircled{A} | | \textcircled{a} |
| F_2 | AA | Aa | Aa |
| | | Aa | aa |



Каждая из гетерозигот образует по два типа гамет, т.е. возможно получение четырех их сочетаний:

1) яйцеклетка с геном A оплодотворяется сперматозоидом с геном A – получится генотип AA ; 2) яйцеклетка с геном A оплодотворяется сперматозоидом с геном a – генотип Aa ; 3) яйцеклетка с геном a оплодотворяется сперматозоидом с геном A – генотип Aa ; 4) яйцеклетка с геном a оплодотворяется сперматозоидом с геном a – генотип aa . Получаются зиготы: $1AA, 2Aa, 1aa$, вероятность образования которых равная. По фенотипу особи AA и Aa неотличимы (желтые), поэтому наблюдается расщепление в отношении $3 : 1$ (три части потомков с желтыми семенами и одна часть – с зелеными). По генотипу имеем соотношение: $1AA$ (одна часть – доминантные гомозиготы) : $2Aa$ (две части – гетерозиготы) : $1aa$ (одна часть – рецессивные гомозиготы).

Рис. 125. Схема расхождения гомологичных хромосом при мейозе

.....
Второй закон Менделя (закон расщепления). При скрещивании гибридов первого поколения наблюдается расщепление в соотношении $3 : 1$ по фенотипу и $1 : 2 : 1$ по генотипу.

ПРИНЦИП ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

В приведенных примерах (опыты Менделя) доминантный ген полностью подавляет проявление действия рецессивного гена, при этом доминантные гомозиготы и гетерозиготы не отличаются по фенотипу. Однако доминантный ген не всегда полностью подавляет действие рецессивного гена (**неполное доминирование**). В таких случаях гибри-

ды первого поколения не воспроизводят признаки родителей – имеет место *промежуточный характер наследования*. Во втором поколении доминантные гомо- и гетерозиготы будут отличаться фенотипически и расщепление по фенотипу и генотипу будет одинаковым (1 : 2 : 1).

Например, при скрещивании гомозиготных растений ночной красавицы с красными (AA) и белыми (aa) цветками первое поколение получается с розовыми цветками (промежуточное наследование). Во втором поколении расщепление по фенотипу, как и по генотипу, будет следующим: одна часть растений с красными цветками, две части – с розовыми и одна часть – с белыми.

| | | | | | |
|-----------------------|---------|-------|------------------------------------|---------|---------------|
| | Красные | Белые | | | Розовые |
| <i>P</i> | AA | × aa | <i>P</i> (<i>F</i> ₁) | Aa | × Aa |
| <i>G</i> | Ⓐ | ⓐ | <i>G</i> | Ⓐ ⓐ | Ⓐ ⓐ |
| <i>F</i> ₁ | Aa | | <i>F</i> ₂ | AA | Aa Aa aa |
| | Розовые | | | Красные | Розовые Белые |

В рассмотренном случае проявляется *доза гена*. Два доминантных гена (AA) детерминируют синтез вдвое большего количества красного пигмента (цветки красные), чем один (у гетерозиготы, Aa, цветки розовые), а рецессивный ген (a) не детерминирует синтез пигмента (растения с белыми цветками).

Неполное доминирование довольно распространенное явление: оно обнаруживается, например, при наследовании окраски шерсти у крупного рогатого скота и овец, некоторых биохимических признаков у человека (разные варианты гемоглобинов).

При *сверхдоминировании* доминантный ген в гетерозиготном состоянии проявляет себя сильнее, чем в гомозиготном. У мухи дрозофилы имеется рецессивный летальный ген *a*, гомозиготы *aa* погибают. Мухи, гомозиготные по гену *A* (AA), имеют нормальную жизнеспособность, а гетерозиготы (Aa) живут дольше и более плодовиты, чем доминантные гомозиготы. Сверхдоминирование наблюдается при скрещивании чистых линий у культурных расте-

ний (кукуруза, томаты, сахарная свекла), а также домашних животных. Это явление объясняется взаимодействием продуктов генной активности (белков).

В некоторых случаях два доминантных гена из одной аллельной пары не подавляют друг друга, они равнозначны; если оба они находятся в одном генотипе, то оба проявляют свое действие и наблюдается новый вариант признака. Такое взаимодействие аллельных генов называется **кодоминированием**. Например, четвертая группа крови у человека по АВ0-системе детерминруется одновременным присутствием в генотипе двух кодоминантных генов I^A и I^B . Ген I^A детерминирует синтез антигена А в эритроцитах, а ген I^B – антигена В.

Множественными аллелями называется такое явление, когда в генофонде популяции аллельных генов больше, чем два. Они являются следствием нескольких мутаций одного исходного гена. Так определяется наследование групп крови по АВ0-системе у человека. Первая группа крови детерминруется геном I^0 , вторая – геном I^A , третья – геном I^B , а четвертая – генами I^A и I^B одновременно. Рецессивный ген I^0 не детерминирует синтез специфических белков (агглютиногенов) в эритроцитах. Ген I^A доминантен по отношению к гену I^0 и детерминирует синтез в эритроцитах агглютиногена А. Ген I^B доминантен по отношению к гену I^0 и детерминирует синтез в эритроцитах агглютиногена В. Взаимоотношения между этими тремя аллелями можно записать так: $I^A = I^B > I^0$ (гены I^A и I^B кодоминантны, но доминантны по отношению к гену I^0).

В сериях множественных аллелей наблюдаются и более сложные взаимодействия. Один и тот же ген может выступать как доминантный по отношению к одной аллели и как рецессивный по отношению к другой. Например, ген гималайской окраски кроликов (основная масть белая, а кончики ушей, лап, хвоста и носа окрашены) доминантен по отношению к гену сплошной белой, но рецессивен по отношению к гену серой окраски шерсти (шинилла).

Для объяснения установленных Менделем закономерностей наследования У. Бэтсоном (1902 г.) была предложена гипотеза «чистоты гамет». По результатам моногибридного скрещивания убеждаемся в том, что, хотя у гете-

розигот проявляется лишь доминантный признак, рецессивный ген не только не утрачивается, но у гетерозиготного организма не сливается с доминантным, не разбавляется, не изменяется, а остается в чистом аллельном состоянии. Как было показано позже, аллельные гены расположены в одинаковых локусах гомологичных хромосом и в процессе мейоза попадают в разные гаметы. Следовательно, в гамете может присутствовать одновременно только один из аллельных генов, определяющий развитие одного из альтернативных признаков, и они являются «чистыми» по данному признаку. У гетерозиготного организма этот процесс выглядит так, как показано на рис. 125.

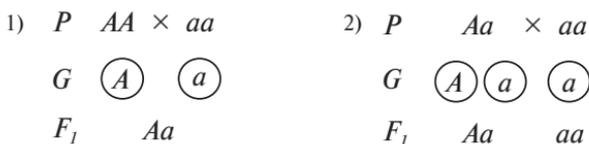
Кратко гипотезу «чистоты гамет» можно свести к следующим двум положениям:

- ♦ у гибридного организма гены не гибридизируются (не смешиваются), а находятся в чистом аллельном состоянии;
- ♦ в процессе мейоза в гамету попадает только один ген из аллельной пары.

Гипотеза «чистоты гамет» устанавливает, что законы расщепления есть следствие случайного сочетания гамет, несущих разные гены. Однако общий результат оказывается не случайным, так как здесь проявляется статистическая закономерность, определяемая большим числом равновероятных встреч гамет. Следовательно, расщепление при моногибридном скрещивании гетерозиготных организмов $3 : 1$ в случае полного доминирования или $1 : 2 : 1$ при неполном доминировании следует рассматривать как биологическую закономерность, основанную на статистических данных.

Цитологические основы гипотезы «чистоты гамет» и первых двух законов Менделя составляют закономерности расхождения гомологичных хромосом и образования гаплоидных половых клеток в процессе мейоза.

В некоторых случаях необходимо установить генотип особи с доминантным признаком, так как при полном доминировании гомозигота (AA) и гетерозигота (Aa) фенотипически неотличимы. Для этого применяют **анализирующее скрещивание**, при котором данный организм с неизвестным генотипом скрещивают с гомозиготным рецессивным по данной аллели. Возможны два варианта результатов скрещивания:

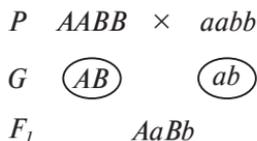


Если в результате такого скрещивания получено единообразие гибридов первого поколения, то анализируемый организм является гомозиготным, а если в F_1 произойдет расщепление 1 : 1, то особь – гетерозиготна. Анализирующее скрещивание широко применяется в селекции и для обнаружения сцепления генов.

ДИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

Изучив наследование одной пары аллелей, Мендель установил закономерности наследования при моногибридном скрещивании и явление доминирования. Поскольку организмы отличаются по многим парам аллелей, Мендель решил проследить наследование двух признаков одновременно. С этой целью он использовал гомозиготные растения гороха, отличающиеся по двум парам альтернативных признаков: семена желтые гладкие и зеленые морщинистые.

При таком скрещивании он получил растения, у которых были желтые гладкие семена. Этот результат подтверждает, что первый закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения) проявляется не только при моногибридном скрещивании, но и при ди- и полигибридном:



Полученные гибриды первого поколения ($AaBb$) будут давать четыре типа гамет в равном соотношении, так как в процессе мейоза из каждой пары генов в гамету попадает только один, свободно комбинируясь с генами другой пары (рис. 126).

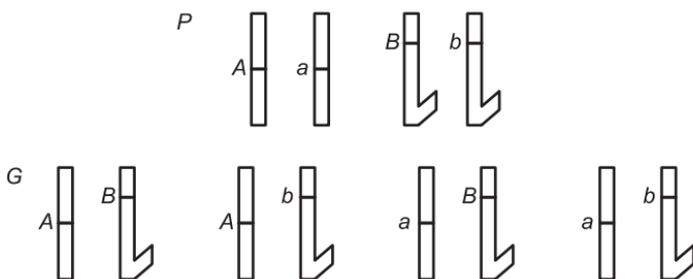


Рис. 126. Схема свободного комбинирования аллелей двух генов, расположенных в разных хромосомах

При оплодотворении каждая из четырех типов гамет одного организма случайно встречается с одной из гамет другого. Следовательно, возможно 16 вариантов их сочетаний. Для удобства записи пользуются *решеткой Пеннета*, в которой по горизонтали записывают женские гаметы, а по вертикали – мужские:

| ♂ \ ♀ | AB | Ab | aB | ab |
|-------|------|------|------|------|
| AB | AABB | AABb | AaBB | AaBb |
| Ab | AABb | AAbb | AaBb | Aabb |
| aB | AaBB | AaBb | aaBB | aaBb |
| ab | AaBb | Aabb | aaBb | aabb |

В результате скрещивания в зиготах получают различные комбинации генов. Легко подсчитать, что по фенотипу потомство делится на 4 группы: 9 частей желтых гладких горошин ($A-B-$), 3 части желтых морщинистых ($A-bb$), 3 части зеленых гладких ($aaB-$) и 1 часть зеленых морщинистых ($aabb$). (Запись $A-B-$ называется *фенотипическим радикалом* и означает, что если в генотипе есть хотя бы один доминантный ген, то независимо от второго гена в фенотипе проявится доминантный признак.) Если учесть расщепление по одной паре признаков (желтый и зеленый цвет, гладкая и морщинистая поверхность), то получится

(9 + 3) особи с желтыми (гладкими) и (3 + 1) особь с зелеными (морщинистыми) семенами. Их соотношение равно 12 : 4, или 3 : 1. Следовательно, при дигибридном скрещивании каждая пара признаков в потомстве дает расщепление независимо от другой пары, как и при моногибридном скрещивании. При этом происходит случайное комбинирование генов (и соответствующих им признаков), приводящее к новым их сочетаниям, которых не было у родительских форм. В нашем примере исходные формы гороха имели желтые гладкие и зеленые морщинистые семена, а во втором поколении получено не только такое сочетание признаков, как у родителей, но и формы с желтыми морщинистыми и зелеными гладкими семенами. Отсюда следует третий закон Менделя.

.....
Третий закон Менделя (закон независимого комбинирования признаков). При скрещивании гомозиготных особей, анализируемых по двум или нескольким парам альтернативных признаков, во втором поколении наблюдается независимое комбинирование генов разных аллельных пар и соответствующих им признаков.
.....

Законы Менделя являются практически универсальными, так как согласно им происходит наследование признаков у всех организмов, размножающихся половым путем. Однако для проявления второго и третьего законов Менделя необходимо соблюдение следующих у с л о в и й:

♦ доминирование должно быть полным (при неполном доминировании и других видах взаимодействия генов числовые соотношения потомков с разными комбинациями признаков могут быть другими);

♦ должна быть равная вероятность образования гамет и зигот с разной комбинацией генов, а также равная вероятность выживания организмов с разными генотипами (не должно быть летальных и полублетальных генов);

♦ гены должны локализоваться в разных негомологичных хромосомах.

Для проявления первого закона Менделя ограничений нет.

НЕАЛЛЕЛЬНЫЕ ГЕНЫ И ПРИНЦИПЫ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Неаллельные гены детерминируют развитие различных (неальтернативных) признаков и могут быть локализованы в разных локусах одной или разных хромосом, а также в одинаковых локусах разных хромосом. В рассмотренных примерах по гибридизации гены ведут себя как отдельные самостоятельные единицы: они наследуются независимо друг от друга и каждый из них определяет развитие одного конкретного признака. Однако так происходит не всегда. Каждая клетка и организм представляют собой целостные системы, где все физиологические и биохимические процессы строго взаимосвязаны. Это определяется *интегрированностью гено типа*, т. е. системой взаимодействующих генов. Взаимодействовать могут гены как одной аллельной пары – **внутриаллельное взаимодействие** (описано выше), так и разных – **межаллельное взаимодействие**.

Известно много примеров, когда гены одной аллельной пары влияют на характер проявления генов другой аллельной пары. Например, развитие разной формы гребня у кур детерминируется взаимодействием двух пар аллелей: присутствие в генотипе доминантного гена *A* определяет развитие розовидного гребня (генотип *A-bb*), доминантного гена *B* – гороховидного (генотип *aaB-*); одновременное присутствие в генотипе обоих доминантных генов (*AB*) – ореховидного (генотип *A-B-*), а рецессивные гомозиготы по обоим аллелям (*aabb*) имеют листовидный гребень. Аналогично наследуется окраска цветков у душистого горошка. При скрещивании двух рас душистого горошка с белыми цветками получаются гибриды, имеющие красно-фиолетовые цветки:

| | | | |
|----------------------|--------------------------|---|--------------|
| | Белые цветки | | Белые цветки |
| <i>P</i> | <i>AAbb</i> | × | <i>aaBB</i> |
| <i>G</i> | Ⓐ <i>b</i> | | Ⓐ <i>B</i> |
| <i>F₁</i> | <i>AaBb</i> | | |
| | Красно-фиолетовые цветки | | |

Вид межallelного взаимодействия генов, при котором одновременное присутствие в генотипе доминантных (рецессивных) генов разныхallelных пар приводит к проявлению нового признака, называется *комплементарностью*.

Известны случаи, когда доминантный (рецессивный) ген однойallelной пары подавляет действие доминантного (рецессивного) гена другойallelной пары. Такой вид взаимодействия генов называется *эпистазом*, а подавляющий ген – *супрессором*. Различают доминантный и рецессивный эпистаз. Примером *доминантного эпистаза* является наследование окраски оперения у кур: доминантный ген *C* детерминирует синтез пигмента, а доминантнаяallel другого гена *I* подавляет действие гена *C*, и куры с генотипом *C-I-* имеют белое оперение. Примером *рецессивного эпистаза (криптомерия)* является «бомбейский феномен», при котором у женщины, имеющей ген третьей группы крови *I^B-aa*, была определена первая группа крови (рецессивный ген *a* являлся супрессором).

Установлено, что многие количественные и некоторые качественные признаки у растений, животных и человека определяются не одной, а несколькими парами взаимодействующих генов, например рост, масса тела, молочная продуктивность крупного рогатого скота, яйценоскость кур, цвет кожи у человека и др. Чем больше в генотипе доминантных генов, тем сильнее проявляется признак. Такой вид взаимодействия генов разныхallelных пар, когда они отвечают за степень проявления одного признака, называется *кумулятивной полимерией*. Полимерные гены обозначаются одной буквой латинского алфавита с индексами, например $A_1a_1A_2a_2$. При некумулятивной полимерии степень проявления признака не зависит от числа доминантных полимерных генов. Например, оперенность ног у кур определяется наличием хотя бы одного доминантного гена из двух парallelей (генотипы, определяющие оперенные ноги: A_1A_2 , $A_1a_2a_2$, $a_1a_1A_2$).

Нередко наблюдается и противоположное явление, когда один ген влияет на проявление нескольких признаков. Такое явление называется *плейотропией*. Так, у мухи дрозофилы ген, определяющий отсутствие пигмента в глазах (белые глаза), снижает плодовитость и уменьша-

ет продолжительность жизни. У человека аномалия пальцев («паучьи пальцы») сопровождается нарушением строения хрусталика и пороками развития сердечно-сосудистой системы.

Приведенные примеры убеждают в том, что генотип любого организма следует рассматривать не как простую сумму генов, а как сложную систему взаимодействующих генов. Эта целостность генотипа возникла в процессе эволюции вида. Она выражается прежде всего в тесном взаимодействии отдельных его компонентов – генов. Один и тот же ген в разных генотипах может проявлять себя по-разному. Появление новых генов в генотипе (*мутации*) на первых порах чаще всего сопровождается несбалансированностью генов и снижением жизнеспособности организма. Какой фенотип разовьется на основе такого генотипа, зависит как от самого генотипа, так и от конкретных условий среды. Фенотип является результатом взаимодействия генотипа и факторов внешней среды в процессе индивидуального развития организма.

СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ

В 1911–1912 гг. Т. Морган и сотрудники проверили проявление третьего закона Менделя, проводя опыты на мухах дрозофилах. Они учитывали две пары альтернативных признаков: серый и черный цвет тела, нормальные и короткие крылья. При скрещивании гомозиготных особей с такими признаками получили единообразие гибридов первого поколения – мух с серым телом и нормальными крыльями. Следовательно, эти признаки были доминантными. Подтвердился первый закон Менделя:

$$\begin{array}{l}
 P \quad AABb \times aabb \\
 G \quad \textcircled{AB} \quad \textcircled{ab} \\
 F_1 \quad \quad AaBb
 \end{array}$$

Далее Морган решил провести анализирующее скрещивание гибридов первого поколения. Он взял рецессивную гомозиготную самку и скрестил ее с дигетерозиготным самцом:

$$\begin{array}{rcc}
 P & aabb & \times & AaBb \\
 G & \textcircled{ab} & & \textcircled{AB} \quad \textcircled{ab} \\
 F_1 & AaBb & & aabb \\
 & 50\% & & 50\%
 \end{array}$$

При свободном комбинировании генов, согласно третьему закону Менделя, в поколении должны были бы появиться в равном количестве (по 25%) мухи четырех разных фенотипов, а получили два фенотипа по 50%. Морган пришел к выводу, что поскольку у организмов генов много, а хромосом относительно мало, то, следовательно, каждая хромосома содержит большое количество генов, и гены, локализованные в одной хромосоме, передаются вместе, т. е. сцепленно. Цитологические основы этого явления можно пояснить схемой, приведенной на рис. 127. Одна из пары гомологичных хромосом содержит два доминантных гена (A – серое тело, B – нормальные крылья), а другая – два рецессивных (a – черное тело, b – короткие крылья). В процессе мейоза одна хромосома со своими генами AB попадет в одну гамету, а другая с генами ab – в другую. Таким образом, у дигетерозиготного организма образуется не четыре типа гамет (в случае, когда гены расположены в разных хромосомах), а только два, и, следовательно, будет получено поколение только с двумя сочетаниями признаков (как у родителей).

Гены, локализованные в одной хромосоме, обычно передаются вместе и составляют одну **группу сцепления**. Так как в гомологичных хромосомах локализованы аллельные гены, то группу сцепления составляют две гомологичные хромосомы, и, следовательно, количество групп сцепления соответствует количеству пар хромосом (или гаплоидному числу хромосом). Так, у мухи дрозофилы всего 8 хромосом – 4 группы сцепления, у человека 46 хромосом – 23 группы сцепления, у гороха 14 хромосом – 7 групп сцепления.

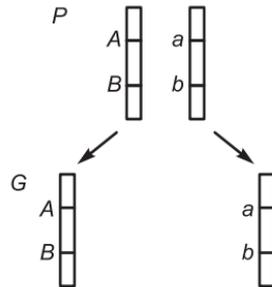


Рис. 127. Схема расхождения хромосом в мейозе при полном сцеплении

Если гены, локализованные в одной хромосоме, передаются всегда вместе, то такое сцепление называется **полным**. Однако при дальнейшем анализе сцепления генов было обнаружено, что в некоторых случаях оно может нарушаться. Если дигетерозиготную самку мухи дрозофилы скрестить с рецессивным самцом, результат будет следующим:

| | | | |
|----------------------|---|-------------|---|
| <i>P</i> | <i>AaBb</i> | × | <i>aabb</i> |
| <i>G</i> | <i>AB</i> <i>Ab</i> <i>aB</i> <i>ab</i> | | <i>ab</i> |
| <i>F₁</i> | <i>AaBb</i> | <i>Aabb</i> | <i>aaBb</i> |
| | 41,5% | 8,5% | 8,5% |
| | | | 41,5% |

Таким образом, получается 4 типа потомков: 41,5% особей с серым телом и длинными крыльями, 41,5% с черным телом и короткими крыльями и по 8,5% мух с серым телом и короткими крыльями и с черным телом и длинными крыльями. В данном случае сцепление генов **неполное**, т. е. гены, локализованные в одной хромосоме, не всегда передаются вместе. Это связано с явлением **кроссинговера**, которое заключается в обмене участками гомологичных хроматид в процессе их конъюгации в профазе мейоза I. Перекрест хроматид у гетерозиготных организмов приводит к рекомбинации генетического материала (рис. 128).

Каждая из образовавшихся хроматид попадает в отдельную гамету. Образуется 4 типа гамет – две *некроссоверные*, которые содержат хроматиды, не прошедшие кроссинговер: *AB* и *ab*, и две *кроссоверные*, которые содержат хроматиды, прошедшие кроссинговер: *Ab* и *aB*. Однако в отличие от свободного комбинирования их процентное соотношение будет неравным – кроссоверных гамет, как правило, образуется меньше, поскольку кроссинговер происходит не всегда. Частота кроссинговера зависит от

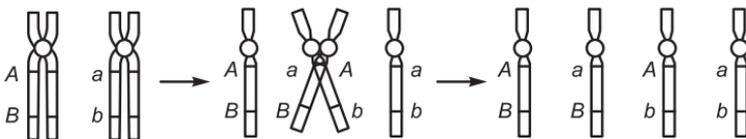


Рис. 128. Схема кроссинговера

силы сцепления между генами, т. е. от расстояния между ними: чем больше расстояние, тем чаще может происходить кроссинговер. *Расстояние между генами* определяется в процентах кроссинговера. За единицу его берется 1% кроссинговера, а сама единица названа в честь Моргана *морганидой*.

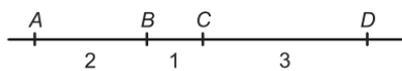


Рис. 129. Схема генетической карты хромосомы

Зная расстояние между генами, можно построить **генетическую карту хромосомы**. Она представляет собой отрезок прямой, на котором схематично обозначен порядок расположения генов и указано расстояние между ними в морганидах. Генетическая карта строится на основе результатов анализирующего скрещивания (рис. 129).

Итак, свободное комбинирование генов согласно третьему закону Менделя, происходит в том случае, когда исследуемые гены расположены в разных хромосомах. В результате анализирующего скрещивания получаются все возможные комбинации генов разных аллельных пар, причем количество потомков с различными сочетаниями признаков будет равным. Неполное сцепление наблюдается тогда, когда исследуемые гены локализованы в одной хромосоме, а в результате кроссинговера возможна их перекombинация. При анализирующем скрещивании также получаются все возможные комбинации генов, но количество потомков с разными сочетаниями признаков будет неравным: больше образовавшихся из некроссоверных гамет и меньше образовавшихся из кроссоверных. Полное сцепление наблюдается в том случае, когда анализируемые гены локализованы в одной хромосоме и кроссинговер не происходит. В этом случае при анализирующем скрещивании у потомков наблюдается такое же сочетание признаков, какое было у родителей.

Кроссинговер происходит у большинства растений и животных за исключением самца мухи дрозофилы и самки тутового шелкопряда.

Перечислим основные положения хромосомной теории наследственности.

1. Гены расположены в хромосомах линейно в определенных локусах (участках). Аллельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах.

2. Гены одной пары гомологичных хромосом образуют группу сцепления; число их равно гаплоидному набору хромосом.

3. Между гомологичными хромосомами возможен обмен аллельными генами (кроссинговер).

4. Расстояние между генами пропорционально проценту кроссинговера между ними и выражается в морганидах (1 морганида равна 1% кроссинговера).

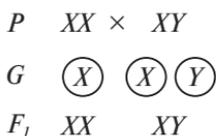
ГЕНЕТИКА ПОЛА

.....
Пол – это совокупность морфологических, физиологических, биохимических и других признаков организма, обуславливающих воспроизведение себе подобного.
.....

При изучении наборов хромосом мужских и женских особей исследователи обратили внимание на тот факт, что у большинства женских организмов все хромосомы образуют пары, а у мужских помимо парных (гомологичных) хромосом, имеются две непарные. В дальнейшем было установлено, что эти непарные хромосомы как раз и определяют пол организма. Большая из непарных хромосом, которая содержится в женском кариотипе в двойном наборе, а в мужском – в одиночном, названа *X-хромосомой*. Меньшая из непарных хромосом, содержащаяся только у особей мужского пола, названа *Y-хромосомой*. Парные хромосомы, одинаковые у мужского и женского организмов называются аутосомами, а X- и Y-хромосомы – половыми (гетерохромосомами). В диплоидном наборе человека содержится 46 хромосом (23 пары), 22 пары аутосом и одна пара половых хромосом. У женского организма это две X-хромосомы, а у мужского – X и Y. Набор хромосом женщины может быть представлен следующей записью: $44A+2X$, а мужчины – $44A+XY$.

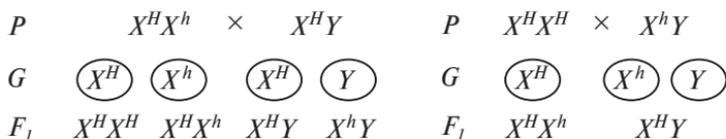
Пол, имеющий две одинаковые половые хромосомы (XX), называется гомогаметным, так как он образует только один тип гамет, содержащих X-хромосому. Пол, определяемый различными половыми хромосомами (XY), называется гетерогаметным, поскольку образует два типа гамет, содержащих X- и Y-хромосомы соответственно. Пол будущего организма определяется в момент

оплодотворения и зависит от того, какой из сперматозоидов оплодотворит яйцеклетку. При оплодотворении яйцеклетки сперматозоидом, содержащим X-хромосому, в зиготе будут две X-хромосомы и из нее разовьется женский организм. При оплодотворении яйцеклетки сперматозоидом с Y-хромосомой в зиготе будут содержаться половые X- и Y-хромосомы, и она даст начало мужскому организму. Нетрудно заметить, что образование сперматозоидов с X- и Y-хромосомами равновероятно, и, следовательно, механизм гаметогенеза определяет не только пол, но и примерное численное равенство полов в каждом поколении.



У всех млекопитающих, человека и мухи дрозофилы гомогаметным является женский пол, а гетерогаметным – мужской. У птиц и бабочек, наоборот, гомогаметен мужской пол, а женский – гетерогаметен (содержание половых хромосом ZZ и ZW соответственно). У некоторых насекомых (кузнечики) женский пол содержит две X-хромосомы (XX), а мужской – одну (X0), т. е. в кариотипе самцов отсутствует вторая половая хромосома.

В половых хромосомах помимо генов, определяющих пол организма, содержатся и другие, не имеющие отношения к полу. Например, только в X-хромосоме содержатся гены, определяющие нормальную свертываемость крови (доминантный признак, *H*) и несвертываемость – гемофилию (рецессивный признак, *h*), нормальное цветоощущение (доминантный признак, *D*) и цветовую слепоту – дальтонизм (рецессивный признак, *d*). Признаки, определяемые генами, локализованными в негомологичном участке X-хромосомы, называются **сцепленными с полом**. При записи браков по признакам, сцепленным с полом, соответствующий ген обозначают в виде индекса:



Сцепленные с полом признаки передаются от матери дочерям и сыновьям, а от отца – только дочерям. Следует подчеркнуть, что у мужских организмов единственный рецессивный ген, содержащийся в X-хромосоме, проявляется всегда (X^hY), так как в Y-хромосоме нет аллельного гена (явление называется *гемизиготностью*). Рецессивные X-сцепленные признаки проявляются чаще у сыновей, а X-сцепленные доминантные – у дочерей, так как больной отец передает их всем дочерям.

ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ

Наряду с ядерными генами, локализованными в хромосомах, имеются факторы наследственности, находящиеся в цитоплазме. Они определяют **цитоплазматическую наследственность**. Их называют **плазмогенами (плазмидами)**. Химическую основу плазмогенов составляют молекулы ДНК, находящиеся непосредственно в цитоплазме (чужеродная ДНК вирусов, плазмиды бактерий), и молекулы ДНК митохондрий и пластид. Внеядерная ДНК способна реплицироваться независимо от репликации хромосом, но под контролем ядерных генов.

К р и т е р и и ц и т о п л а з м а т и ч е с к о й н а с л е д с т в е н н о с т и :

- ♦ наследование по материнской линии, так как сперматозоид почти не содержит цитоплазмы;
- ♦ отсутствие количественного менделевского расщепления в потомстве;
- ♦ невозможность выявить сцепление;
- ♦ различные результаты реципрокных скрещиваний.

Основными видами цитоплазматической наследственности являются пластидная и митохондриальная наследственность.

Открытие пластидной наследственности принадлежит немецкому ученому К. Корренсу (1908 г.), описавшему пестролистность у растения ночная красавица. У пестролистных растений часть пластид не способна образовывать хлорофилл. Пластиды при мейозе могут распределяться неравномерно: часть клеток получит только нормальные пластиды (листья будут зеленые), часть клеток – только аномальные (листья будут белые, растение без хлорофилла погибнет), часть клеток – нор-

мальные и аномальные пластиды (листья будут пестрые – зеленые с белыми пятнами).

М и т о х о н д р и а л ь н а я наследственность впервые описана английским ученым Б.Эфрусси (1949 г.). Им было обнаружено, что около 1% хлебных дрожжей дают карликовые колонии. Оказалось, что клетки карликовых колоний не имеют в митохондриях полного набора дыхательных ферментов вследствие мутации плазмогенов и поэтому растут очень медленно. Объем собственной наследственной информации митохондрий недостаточен для воспроизведения всей совокупности РНК и белков органоида. Многие белки, запрограммированные ядерными генами, включаются в структуру митохондрий.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Изменчивость – это способность дочерних организмов отличаться от родительских форм морфологическими, физиологическими, биохимическими и другими признаками и особенностями индивидуального развития. Различают две основные формы изменчивости: фенотипическую (ненаследственную) и генотипическую (наследственную).

Фенотипической или **модификационной изменчивостью** называют изменения фенотипа под действием факторов среды без изменения генотипа. Она *ненаследственная*, так как при этом генотип не затрагивается. Если одуванчик растет в долине в условиях достаточных влажности и освещенности, он имеет крупные широкие сочные листья. При перенесении такого растения высоко в горы образуется слабо развитая розетка мелких листьев. При высеивании семян одуванчика в долине потомки его снова будут иметь крупные сочные листья.

Фенотипическая изменчивость носит *массовый характер* и *предсказуема*. Например, все овцы, выращенные в холодных условиях, будут иметь более густую шерсть.

Фенотипическая изменчивость является *адаптивной (приспособительной)*, так как модификации приспособливают организмы к конкретным условиям среды (например, загар защищает кожу человека от проникновения ультрафиолетовых лучей). Модификации часто носят *об-*

ратимый характер, так как, например, после прекращения действия ультрафиолетовых лучей загар проходит.

Как отмечалось выше, на проявление данного гена оказывают существенное влияние другие гены, т. е. проявление конкретного гена определяется и генотипом в целом. Развитие ряда признаков зависит и от влияния различных регуляторных систем организма, в первую очередь эндокринной. Такие признаки петухов, как большой гребень, яркое оперение и способность к пению, зависят от действия мужского полового гормона. Если у курицы удалить яичник и пересадить семенник, то через некоторое время она по вышеназванным признакам станет похожа на петуха. Следовательно, внутренняя среда организма также оказывает существенное влияние на проявление генов.

В генетической информации организма заложена возможность развития определенных свойств и признаков. Она реализуется лишь в определенных условиях среды. Одна и та же наследственная информация в различных условиях может проявляться по-разному. Окраска шерсти у гималайских кроликов и сиамских кошек зависит от температуры – более темная шерсть растет на участках тела, подверженных охлаждению. Таким образом, наследуется не сам признак, а определенный тип реакции на воздействие условий среды, т. е. норма реакции.

Нормой реакции называются пределы модификационной изменчивости. Наследуются не конкретные модификационные изменения, а диапазон изменчивости (норма реакции). Например, у примулы красная окраска цветков развивается при температуре 15...20 °С, а белая – при более высокой температуре, но никогда не проявляется другая окраска.

Различают широкую и узкую норму реакции. Признак, имеющий широкую норму реакции, изменяется в значительном диапазоне. Например, количество молока у крупного рогатого скота зависит в значительной степени от условий содержания и кормления. Признак, имеющий узкую норму реакции, мало зависит от внешних условий, например окраска шерсти у крупного рогатого скота. Норма реакции складывалась исторически в результате естественного отбора; она имеет большое приспособительное значение. Зная влияние факторов внешней среды на норму реакции конкретных при-

знаков, можно повышать урожайность растений и продуктивность животных.

Признаки организмов можно подразделить на *качественные* (цвет глаз и волос у человека) и *количественные* (рост и масса тела у человека). Для характеристики степени изменчивости количественных признаков применяют один из методов статистики – *построение вариационной кривой*. Например, количество колосков в колосьях пшеницы одного сорта варьирует в довольно широких пределах. Если расположить колосья по возрастанию количества колосков, то получится вариационный ряд изменчивости данного признака, состоящий из отдельных вариантов. Частота встречаемости отдельной варианты в вариационном ряду не одинакова: наиболее часто встречаются колосья со средним числом колосков и реже – с большим или меньшим (табл. 12).

Таблица 12

Вариационный ряд числа колосков в колосе пшеницы

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Число колосков (v) | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Частота встречаемости (p) | 2 | 6 | 20 | 34 | 22 | 10 | 4 | 2 |

Среднее значение числа колосков в колосе (M) пшеницы можно рассчитать по формуле

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

где \sum – знак суммирования; v – варианта; p – частота встречаемости варианты; n – общее число вариантов вариационного ряда. В нашем случае среднеарифметическое число колосков в колосе пшеницы $M = 17,24$. На основании данных вариационного ряда можно построить вариационную кривую (рис. 130). Для этого на горизонтальной оси откладывают в определенном масштабе значение вариант (v), а на вертикаль-

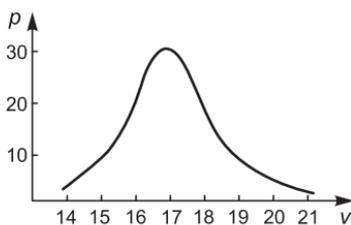


Рис. 130. Кривая, характеризующая распределение колосков в колосе пшеницы

ной – частоту встречаемости вариант (p). При соединении точек пересечения получается кривая, характеризующая изменчивость числа колосков в колосе пшеницы.

Для того чтобы дать объективную характеристику изменчивости признака, нужно изучить большое количество особей, так как статистические закономерности – это закономерности больших чисел. При достаточно большом числе наблюдений получается относительно симметричная кривая.

ГЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Генотипическая изменчивость – это изменение фенотипа вследствие изменения генотипа. Передается она по наследству. Генотипическая изменчивость подразделяется на комбинативную и мутационную.

Комбинативная изменчивость связана с перекombинацией генов родителей у потомков. Она обусловлена:

- ♦ перекombинацией генов при кроссинговере в профазе мейоза I;
- ♦ независимым расхождением хромосом и хроматид в анафазах мейоза I и II;
- ♦ случайным сочетанием гамет при оплодотворении.

Сами гены при этом не изменяются, но возникают их новые сочетания, что приводит к появлению организмов с другими генотипом и фенотипом. Примером комбинативной изменчивости может служить появление зеленой окраски семян гороха при скрещивании гетерозиготных растений с желтыми семенами. Комбинативная изменчивость обеспечивает генотипический полиморфизм особей популяций, приспособление организмов к меняющимся условиям среды и широко используется в селекции для соединения в одном организме ценных признаков разных пород и сортов.

Мутационная изменчивость – это скачкообразное и устойчивое изменение генетического материала, передающееся по наследству. Термин «мутация» предложил голландский ученый Г. Де Фриз в 1901 г. Мутационная изменчивость принципиально отличается от комбинативной. Мутации – это вновь возникшие изменения генетического материала, тогда как комбинативная изменчивость – это новое сочетание родительских генов в зиготе.

Мутации обладают следующими свойствами:

- ♦ возникают внезапно, скачкообразно;
- ♦ передаются из поколения в поколение (наследуются);
- ♦ ненаправленны (не адаптивны), т. е. под действием одного фактора может мутировать любой участок хромосомы;
- ♦ одни и те же мутации могут возникать повторно.

Факторы, способные вызывать мутации, называются **мутагенными**. Их подразделяют на физические (различные виды ионизирующих излучений, ультрафиолетовые лучи, температура), химические (формалин, аналоги азотистых оснований, иприт, некоторые лекарства и др.) и биологические (вирусы, бактерии).

Мутации классифицируют по причинам, их вызвавшим, по мутировавшим клеткам, по исходу для организма и по изменениям генетического материала.

По причинам, вызвавшим мутации, их подразделяют на спонтанные и индуцированные. *Спонтанные мутации* возникают в естественных условиях под действием мутагенных факторов среды без вмешательства человека. Они происходят относительно редко. *Индукцированные мутации* возникают при направленном воздействии на организм мутагенными факторами. Впервые индуцированные мутации были получены Г.А. Надсоном и Г.С. Филипповым (1925 г.) при облучении грибов радием и Г. Меллером (1927 г.) при облучении мух дрозофил рентгеновскими лучами. Спонтанные мутации служат исходным материалом для естественного отбора, а индуцированные – для искусственного отбора.

По мутировавшим клеткам мутации подразделяют на соматические и генеративные. *Соматические мутации* происходят в соматических клетках и проявляются у самой особи. Они передаются по наследству при вегетативном размножении и не наследуются при половом. Примеры соматических мутаций: на кусте черной смородины может появиться ветка с белыми ягодами; у одного человека могут быть глаза разного цвета. *Генеративные мутации* происходят в половых клетках. Они передаются по наследству при половом размножении и выявляются фенотипически у потомков, например альбинизм, гемофилия. Генеративные мутации являются материалом для естественного отбора.

По исходу для организма все мутации подразделяют на *отрицательные* – *летальные* (несовместимые с жизнью, например отсутствие в кариотипе человека первых крупных хромосом), *полуметальные* (снижающие жизнеспособность организма, например синдром Дауна); *нейтральные* (например наличие веснушек) и *положительные* (повышающие приспособленность и жизнестойкость организма, например появление у хордовых двух-, трех- и четырехкамерного сердца). Последние встречаются относительно редко, однако именно они являются элементарным материалом, лежащим в основе прогрессивной эволюции.

По изменению генетического материала мутации подразделяют на геномные, хромосомные и генные. **Геном** в узком смысле слова – это содержание наследственного материала в гаплоидном наборе хромосом, в широком – синоним генотипа. *Геномные мутации* обусловлены изменениями количества хромосом в кариотипе особи. Это может быть *полиплоидия* – кратное гаплоидному увеличение количества хромосом ($3n$, $4n$, $5n$...). Такие мутации связаны с нерасхождением хромосом при митозе или мейозе. Полиплоидия распространена главным образом у растений. Полиплоидные формы растений имеют более крупные листья, цветки, плоды и семена. Многие культурные растения являются полиплоидами (пшеница, рожь, сахарная свекла и др.). Для большинства животных и человека полиплоидия является летальной мутацией. *Гетероплоидия* – вид геномной мутации, при которой происходит некратное гаплоидному увеличение или уменьшение количества хромосом (общая формула гетероплоидий: $2n \pm 1$, $2n \pm 2$...). При гетероплоидиях происходят нарушения хода нормального развития организмов. Наиболее часто встречаются: *трисомии*, например у человека трисомия по 21-й хромосоме приводит к развитию болезни Дауна; *моносомии* – отсутствие второй половой хромосомы, вызывает синдром Шерешевского – Тернера (полуметальные мутации), *нулосомии* – отсутствие пары гомологичных хромосом (летальные мутации).

Хромосомные мутации связаны с изменением структуры хромосом. Это может быть *потеря участка* (*делеция*; например синдром «кошачьего крика» у человека) или *удвоение фрагмента* хромосомы (*дупликация*; например

полосковидные глаза у мухи дрозофилы), поворот части хромосомы на 180° (инверсия), перенос части одной хромосомы на другую, негомологичную (транслокация). Многие хромосомные мутации снижают жизнеспособность организма (полуметалельные).

Генные мутации связаны с изменением структуры молекулы ДНК вследствие нарушения порядка нуклеотидов, добавления, выпадения или перестановки их. Генные мутации приводят к изменению кодируемого геном белка, что может проявляться фенотипически (например, серповидно-клеточная анемия, гемофилия).

ЗАКОН ГОМОЛОГИЧНЫХ РЯДОВ Н.И. ВАВИЛОВА

Известный генетик Н.И. Вавилов (1887–1943) изучал разнообразие культурных и природных растений на Земле. Он установил важную закономерность, известную под названием *закона гомологичных рядов в наследственной изменчивости*.

.....
Закон гомологичных рядов в наследственной изменчивости. Виды и роды, близкие генетически, связанные единством происхождения, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости.
.....

Зная формы изменчивости одного вида, можно предположить существование сходных форм у родственных видов и родов. Фактами, подтверждающими этот закон, являются случаи альбинизма у позвоночных, сходные группы крови у приматов и человека, гемофилия у человека и других млекопитающих (собак). Данный закон позволяет предсказывать наличие того или иного признака у разных видов одного рода, если он есть у представителей хотя бы одного вида, и моделировать наследственные болезни человека в эксперименте на животных.

ОСОБЕННОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Наследственность человека подчиняется тем же биологическим закономерностям, что и наследственность всех других существ, т. е. многие признаки человека наследу-

ются по законам Менделя, наблюдается сцепление и взаимодействие генов. Изучение генетики человека связано с определенными трудностями:

- ♦ малым количеством потомков;
- ♦ поздним половым созреванием и связанной с этим медленной сменой поколений;
- ♦ большим количеством хромосом;
- ♦ невозможностью экспериментирования (экспериментального получения мутаций и экспериментальных браков);
- ♦ невозможностью создания одинаковых условий жизни.

Для изучения генетики человека используют многочисленные методы исследования: генеалогический, близнецовый, популяционно-статистический, цитогенетический, биохимические, описанные ранее, и методы рекомбинантной ДНК.

Методы рекомбинантной ДНК позволяют выделять и анализировать гены и их фрагменты, устанавливать в них последовательность нуклеотидов (*секвенировать*), создавать неограниченное количество их копий, транскрибировать и транслировать изолированные гены. В настоящее время широко применяются методы ДНК-диагностики многих наследственных заболеваний человека. При этом используются радиоактивные нити ДНК (*ДНК-зонды*) с известной последовательностью нуклеотидов. Выделенную из клеток человека ДНК гибридизируют с определенным зондом и по степени сходства порядка нуклеотидов в сравниваемых молекулах ставят диагноз генной болезни, идентифицируют личность и т. п. Благодаря программе «Геном человека» к концу 2001 г. полностью расшифрован порядок нуклеотидов в молекулах ДНК генома человека и выявлена локализация большинства основных генов. Работы в этом направлении продолжаются.

Использование современных методов исследования позволило изучить генетику человека на уровне классических генетических объектов (бактерий, вирусов, мухи дрозофилы).

Раздел генетики человека, изучающий наследственные болезни, называется *медицинской генетикой*. Многие отклонения от нормы и ряд болезней человека обусловлены изменениями генотипа (мутациями).

Примерами геномных мутаций у человека могут быть синдромы Дауна, Шерешевского – Тернера и Клайн-

фелтера. *Синдром Дауна* обусловлен трисомией по 21-й хромосоме (47 хромосом в диплоидном наборе). Больные характеризуются слабоумием, узкими глазными щелями, низким расположением ушных раковин, сниженной жизнеспособностью.

При *синдроме Шерешевского – Тернера* у женщин наблюдается моносомия по половым хромосомам (в кариотипе содержится 45 хромосом, X0). Для таких больных характерны малый рост, недоразвитие первичных и вторичных половых признаков, бесплодие, иногда снижение интеллекта.

У мужчин встречается *синдром Клайнфелтера*, обусловленный трисомией по половым хромосомам (лишней X-хромосомой; всего 47 хромосом: 44A+XXY). Для больных характерны женский тип телосложения, высокий рост, относительно длинные руки и ноги, недоразвитие первичных и вторичных половых признаков, снижение интеллекта. Заболевания, связанные с нарушением количества хромосом, обусловлены нерасхождением хромосом и хроматид в анафазах мейоза.

Хромосомные мутации также могут быть причинами наследственных болезней человека. Например, *синдром «кошачьего крика»* обусловлен делецией части короткого плеча 5-й хромосомы. Вследствие недоразвития гортани для таких детей характерен специфический плач, напоминающий кошачье мяуканье. Кроме того, у них наблюдается умственное и физическое недоразвитие, деформированные низко расположенные ушные раковины, антимонголоидный разрез глаз и др.

Имеется большое количество наследственных заболеваний человека, обусловленных генными мутациями. Например, *альбинизм* обусловлен нарушением превращения аминокислоты тирозин в меланин вследствие снижения активности фермента *тирозины* (рецессивная мутация). У альбиносов молочно-белый цвет кожи, очень светлые волосы, красный зрачок. У них наблюдается повышенная чувствительность кожи к ультрафиолетовым лучам. При *фенилкетонурии* аминокислота фенилаланин превращается не в тирозин (аутосомная рецессивная мутация), а в фенилпировиноградную кислоту, которая является нервным ядом. У таких детей повышается возбудимость и тонус мышц, развиваются нарушения высшей

нервной деятельности и умственная отсталость. Генные мутации являются причиной изменений структуры и активности гормона поджелудочной железы – *инсулина*, вследствие чего развивается *сахарный диабет*. *Цветовая слепота* (дальтонизм – неспособность различать цвета) и *гемофилия* (несвертываемость крови) обусловлены рецессивными генами, расположенными в негомологичном участке X-хромосомы, т. е. сцепленными с полом. Этими заболеваниями страдают чаще мальчики.

В настоящее время около 5% новорожденных детей имеют разные генетические дефекты, начиная от незначительных (например, сросшиеся пальцы на ногах) и кончая дефектами, несовместимыми с жизнью (например, некоторые пороки развития сердца). При ранней диагностике наследственных болезней в некоторых случаях удается задержать развитие заболевания назначением соответствующей диеты, гормональными препаратами и др. Врожденные дефекты развития часто можно исправить хирургическими методами.

Важнейшим направлением деятельности органов здравоохранения является работа по предупреждению рождения детей с наследственными болезнями, которая должна проводиться всеми врачами и специальными медицинскими учреждениями – *медико-генетическими консультациями*.

Медико-генетическое консультирование – отрасль профилактической медицины, главной целью которой является предупреждение рождения детей с наследственной патологией. Для этого используют методы пренатальной (дородовой) диагностики наследственной патологии. Наиболее известными из них являются *ультрасонография* – использование ультразвука для получения изображения плода и его оболочек, и *хорионбиопсия* – взятие эпителия ворсинок хориона для последующих цитогенетических и биохимических исследований.

Задачи медико-генетического консультирования:

- ♦ профилактика наследственных болезней путем консультирования семей и больных с наследственной патологией;
- ♦ установление степени генетического риска в обследуемой семье и разъяснение супругам в доступной форме способов предупреждения наследственной патологии;

- ♦ пренатальная (дородовая) диагностика наследственных заболеваний;
- ♦ диспансерное наблюдение семей с наследственной патологией;
- ♦ пропаганда медико-генетических знаний среди населения.

Основными показаниями для направления семьи в медико-генетическую консультацию являются:

- ♦ наличие в семье точно установленного наследственного заболевания;
- ♦ возраст матери старше 37 лет;
- ♦ носительство матерью гена X-сцепленного рецессивного заболевания;
- ♦ гетерозиготность обоих родителей по одной паре аллелей;
- ♦ беременность у женщины из зоны с повышенным радиационным фоном.

Перечисленные задачи особенно актуальны в современных условиях загрязнения территории республики радиоактивными веществами и отходами производств, обладающими мутагенным действием. Определенный мутагенный эффект присущ алкоголю, никотину и различным наркотическим и некоторым лекарственным веществам. Мутагены, даже в малых количествах, могут вызывать изменение структуры генов, нерасхождение хромосом при мейозе и другие изменения в генотипе. При этом будут формироваться зиготы с дефектным генотипом, что скажется на развитии зародыша и приведет к появлению физически и умственно отсталых детей. Особенно часто такие дети рождаются в семьях алкоголиков и наркоманов. Из сказанного понятно, что табакокурение, употребление алкоголя и наркотиков особенно неблагоприятно сказывается на потомках и поэтому должно быть исключено в детском и детородном возрасте.

СЕЛЕКЦИЯ

ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ

.....
Селекция – это наука о методах создания новых и улучшения существующих штаммов микроорганизмов, сортов растений и пород животных.

Сортом, породой, штаммом называют популяцию организмов, искусственно созданную человеком и характеризующуюся определенными наследственными особенностями. Все особи внутри сорта, породы, штамма имеют сходную наследственную организацию, внешние признаки и однотипную реакцию на влияние факторов внешней среды. Например, молочные породы крупного рогатого скота отличаются величиной удоя, процентом жирности и содержания белка в молоке. Все их ценные свойства проявляются лишь при хороших содержании, кормлении и в определенных природных условиях. Штаммы микроорганизмов способны обеспечивать определенный уровень синтеза антибиотиков, ферментов, витаминов только при оптимальном составе питательной среды. Сорта и породы, созданные для одной географической зоны, не всегда пригодны для разведения в других условиях, т.е. они *районированы* (рекомендованы для разведения в определенных районах).

Селекция опирается на достижения генетики, молекулярной биологии, биохимии и других наук. Теоретической основой селекции является генетика.

Для успешной селекционной работы необходимо:

- ♦ исходное сортовое и видовое разнообразие растений и животных;
 - ♦ изучение мутаций и их роли в проявлении и развитии исследуемых признаков;
 - ♦ исследование закономерностей наследования при гибридизации;
 - ♦ применение различных форм искусственного отбора.
- Основные задачи современной селекции:
- ♦ повышение урожайности сортов культурных растений;
 - ♦ увеличение продуктивности пород домашних животных;
 - ♦ повышение продуктивности штаммов микроорганизмов.

Особое внимание селекционеров направлено на получение сортов растений, устойчивых к заболеваниям и поддающихся механизированной уборке: короткостебельных неполегающих сортов злаков, соответствующих сортов винограда, томатов, хлопчатника.

Успех селекционной работы во многом зависит от генетического разнообразия исходной группы растений и жи-

вотных. *Генофонд* (совокупность генов) существующих пород животных и сортов растений ограничен по сравнению с генофондом исходного дикого вида, поэтому поиски полезных признаков среди диких предков очень важны для выведения новых пород и сортов. С целью изучения многообразия и географического распространения культурных растений Н.И. Вавилов организовывал многочисленные экспедиции в разные уголки земного шара. В результате этих экспедиций был собран огромный семенной материал, используемый в селекционной работе, и выделены **центры происхождения культурных растений**. Их семь: 1) *южноазиатский* – родина риса, сахарного тростника, цитрусовых; 2) *восточноазиатский* – родина сои, проса, гречихи, многих плодовых и овощных культур; 3) *юго-западноазиатский* – родина пшениц, гороха, чечевицы, винограда; 4) *средиземноморский* – родина маслин, капусты, свеклы; 5) *абиссинский* – родина твердых сортов пшеницы, ячменя, кофейного дерева; 6) *центральноамериканский* – родина кукурузы, какао, перца, фасоли, длинноволокнистого хлопка; 7) *южноамериканский* – родина картофеля, табака, ананаса, подсолнечника.

Открытые Н.И. Вавиловым закономерности географического распределения сельскохозяйственных растений и расселения их из первичных центров облегчают работу селекционеров, позволяют быстрее подбирать исходный материал для опытов и в определенной мере предвидеть результаты. Исходный материал имеет первостепенное значение для успешной селекции. Это дикие формы, искусственно полученные мутантные формы, особи с комбинативной изменчивостью, сорта и породы, полученные в других климатических условиях.

СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ

Основной задачей селекции растений является повышение урожайности в растениеводстве путем создания высокопродуктивных сортов.

Основные методы селекции растений – гибридизация и искусственный отбор.

В начале селекционной работы ставится конкретная задача, для выполнения которой подбирают соответствующие родительские формы. При невозможности найти

нужный исходный материал применяют различные мутагенные факторы (химические вещества, излучения) для ускорения получения индуцированных мутаций, среди которых иногда удается найти и полезные, используемые в дальнейшей селекционной работе. При воздействии мутагенных факторов, разрушающих веретено деления (например, колхицина), часто удается получить растения с кратным увеличением набора хромосом – полиплоидные формы. Полиплоидные растения обладают большей урожайностью и стойкостью к неблагоприятным условиям среды по сравнению с диплоидными.

Гибридизация – это получение гибридов от скрещивания генетически разнородных организмов. В селекции применяют близкородственное скрещивание (*инбридинг*) и скрещивание неродственных организмов (*аутбридинг*). Близкородственная гибридная у растений основана на искусственном опылении своей пылью обычно перекрестноопыляемых растений. Самоопыление ведет к повышению гомозиготности и закреплению наследственных свойств. Потомство, полученное от одного гомозиготного растения путем самоопыления, называется чистой линией. У особей чистых линий часто снижается жизнеспособность и падает урожайность. Но если скрестить разные чистые линии между собой (межлинейная гибридная), то наблюдается явление *гетерозиса* – повышенная жизнеспособность и плодовитость в первом поколении гибридов, которые постепенно снижаются. Гетерозис объясняется переходом большинства генов в гетерозиготное состояние. Межлинейная гибридная позволяет повысить урожайность семян кукурузы на 20–30%. Явление гетерозиса у растений можно закрепить при вегетативном размножении (клубнями, черенками, луковицами и т. д.).

В последние годы получают целые растения (земляника, плодовые кустарники), стимулируя процессы *деления клеток и кусочков тканей растений в культуре*, – образуются клоны растений с одинаковым генотипом.

Отдаленная гибридная позволяет сочетать в одном организме ценные признаки разных видов и даже родов. Она осуществляется с трудом, и межвидовые гибриды обычно бесплодны, так как затруднена конъюгация хромосом разных видов при мейозе. Преодолеть бесплод-

ность межвидовых гибридов впервые удалось Г.Д. Карпеченко в 1924 г. Он получил гибрид редьки и капусты с диплоидным набором хромосом 18 (9 «редечных» и 9 «капустных»), который был совершенно бесплоден. Для преодоления бесплодия Карпеченко удвоил число хромосом каждого вида (получил полиплоидную форму гибрида), в результате чего в кариотипе оказалось 36 хромосом, по 18 «редечных» и «капустных». Это обеспечило возможность конъюгации гомологичных хромосом капусты с «капустными» и редьки с «редечными». Каждая гамета несла по одному набору хромосом капусты и редьки ($9 + 9 = 18$). В зиготе вновь оказывалось 36 хромосом. Полученный межвидовой гибрид стал плодовитым. Таким образом, полиплоидия является одним из способов восстановления плодовитости межвидовых гибридов у растений.

После получения гибридов производится **искусственный отбор** полученных форм. Он заключается в сохранении для размножения растений с желаемой комбинацией признаков. При массовом отборе выделяют группу особей с нужными признаками и получают потомство. При повторных посевах отбор приходится повторять, так как особи могут давать расщепление в потомстве. Индивидуальный отбор проводят для выделения форм с необходимыми признаками и выращивают потомков одной особи. При таком отборе результат достигается быстрее, но потомков получается значительно меньше. Индивидуальный отбор чаще проводят среди самоопыляющихся растений и получают чистые линии. Представители одной чистой линии имеют одинаковый генотип и дают ценный исходный материал для селекции.

Искусственный отбор на основе наследственной изменчивости является *основным способом получения новых сортов растений*. Однако не следует забывать, что на сорт влияет и естественный отбор. **Естественный отбор** действует одновременно с искусственным и повышает приспособленность растений к условиям среды. Вновь созданный сорт всегда является результатом деятельности человека и окружающей среды.

Селекционная работа имеет огромное народнохозяйственное значение. Замена малоурожайных сортов высокопродуктивными представляет собой один из основных путей повышения урожайности. Творческое использова-

ние всех методов селекционной работы позволяет добиваться больших успехов. Озимая пшеница Безостая 1, созданная академиком П.П. Лукьяненко, имеет высокую урожайность и отличные мукомольные качества. Работы по селекции пшеницы продолжаются, и уже созданы новые сорта (Аврора, Кавказ), урожайность которых достигает 100 ц/га. Высокоурожайные сорта пшеницы выведены и академиком В.В. Ремесло: Мироновская 264, Мироновская 808. Академиком Н.В. Цициным получен ценный гибрид пшеницы и ржи – *тритикале*. Гибрид высокоурожайный, он устойчив к неблагоприятным условиям среды и перспективен как кормовая и зерновая культура. Коллектив селекционеров, возглавляемый академиком В.С. Пустовойтом, добился увеличения содержания масла в семенах подсолнечника до 50% (исходные сорта содержали 32–33% масла). За последние годы благодаря созданию новых полиплоидных сортов (А.Н. Лутков, В.П. Зосимович) резко повысилась сахаристость и урожайность сахарной свеклы. М.И. Хаджиновым получены новые гибридные высокоурожайные сорта кукурузы. Большой вклад в селекцию растений внесли и белорусские ученые. Под руководством П.И. Альсмика выведены высокоурожайные сорта картофеля, районированные на территории Беларуси. Наиболее известные из них – Темп, Огонек, Ласунак. Значительный вклад в селекцию зерновых культур внес Н.Д. Мухин, льна – М.И. Афонин, многолетних трав – А.Л. Семенов. Генетика и селекция далеко еще не исчерпали всех возможностей повышения урожайности культурных растений.

СЕЛЕКЦИЯ ЖИВОТНЫХ

Основные принципы селекции животных не отличаются от принципов селекции растений. Новые породы животных получают на основе наследственной изменчивости путем искусственного отбора. Однако селекция животных имеет и некоторые особенности, вытекающие из природы организма животного:

- ♦ животные, имеющие хозяйственное значение, размножаются только половым способом;
- ♦ половая зрелость у животных наступает относительно поздно;

♦ самки приносят немногочисленное потомство, что затрудняет и замедляет процесс селекции.

При селекционной работе с животными важное значение имеет учет экстерьерных признаков. Под **экстерьером** понимают совокупность наружных форм животных, их телосложение и соотношение частей тела. Разные породы животных неодинаково реагируют на изменения внешних условий. Так, у мясных пород крупного рогатого скота улучшение питания прежде всего сказывается на увеличении массы тела, а у молочных – на повышении удоя.

Исторически первым этапом в селекции животных следует считать их *приручение*, которое было в основном закончено 5–6 тыс. лет назад. Одомашнивание резко повышает изменчивость организмов и создает благоприятные условия для искусственного отбора. Приручение животных происходит и в настоящее время, например разведение пушных зверей в неволе.

Перед началом селекционной работы ставится определенная конечная цель, исходя из которой совершается *подбор родительских пар*. В подборе производителей важно учитывать их родословные, в которых должны быть отмечены экстерьерные особенности и продуктивность в течение ряда поколений. **С к р е щ и в а н и е** является основным способом получения разнообразия исходного материала при работе с животными.

Применяют, как правило, два типа скрещивания: неродственное (аутбридинг) и родственное (инбридинг).

А у т б р и д и н г – скрещивание между особями одной или разных пород – при строгом отборе приводит к поддержанию свойств или улучшению их в ряду поколений гибридов.

И н б р и д и н г – скрещивание особей одного поколения или родителей и потомства – применяется в том случае, когда хотят перевести большинство генов в гомозиготное состояние. При этом происходит закрепление хозяйственно ценных признаков. Однако при инбридинге часто наблюдается ослабление животных, уменьшение устойчивости к воздействию внешних факторов и заболеваний. Чтобы этого избежать, проводят строгий отбор особей, обладающих нужными хозяйственными признаками. При селекционной работе близкородственное скрещивание обычно является лишь одним из этапов улучшения

породы. За ним следует скрещивание разных линий, что переводит большинство генов в гетерозиготное состояние, при котором проявляется гетерозис (гибридная сила). Гетерозис широко используется в животноводстве и птицеводстве. Примером эффективного применения гетерозиса является выведение бройлерных цыплят.

При селекции домашних животных очень важно определить наследственные качества самцов по признакам, которые у них непосредственно не проявляются, например по количеству молока и жирномолочности у быков или яйценоскости у петухов. Для этого используется *метод определения качества производителей по потомству*. От производителя получают немногочисленное потомство и сравнивают его продуктивность с продуктивностью матерей и средней продуктивностью породы. Если продуктивность дочерей выше, чем матерей, то это говорит о большой ценности производителя, которого используют для дальнейшего улучшения породы. От хорошего самца можно получить большое потомство (от одного быка свыше 30 000 телят) с помощью *искусственного осеменения*. В последнее время эмбрионы ценных пород крупного рогатого скота получают в *искусственных условиях* (в пробирке), а затем вводят их в матку беспородных животных для дальнейшего развития. Проводится и *клонирование ценных пород животных*. Для этого из яйцеклетки удаляют ее гаплоидное ядро и вводят диплоидное ядро из соматической клетки особи ценной породы. Развивающиеся зиготы вводят в матку любой самки. Таким образом удается получить клон особей, одинаковых по генотипу. Перечисленные способы позволяют значительно ускорить селекционную работу.

Ценные породы домашних животных выведены академиком М.Ф. Ивановым, например белая украинская свинья, полученная в результате скрещивания маток местной породы с хряком английской белой с последующим жестким отбором, а также порода овец асканийский рамбулье с очень высоким настригом первоклассной шерсти. Высокой молочной продуктивностью характеризуется костромская порода крупного рогатого скота. В нашей республике большой вклад в селекцию крупного рогатого скота внес М.П. Гринь, а в свиноводство – В.Т. Горин. Например, крупный рогатый скот черно-пестрой по-

роды может давать до 6 тыс. л молока в год при жирности свыше 3,5%, а свињи черно-пестрой породы – ежесуточные привесы свыше 700 г.

Наряду с внутривидовой гибридизацией в животноводстве применяется и отдаленная гибридизация. Межвидовые гибриды животных, как и растений, в большинстве случаев бесплодны. С глубокой древности человек использует *мула* (гибрид кобылы с ослом). Мулы очень выносливы, обладают большой физической силой, значительной продолжительностью жизни, т. е. у них проявляется гетерозис, однако они бесплодны. В Казахстане в результате гибридизации тонкорунных овец с диким горным бараном архаром выведена новая порода тонкорунных овец – *архаромеринос*. Ведутся работы по гибридизации яка с крупным рогатым скотом. У гибридов самцы бесплодны, а самки плодовиты. Это открывает возможности скрещивания их с исходными видами с целью получения новой породы скота.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ

.....
Биотехнология – это использование человеком живых организмов и биологических процессов для промышленного получения продуктов.
.....

Биотехнологические процессы применяются человеком с древних времен: молочно-кислые бактерии – для получения молочно-кислых продуктов, различные штаммы дрожжей – в виноделии, пивоварении, хлебопечении. Широкое распространение получили антибиотики (пенициллин, стрептомицин, эритромицин, тетрациклин и др.), выделяемые в промышленных установках различными видами грибов. Биотехнология – одно из ведущих направлений современной биологии.

Большую роль в жизни человека играют *микроорганизмы*, так как они способны производить жизненно важные продукты. Природные штаммы микроорганизмов в основном низкопродуктивны. Поэтому в микробиологической промышленности применяют селекционные методы: **индуцированный мутагенез** и **искусственный отбор**. Для получения мутаций используют ультрафиолетовые и рентгеновские лучи и химические мутагены. Применение мута-

генных факторов и целенаправленного отбора позволило повысить продуктивность штаммов в сотни и тысячи раз.

Микроорганизмы отличаются тремя характерными особенностями, важными для производства:

- ♦ содержат меньше генов, чем клетки высокоорганизованных видов;

- ♦ очень быстро размножаются;

- ♦ их геном гаплоидный, что позволяет проявляться фенотипически любой мутации уже в первом поколении.

Особенно интенсивно развивается микробиологическая промышленность в последнее время. В качестве питательной среды для бактерий начали использоваться непищевые продукты: жидкие парафины нефти, синтетические спирты, отходы деревообрабатывающей промышленности и др. Получаемые таким путем белково-витаминные препараты позволяют решить проблему нехватки кормового белка и повысить продуктивность животноводства. Кроме того, микробиологическая промышленность производит ферменты, антибиотики, гормоны, аминокислоты и другие лечебные препараты, необходимые человеку.

Для создания новых штаммов микроорганизмов в последнее время применяют **генную инженерию** – *конструирование новых генетических структур по заранее намеченному плану*. Возникновение генной инженерии стало возможным благодаря развитию молекулярной биологии, генетики, биохимии и микробиологии. На практике генная инженерия включает четыре основных этапа:

- ♦ получение нужного гена (выделение природного или искусственный его синтез);

- ♦ включение этого гена в молекулу ДНК-«переносчика» – получение рекомбинантной молекулы ДНК;

- ♦ введение рекомбинантной ДНК в бактериальную клетку, где она встраивается в генетический аппарат;

- ♦ отбор трансформированных клеток, в геном которых включен переносимый ген.

На основе генной инженерии можно наладить промышленное производство витаминов, аминокислот, ферментов, гормонов и т. д. В настоящее время уже освоено промышленное производство белка *инсулина* (гормона поджелудочной железы) для лечения диабета, *соматотропина* (гормона роста) и *интерферонов* – белков, подавляющих размножение вирусов.

Генная инженерия позволяет конструировать и эукариотические клетки с новой генетической программой. В настоящее время получают гибриды соматических клеток разных видов и даже клеток животных и растений. Созданы растения, способные усваивать атмосферный азот, что в будущем не только обогатит растительную пищу белками, но и сделает ненужным применение азотсодержащих удобрений и благоприятно скажется на чистоте окружающей среды.

Растения и животные, геном которых изменен введением чужеродных генов, называются *трансгенными*. Уже получены трансгенные мыши, кролики, овцы, свиньи и многие культурные растения, обладающие высокой продуктивностью и урожайностью. В настоящее время широко дискутируется вопрос о том, безопасно ли для человека употребление в пищу продуктов трансгенных растений и животных.

В будущем генная инженерия поможет человечеству избавиться от ряда наследственных болезней. В настоящее время в мире разрабатывается около 400 генно-инженерных проектов по лечению наследственной патологии человека.

ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Для успешного решения задач на законы Менделя, взаимодействие и сцепление генов необходимо уметь выписывать гаметы. Следует помнить, что из каждой пары аллельных генов в гамету попадает один. Число типов гамет определяется по формуле $N = 2^n$, где N – число типов гамет, n – число признаков, по которым гетерозиготен данный организм. Гомозиготы дают один тип гамет, так как они гетерозиготны по 0 признаков ($2^0 = 1$):

$$\begin{array}{l}
 P \quad AA \quad P \quad aabb \quad P \quad AAbbCC \\
 G \quad (A) \quad G \quad (ab) \quad G \quad (AbC)
 \end{array}$$

Особь, гетерозиготная по одному признаку, дает два типа гамет ($2^1 = 2$):

$$\begin{array}{l}
 P \quad Aa \quad P \quad AaBB \quad P \quad AabbCC \\
 G \quad (A) (a) \quad G \quad (AB) (aB) \quad G \quad (AbC) (abc)
 \end{array}$$

Особи, гетерозиготные по двум признакам, дают четыре типа гамет ($2^2 = 4$):

$$\begin{array}{l}
 P \quad \quad \quad AaBb \\
 G \quad (AB) \quad (Ab) \quad (aB) \quad (ab) \\
 \\
 P \quad \quad \quad AaBbCC \\
 G \quad (ABC) \quad (AbC) \quad (aBC) \quad (abC)
 \end{array}$$

Особи, гетерозиготные по трем признакам, дают восемь типов гамет ($2^3 = 8$). При выписывании гамет тригибрида необходимо соблюдать следующий порядок: сначала выписывают четыре типа гамет, как у дигибрида, условно временно считая организм гомозиготным по третьей паре аллелей:

$$\begin{array}{l}
 P \quad \quad \quad AaBbCc \\
 G \quad (ABC) \quad (AbC) \quad (aBC) \quad (abC)
 \end{array}$$

а затем меняют ген C на c и получают еще четыре типа гамет:

$$G \quad (ABc) \quad (Abc) \quad (aBc) \quad (abc)$$

Задачи на моногибридное скрещивание

Задача 1. У человека ген карего цвета глаз доминирует над геном голубой окраски.

1. Какими по цвету окажутся глаза у детей, если мать гетерозиготная кареглазая, а отец голубоглазый?

2. Какое расщепление будет по фенотипу и генотипу, если оба родителя гетерозиготны?

Решение. 1. Условие задачи необходимо оформить в виде таблицы:

| Признак | Ген | Генотип |
|-------------------|-----|----------|
| Карий цвет глаз | B | BB, Bb |
| Голубой цвет глаз | b | bb |

Генетическая запись решения:

$$\begin{array}{l}
 P \quad \quad Bb \times bb \\
 G \quad (B) \quad (b) \quad (b) \\
 F_1 \quad Bb \quad bb
 \end{array}$$

Гетерозиготный организм дает два типа гамет, гомозиготный – один. В результате такого брака вероятность рождения детей с карими и голубыми глазами 1 : 1 (по 50%).

О т в е т: равная вероятность рождения кареглазых и голубоглазых детей (по 50%).

2. Генетическая запись решения для случая, когда оба родителя гетерозиготны:

$$\begin{array}{r}
 P \quad Bb \quad \times \quad Bb \\
 G \quad (B) \quad (b) \quad (B) \quad (b) \\
 F_1 \quad BB \quad Bb \quad Bb \quad bb
 \end{array}$$

Гетерозиготные организмы дают по два типа гамет. В результате свободного сочетания гамет расщепление у потомков будет следующим: 25% кареглазые гомозиготы (BB), 50% кареглазые гетерозиготы (Bb) и 25% голубоглазые гомозиготы (bb).

О т в е т: расщепление по фенотипу 3 : 1, расщепление по генотипу 1 : 2 : 1.

Задачи на дигибридное скрещивание

Задача 2. У человека близорукость (*M*) доминирует над нормальным зрением (*m*), а карий цвет глаз (*B*) над голубым (*b*).

1. Женщина с нормальным зрением гетерозиготная кареглазая вышла замуж за гетерозиготного близорукого голубоглазого мужчину. Определите возможные фенотипы и генотипы их детей.

2. Отец и мать близорукие кареглазые, а их первый ребенок – с нормальным зрением голубоглазый. Определите генотипы родителей.

Р е ш е н и е. 1. Оформим условие задачи в виде таблицы:

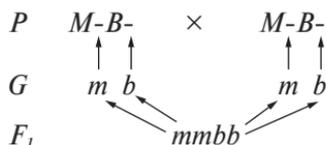
| Признак | Ген | Генотип |
|-------------------|----------|-----------------------|
| Близорукость | <i>M</i> | <i>MM</i> , <i>Mm</i> |
| Нормальное зрение | <i>m</i> | <i>mm</i> |
| Карий цвет глаз | <i>B</i> | <i>BB</i> , <i>Bb</i> |
| Голубой цвет глаз | <i>b</i> | <i>bb</i> |

Генетическая запись решения:

$$\begin{array}{r}
 P \quad mmBb \quad \times \quad Mmbb \\
 G \quad (mB) \quad (mb) \quad (Mb) \quad (mb) \\
 F_1 \quad MmBb \quad mmBb \quad Mmbb \quad mmbb
 \end{array}$$

Возможны четыре комбинации генов у потомков: первый ребенок – кареглазый близорукий гетерозиготный по обоим парам аллелей; второй – кареглазый гетерозиготный с нормальным зрением; третий – голубоглазый близорукий гетерозиготный по второй паре аллелей и четвертый – голубоглазый с нормальным зрением. Вероятность рождения каждого из них – 25%.

2. Генетическая запись решения:



Родители близорукие и кареглазые. Это доминантные признаки и в их генотипе в каждой паре аллелей обязательно должен быть один доминантный ген (M и B). Первый их ребенок – с нормальным зрением голубоглазый. Это рецессивные признаки, следовательно, ребенок должен быть гомозиготным по обоим парам аллелей ($mmbb$). Один ген из каждой пары аллелей ребенок получает от матери, а другой – от отца. Следовательно и мать, и отец должны иметь эти гены. Таким образом, родители являются дигетерозиготами ($MmBb$).

Отв е т: оба родителя – дигетерозиготы ($MmBb$).

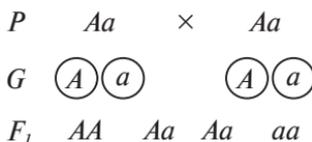
Задачи на внутриаллельное взаимодействие генов и множественные аллели

Задача 3. Красная окраска цветков у ночной красавицы определяется доминантным геном A , белая – рецессивным геном a . Гетерозиготы Aa имеют розовые цветки (промежуточное наследование). Скрещены два растения с розовыми цветками. Какой генотип и фенотип будут иметь гибриды F_1 ?

Р е ш е н и е. Запишем условие в виде таблицы:

| Признак | Ген | Генотип |
|----------------|--------|---------|
| Красные цветки | A | AA |
| Розовые цветки | A, a | Aa |
| Белые цветки | a | aa |

Генетическая запись решения:



Красные Розовые Белые

Отношение фенотипов потомков в F_1 будет следующим: одна часть (25%) – красные (AA), две части (50%) – розовые (Aa) и одна часть (25%) – белые (aa). Вследствие промежуточного наследования расщепление по генотипу и фенотипу одинаково – 1 : 2 : 1.

О т в е т: 25% потомков – доминантные гомозиготы с красными цветками, 50% – гетерозиготы с розовыми цветками и 25% – рецессивные гомозиготы с белыми цветками.

Задача 4. Четыре группы крови по АВО-системе у человека обусловлены тремя аллелями одного гена: I^0 , I^A и I^B . Группа крови I(0) обусловлена рецессивной аллелью I^0 (в эритроцитах нет специфического антигена), II(A) – аллелью I^A (в эритроцитах синтезируется антиген A), III(B) – аллелью I^B (в эритроцитах синтезируется антиген B), а IV(AB) – аллелями I^A и I^B одновременно (в эритроцитах имеется и антиген A, и антиген B, кодоминирование). Ген I^0 рецессивен по отношению к генам I^A и I^B ($I^0 < I^A = I^B$). У женщины первая группа крови, а у ее супруга – четвертая. Какие группы крови возможны у их детей?

Р е ш е н и е. Запишем условие в виде таблицы:

| Признак | Ген | Генотип |
|---------------------|------------|------------------|
| I(0) группа крови | I^0 | I^0I^0 |
| II(A) группа крови | I^A | I^AI^A, I^AI^0 |
| III(B) группа крови | I^B | I^BI^B, I^BI^0 |
| IV(AB) группа крови | I^A, I^B | I^AI^B |

Генетическая запись решения:

$$\begin{array}{rcc}
 P & I^0I^0 & \times & I^AI^B \\
 G & \textcircled{I^0} & & \textcircled{I^A} \textcircled{I^B} \\
 F_1 & I^AI^0 & & I^BI^0 \\
 & \text{II группа} & & \text{III группа} \\
 & \text{крови} & & \text{крови}
 \end{array}$$

О т в е т: у детей возможна либо вторая, либо третья группа крови (по 50%).

Задачи на межаллельное взаимодействие генов

Задача 5. Для нормального слуха в генотипе человека должны присутствовать доминантные гены из разных аллельных пар – D и E. Ген D отвечает за нормальное развитие улитки, а ген E – за нормальное развитие слухового нерва. У рецессивных гомозигот (dd) будет недоразвита улитка, а при генотипе ee – недоразвит слуховой нерв. Муж и жена глухие, а их 8 детей имеют нормальный слух. Определите генотипы членов этой семьи.

Решение. Запишем условие задачи в виде таблицы:

| Признак | Ген | Генотип |
|-----------------|--------|--------------------|
| Нормальный слух | D, E | $D-E-$ |
| Глухота | d, e | $D-ee, ddE-, ddee$ |

Генетическая запись решения:

$$\begin{array}{l}
 P \quad DDee \times ddEE \\
 G \quad \textcircled{De} \quad \textcircled{dE} \\
 F_1 \quad 8DdEe
 \end{array}$$

Так как наблюдается единообразие гибридов F_1 поколения и относительно много потомков (8), то родители должны быть гомозиготами, в противном случае должно иметь место расщепление. Один из родителей должен быть гомозиготой по гену D , а другой – по гену E .

Ответ: генотипы родителей – $DDee$ и $ddEE$, генотипы детей – $DdEe$.

Задача 6. У кур ген C обуславливает окрашенное оперение, а его аллель c – белое оперение. Доминантный ген из другой аллельной пары (I) подавляет проявление окраски, а ген i позволяет гену C проявлять свое действие. Дигетерозиготная курица скрещена с гомозиготным рецессивным петухом. Какое оперение будет у особей в поколении F_1 ?

Решение. Запишем условие задачи в виде таблицы:

| Признак | Ген | Генотип |
|-----------------------|-----|----------|
| Окрашенное оперение | C | CC, Cc |
| Неокрашенное оперение | c | cc |
| Супрессор | I | II, Ii |
| Не супрессор | i | ii |

Генетическая запись решения:

$$\begin{array}{l}
 P \quad CcIi \times ccii \\
 G \quad \textcircled{CI} \textcircled{Ci} \textcircled{cI} \textcircled{ci} \textcircled{ci} \\
 F_1 \quad CcIi \quad Ccii \quad ccIi \quad ccii
 \end{array}$$

У первой особи в генотипе есть ген C , определяющий окрашивание оперения (синтез пигмента), но ген I является супрессором и подавляет действие гена C – цыплята будут белыми. У второй особи есть ген C и нет гена супрессора (ii) – цыплята будут окрашенными.

Третья и четвертая особи будут белыми, так как в их генотипах нет гена C , детерминирующего синтез пигмента. Таким образом, соотношение окрашенных и неокрашенных цыплят – 1 : 3.

О т в е т: 25% цыплят будут окрашенными, 75% – белыми.

Задача 7. Рост человека контролируется двумя парами генов, взаимодействующих по типу полимерии. В одной популяции самые низкорослые люди имеют все рецессивные гены и рост 150 см, а самые высокие – все доминантные гены и рост 190 см. Определите рост людей, гетерозиготных по всем парам аллелей.

Р е ш е н и е. Запишем условие задачи в виде таблицы:

| Признак | Ген | Генотип |
|-------------|------------|----------------|
| Рост 190 см | L_1, L_2 | $L_1L_1L_2L_2$ |
| Рост 150 см | l_1, l_2 | $l_1l_1l_2l_2$ |

Генетическая запись решения:

$$\begin{array}{l}
 P \quad L_1L_1L_2L_2 \times l_1l_1l_2l_2 \\
 G \quad \textcircled{L_1L_2} \quad \textcircled{l_1l_2} \\
 F_1 \quad \quad \quad L_1l_1L_2l_2
 \end{array}$$

Разница в росте между самыми высокими и самыми низкими людьми составляет (190 см – 150 см = 40 см). Увеличение роста на 40 см дают четыре доминантных гена, следовательно, каждый доминантный ген увеличивает рост на 10 см. У дигетерозигот имеется два доминантных гена, значит, их рост увеличен по сравнению с самыми низкорослыми людьми на 20 см (150 см + 20 см = 170 см), т. е. составляет 170 см.

О т в е т: рост дигетерозиготных людей составит 170 см.

Задачи на сцепление генов

Задача 8. Сколько типов гамет образуется у самца мухи дрозофилы с генотипом $\frac{B}{b} \frac{V}{v}$ и у самца с генотипом $\frac{BV}{bv}$.

Р е ш е н и е. Первая запись показывает, что у самца мухи дрозофилы гены B и V локализованы в разных парах гомологичных хромосом, следовательно, при образовании гамет они свободно комбинируются и образуется четыре типа гамет в равном соотношении (по 25%): BV, Bv, bV, bv . Вторая запись показывает, что гены B и V локализованы в одной хромосоме, а так как у самца мухи дрозофилы кроссинговер не происходит, то верхняя хромосома со своими генами попадет в одну гамету, а нижняя – в другую; образуется два типа гамет (только некроссоверные): BV и bv поровну (по 50%).

О т в е т: в первом случае образуется четыре типа гамет по 25% каждой: BV , bV , bv и bv , а во втором – два типа BV и bv .

Задача 9. Сколько типов гамет и в каком процентном соотношении образуется у самки мухи дрозофилы с генотипом: $\frac{Bv}{bV}$ если из-

вестно, что расстояние между генами B и V равно 10 морганидам?

Р е ш е н и е. Запись генотипа самки мухи дрозофилы показывает, что гены B и V локализованы в одной хромосоме, а так как у нее идет кроссинговер, то образуется четыре типа гамет: две некроссоверные (Bv и bV) и две кроссоверные (BV и bv). Известно, что расстояние между этими генами составляет 10 морганид, следовательно, кроссинговер происходит в 10% случаев и образуется 10% кроссоверных гамет. Кроссоверных гамет две, поэтому каждой из них по 5%. Некроссоверные гаметы образуются в 90% случаев, их тоже две, следовательно, каждой из них по 45%.

О т в е т: образуется четыре типа гамет: две некроссоверные Bv и bV (их по 45%) и две кроссоверные BV и bv (их по 5%).

Задача 10. У человека рецессивный ген гемофилии (несвертываемость крови) локализован в негомологичном участке X -хромосомы (сцеплен с полом). Гетерозиготная женщина вышла замуж за здорового мужчину. Какова вероятность рождения в этой семье ребенка гемофилика?

Р е ш е н и е. Запишем условие задачи в виде таблицы:

| Признак | Ген | Генотип |
|---------------------------------|-------|---------------------|
| Нормальная свертываемость крови | X^H | $X^H X^H$, $X^H Y$ |
| Гемофилия | X^h | $X^h X^h$, $X^h Y$ |

Генетическая запись решения:

$$\begin{array}{l}
 P \quad X^H X^h \times X^H Y \\
 G \quad \textcircled{X^H} \textcircled{X^h} \quad \textcircled{X^H} \textcircled{Y} \\
 F_1 \quad X^H X^H \quad X^H X^h \quad X^H Y \quad X^h Y
 \end{array}$$

Так как гемофилия – признак, сцепленный с полом (ген локализован в негомологичном участке X -хромосомы), и нам известно, что женщина гетерозиготна, то у нее образуется два типа гамет (с геном нормальной свертываемости крови и с геном гемофилии); у ее мужа тоже два типа гамет (с геном нормальной свертываемости крови и с Y -хромосомой). При свободном их комбинировании можно получить потомков четырех возможных генотипов: первый ребенок (девочка) здоров, не является носителем гена гемофилии; второй ребенок (девочка) здоров, является носителем гена гемофилии; третий ребенок (мальчик) здоров; четвертый ребенок (мальчик) болен гемофилией.

О т в е т: вероятность рождения больного ребенка – 25%.

Задачи повышенной сложности

Задача 11. Гены гемофилии (h) и дальтонизма (d) локализованы в X-хромосоме на расстоянии 10 морганид. Женщина, отец которой страдал обоими заболеваниями, а мать таких генов не имела, вышла замуж за здорового мужчину. Определите (в процентах) вероятность рождения ребенка, страдающего одним из заболеваний.

Решение. Запишем условие этих задач в виде таблицы:

| Признак | Ген | Генотип |
|---------------------------------|-------|---------------------|
| Нормальная свертываемость крови | X^H | $X^H X^-$, $X^H Y$ |
| Гемофилия | X^h | $X^h X^h$, $X^h Y$ |
| Нормальное цветоощущение | X^D | $X^D X^-$, $X^D Y$ |
| Дальтонизм | X^d | $X^d X^d$, $X^d Y$ |

Генетическая запись решения:

$$\begin{array}{l}
 P \quad \frac{X^{HD}}{X^{hd}} \times \frac{X^{HD}}{Y} \\
 G \quad \textcircled{X^{HD}} \textcircled{X^{hd}} \textcircled{X^{Hd}} \textcircled{X^{hD}} \textcircled{X^{HD}} \textcircled{Y} \\
 F_1 \quad \begin{array}{cccc}
 \frac{X^{HD}}{X^{HD}} & \frac{X^{hd}}{X^{HD}} & \frac{X^{Hd}}{X^{HD}} & \frac{X^{hD}}{X^{HD}} \\
 \frac{X^{HD}}{Y} & \frac{X^{hd}}{Y} & \frac{X^{Hd}}{Y} & \frac{X^{hD}}{Y}
 \end{array}
 \end{array}$$

Девочки в этой семье будут здоровы, так как все они получили от отца X-хромосомы с генами нормальной свертываемости крови и цветоощущения. Мальчики получили от отца Y-хромосому, не содержащую этих генов. Первый мальчик будет здоров (он получил от матери X-хромосому с генами HD), второй – болен обоими заболеваниями (гены hd), третий – болен гемофилией (ген h), а четвертый – дальтонизмом (ген d). Третий и четвертый мальчики будут развиваться из кроссоверных гамет (X^{Hd} и X^{hD}). Так как расстояние между генами H и D – 10 морганид, то и кроссоверных гамет будет 10% от общего количества (5% гамет X^{Hd} и 5% гамет X^{hD}). Но из кроссоверных гамет развиваются как мальчики, так и девочки (вероятность равная). Следовательно, вероятность рождения ребенка, страдающего одним из заболеваний, равна 5% : 2,5% – гемофилией и 2,5% – дальтонизмом.

Ответ: вероятность рождения ребенка с одним заболеванием – 5%.

Задача 12. Женщина-альбинос (аутосомный рецессивный признак), гетерозиготная по гену дальтонизма, вышла замуж за мужчину-дальтоника (рецессивный X-сцепленный признак), гетерозиготного по гену альбинизма. В остальном у мужчины и женщины благополучные генотипы. Какова вероятность рождения в этой семье детей с обоими заболеваниями?

Решение. Запишем условие в виде таблицы:

| Признак | Ген | Генотип |
|--------------------------|----------------------|---|
| Нормальная пигментация | <i>A</i> | <i>AA, Aa</i> |
| Альбинизм | <i>a</i> | <i>aa</i> |
| Нормальное цветоощущение | <i>X^D</i> | <i>X^DX⁻, X^DY</i> |
| Дальтонизм | <i>X^d</i> | <i>X^dX^d, X^dY</i> |

Генетическая запись решения:

$$\begin{array}{l}
 P \quad aaX^DX^d \times AaX^dY \\
 G \quad \begin{array}{cccc}
 \textcircled{aX^D} & \textcircled{aX^d} & \textcircled{AX^d} & \textcircled{aX^d} & \textcircled{AY} & \textcircled{aY}
 \end{array} \\
 F_1 \quad \begin{array}{cccc}
 AaX^DX^d & aaX^Dx^d & AaX^dX^d & aaX^dX^d \\
 AaX^DY & AaX^dY & aaX^DY & aaX^dY
 \end{array}
 \end{array}$$

Ответ: двое из восьми детей будут альбиносами и дальтониками (aaX^dX^d ; aaX^dY), следовательно, $2/8$ ($1/4$, или 25%) детей будут иметь оба заболевания.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие типы гамет дают особи со следующими генотипами:

1) *BB*; 2) *bb*; 3) *Bb*; 4) *BbDD*; 5) *BbDdcc*; 6) *BbDdCC*; 7) *BbDdCc*;

8) *BBDDcc*; 9) *bbDDcc*; 10) мужчина с генотипом $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$; 11) жен-

щина с генотипом $\frac{Ad}{aD}$?

2. У томатов ген, обуславливающий красный цвет плодов, доминирует над геном желтой окраски. Какие по цвету плоды окажутся у растений при скрещивании: 1) гомозиготных красных с желтыми; 2) гетерозиготных красных с желтыми; 3) гетерозиготных красных друг с другом?

3. У человека карий цвет глаз доминирует над голубым. Муж и жена кареглазые, а первый ребенок в семье – голубоглазый. Определите генотипы родителей.

4. При скрещивании растения красноплодной земляники всегда дают потомство с красными ягодами, а белоплодной – с белыми. В результате скрещивания обоих сортов получаются розовые ягоды. 1) Какое потомство возникнет при скрещивании гибридных растений земляники с розовыми ягодами? 2) Какое потомство получится при опылении красноплодной земляники пыльцой гибридного растения с розовыми ягодами?

5. У человека шестипалость детерминирована доминантным геном P , а пятипалость – его аллелью p . 1) Какова вероятность рождения пятипалого ребенка в семье, где оба родителя гетерозиготные шестипалые? 2) Один родитель гомозиготный шестипалый, а другой пятипалый? 3) Оба родителя пятипалые?

6. У человека карий цвет глаз доминирует над голубым, а способность лучше владеть правой рукой доминирует над леворукостью. 1) Кареглазый правша женился на голубоглазой левше. Какие признаки можно ожидать у детей в случае, если мужчина гомозиготен по обоим признакам, и в случае, когда он гетерозиготен? 2) Голубоглазый правша женился на кареглазой правше. У них родилось двое детей – кареглазый левша и голубоглазый правша. Каковы генотипы родителей? 3) Голубоглазый правша (отец которого был левшой) женился на кареглазой левше из семьи, все члены которой в течение нескольких поколений имели карие глаза. Какое потомство в отношении этих двух признаков следует ожидать от такого брака? 4) Кареглазый правша женился на голубоглазой правше. Их первый ребенок левша и имеет голубые глаза. Какова вероятность рождения второго ребенка с таким же сочетанием признаков?

7. Четыре группы крови по АВО системе у человека обусловлены тремя аллелями одного гена: I^0 , I^A и I^B : группа крови I(0) – рецессивной аллелью I^0 , II(A) – аллелью I^A , III(B) – аллелью I^B , а IV(AB) – аллелями I^A и I^B одновременно. Ген I^0 рецессивен по отношению к генам I^A и I^B ($I^0 < I^A = I^B$). 1) У женщины вторая группа крови, а у ее супруга – первая. Какие группы крови возможны у их детей в случае, если женщина гомозиготна, и когда она гетерозиготна? 2) У женщины третья группа крови (ее мать имела первую группу крови), а у ее супруга – четвертая. Какие группы крови возможны у их детей?

8. У кроликов сплошная темная окраска шерсти обусловлена доминантным геном A , животные с белой шерстью – рецессивные гомозиготы (aa). Сплошная серая окраска (шиншилловая) определяется геном a^{ch} . Ген A доминантен по отношению ко всем аллелям, ген a^{ch} рецессивен по отношению к гену A , но доминантен по отношению к гену a . Три самки кроликов с темной окраской шерсти скрещены с белым самцом. В первом случае получили все поколение с темной шерстью, во втором – половина потомков с темной и половина с шиншилловой окраской шерсти, а в третьем – половина с темной и половина с белой окраской шерсти. Определите генотипы самок.

9. У душистого горошка красно-фиолетовая окраска цветков обусловлена сочетанием двух комплементарных доминантных генов

А и В. В отсутствие одного из них или обоих пигмент не образуется и цветки белые. Цветки дигетерозиготного красно-фиолетового растения опылены пылью белого, рецессивного по обоим парам аллелей. Определите характер расщепления по фенотипу у потомков в поколении F_1 .

10. У кур ген С обуславливает окрашенное оперение, а его аллель с – белое оперение. Доминантный ген из другой аллельной пары (I) подавляет проявление окраски, а ген i позволяет гену С проявлять свое действие. Дигетерозиготная курица скрещена с гомозиготным рецессивным петухом. Какое оперение будет у особей в поколении F_1 ?

11. Длина ушей кроликов породы баран – 30 см (гомозиготы доминантные), а у обычных пород – 10 см (гомозиготы рецессивные). Скрещены кролики породы баран и обычной. Определите длину ушей у гибридов первого поколения, если известно, что она определяется двумя парами генов.

12. Какие типы гамет образуются: 1) у женщины с генотипом $\frac{AB}{ab}$; 2) у мужчины с генотипом $\frac{Dv N}{dV n}$?

13. У мухи дрозофилы ген В определяет серый цвет тела, а его аллель b – черный. Ген V детерминирует развитие длинных крыльев, а его аллель v – коротких. Эти гены расположены в одной паре аутосом на расстоянии 17 морганид. Какие типы гамет образуются: 1) у самца с генотипом $\frac{BV}{bv}$; 2) у самки с генотипом $\frac{Bv}{bV}$?

14. У человека дальтонизм (цветовая слепота) – рецессивный признак, сцепленный с полом, а нормальное цветоощущение – его доминантная аллель. 1) Здоровая женщина, гетерозиготная по гену дальтонизма, вышла замуж за здорового мужчину. Какова вероятность того, что их ребенок будет дальтоником? 2) Женщина здорова и гомозиготна по гену нормального цветоощущения, а ее муж – дальтоник. Будут ли дальтониками их дети? 3) Отец и сын – дальтоники, а мать различает цвета нормально. Правильно ли будет утверждать, что сын унаследовал недостаток зрения от отца? Ответ проиллюстрируйте записью брака.

15. Кареглазая женщина-правша с нормальным зрением вышла замуж за мужчину-правшу, голубоглазого и дальтоника. У них родилась дочь левша, голубоглазая и дальтоник. Какова вероятность того, что следующий ребенок в этой семье будет левшой, голубоглазой и дальтоником?

16. Женщина-альбинос (аутосомный рецессивный признак) с первой группой крови, гетерозиготная по гену гемофилии (X-сцепленный рецессивный признак), вышла замуж за мужчину-гемофилика с четвертой группой крови. В остальном у мужчины и женщины благополучные генотипы. Какова вероятность рождения в этой семье: 1) детей-гемофиликов со второй группой крови и с нормальной пигментацией кожи; 2) детей-альбиносов с третьей группой крови и нормальной свертываемостью крови?

ОТВЕТЫ

1. 1) B ; 2) b ; 3) B, b ; 4) BD, bD ; 5) BDC, Bdc, bDc, bdc ; 6) BDC, Bdc, bDC, bdc ; 7) BDC, Bdc, bDC, bdc ; 8) BDC, Bdc, bDC, bdc ; 9) bDc ; 10) AB, Ab, aB, ab ; 11) некросоверные гаметы – Ad, aD , кроссоверные гаметы – AD, ad .

2. 1) 100% красных; 2) 50% красных, 50% желтых; 3) 75% красных, 25% желтых.

3. Aa и Aa .

4. 1) 25% с красными плодами, 50% с розовыми и 25% с белыми; 2) 50% с красными ягодами и 50% с розовыми.

5. 1) 25% (pp); 2) 0%; 3) 100% (aa).

6. 1) Если мужчина гомозиготен по обоим признакам, то все дети будут кареглазыми правшами ($AaBb$). Если мужчина гетерозиготен, то потомство будет следующим: 25% кареглазых правшей ($A-B-$), 25% кареглазых левшей ($A-bb$), 25% голубоглазых правшей ($aaB-$), 25% голубоглазых левшей ($aabb$); 2) мать дигетерозиготна ($AaBb$), а отец гомозиготен по первой паре аллелей и гетерозиготен по второй ($aaBb$); 3) 50% кареглазых правшей ($AaBb$) и 50% кареглазых левшей ($Aabb$);

4) 12,5%.

7. 1) В первом случае все дети (100%) будут иметь вторую группу крови (гетерозиготы, $I^A I^0$), во втором случае 50% детей будут иметь первую группу крови ($I^0 I^0$) и 50% – вторую ($I^A I^0$); 2) II ($I^A I^0$), III ($I^B I^0, I^B I^B$), IV ($I^A I^B$).

8. В первом случае – AA , во втором – Aa^{ch} , в третьем – Aa .

9. 25% с красно-фиолетовыми цветками ($A-B-$), 75% – с белыми ($A-bb, aaB-, aabb$).

10. 25% с окрашенным оперением ($C-ii$), 75% – с белым ($C-I-, ccI-, ccii$).

11. 20 см.

12. 1) AB, ab, Ab, aB ; 2) $DvN, Dvn, dVN, dVn, DVN, DVn, dvN, dvn$.

13. 1) Два типа гамет (некросоверные): BV и bv по 50% каждой; 2) четыре типа гамет: две некросоверные – BV и bV по 41,5% каждой и две кроссоверные – Bv и bv по 8,5% каждой.

14. 1) 25%; 2) 0%; 3) нет, сын унаследовал ген дальтонизма от матери. Генетическая запись брака:

$$\begin{array}{l}
 P \quad X^D X^d \quad \times \quad X^d Y \\
 G \quad \textcircled{X^D} \quad \textcircled{X^d} \quad \textcircled{X^d} \quad \textcircled{Y} \\
 F_1 \quad X^D X^d \quad X^d X^d \quad X^D Y \quad X^d Y
 \end{array}$$

15. 6,25%. 16. 1) 25%; 2) 0%.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Все существующие гипотезы происхождения жизни на Земле можно объединить в пять групп.

Гипотеза креационизма (от лат. creatio – сотворение) предполагает сотворение жизни сверхъестественным существом – Творцом. Процесс божественного сотворения мира мыслится как имевший место лишь однажды и поэтому недоступный для наблюдения. Так как наука занимается только теми явлениями, которые поддаются наблюдению, то она никогда не сможет окончательно ни доказать, ни опровергнуть эту концепцию.

Согласно **гипотезе стационарного состояния**, или **этернизма** (от лат. eternus – вечный), Земля и жизнь на ней никогда не возникала, а существовала вечно. Гипотеза этернизма была выдвинута немецким ученым В. Прайером (1880 г.) и поддерживалась В.И. Вернадским. Сторонники этой гипотезы предполагали, что живое могло происходить только от живого (**гипотеза биогенеза**). В настоящее время хорошо известно, что Земля длительное время была необитаема.

Гипотеза о повсеместном распространении во Вселенной зародышей живых существ – панспермия (от греч. pan – все и sperma – семя) примыкает к гипотезам стационарного состояния, так как ее сторонники поддерживают идею о вечном существовании жизни во Вселенной. Она была предложена немецким ученым Г. Рихтером (1865 г.) и поддержана физиками Г. Гельмгольцем, С. Аррениусом и др. Согласно их представлениям, споры бактерий и других организмов могли быть занесены на Землю метеоритами, космической пылью, давлением световых лучей. В последнее время доказана высокая устойчивость живых организмов к неблагоприятным воздействиям, и, в частности, к низким температурам. Исходя из универсальности генетического кода английский биофизик Ф. Крик поддерживает гипотезу панспермии, но считает, что жизнь на Землю занесена космическими пришельцами. Эта гипотеза представляет интерес с точки зрения существования

жизни на других планетах, но она не дает ответа на вопрос о ее происхождении.

Гипотезы абиогенеза предполагают возникновение жизни из неживой природы. Такие идеи были распространены в древнем Китае, Вавилоне и Египте. Стронником теории самопроизвольного зарождения живого был древнегреческий философ и ученый Аристотель (384–322 гг. до н. э.), предполагавший, что насекомые и лягушки могут заводиться в сырой почве. В дальнейшем в качестве доказательств сторонники этих гипотез приводили многочисленные примеры появления микроорганизмов, плесневых грибов и личинок мух на портящихся продуктах и нечистотах. В 1668 г. итальянский врач Ф. Реди опроверг эти представления. Он поместил кусочки мяса в сосуды, часть из которых закрыл кисеей, а часть оставил открытыми. Естественно, что в открытых сосудах вскоре появились личинки мух, а в закрытых они не вывелись. В 1765 г. итальянский ученый Л. Спалланцани прокипятил в течение нескольких часов мясные и овощные бульоны, которые тут же запалял. Через несколько дней в бульонах отсутствовали признаки жизни.

Во второй половине XVIII в. сторонники в и т а л и з м а (от лат. *vitalis* – жизненный), утверждали, что существует «жизненная сила», без которой не может произойти появление живых существ из неживого. Противники точки зрения Л. Спалланцани считали, что в закрытых после кипячения колбах «портится» воздух и в них не может проникнуть «жизненная сила». Это предположение опроверг французский микробиолог Л. Пастер (1859 г.). Он поместил в колбы с длинными S-образными горлышками питательную среду и прокипятил ее, убив все находящиеся там микроорганизмы. Через S-образную трубку «жизненная сила» могла свободно проходить в колбы, а бактерии и их споры оседали на стенках трубки. В этих условиях никакого «самозарождения» жизни не наблюдалось. Когда же S-образные горлышки были отломаны, микроорганизмы смогли свободно проникать в питательную среду, и наблюдался их бурный рост. Таким образом, было окончательно доказано, что в современных условиях самозарождение жизни невозможно, т. е. справедлива теория абиогенеза.

Доказательства невозможности самозарождения жизни в современных условиях выдвинули на повестку дня вопрос об условиях и способах происхождения первых живых организмов.

Наибольшее признание в XX в. получила **биохимическая гипотеза происхождения жизни на Земле**, предложенная советским биохимиком А.И. Опариным (1924 г.) и независимо от него английским биохимиком Дж. Холдейном (1929 г.). Базируясь на гипотезе Опарина–Холдейна, английский ученый Дж. Бернал (1947 г.) сформулировал **гипотезу биопоэза**, согласно которой возникновение жизни на Земле происходило в т р и э т а п а :

- ✦ абиогенное возникновение органических мономеров,
- ✦ образование биополимеров,
- ✦ формирование мембранных структур и первых самовоспроизводящихся организмов.

Первым этапом биопоэза стал абиогенный синтез простых органических соединений. Земля как планета возникла около 4,5 млрд лет назад. Температура ее поверхности была очень высокой (4–5 тыс. °С). По мере снижения температуры углерод и тугоплавкие металлы (железо, алюминий, кальций, магний и др.) конденсировались и образовали земную кору (около 3,9 млрд лет назад). Вода долгое время находилась в парообразном состоянии и, конденсируясь в верхних слоях атмосферы, выпадала на раскаленную поверхность. К этому моменту начала формироваться первичная атмосфера, состоящая из паров воды, аммиака, диоксида углерода, метана и цианистого водорода. Легкие газы (водород, гелий, азот, кислород и аргон) уходили из атмосферы. При дальнейшем остывании Земли у ее поверхности происходила конденсация паров воды, что привело к образованию первичного океана.

Мощные электрические разряды и излучения (космическое и солнечное в отсутствие озонового слоя) и постоянная вулканическая деятельность привели к образованию простых органических соединений: формальдегида, муравьиной и молочной кислот, мочевины, глицерина и некоторых простых аминокислот. Так как свободного кислорода в атмосфере не было, то эти соединения не окислялись, а накапливались в водах первичного океана, образуя так называемый «*первичный бульон*». Продолжительность этих процессов составляла многие миллионы и де-

сятки миллионов лет. Вероятно, так осуществился первый этап биопоэза – образование и накопление органических мономеров.

Первый этап биохимической эволюции был подтвержден экспериментально американским биохимиком С. Миллером (1953 г.). Он сконструировал аппарат, «атмосферой» в котором служила смесь аммиака, водорода и метана, а вода – «первичным океаном». Воду нагревали, а через смесь газов пропускали электрические разряды. После непрерывной работы прибора в течение недели были получены некоторые органические соединения: аминокислоты, простые сахара, альдегиды и аденин. Опыты Миллера были многократно повторены со смесями разных газов и с разными источниками энергии: во всех случаях при отсутствии кислорода удавалось получить целый спектр различных простых органических соединений. В дальнейшем американским ученым Дж. Оро в сходных условиях были получены аденин, урацил и нуклеотиды.

На втором этапе биопоэза происходило образование биополимеров из простых органических соединений. Значительная часть возникших мономеров разрушалась, а некоторые могли вступать в соединение друг с другом (реакции конденсации и полимеризации). Этому способствовало повышение концентрации органических соединений при адсорбции органических веществ на глинах, подсыхании водоемов и т. п. Аминокислоты, соединяясь друг с другом, образовывали полипептиды, моносахариды – полисахариды, а нуклеотиды – нуклеиновые кислоты. Первыми нуклеиновыми кислотами, вероятно, были небольшие цепи РНК, поскольку, как и небольшие полипептиды, могли синтезироваться в среде с высоким содержанием минеральных компонентов (служили катализаторами) без участия ферментов. Жирные кислоты, соединяясь со спиртами, могли образовывать липиды, покрывающие жировой пленкой поверхность водоемов. Вторым этапом биопоэза так же нашел экспериментальное подтверждение: американский ученый Л. Орджел в восстановительной атмосфере синтезировал полинуклеотидные цепи длиной в 6 мономеров, а С. Акабюри получил простые полипептиды.

Теория А.И. Опарина завоевала широкое признание, но она оставила открытым вопрос о переходе от сложных

органических веществ к простейшим живым организмам. А.И. Опарин полагал, что *решающая роль в превращении неживого в живое принадлежит белкам*, поскольку их молекулы способны образовывать гидрофильные комплексы, покрытые сольватными оболочками (связанная вода). Такие комплексы способны сливаться друг с другом и образовывать *коацерваты* (от лат. coacervus – сгусток). Коацерваты обладали способностью поглощать различные вещества из окружающей среды. При поглощении ионов металлов могли образовываться ферменты, значительно ускоряющие течение биохимических реакций. На определенном этапе развития в состав отдельных коацерватов начали входить молекулы РНК, а затем и ДНК. Молекулы ДНК в силу особенностей структуры (двойная спираль) и способности к точной репликации стали главными носителями информации о синтезе полипептидов.

Третьим этапом биопоза было формирование мембран и появление самовоспроизведения. Произошло это около 3,5 млрд лет назад. *Элементарные мембраны* изолировали и защищали коацерваты от окружающей среды. Мембраны образовались, вероятно, из липидных пленок. При волнении водоемов могли возникать пузырьки, внутри которых оказывались коацерваты.

В живые организмы могли превратиться только те коацерваты, которые стали способны к саморегуляции и самовоспроизведению, т. е. содержали белки и нуклеиновые кислоты. Увеличение размеров коацерватов и их фрагментация вызвали, возможно, образование идентичных коацерватов («размножение»). Такая предположительная последовательность событий могла привести к возникновению примитивных самовоспроизводящихся гетеротрофных организмов – *протобионтов*, которые питались органическими веществами «первичного бульона». С появлением устойчивых механизмов воспроизведения генетической информации закончилась *эпоха химической эволюции* и наступила *эра эволюции биологической*.

Первыми живыми организмами были *прокариоты, анаэробные гетеротрофы*, так как в атмосфере еще не было свободного кислорода, а в первичном океане достаточно органических веществ. Постепенно запасы органических веществ в «первичном бульоне» истощались. Дальнейшее развитие жизни стало возможным благодаря появлению

автотрофных анаэробов. *Первые автотрофы*, вероятно, с помощью энергии солнечного света окисляли сероводород до сульфатов, а высвобождающийся при этом водород использовали для восстановления диоксида углерода до углеводов. При этом кислород не выделялся. Следующим шагом в эволюции было возникновение *фотосинтезирующих организмов*, использующих воду в качестве источника водорода с выделением свободного кислорода. Первыми такими организмами были, вероятно, цианобактерии. *Фотосинтез с выделением кислорода оказал решающее влияние на дальнейшее развитие живого*. С развитием автотрофного питания были созданы условия для появления огромного разнообразия как автотрофных, так и гетеротрофных организмов.

Атмосфера постепенно насыщалась кислородом, и, когда его содержание составило около 3%, появились *первые аэробы* – организмы, способные к более выгодному кислородному этапу энергетического обмена.

В верхней части атмосферы сформировался *озоновый экран*, защищающий живые существа от губительного действия коротковолновых ультрафиолетовых лучей, что позволило им выйти на поверхность воды и суши.

Следующим важным этапом эволюции явилось *появление эукариотических одноклеточных организмов*. Это произошло около 1,5 млрд лет назад. Существуют **две главные гипотезы происхождения эукариотических клеток**: инвагинационная и симбиотическая.

Согласно *инвагинационной (аутогенной) гипотезе*, эукариотические клетки появились путем впячивания и отшнуровывания участков мембран с частями цитоплазмы прокариотической клетки, в которой одновременно находилось несколько геномов, прикрепленных к клеточной мембране, с последующей специализацией их в ядро, митохондрии и хлоропласты.

Более популярна в настоящее время *симбиотическая гипотеза происхождения эукариотических клеток*, детально разработанная американским ученым Л.С. Маргулис. Согласно этой гипотезе, исходной клеткой была прокариотическая анаэробная гетеротрофная, способная к амебоидному движению, которая питалась более мелкими клетками, например аэробными бактериями. В цитоплазме некоторых клеток аэробные бактерии не пе-

реваривались, а превращались в митохондрии. Сходное происхождение имеют, вероятно, центриоли, реснички и жгутики, появившиеся вследствие симбиоза таких клеток со спирохетоподобной бактерией. В результате появления органоидов движения значительно увеличилась подвижность организмов, что способствовало нахождению ими пищи. Постепенно часть цитоплазмы, содержащая основное количество ДНК, отделилась от остальной части мембраной – сформировалось ядро. Такая клетка могла стать исходной для возникновения одноклеточных жгутиконосцев, которые в процессе эволюции дали начало царствам грибов и животных. Некоторые из подвижных эукариот могли вступить в симбиоз с цианобактериями, которые со временем преобразовались в хлоропласты. Так появились фотосинтезирующие жгутиконосцы, давшие впоследствии начало царству растений.

В ходе дальнейшей биологической эволюции благодаря целой серии ароморфозов появились *многоклеточные организмы*. Они обладают рядом преимуществ перед одноклеточными: способны к более длительному существованию, специализации клеток, развитию органов, обеспечивающих активное передвижение, добывание и переваривание пищи и т. п.

Все многоклеточные при половом размножении развиваются из одной клетки – *зиготы*. Этот факт позволяет предположить, что они произошли от протистов. Считают, что *все многоклеточные произошли от колониальных жгутиковых протистов*. **Гипотезы происхождения многоклеточных** были предложены в конце XIX в. немецким зоологом Э. Геккелем и русским ученым И.И. Мечниковым.

Геккель считал, что многоклеточные произошли от колониальных жгутиковых (типа вольвокса), вследствие впячивания одного полюса внутрь колонии с образованием второго внутреннего слоя клеток, как при образовании гастрюлы путем инвагинации. Такой организм был назван *гастреей*. Гастрея имела двухслойную стенку тела, внутри которой помещалась кишечная полость, сообщающаяся с внешней средой ртом (как у современных примитивных кишечнополостных).

Мечников предполагал, что предками многоклеточных были колониальные жгутиковые, которые питались посредством фагоцитоза. Клетки наружного слоя захватыва-

История развития органического мира на Земле и основные ароморфозы

| Эры, их возраст и длительность (млн лет) | Периоды и их длительность (млн лет) | Состояние животного и растительного мира | Важнейшие ароморфозы |
|--|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Архейская 3500 900 | | Жизнь в водной среде: бактерии и синезеленые водоросли. В конце эры появились эукариотические клетки, а на границе архейской и протерозойской эр – половой процесс и первые многоклеточные организмы | Фотосинтез, эукариотические клетки, половой процесс, многоклеточность |
| Протерозойская (ранней жизни) 2700 2000 | | Жизнь сосредоточена в воде. Развились эукариотические одно- и многоклеточные организмы, возникли все отделы водорослей и беспозвоночных животных. Появились первые хордовые (бесчерепные) | Двусторонняя симметрия, трехслойность, системы органов, осевые органы хордовых |
| Палеозойская (древней жизни) 570 340 | Кембрийский 70 Ордовикский 60 | Широкое распространение водорослей. Расцвет морских беспозвоночных: моллюсков, трилобитов | |
| | Силурийский 30 | Выход растений на сушу (псилофиты). Расцвет кораллов и трилобитов. Появление первых позвоночных, щитковых и наземных беспозвоночных: многоножек, скорпионов, бескрылых насекомых | Дифференцировка тела растений на ткани; разделение тела животных на отделы; образование чешуи и поясов конечностей у позвоночных |

ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ

| 1 | 2 | 3 | 3 |
|--|--------------------------|---|--|
| | Девонский 60 | Расцвет псилофитов и появление папоротниковидных. Бурное развитие рыб, появление кистеперых рыб и стегоцефалов – первых наземных позвоночных | Разделение тела растений на органы; преобразование плавников в наземные конечности; появления органов воздушного дыхания |
| | Каменноугольный 75–65 | Мощный расцвет папоротниковидных, появление семенных папоротников. Расцвет земноводных, появление пресмыкающихся и крылатых насекомых | Внутреннее оплодотворение, плотные оболочки яйца, ороговение кожи |
| | Пермский 55 | Вымирание древовидных папоротниковобразных, распространение голосеменных. Вымирание трилобитов, развитие пресмыкающихся и насекомых, появление звероподобных пресмыкающихся | Образование пыльцевой трубки и семени |
| | Триасовый 35 | Исчезновение семенных папоротников, развитие хвойных. Начало расцвета пресмыкающихся, появление настоящих костистых рыб и первых млекопитающих | Четырехкамерное сердце, полное разделение артериального и венозного кровотока, теплокровность, млечные железы |
| Мезозойская (средней жизни) 230 163 | Юрский 58 | Господство голосеменных и пресмыкающихся. Появление археоптерикса. Расцвет головоногих моллюсков | |
| | Меловой 70 | Резкое сокращение числа папоротников и голосеменных. Появление и распространение покрытосеменных. Появление высших млекопитающих и настоящих птиц | Возникновение цветка и плода; появление матки |

| | | | |
|---|-------------------|--|--|
| Кайнозойская (новой жизни) 67 67 | Палеоген 42 | Господство покрытосеменных растений, пышное развитие тропической растительности. Расцвет млекопитающих, птиц, насекомых. Появление паразитиков и дирипитеков | |
| | Неоген 23,5 | Отступление тропической растительности к югу, развитие кустарников и трав. Господство млекопитающих, птиц, насекомых – появление их разнообразных отрядов | |
| | Антропоген 1,5 | Появление и развитие человека. Растительный и животный мир принял современный облик | Интенсивное развитие коры головного мозга, прямохождение |

ли пищевые частицы, становились тяжелее и погружались внутрь колонии, теряя при этом жгутик. После переваривания пищи они опять поднимались на поверхность и восстанавливали жгутик. Постепенно эти клетки потеряли способность мигрировать, размножились и образовали внутри колонии второй слой клеток: возник двухслойный организм – ф а г о ц и т е л л а. В дальнейшем произошло разделение функций клеток: клетки эктодермы стали выполнять защитную и двигательную функции, а энтодермы – пищеварительную.

Таким образом, постепенно химическая эволюция привела к биологической, т. е. к появлению на Земле живых существ – прокариот, затем эукариот и наконец многоклеточных организмов, эволюция которых продолжается и поныне. Дальнейший ход эволюции органического мира описан в табл. 13.

РАЗВИТИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

.....
Эволюционное учение – это раздел биологии, изучающий общие закономерности и движущие силы исторического развития органического мира.
.....

Первые представления о развитии и единстве живой природы высказывались еще античными философами (Эмпидоклом, Демокритом, Лукрецием, Гиппократом, Аристотелем и др.). В средние века в условиях господства церкви их материалистические идеи преследовались.

С развитием капитализма, географическими открытиями, расширением торговли произошло знакомство с новыми видами животных и растений. Для науки этого периода характерно метафизическое мировоззрение – креационизм. Сущность его заключается в представлениях о *постоянстве, неизменности и изначальной целесообразности природы*. Вечны и неизменны Земля, реки, горы, виды животных и растений. Под изначальной целесообразностью понимали полное соответствие организма или органа цели, якобы поставленной Творцом при его создании.

Ярким представителем метафизического мировоззрения был шведский ученый **К. Линней (1707–1778)**. В своем труде «Система природы» он описал большое количе-

ство растений и животных, ввел около 1000 ботанических терминов. Каждому виду животных и растений было присвоено двойное обозначение (существительное – название рода и прилагательное – наименование вида; например: кошка домашняя).

Линней впервые обосновал вид как универсальную единицу и основную форму существования живого. Под видом он понимал совокупность сходных по строению особей, свободно скрещивающихся и дающих плодovитое потомство. Термин «вид» ввел в употребление английский ботаник Дж. Рей (1627–1705). Линней разработал основные принципы систематики растений и животных: объединил сходные виды в роды, которые сгруппировал в отряды, а отряды – в классы. Единые названия растений и животных значительно упростили терминологию и способствовали взаимопониманию ученых.

Линней предложил первую классификацию растений и животных. Например, на основе особенностей кровеносной и дыхательной систем он разделил животный мир на 6 классов: Млекопитающие, Птицы, Гады (земноводные и пресмыкающиеся), Рыбы, Насекомые и Черви (к червям он отнес губок, кишечнополостных и моллюсков). В классе млекопитающих ученый выделил 17 отрядов и к высшему отряду приматов отнес человекообразных обезьян и человека.

Созданная Линнеем классификация носила искусственный характер, так как основывалась не на главных свойствах организмов и их исторических связях, а на чисто внешних признаках. Например, цветковые растения классифицировались по форме, величине и числу тычинок и пестиков. Линней понимал искусственность своей систематики и указывал на необходимость создания естественной системы с учетом совокупности признаков организмов. Он придерживался метафизических, религиозных представлений. Каждый вид, с его точки зрения, представлял потомство одной пары животных или растений, сотворенных богом, и с тех пор постоянных и неизменных. Несмотря на это, проделанная ученым работа по систематизации растений и животных сыграла значительную роль в изучении живой природы.

Развитие естествознания в конце XVIII – начале XIX в. ознаменовалось усилением материалистических представлений. Некоторые ученые высказывали мнение о ес-

тественном возникновении мира и его постепенном развитии и обновлении. Такое направление в биологии получило название *т р а н с ф о р м и з м а* (от лат. *transforme* – преобразовывать). Представителями трансформизма были М.В. Ломоносов, К.Ф. Вульф, Э.Ж. Сент-Илер, Ж. Бюффон, Ж.Б. Ламарк.

Основы первого учения об эволюции органического мира были разработаны и опубликованы в труде «Философия зоологии» (1809 г.) французским естествоиспытателем **Ж.Б. Ламарком** (1744–1829). Изучая животный и растительный мир, Ламарк обратил внимание на существование в природе переходных форм между видами и на этом основании сделал вывод об их изменчивости. Он предположил, что все многообразие животных и растений является результатом эволюции, т. е. исторического развития живой природы. Ламарк создал более совершенную, чем Линней, классификацию животного мира. Работая систематику животных, он совершенно правильно подметил основное направление эволюционного процесса – постепенное усложнение организации от низших форм к высшим, которое он назвал *градацией*. Под градацией Ламарк понимал последовательные ступени усложнения организации от протистов до млекопитающих. В животном мире он выделил 14 классов, разделенных на 6 градаций (ступеней).

Ламарк определил две основные причины эволюции:

- 1) внутреннее стремление организмов к совершенствованию;
- 2) способность организмов целесообразно реагировать на изменения условий существования.

Растения, по Ламарку, изменяются под действием факторов внешней среды непосредственно (например, листья у болотного лютика), а животные – опосредованно, через воздействие на нервную систему, что влечет за собой изменение привычек. Вследствие этого одни органы, необходимые в новых условиях, постоянно упражняются и развиваются (шея у жирафа), а другие, вследствие неупражнения атрофируются (глаза у крота). Согласно представлениям Ламарка, признаки, приобретенные организмом в течение индивидуальной жизни при последовательном воздействии среды на многие поколения, передаются по наследству. Этим явлением он объяснял приспособленность организмов к среде обитания. Ламарк развивал гипотезу о естественном

происхождении человека, считая, что он произошел от обезьяноподобных предков, перешедших к наземному образу жизни.

Таким образом, Ламарк объединил идею об изменемости видов с идеей прогрессивной эволюции, однако не смог вскрыть механизмы эволюционного процесса. Его гипотеза о наследовании приобретенных признаков оказалась несостоятельной, а утверждение о внутреннем стремлении организмов к усовершенствованию – ненаучным.

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИЯ ДАРВИНА

Великий английский ученый **Ч. Дарвин** (1809–1882) разработал научную теорию эволюции живой природы путем естественного отбора на основе синтеза огромного количества фактов из различных областей науки и сельскохозяйственной практики. Возникновение эволюционной теории Дарвина имело социально-экономические и естественно-научные предпосылки. *К социально-экономическим предпосылкам* следует отнести интенсивное развитие капитализма в Англии, ставшей великой промышленной и колониальной державой. Шел интенсивный рост городов, требовавший быстрого повышения продуктивности сельского хозяйства, в результате чего развернулась большая селекционная работа, проводились многочисленные научные экспедиции. Появились экономические учения А. Смита о «свободной конкуренции» и Т. Мальтуса о народонаселении. Мальтус считал, что народонаселение растет в геометрической прогрессии, а средства существования – в арифметической. *Естественно-научными предпосылками создания эволюционной теории* послужили успехи систематики растений и животных, развитие биогеографии, сравнительной анатомии, эмбриологии и палеонтологии, создание клеточной теории и эволюционного учения Ламарка.

В 1859 г. Дарвин опубликовал свою основную работу «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение пород в борьбе за жизнь», в которой впервые в истории биологии с материалистических позиций объяснил происхождение видов животных и растений.

Центральным звеном эволюционной теории Дарвина является учение о наследственности, изменчивости и естественном отборе.

Наследственность – это способность дочерних организмов быть похожими на своих родителей. Связь между поколениями осуществляется посредством размножения. Наследственные свойства передаются из поколения в поколение через половые клетки (при половом размножении).

Изменчивость – это способность дочерних организмов отличаться от родительских форм (свойство, противоположное наследственности). Дарвин различал определенную, неопределенную и соотносительную изменчивость.

Определенная (групповая) изменчивость – это появление сходных признаков у особей одного вида под влиянием одинаковых условий среды. Например, белокочанная капуста при выращивании в жарких странах не образует кочана; у овец при содержании в холодных условиях растет более густая шерсть. Эти изменения ненаследственны, так как при перенесении организмов в исходные условия проявляются первоначальные признаки.

Неопределенная (индивидуальная) изменчивость – это возникновение различных изменений у особей одного вида под действием сходных условий. Неопределенная изменчивость является наследственной, так как она передается потомкам. Например, в стаде овец появился барашек с короткими ногами, и этот признак начал передаваться по наследству.

Дарвин понимал организм как целостную систему, отдельные части которой тесно связаны между собой. Поэтому он выделил еще и **соотносительную (коррелятивную) изменчивость**, когда изменение одного органа или признака влечет за собой изменения других органов и признаков. Например, длинные конечности у животных почти всегда сопровождаются длинной шеей, голуби с оперением на ногах имеют перепонки между пальцами и др.

Искусственный отбор – это отбор, производимый человеком с целью получения особей, обладающих ценными для человека наследственными признаками. Дарвин глубоко изучил многовековую практику земледелия и животноводства и пришел к выводу, что многообразие пород домашних животных и сортов растений является результатом наследственной изменчивости и искусственного отбора. Он доказал, что многочисленные породы голубей про-

изошли от одного дикого предка – скалистого голубя, все породы кур – от банкивской курицы, породы свиней – от дикого кабана и т. д.

Искусственный отбор начал осуществляться с первых этапов земледелия и одомашнивания животных. Тогда человек не ставил перед собой задачу улучшить или изменить породу, а просто уничтожал или использовал в пищу в первую очередь менее ценных животных, например коров с низкими надоями, кур с низкой яйценоскостью. Такой отбор называют *бессознательным*.

В дальнейшем начал производиться методический отбор, т. е. искусственный отбор с заранее поставленной целью. Такой отбор, осуществлявшийся в течение многих поколений, привел к резкому изменению целого ряда признаков и свойств животных и растений, сделал их приспособленными к потребностям человека. Искусственный отбор – это творческий процесс накопления нового наследственного материала, все более отличающегося от исходного набором положительных для человека признаков.

Следует отметить, что породы одного вида домашних животных и одного вида культурных растений различаются между собой теми признаками, ради которых их разводит человек. Например, породы крупного рогатого скота отличаются по количеству мяса и удоям, породы овец – по количеству и качеству шерсти, сорта декоративных растений – по форме, размерам и окраске цветков и т. д.

Таким образом, движущими силами выведения пород и сортов являются наследственная изменчивость и производимый человеком отбор.

Задумавшись над причинами эволюции в естественных условиях, Дарвин установил, что интенсивность размножения организмов идет в геометрической прогрессии, однако численность взрослых особей каждого вида длительно сохраняется на одном уровне. Например, одна аскарида за сутки выделяет 240 000 яиц, самка сельди выметывает 40 000 икринок. Так как особей в популяции появляется во много раз больше, чем может существовать на занимаемой ею территории (ограниченные кормовые ресурсы и изменение условий окружающей среды), это неизбежно приводит к борьбе за существование, представляющей собой сложные и многообразные отношения организмов между собой и с неживой природой. Под **борьбой за**

существование понимают не только прямое уничтожение, но и конкуренцию между особями, которая приводит к гибели одних и выживанию других. Однако и среди выживших особей могут быть более и менее приспособленные. Как правило, более приспособленные оставляют и больше потомков. Поэтому мерой приспособленности является и количество потомков. Следовательно, Дарвин под борьбой за существование подразумевал совокупность всех сложных взаимоотношений между организмом и внешней средой.

Дарвин различал три формы борьбы за существование: внутривидовую, межвидовую и борьбу с факторами неживой природы.

Внутривидовая борьба происходит между особями одной популяции любого вида. Эта форма борьбы наиболее напряженная, так как особи одного вида нуждаются в одинаковых условиях существования и источниках питания. Примерами внутривидовой борьбы могут служить: соперничество между хищниками за добычу, за территорию, за самку, у растений – за свет и т. п. В популяциях животных некоторых видов встречается и взаимопомощь, например совместная забота о потомстве (у пчел, птиц и др.). В целом внутривидовая борьба сопровождается снижением плодовитости и гибелью части особей вида. Одновременно это способствует совершенствованию вида в направлении большей приспособленности отдельных особей к среде обитания.

Межвидовая борьба наблюдается между особями разных видов. Она протекает очень остро, если виды нуждаются в сходных условиях существования и источниках питания, например саранча и травоядные животные, американская и европейские норки. Эта форма борьбы за существование включает борьбу хищника и жертвы, паразита и хозяина, конкурентные отношения из-за пищи, света и т. п.

Факторы неживой природы оказывают заметное влияние на выживаемость организмов, например семена растений, попадая в неблагоприятные условия, не прорастают. **Борьба с факторами неживой природы** особенно обостряется при засухе (погибают многие растения), излишках тепла или холода (холодная зима приводит к гибели многих животных), наводнениях, ранних заморозках и т. п.

Все виды борьбы за существование сопровождаются гибелью (*элиминацией*) части особей, которые не оставляют потомства, что способствует изменению и совершенствованию вида. В конечном итоге они приводят к выживанию организмов, наиболее приспособленных к конкретным условиям, т. е. к естественному отбору.

Итак, большинство появляющихся на свет особей гибнет в борьбе за существование. *Следствием борьбы за существование является естественный отбор* – «сохранение благоприятных индивидуальных различий и изменений и уничтожение вредных». Это постоянно происходящий в живой природе процесс, в результате которого выживают и оставляют после себя потомство наиболее приспособленные особи и гибнут наименее приспособленные. Наследственные изменения у особей одного вида могут быть *отрицательными, нейтральными и полезными*. Отрицательные изменения снижают плодовитость и численность особей. Полезные изменения дают особям преимущества в выживании и плодовитости. Из поколения в поколение особи с полезными наследственными изменениями преимущественно сохраняются в борьбе за существование. Роль отбирающего фактора играют условия окружающей среды.

Сравнивая искусственный и естественный отбор, следует отметить, что при искусственном отборе человек в соответствии со своими потребностями отбирает животных и растения с полезными для себя признаками, которые могут быть безразличны и даже вредны для самого организма, например курдюк у курдючных овец мешает им при передвижении. Естественный же отбор происходит в природе в результате борьбы за существование и ведет к появлению новых разновидностей и видов, лучше приспособленных к среде обитания, т. е. отбираются признаки, полезные самим организмам. Естественный отбор действует с момента возникновения жизни на Земле, а искусственный – со времени появления земледелия и скотоводства. Таким образом, искусственный отбор производит на пользу человека, а естественный идет на пользу вида.

Как бы малы ни были индивидуальные наследственные изменения, они в длинном ряду поколений ведут к изменению видов и ко все большей приспособленности к конкретным условиям существования. Приспособлен-

ность организмов носит относительный характер. Другими результатами действия естественного отбора является многообразие видов и постепенное усложнение организации живых существ.

Кратко основные положения эволюционной теории Ч. Дарвина можно свести к приведенным ниже.

1. Живые организмы любой группы отличаются друг от друга по многим наследственным признакам благодаря наследственной изменчивости.

2. Так как особей появляется значительно больше, чем может выжить в конкретных условиях, происходит борьба за существование, следствием чего является естественный отбор.

3. При естественном отборе выживают те особи, изменения которых носят приспособительный характер к меняющимся условиям среды, и устраняются особи с неадекватными изменениями.

4. Выживающие особи дают начало следующему поколению, и таким образом удачные изменения наследуются. Если естественный отбор действует длительно, то через сотни и тысячи поколений особи могут значительно отличаться от исходных форм, образуя новый вид.

Главная заслуга Дарвина состоит в том, что он вскрыл движущие силы эволюции и материалистически объяснил возникновение и относительный характер приспособленности (см. с. 546) действием только естественных законов. Он научно обосновал взаимосвязь между изменчивостью, наследственностью и отбором и на большом фактическом материале показал, что главной движущей силой эволюции является естественный отбор. Учение Дарвина позволило научно обосновать происхождение человека. Вскрытые им законы эволюции позволили создавать на научной основе новые породы домашних животных и сорта культурных растений, т. е. способствовали развитию селекции. Большое влияние оказала эволюционная теория Дарвина на развитие палеонтологии, эмбриологии, систематики, а в XX в. — генетики и экологии.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ

Доказательства эволюции органического мира дают достижения многих биологических наук: цитологии,

сравнительной анатомии, эмбриологии, палеонтологии, биогеографии, систематики и генетики.

Одним из первых веских доказательств единства органического мира было *открытие клеточного строения животных и растений и создание клеточной теории*, которая показала сходство в строении клеток животных и растений, их химического состава и биохимических процессов, протекающих в них.

Сравнительная анатомия изучает общность и различия в строении организмов. Доказательством единства происхождения всех позвоночных служит единый план их строения: двусторонняя симметрия, наличие вторичной полости тела, осевого скелета, головного и спинного мозга, двух пар конечностей и основных систем органов (кровеносной, дыхательной, пищеварительной, выделительной и др.).

Доказательствами единства происхождения и эволюции органического мира является *наличие гомологичных органов, рудиментов и атавизмов*. Так, передние конечности позвоночных, несмотря на различный внешний вид и выполняемые функции, имеют единый план строения (скелет состоит из плеча, предплечья, образованного локтевой и лучевой костями, костей запястья, пясти и фаланг пальцев), развиваются у зародышей из сходных зачатков и одинаково расположены на теле животных. Такие органы, сходные по общему плану строения и происхождению, но выполняющие разные функции, называются **гомологичными**. Гомологичными являются передние конечности крота и лягушки, крылья птиц, лапы тюленей, нога лошади и рука человека. Органы, которые имеют внешнее сходство и выполняют одинаковые функции, но разное строение и происхождение, называются **аналогичными**. Так, крылья бабочки и птицы выполняют одинаковые функции, но строение и происхождение их различно: крылья бабочки развились из кожного покрова второго и третьего сегментов груди, а крылья птицы являются видоизмененными передними конечностями. Аналогичными являются колючки барбариса (видоизмененные листья), колючки белой акации (видоизмененные прилистники) и шиповника (выросты клеток коры). Для установления родства между организмами и доказательства эволюции аналогичные органы значения не имеют.

Рудиментами (от лат. rudimentum – зачаток) называют органы, утратившие в процессе эволюции свое первоначальное значение и находящиеся в стадии обратного развития (исчезновения). У человека насчитывается около 100 рудиментарных образований: третье веко, зубы мудрости, копчик, червеобразный отросток (аппендикс), мышцы, двигающие ушную раковину, и др. Рудименты имеются и у животных – зубы у муравьеда, недоразвитые кости задних конечностей у китов. Наличие рудиментов можно объяснить только тем, что у предков эти органы функционировали и были хорошо развиты, но в процессе эволюции утратили свое значение.

Атавизмы (от лат. atavus – предок) – это появление у организмов признаков, свойственных их далеким предкам и утраченных в процессе эволюции. К атавизмам относятся, например, появление у человека хвоста, дополнительных сосков, сплошного густого волосяного покрова (*гипертрихоз*), а также трехпалых конечностей у лошадей и т. д. В отличие от рудиментов они представляют собой отклонение от нормы. Атавизмы показывают историческую взаимосвязь вымерших и ныне существующих форм.

Сравнительно-анатомическое изучение организмов позволило установить *переходные формы*, которые соединяют в своем строении признаки организмов низших и высших систематических единиц. Например, у низших млекопитающих (ехидна, утконос) имеется клоака и они откладывают яйца подобно пресмыкающимся, но вскармливают детенышей молоком, как млекопитающие. Изучение переходных форм позволяет установить родство между представителями разных систематических групп.

Эмбриология – наука, изучающая зародышевое развитие организмов. Русский эмбриолог К.М. Бэр (1792–1876) сформулировал **закон зародышевого сходства**: – на ранних этапах эмбрионального развития зародыши разных видов в пределах типа сходны между собой. Например, в эмбриональном развитии позвоночные последовательно проходят стадии оплодотворенного яйца, дробления, бластулы, гаструлы, трехслойного зародыша, закладки хорды, нервной трубки, пищеварительной трубки и др. Зародыши животных, относящихся к различным классам позвоночных, характеризуются похожими контурами тела, наличием хвоста, жаберных щелей, зачатков конечнос-

тей и т. п. Сходство особенно заметно на ранних этапах эмбрионального развития. Позднее последовательно происходит проявление признаков, характерных для класса, отряда, рода и, наконец, вида, к которому принадлежит зародыш.

Основываясь на приведенных выше фактах, немецкие ученые Ф. Мюллер (1864 г.) и Э. Геккель (1866 г.) независимо друг от друга сформулировали биогенетический закон.

.....
Биогенетический закон. *Зародыш в процессе индивидуального развития (онтогенеза) кратко повторяет историю развития вида (филогенез).*
.....

Дальнейшими исследованиями А.О. Ковалевского (1840–1901), А.Н. Северцова (1866–1936) и И.И. Шмальгаузена (1884–1963) установлено, что в индивидуальном развитии повторяется строение не взрослых стадий предков, а эмбриональных. Например, у зародышей млекопитающих и рыб закладываются жаберные дуги, на основе которых у рыб развиваются жабры, а у млекопитающих – хрящи гортани и трахеи.

Палеонтология изучает ископаемые останки организмов. Палеонтологические находки позволяют восстановить внешний облик вымерших животных, их строение, сходство и различия с современными. Это дает возможность проследить развитие органического мира во времени. Например, в самых древних геологических пластах обнаружены останки лишь представителей беспозвоночных, в более поздних – хордовых животных, а в молодых отложениях – животных, сходных с современными. Палеонтологические находки подтверждают наличие преемственных связей между различными систематическими группами. В одних случаях удалось найти *ископаемые переходные формы*, сочетающие признаки древних и исторически более молодых животных (например, стегоцефалы, археоптерикс, звероящеры) и растений (например, псилофиты, семенные папоротники). В других случаях палеонтологам удалось установить *филогенетические ряды*, т. е. формы, последовательно сменяющие друг друга в процессе эволюции (к примеру, так было установлено историческое развитие лошади, хоботных, хищных, китообразных). Следовательно, палеонтологические находки четко свидетельствуют о том, что по мере перехода от более древних земных слоев к современным происходит по-

степенное повышение организации животных и растений, приближение их к современным.

Биогеография изучает закономерности расселения представителей растительного и животного мира на Земле. Установлено, что чем меньше связь между континентами и древнее изоляция отдельных частей планеты, тем сильнее различия организмов, населяющих эти территории. Так, животный мир Австралии весьма своеобразен: здесь отсутствуют многие группы животных, зато сохранились такие, которых нет в других районах Земли, например яйцекладущие (утконос, ехидна) и сумчатые (кенгуру, сумчатый волк и др.) млекопитающие. В то же время животный мир некоторых островов сходен с материковым (например, Британские острова и Сахалин), что говорит о их недавней изоляции от континента. Таким образом, распределение видов животных и растений по поверхности планеты и их группировка по зонам отражает процесс исторического развития Земли и эволюции живого.

Современная **систематика** объединяет всех животных и растения в систематические группы (виды, роды, семейства и т. д.), исходя не только из сходства строения, но и из общности их происхождения (родства). Для построения системы той или иной группы ученые используют совокупность признаков: изучают ее историческое развитие по ископаемым останкам, исследуют анатомическое строение современных видов и особенности размножения, сравнивают эмбриональное развитие, особенности химического состава и физиологических процессов, современное и прошлое распределение на Земле. Систематика отражает естественную историческую систему родственных связей живых организмов в природе.

Данные современной **генетики** вскрывают материальные основы преемственности поколений. Изучение кариотипов является важным систематическим тестом, а сравнение количества и последовательности нуклеотидов в молекулах ДНК и аминокислот в молекулах белков дает представление об эволюционных процессах на молекулярном уровне.

Таким образом, данные ряда биологических наук подтверждают естественное развитие органического мира на Земле.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ЭВОЛЮЦИИ

Вид является основной структурной единицей живой природы. Он возникает, развивается, а при изменении условий существования может исчезнуть или преобразоваться в другие виды.

.....
***Вид** – это совокупность особей, сходных по морфологическим свойствам, имеющих общее происхождение, занимающих определенный ареал, способных свободно скрещиваться и давать плодовитое потомство.*
.....

Одни виды отличаются от других рядом признаков, которые являются *критериями вида*.

Морфологический критерий предполагает сходство внешнего и внутреннего строения особей одного вида. Он самый удобный для изучения и широко применяется в систематике. Морфологические различия между видами могут быть четкими или едва уловимыми.

Физиологический критерий подразумевает сходство всех процессов жизнедеятельности (обмен веществ, раздражимость, размножение и др.) у особей одного вида и объясняет степень половой изоляции групп организмов.

Биохимический критерий предполагает сходство химического состава (структура белков, нуклеиновых кислот и др.) и биохимических реакций у особей одного вида.

Генетический критерий основан на характерном для каждого вида наборе хромосом, строго определенном их числе, размерах, форме (сходство кариотипов у особей одного вида) и на сходном порядке нуклеотидов в молекулах ДНК.

Географический критерий связывает вид с ареалом, занимаемым им в природе. Он может быть бóльшим или меньшим, прерывистым или сплошным.

Экологический критерий учитывает совокупность факторов внешней среды, необходимых для существования данного вида, и его взаимоотношения с другими видами. Каждый вид занимает определенную экологическую нишу.

Все критерии в отдельности имеют относительный характер. Морфологическое сходство могут иметь разные виды (*виды-двойники*), но они не скрещиваются между собой (например, 10 видов-двойников у малярийного кома-

ра). Биохимические критерии (например, соотношение пуриновых и пиримидиновых оснований в молекуле ДНК) могут быть различны у видов одного рода, однако, виды разных родов могут обладать сходными биохимическими характеристиками. Поэтому для установления видовой принадлежности недостаточно использовать какой-либо один критерий; только совокупное их изучение может дать правильную характеристику вида.

Основным критерием вида является **способность его особей к скрещиванию**. Существует много разных препятствий, не позволяющих скрещиваться особям различных видов, например: отличия в наборе хромосом (генетический критерий); несовпадение сроков размножения, или размножение при разных температурах (экологический критерий); различия в строении половых органов (морфологический критерий) и брачном поведении (физиологический критерий) и др. Таким образом, вид представляет собой генетически изолированную систему. Главная черта вида – *относительная стабильность его генофонда*, которая поддерживается репродуктивной изоляцией особей от других видов. Единство вида обеспечивается свободным скрещиванием между особями, в результате которого происходит постоянный обмен генами, способствующий устойчивому существованию вида на протяжении многих поколений. В то же время генетическая структура вида постоянно изменяется под действием эволюционных факторов (мутации, отбор), поэтому вид оказывается неоднородным.

В пределах ареала какого-либо вида его особи распространены неравномерно, так как условия существования на разных его участках различны. Например, лягушки и рыбы одного озера могут быть изолированы от своих собратьев из другого, соседнего; заросли крапивы встречаются лишь по оврагам и канавам. Подобная изоляция препятствует свободному скрещиванию между группами особей одного вида, хотя в некоторых случаях они могут обмениваться генами с соседними группами. Такие относительно изолированные группы особей одного вида называются популяциями.

.....
***Популяция** – это совокупность особей одного вида, длительно существующих на определенной территории, свободно скрещивающихся и относительно изолированных от других особей того же вида.*
.....

Популяция – это форма существования вида в конкретных условиях среды и единица эволюции. Каждая популяция может существовать только в определенных экологических условиях: при определенных температуре, влажности, составе атмосферы или гидросферы, наличии кормовых ресурсов, конкурентов, паразитов и т. п.

Особи одной популяции характеризуются максимальным сходством признаков вследствие высокой возможности скрещивания внутри популяции и одинаковым давлением отбора. Вместе с тем популяции генетически неоднородны вследствие непрерывно возникающей наследственной изменчивости. Популяции одного вида отличаются друг от друга частотой встречаемости тех или иных признаков (и соответствующих аллелей), так как в различных условиях существования естественному отбору подвергаются разные признаки (различные блоки генов). В популяциях идет борьба за существование и, следовательно, действует естественный отбор, благодаря которому выживают и оставляют потомство лишь особи с полезными в данных условиях изменениями. В зонах ареала, где граничат разные популяции одного вида, происходит обмен генами между ними, обеспечивающий генетическое единство вида. Такая взаимосвязь между популяциями способствует большей изменчивости вида и лучшей приспособленности его к условиям обитания.

Популяция является элементарной единицей эволюции, так как она реально существует в природе на протяжении длительного времени, ее особи в процессе скрещивания обмениваются генами (создают общий генофонд) и относительно обособлены от других сообществ (популяций), т. е. только она представляет собой экологическое, морфологическое и генетическое единство.

Вследствие относительной генетической изоляции каждая популяция эволюционирует независимо от других популяций того же вида. Это наименьшая часть вида, представляющая собой элементарную единицу эволюции. Отдельная особь не может быть единицей эволюции, так как ее генотип определяется в момент оплодотворения и она смертна. Изменения генотипа отдельных особей не приводят ни к каким эволюционным событиям. Вклад организма в эволюцию определяется передачей его генов своим потомкам на протяжении многих поколений, а это

может происходить только в популяции, поскольку она потенциально бессмертна.

Вид также не может быть единицей эволюции, поскольку он дискретен, представлен совокупностью популяций и особи одного вида в реальных условиях далеко не всегда могут скрещиваться.

Рассмотрим *генетическую структуру популяции*. Большие по численности популяции, которые характеризуются свободным скрещиванием особей, отсутствием мутаций и естественного отбора, называются *идеальными*. В природе таких популяций не существует, но большие по численности популяции по своим характеристикам приближаются к идеальной. Совокупность генов в популяции называют **генофондом**. Изучая генофонды популяций, Г. Харди и В. Вайнберг в 1908 г. установили приведенную ниже закономерность.

.....
***Закон Харди – Вайнберга.** В идеальных популяциях наблюдается постоянство частот аллелей, гомо- и гетерозигот, и оно не изменяется в ряду поколений.*

Данное генотипическое равновесие в популяциях обусловлено свободным скрещиванием особей.

Частоту встречаемости в популяции доминантного гена принято обозначать латинской буквой p , а рецессивного – буквой q . Если аллельных генов только два, то сумма их частот может быть принята за единицу (или 100%): $p + q = 1$ (100%). При скрещивании двух гетерозиготных организмов в первом поколении получим:

$$\begin{array}{rcc}
 P & Aa & \times & Aa \\
 G & \textcircled{A} & \textcircled{a} & \textcircled{A} & \textcircled{a} \\
 F_1 & AA & & 2Aa & aa
 \end{array}$$

Если вместо обозначений генов подставить обозначения их частот: pp , $2pq$, qq и преобразовать выражение, то получим: p^2 , $2pq$, q^2 , где p^2 – частота доминантных гомозигот; $2pq$ – частота гетерозигот; q^2 – частота рецессивных гомозигот. Сумма частот гомо- и гетерозигот может быть принята за единицу (или 100%):

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1 \text{ (100\%)}$$

Легко подсчитать, что при условии свободного скрещивания (полной панмиксии) в следующем поколении частоты генов и генотипов не изменятся. Математическое выражение закона Харди – Вайнберга применяют для расчетов частот генов и генотипов в больших популяциях (см. с. 562).

В разных популяциях частоты генов и генотипов различаются из-за неодинакового давления естественного отбора.

Все факторы, вызывающие отклонения от закона Харди – Вайнберга (изменяющие частоту аллелей в популяциях), являются **элементарными факторами (предпосылками) эволюции**. К ним относятся мутации, рекомбинации, миграции и поток генов, популяционные волны, дрейф генов, изоляция. Стойкие, происходящие на протяжении многих поколений изменения генофонда популяции в одном и том же направлении называются **элементарным эволюционным явлением**.

Мутации постоянно происходят в популяции под действием мутагенных факторов внешней среды и вызывают изменение генофонда популяции, обуславливающее ее генетическую неоднородность. Частота мутирования одного гена – 10^{-5} – 10^{-7} на поколение. Поскольку у высших организмов большое количество генов (десятки тысяч) до 10% всех гамет несут мутантные гены. Большинство мутаций являются рецессивными и не проявляются фенотипически. Только после достаточного накопления в популяции с появлением рецессивных гомозигот мутации начинают подвергаться действию естественного отбора. Доминантные мутации сразу проявляются фенотипически и подпадают под действие естественного отбора. Если данная мутация повышает приспособленность организма к среде обитания, она будет поддерживаться естественным отбором, а если снижает – элиминироваться (удаляться). Появившиеся в популяции наследственные изменения составляют резерв наследственной изменчивости. Они постепенно распространяются среди особей благодаря скрещиванию, и популяция оказывается насыщенной ими. Таким образом, мутации поставляют *элементарный эволюционный материал*, но не определяют направления эволюции, поскольку не имеют приспособительного значения.

Рекомбинации генетического материала связаны с перераспределением генов родителей у потомков (*комбина-*

тивная изменчивость), обусловленные кроссинговером, случайным расхождением хромосом и хроматид в мейозе и случайным сочетанием гамет при оплодотворении. Комбинативная изменчивость ведет к появлению бесконечно большого разнообразия генотипов и фенотипов, т. е. служит источником наследственного разнообразия и основой для естественного отбора.

В настоящее время установлено, что формирование признаков идет под влиянием как генотипа, так и факторов внешней среды. Изменения внешней среды являются причиной определенной изменчивости. Она ненаследственная, так как генотип особей не изменяется. Ее называют *модификационной*. Ненаследственная изменчивость способствует приспособлению особей популяций к меняющимся условиям среды и их выживанию.

Миграции особей из одной популяции в другую являются источником генетического полиморфизма популяций. Благодаря свободному скрещиванию при миграции происходит обмен генами между популяциями одного вида – поток генов. Вследствие миграций происходит обновление генофонда популяций.

Популяционные волны – это регулярные колебания численности популяций, связанные с периодическими изменениями интенсивности факторов внешней среды (сменой времен года, засухой, заморозками, количеством пищи и т. п.) Например, при большом урожае шишек на хвойных деревьях увеличивается популяция белок, а в урожайные годы наблюдается обратная тенденция (рис. 131). При снижении численности популяции из ее генофонда могут исчезнуть редкие аллели, а при возрастании численности популяции частота редких аллелей может значительно возрасти. Таким образом, популяционные

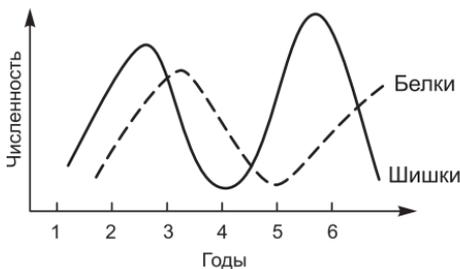


Рис. 131. Схема популяционных волн

волны способствуют изменению частот генов в популяциях, т.е являются поставщиком эволюционного материала.

Дрейф генов – это случайные колебания частот генов в малых популяциях. Примером дрейфа генов может служить рождение нескольких (5–10) девочек в семье, хотя теоретическая частота рождения девочек или мальчика 1:1. Преждевременная случайная гибель одной особи в малой популяции, обладающей единственным конкретным геном, приведет к исчезновению этого гена из популяции, что изменит ее генофонд. Дрейф генов в малых популяциях непредсказуем, он может привести популяцию к гибели или повысить ее приспособленность к конкретным условиям среды.

Изоляция – важный элементарный эволюционный фактор, который предотвращает скрещивание особей разных популяций и подвидов между собой и приводит к расхождению признаков в пределах одного вида. Изоляция делит большие популяции на малые, что способствует скорости эволюционного процесса. Различают пространственную и биологическую изоляцию.

Пространственная (географическая) изоляция разделяет единый ареал вида на разобщенные между собой части и препятствует свободному скрещиванию. Причинами ее могут быть появление гор, рек, проливов, перешейков, межвидовая борьба за существование и т. д. Вследствие невозможности скрещивания особей из отдельных изолированных популяций в каждой из них возникает свое направление эволюционного процесса, изменяющее генетическую структуру и приводящее в конечном итоге к видообразованию.

Биологическая изоляция предполагает ограничение скрещивания, обусловленное различными биологическими факторами: экологическими, морфологическими, поведенческими и генетическими.

Экологическая изоляция основана на различиях в расселении или во времени размножения. Например, некоторые лососевые рыбы нерестятся через год, причем в одних и тех же реках в один год нерестится одна популяция рыб, а в другой – другая. Приспособления к разным температурам приводят к появлению весенних, летних и осенних видов растений, грибов и животных, размножающихся в соответствующие периоды. Экологическая изоляция препятствует скрещиванию особей разных популяций.

Морфологическая изоляция обусловлена различиями в строении половых органов у животных, изменением формы цветков, исключаяющих опыление ветром или определенными насекомыми.

Поведенческая (этологическая) изоляция обусловлена различиями в брачных песнях, ритуалах ухаживания, выделяемых запахах и т. п.

Генетическая изоляция проявляется при перестройках генотипов (появлении геномных или хромосомных мутаций) у особей одного или разных, но близких видов, что делает невозможным скрещивание или снижает вероятность получения полноценного плодовитого потомства.

Таким образом, мутации, рекомбинации, миграции и поток генов, популяционные волны, дрейф генов и изоляция – ненаправленные эволюционные факторы. Они, действуя все вместе, обеспечивают генетическую разнообразность популяций. Все виды изоляции создают предпосылки к расхождению признаков популяций и к последующему видообразованию.

Движущие факторы эволюции – борьба за существование и естественный отбор, который является следствием борьбы за существование.

Главной причиной борьбы за существование по Ч. Дарвину является размножение организмов в геометрической прогрессии и ограниченность средств существования (пища, территория). По современным представлениям, борьба за существование – явление очень сложное и многогранное.

В настоящее время выделяют две основные формы борьбы за существование: прямая борьба и конкуренция. Прямая борьба проявляется в непосредственном столкновении организмов друг с другом (хищник–жертва, паразит–хозяин, самцов за самку и т. п.). Конкуренция наблюдается между живыми организмами, которым необходимы одинаковые средства для жизни, за возможность размножения. Это может быть *трофическая* (за пищу), *топическая* (за место обитания) и *репродуктивная* (за воспроизведение потомства) конкуренция.

Естественный отбор, по современным представлениям, обеспечивает воспроизведение одних генотипов и устранение других. Отбор начинается внутри популяции, так как ее особи имеют разные генотипы и, следовательно, раз-

личные морфологические признаки и физиологические свойства, разбивающиеся на базе генотипа под действием факторов среды. Удачные комбинации генов поддерживаются естественным отбором, а неудачные – элиминируются. В процессе отбора регулируется также вклад каждой особи в генофонд популяции. Большой вклад вносит та особь, которая оставляет более многочисленное потомство. Таким образом, *под естественным отбором следует понимать избирательное воспроизведение разных генотипов.*

Выделяют три формы естественного отбора: движущий, стабилизирующий и дизруптивный. Движущий отбор происходит при постоянном изменении факторов внешней среды в определенном направлении. Он устраняет неприспособленные формы и сохраняет отклонения, приспособляющие организмы к изменяющимся условиям; происходит постепенная смена нормы реакции (рис. 132). В качестве типичного примера можно привести вытеснение темноокрашенной формой бабочки березовой пяденицы исходной светлой формы, происходящее в окрестностях промышленных городов Англии вследствие потемнения стволов берез от сажи и копоти.

Стабилизирующий отбор наблюдается при постоянстве условий окружающей среды и направлен на сохранение в популяции среднего значения признака и удаление крайних вариантов – норма реакции сужается (рис. 133). Например, в тропиках сохранились растения, способные существовать в узком диапазоне температур (25...35 °С). В результате стабилизирующего отбора происходит формирование покровительственной окраски, со-

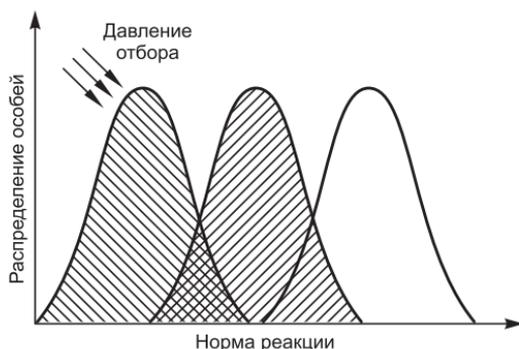


Рис. 132. Схема действия движущего отбора

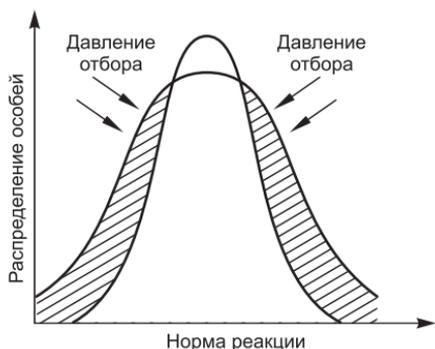


Рис. 133. Схема действия стабилизирующего отбора

хранение длительное время реликтовых видов (латимерия, акулы, скорпионы).
Д и з р у п т и в н ы й (р а з р ы в а ю щ и й) отбор протекает на фоне резкого изменения условий существования. Он направлен против среднего значения признака и благоприятствует двум или нескольким направлениям изменчивости (рис. 134). Типичный пример – сохранение на открытых океанических островах либо бескрылых насекомых, либо насекомых с мощными крыльями, позволяющими противостоять порывам ветра. Дизруптивный отбор способствует *дивергенции* (расхождению признаков).

Из всех элементарных эволюционных факторов *ведущая роль в эволюционном процессе принадлежит естественному отбору*. Он играет творческую роль в природе, поскольку из ненаправленных наследственных изменений отбирает те, которые могут привести к образованию новых групп особей, более приспособленных к данным условиям существования.

Современная (синтетическая) теория эволюции представляет собой синтез классического дарвинизма и современной генетики. Движущими силами эволюции органического мира и по современным представлениям являются

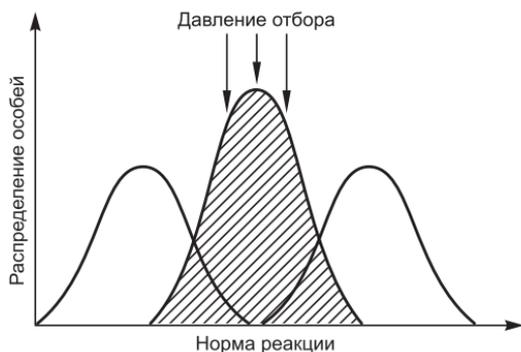


Рис. 134. Схема действия дизруптивного отбора

ся борьба за существование и естественный отбор на основе наследственной изменчивости. Кратко перечислим основные положения современной теории эволюции:

- ♦ единицей эволюции является популяция;
- ♦ мутации дают элементарный эволюционный материал; они носят случайный ненаправленный характер;
- ♦ основным движущим фактором эволюции является естественный отбор, происходящий вследствие борьбы за существование, так как только он из ненаправленных наследственных изменений отбирает те, которые лучше приспособливают организмы к конкретным условиям существования;
- ♦ элементарными эволюционными факторами (предпосылками эволюции) являются мутации, рекомбинации, миграции, популяционные волны и поток генов, дрейф генов, изоляция;
- ♦ эволюция носит дивергентный характер: при постепенном расхождении признаков из одного вида может образоваться несколько новых, но каждый новый вид имеет один предковый;
- ♦ эволюция носит постепенный и длительный характер.

ВИДООБРАЗОВАНИЕ

Наследственная изменчивость (мутации и комбинативная изменчивость) создает гено- и фенотипическое разнообразие внутри вида, представляющее собой элементарный эволюционный материал. Под **видообразованием** понимают историческую смену видов во времени, массовый процесс адаптации, осуществляемый в популяции или группе популяций под контролем естественного отбора. Изменения отдельных особей не могут приводить к эволюционным перестройкам, так как продолжительность жизни особи ограничена. Только в достаточно многочисленных и длительно существующих популяциях отдельные изменения особей в процессе скрещивания приводят к генетической разнородности и изменению генетического состава популяции. Далее вступает в действие естественный отбор, который поддерживает удачные комбинации генов (частота их возрастает) и одновременно элиминирует из популяции неудачные варианты (частота их снижается). Такая длительная направленная перестройка гено-

фонда популяции и является *элементарным эволюционным процессом*, который приводит к образованию разновидностей, подвидов и новых видов. Эволюционному процессу способствуют изоляция, дрейф генов и популяционные волны.

Микроэволюция – это совокупность эволюционных процессов, протекающих внутри вида, изменяющих генетический состав популяций и приводящих к образованию новых видов.

При изменении условий существования внутри вида начинается процесс расхождения признаков – **дивергенция** (рис. 135), которая приводит к образованию новых группировок. От исходного вида берет начало много разнообразных форм, но не все они получают дальнейшее развитие. Наиболее расходящиеся по признакам формы обладают, как правило, большими возможностями оставлять потомство и выживать вследствие меньшей конкуренции между собой. Промежуточные формы чаще всего вымирают под действием естественного отбора. Такое расхождение признаков в большом ряду поколений под влиянием специфических условий среды и достаточной изоляции может приводить к приобретению новых признаков и образованию внутри вида самостоятельных групп. Пока особи разных популяций вида могут скрещиваться между собой и давать плодовитое потомство, вид остается единым. При дальнейшей изоляции внутривидовые группы могут перестать скрещиваться, вследствие чего из одного вида

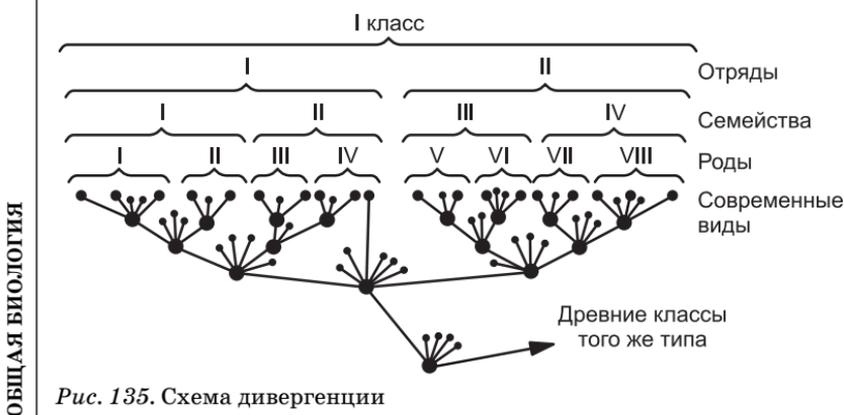


Рис. 135. Схема дивергенции

может выделиться (образоваться) один или несколько новых видов. Примером дивергенции является возникновение на Галапагосских островах разных видов вьюрков, которые отличаются преимущественно строением клюва.

.....
***Видообразование** – это процесс возникновения новых видов на базе наследственной изменчивости под действием естественного отбора.*
.....

В процессе видообразования происходит превращение генетически открытых внутривидовых систем (популяций, подвидов, разновидностей) в генетически закрытые системы (новые виды).

Таким образом, движущими силами видообразования выступают борьба за существование и естественный отбор, основным фактором видообразования является изоляция. Видообразованию способствуют и другие элементарные эволюционные факторы (мутации, рекомбинации, поток и дрейф генов, популяционные волны).

Различают два основных способа видообразования – аллопатрическое (географическое) и симпатрическое (экологическое) в зависимости от того, какой способ изоляции послужил исходным для расхождения признаков в популяции.

При аллопатрическом видообразовании новые виды могут возникать из популяций, занимающих разные географические ареалы. В результате длительного разобщения популяций между ними иногда возникает генетическая изоляция, сохраняющаяся и после прекращения изоляции. Примером служат три подвида большой синицы.

При симпатрическом видообразовании новый вид зарождается в пределах одной популяции материнского вида при возникновении биологической (экологической) изоляции. Главными механизмами симпатрического видообразования становятся мутации, хромосомные перестройки, полиплоидизация, гибридизация, приводящие к генетической изоляции между родственными популяциями и формированию новых видов. Примерами могут служить яровые и озимые виды растений, весенние, летние и осенние виды грибов, разные сроки нереста у рыб и отдаленные гибриды (рябинокизильник).

.....
Макроэволюция – это процесс эволюционных преобразований надвидового масштаба, который приводит к возникновению высших систематических групп: из видов – новых родов, из родов – новых семейств и т. д.
.....

Макроэволюция совершается на основе микроэволюционных процессов, происходящих на больших пространствах в течение длительного времени. В основе макро- и микроэволюции лежат одни и те же эволюционные процессы.

АДАПТАЦИИ КАК РЕЗУЛЬТАТ ЭВОЛЮЦИИ

Изменения, возникающие у организмов в результате действия факторов внешней среды, могут накапливаться и усиливаться в ряде последующих поколений. Естественный отбор поддерживает только **целесообразные приспособления (адаптации)**, которые помогают организмам выживать и оставлять потомство. Для приспособленных организмов характерны жизнеспособность, конкурентоспособность и фертильность. *Жизнеспособным* является организм, который нормально развивается в типичной для него среде. *Конкурентоспособный организм* выдерживает конкуренцию с другими организмами (побеждает в борьбе за существование). *Фертильные организмы* способны к нормальному размножению. Следовательно, эволюционная теория Дарвина впервые с материалистических позиций объяснила и **явление приспособленности организмов к среде обитания.**

Адаптации подразделяют на организменные и видовые. **Организменные адаптации** присущи каждому организму данного вида; они обеспечивают выживание организма в определенных условиях среды. Организменные адаптации подразделяют на морфологические, физиологические, биохимические и поведенческие.

Морфологические адаптации связаны с особенностями строения тела, например твердые защитные покровы у животных (хитинизированная кутикула у членистоногих, панцирь у черепахах), иглы и колючки (еж, дикобраз, кактус, шиповник) и др.

У видов, доступных для врагов, развивается *покровительственная окраска*, которая делает организмы менее

заметными на фоне окружающей местности (белый цвет зайца-беляка и горностаев зимой, темная окраска бабочек березовых пядениц в окрестностях больших городов и др.).

Приспособления, при которых форма тела и окраска сливаются с окружающей средой, называются *маскировкой*. Например, гусеницы некоторых бабочек по форме тела и окраске напоминают сучки; насекомые, живущие на коре деревьев, похожи на лишайники и т. п.

Под *мимикрией* понимают уподобление менее защищенного организма одного вида более защищенному организму другого вида. Например, один из видов тараканов очень похож на божью коровку (она несъедобна); многие виды неядовитых змей и насекомых похожи на ядовитых.

Предупреждающая окраска характерна для некоторых относительно защищенных организмов. Например, птицы на всю жизнь запоминают яркую окраску несъедобной божьей коровки и окраску ужалившей их осы.

К числу целесообразных морфологических приспособлений относятся и органы передвижения позвоночных животных: плавники у рыб, крылья у птиц, роющие конечности у крота и др.

Существуют также *физиологические адаптации*. Например, постоянная температура тела теплокровных животных обеспечивает возможность жизни в различных климатических условиях; жабры позволяют рыбам использовать для дыхания растворенный в воде кислород, а легкие наземным животным – кислород воздуха.

Биохимические адаптации обеспечивают упорядоченный обмен веществ (фотосинтез, биосинтез белков) и синтез веществ, облегчающих защиту от врагов или нападение на другие организмы (яды змей и скорпионов, антибиотики грибов и бактерий).

К *поведенческим (этологическим) адаптациям* относятся добывание и запасание пищи, брачное поведение, забота о потомстве и т. п.

Видовые адаптации – это морфофизиологические и поведенческие признаки особей и особенности организации вида, способствующие существованию его как целостной системы. К ним относятся: соответствие в строении половых органов самцов и самок, поведение в брачный период (скопление особей на нерестилищах, токах, лежбищах), объединение хищников в стаи для добывания

пищи, животных – в стада при неблагоприятных условиях (пингвины в холодную зиму) и др.

Появляющиеся в ходе эволюции приспособления не абсолютны; их целесообразность относительна, так как они полезны только в определенных условиях. Белая окраска некоторых животных спасает их от хищников только на снегу, а если снег не выпал, они очень хорошо видны. Жабры рыб обеспечивают дыхание только в водной среде и совершенно непригодны для газообмена на суше.

Результатом эволюции являются:

- ✦ приспособленность организмов к различным условиям обитания;
- ✦ многообразие видов;
- ✦ постепенное усложнение и повышение уровня организации живых существ.

Примеры приспособленности организмов к среде обитания приведены выше. Следует особо отметить относительный характер приспособлений. Приспособленность у организмов возникает к тем условиям, с которыми представители данного вида встречаются многократно. В результате действия естественного отбора формируются конкретные приспособления. Если организмы попадают в новые условия, ранее не встречавшиеся в эволюции вида, приспособления их становятся нецелесообразными.

В настоящее время описано около 3 млн видов животных и 0,5 млн видов растений, заполнивших все экологические ниши на Земле. Все они развились на нашей планете в результате эволюции и приспособились к конкретным условиям существования. Типичный пример многообразия видов приводит Ч. Дарвин, изучавший вьюрков на Галапагосских островах. Он установил, что вьюрки отличаются преимущественно строением клюва, которое зависит от особенностей пищи и способа питания. Все виды дарвиновских вьюрков не скрещиваются между собой. Некоторые виды образуют подвиды. Все они произошли от одного исходного вида.

В процессе эволюции органический мир поднимался на все более высокую ступень развития, однако наряду с высокоорганизованными продолжают существовать организмы с более низкой степенью организации. Это объясняется их приспособленностью к постоянным условиям среды обитания (например, современные кистеперые рыбы).

Закономерности эволюции органического мира нашли широкое применение в сельскохозяйственной практике и в деле охраны природы. В частности, учение об искусственном отборе и его творческой роли непосредственно используется в селекционной работе (см. раздел «Селекция»).

При получении новых сортов растений и пород животных селекционеры должны обязательно учитывать влияние на них естественного отбора, т. е. проводить *районирование*. В сельском хозяйстве необходимо учитывать сложные взаимоотношения между живыми организмами, а также организмами и неживой природой, распространение вредителей, болезней, сорняков и т. п.

Взаимоотношения организмов следует принимать во внимание и при решении вопросов **охраны природы**. Поголовное истребление хищников может приводить к интенсивному размножению травоядных, вспышкам эпидемий среди них и значительному сокращению их численности. Завезенные в Австралию кролики при отсутствии конкуренции и паразитов размножились настолько интенсивно, что нанесли значительный ущерб овцеводству (конкуренция из-за пищи). Для сохранения сложившихся биогеоценозов необходимо вырубать деревья, собирать лекарственные и другие растения в разумных пределах, а также создавать заповедники, заказники, охотничьи хозяйства, национальные парки и т. п.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Историческое развитие живой природы проходило по восходящей линии от низших форм к высшим, от простого к сложному, т. е. носило прогрессивный характер. Наряду с этим эволюционный процесс непрерывно шел в направлении максимального приспособления организмов к условиям окружающей среды. Смена условий существования сопровождалась заменой одних приспособлений на другие. А.Н. Северцов и И.И. Шмальгаузен разработали учение о *главных направлениях эволюционного процесса* – биологическом прогрессе и биологическом регрессе.

Биологический прогресс характеризуется возрастанием приспособленности организмов к окружающей среде, вследствие чего:

- ♦ увеличивается численность особей вида;
- ♦ расширяется его ареал;
- ♦ образуются новые популяции, подвиды, виды.

К биологическому прогрессу могут вести как усложнение организации (например, классы позвоночных), так и ее упрощение (например, некоторые паразиты), т. е. биологическое процветание может быть достигнуто разными путями.

Биологический регресс характеризуется снижением уровня приспособленности к условиям обитания, вследствие чего:

- ♦ уменьшается численность особей вида;
- ♦ сокращается его ареал;
- ♦ уменьшается число и разнообразие его популяций.

В итоге биологический регресс ведет к вымиранию вида: так исчезли большинство древних земноводных и пресмыкающихся, древовидные папоротники и др. Деятельность человека стала мощным фактором биологического прогресса для одних видов (домашних животных и культурных растений) и регресса других. Регресс может быть вызван прямым истреблением (например, зубры, киты, уссурийские тигры, некоторые лекарственные растения) и сокращением ареалов и численности видов при освоении человеком новых территорий (многие хищные животные и птицы).

В ходе эволюции сочетаются и закономерно сменяют друг друга разные **пути достижения биологического прогресса**.

А р о г е н е з (от греч. *airo* – поднимаю и *genesis* – развитие) – это путь развития группы организмов, которые приобрели эволюционные изменения, ведущие к усложнению строения и функций организмов, повышающие общий уровень их организации, что позволило им выйти в другую адаптивную зону. Конкретные морфофизиологические изменения, определяющие ароморфоз, называются **а р о м о р ф о з а м и**. Ароморфозы всегда ведут к биологическому прогрессу. Например, в развитии позвоночных крупным ароморфозом было развитие кровеносной системы от пульсирующей брюшной аорты ланцетника к двух-, трех- и четырехкамерному сердцу у высших позвоночных. Ароморфозы не являются прямым приспособлением к условиям существования – они повышают интенсив-

ность жизнедеятельности организмов, обуславливая их относительную независимость от условий среды обитания. Формирование ароморфозов – длительный процесс, происходящий на основе наследственной изменчивости и естественного отбора. Они сохраняются в процессе дальнейшей эволюции и приводят к возникновению новых крупных систематических групп – типов и классов.

А л л о г е н е з (от греч. *allo* – разный и *genesis* – развитие) – это путь эволюции группы организмов, представляющий собой мелкие эволюционные изменения, приспособляющие организмы к конкретным условиям существования, но не повышающие общий уровень организации. Их называют *идиоадаптациями* (*алломорфозами*). Идиоадаптации возникают на базе ароморфозов и позволяют организмам занимать более разнообразные экологические ниши. Типичным примером идиоадаптаций может служить большое разнообразие видов птиц, связанное преимущественно с преобразованиями клюва и крыльев.

Крайняя степень приспособления к ограниченным условиям существования называется *специализацией* и приводит в основном к биологическому регрессу. Специализация подавляет эволюционные возможности группы и при быстром изменении условий среды приводит к вымиранию (например, древние ящеры).

К а т а г е н е з – особый путь эволюции, сопровождающийся упрощением организации организмов, связанный с проникновением их в более простую среду обитания. Этот путь эволюции А.Н. Северцов назвал *общей дегенерацией*. Например, переход многих видов к паразитическому образу жизни приводит к потере большинства органов чувств, упрощению строения нервной системы, утрате пищеварительной системы.

Рассмотрим **соотношение различных путей эволюции**. Арогенезы возникают в процессе эволюции сравнительно редко и всегда ведут к появлению новых, более высокоорганизованных форм, способных приспособляться к другим средам обитания. Далее эволюционный процесс идет по пути аллогенезов, которые позволяют организмам обживать новые экологические ниши. Например, класс птиц произошел в результате арогенезов (четырёхкамерное сердце, совершенная система терморегуляции), а приспособление их к конкретным услови-

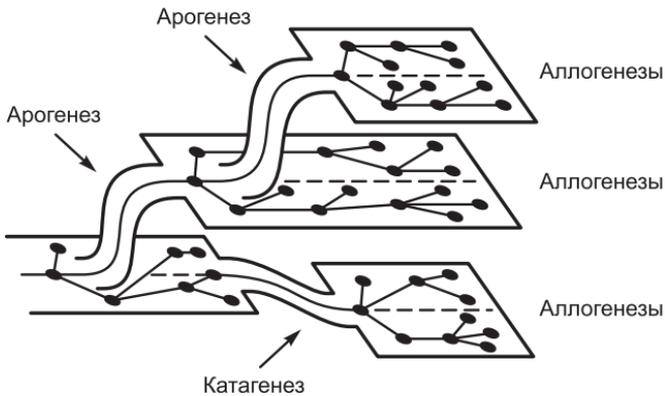


Рис. 136. Схема соотношений арогенезов, аллогенезов и катагенезов

ям существования осуществлялось в результате аллогенезов (различное строение крыльев, клюва и т.п.). Описанная схема путей достижения биологического прогресса характерна для всех групп организмов и носит название **закон Северцова** (рис. 136). В некоторых случаях биологический прогресс достигается катагенезом (например, паразиты).

Эволюционный процесс может осуществляться несколькими способами.

Дивергенция – это постепенное расхождение признаков у родственных организмов (описано выше). Дивергенция приводит к преобразованию одних органов тела в другие в связи с выполнением ими новых функций. В результате дивергенции у родственных форм возникают гомологичные органы. Например, после выхода позвоночных животных на сушу их передние конечности претерпели значительные изменения в зависимости от мест обитания и образа жизни: бегательные у большинства млекопитающих, роющие у крота, крылья у птиц, хватательные у обезьян.

Параллелизм – независимое развитие сходных признаков в эволюции близкородственных групп. Оно обеспечивается реализацией закона гомологичных рядов. Примерами параллелизма является эволюция одногорбого и двухгорбого верблюда соответственно в Африке и Центральной Азии, одинаковые группы крови у человека и обезьян. Параллелизмы объясняются сходством генотипов родственных форм.

Конвергенция – процесс эволюционного развития в сходном направлении двух или нескольких неродственных групп организмов. Например, сходство обтекаемых форм тела акуловых и китообразных. Следует подчеркнуть, что при конвергентном развитии сходства неродственных организмов бывают только внешними. При конвергентном способе эволюции возникают аналогичные органы.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

МЕСТО ЧЕЛОВЕКА В ЗООЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Проблема происхождения человека во все времена интересовала человечество. Она смогла получить научное объяснение лишь на основе эволюционной теории. Основатель первой классификации К. Линней, хотя и придерживался метафизических воззрений, поместил человека в отряд приматов вместе с обезьянами и полуобезьянами. Автор первого эволюционного учения Ж. Б. Ламарк впервые высказал гипотезу о естественном происхождении человека от древних обезьян, перешедших к прямохождению.

Решающий вклад в доказательство происхождения человека от животных внес Ч. Дарвин, который в работе «Происхождение человека и половой отбор» (1871 г.), проанализировав обширные данные сравнительной анатомии, эмбриологии и систематики, пришел к выводу о поразительном сходстве человека с животными, особенно с человекообразными обезьянами.

Согласно современной систематике, человека относят к типу Хордовые, подтипу Позвоночные, классу Млекопитающие, подклассу Плацентарные, отряду Приматы, семейству Гоминид, роду Человек и виду Человек разумный.

Доказательствами того, что человек относится к типу Хордовые, служат следующие данные эмбриологии: закладка хорды; развитие над хордой нервной трубки; закладка под хордой кишечной трубки, передний конец которой (глотка) пронизан жаберными щелями; расположение сердца на брюшной стороне. Эти признаки характерны для всех животных типа Хордовые.

Для подтипа Позвоночные характерно наличие черепа, содержащего головной мозг, и позвоночника с каналом, в котором расположен спинной мозг.

Для человека характерно наличие основных признаков класса **Млекопитающие**: млечных, сальных и потовых желез; волосяного покрова; дифференцированных зубов; левой дуги аорты и четырехкамерного сердца; диафрагмы; хорошо развитой коры головного мозга.

Для подкласса **Плацентарные** характерно наличие специального органа для вынашивания детенышей – матки и внутриутробного развития зародыша.

Человека относят к отряду **Приматы**. Особенно сходны человек и человекообразные обезьяны: у них относительно большая масса головного мозга, хорошо развита кора переднего мозга с большим количеством борозд и извилин; бинокулярное зрение; общие группы крови; противопоставление большого пальца остальным; редукция хвостового отдела позвоночника; наличие папиллярных узоров на пальцах, ладонях и стопах, ногтей на пальцах; наличие менструального цикла у самок; продолжительность беременности около девяти месяцев; сходство кариотипов; общие болезни и др.

Родство человека и животных подтверждается наличием у него рудиментов и атавизмов.

Таким образом, **доказательствами происхождения человека от животных** являются четыре группы фактов:

- ♦ общность строения человека и животных;
- ♦ сходство эмбрионального развития;
- ♦ наличие у человека рудиментов и атавизмов;
- ♦ обнаруженные ископаемые предки человека (см. ниже).

Помимо большого сходства человека с приматами, в частности с человекообразными обезьянами, ему присущи и **видовые признаки человека разумного, отличающие его от животных**:

♦ *коренным отличием* является способность к изготовлению орудий труда, что позволяет современному человеку переходить от подчинения себе природы к разумному управлению ею;

♦ высокая степень развития головного мозга (его масса в 2–2,5 раза больше массы мозга человекообразных обезьян), особенно коры переднего мозга с большим количеством борозд и извилин; значительное развитие теменных, лобных и височных долей, где сосредоточены важ-

нейшие центры психической деятельности и речи. С развитием мозга тесно связана способность к абстрактному мышлению, появление сознания и речи (наличие второй сигнальной системы). В связи с увеличением объема мозга изменилось соотношение лицевого и мозгового черепа — у человека значительно преобладает мозговой череп;

♦ прямохождение, что обусловило ряд изменений в строении скелета (изгибы позвоночника, уплощенная грудная клетка, широкий таз, сводчатая стопа) и мускулатуры (сильное развитие мышц пояса и самих нижних конечностей: ягодичных, икроножных и др.);

♦ высокая степень противопоставления большого пальца на руке.

ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ АНТРОПОГЕНЕЗА

Ч. Дарвин показал, что основные факторы эволюции органического мира, т. е. наследственная изменчивость, борьба за существование и естественный отбор, являются и факторами антропогенеза. Благодаря им организм древней человекообразной обезьяны претерпел ряд морфологических изменений, в результате которых выработалась вертикальная походка с высвобождением передних конечностей от функции передвижения. По современным представлениями, **биологическими факторами антропогенеза** являются: мутации, борьба за существование, естественный отбор, изоляция, дрейф генов, популяционные волны.

Однако объяснить происхождение человека одними биологическими закономерностями невозможно.

Социальные факторы антропогенеза были вскрыты Ф. Энгельсом в его работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» (1876 г.). Энгельс считал, что предками человека были древние человекообразные обезьяны, жившие в лесах. Вынужденный переход к наземному образу жизни (уменьшение площади лесов) содействовал постепенному высвобождению передних конечностей от функции передвижения. В последующем они совершенствовались, приобретали способность к разнообразным движениям и начали использоваться для удержания предметов и совершения бросков, а затем и для изготовления простейших орудий труда. Дальнейшее совер-

шенствование руки происходило под влиянием трудовой деятельности и в результате естественного отбора. Самые примитивные орудия труда уменьшали зависимость человека от окружающей природы.

Стадный образ жизни, трудовая деятельность, совместная охота и защита от врагов потребовали согласованных действий. Возникла необходимость общения. Неразвитая гортань и ротовой аппарат обезьян в результате наследственной изменчивости и естественного отбора постепенно преобразовались в органы членораздельной речи человека.

Важным этапом в развитии первобытного человека стало использование огня и животной пищи. Обработка пищи огнем способствовала ее лучшему усвоению, а возможность использования огня для согревания позволила расселиться в областях с более холодным климатом. Употребление термически обработанной животной пищи привело к изменению жевательного аппарата, уменьшению лицевого черепа и одновременно к увеличению головного мозга (улучшению питания, достаточному поступлению незаменимых аминокислот).

Изготовление орудий труда, совместный труд и охота привели к развитию новых общественных отношений между первобытными людьми. Развитие головного мозга, мышления и сознания стимулировало совершенствование труда и речи. Вместе с тем, усложнявшиеся трудовые процессы изготовления орудий труда и предметов быта способствовали совершенствованию головного мозга и органов чувств.

Развитие трудовой деятельности ослабило действие биологических и усилило роль социальных факторов в антропогенезе. Человек стал не только приспосабливаться к среде обитания, но и постепенно научился изменять ее в нужном для себя направлении.

Морфологические и физиологические особенности человека, как и животных, передаются по наследству (*биологическое наследование*). Но эволюция человека неразрывно связана с передачей из поколения в поколение знаний, умений, духовных ценностей, которые не наследуются. Их преемственность осуществляется посредством обучения и воспитания в человеческом обществе (*социальное наследование*). Известны случаи, когда маленькие дети были длительно изолированы от человеческого общества и

после возвращения в нормальные условия специфические человеческие черты у них восстанавливались с трудом или совсем не развивались.

Таким образом, помимо биологических факторов антропогенеза, важнейшую роль сыграли и социальные – *общественный образ жизни, трудовая деятельность, мышление и речь*.

Следует особо подчеркнуть, что роль биологических и социальных факторов на разных этапах антропогенеза была неодинаковой. На начальных этапах становления человека (древнейшие и древние люди) основную роль играли биологические факторы (изменения головного мозга, совершенствование руки, вертикальное положение тела). Сфера действия естественного отбора постепенно сужалась в результате трудовой деятельности и создания искусственных условий существования (одежды, жилищ, огня и др.). У первых современных людей роль биологических факторов эволюции снижалась, о чем говорит общность морфофизиологических показателей ископаемых людей современного типа и ныне живущих, а роль социальных факторов возрастала. В настоящее время естественный отбор в человеческих популяциях в силу социальной природы человека потерял свою видообразующую функцию, и дальнейший прогресс человечества будет полностью зависеть от социальных факторов.

ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕКА

По современным данным палеонтологии, предшественниками человека являются примитивные древние млекопитающие – *насекомоядные*, сходные с современными тупайями, от которых произошли древесные обезьяны – *парапитеки*, давшие около 35 млн лет тому назад ветвь, ведущую к человекообразным обезьянам. Древнейшие высшие приматы разделились на две группы – широконосых и узконосых обезьян. Около 30 млн лет назад среди узконосых обезьян появился *египтопитек* – обезьяна, обладавшая относительно прогрессивно развитым головным мозгом.

Около 20 млн лет назад выделилась группа полудревесных, полуназемных обезьян – *дриопитеков* (*проконсулафриканский*), от которых произошли

современные человекообразные обезьяны (горилла и шимпанзе) и человек.

Около 5 млн лет назад в беслесных степных просторах Африки появились высокоразвитые обезьяны – протоантропы (предшественники человека). Ископаемыми протоантропами являются австралопитеки, парантропы и зинджантропы. Их рост составлял 130–150 см, масса тела – 36–55 кг, объем мозга – до 550 см³. Передвигались протоантропы в полувыпрямленном положении на двух ногах. Передние конечности были свободны, и они могли брать ими палки, камни и другие предметы, используя их для охоты и защиты от врагов. Изготовление орудий труда протоантропами не установлено. Питались они преимущественно мясной пищей. Имели мощные челюсти и зубы, сплошной надбровный валик.

В 1959 г. в Олдовайском ущелье (Африка) английский ученый М. Лики обнаружила останки существ (зинджантропов), живших одновременно с австралопитеками (около 2 млн лет назад), но обладавших довольно крупным мозгом (около 700 см³); особенно увеличены были лобные и теменные доли мозга. Рядом с их останками обнаружены и примитивные, изготовленные из гальки орудия труда (олдовайская культура), поэтому было предложено считать эти существа первым видом людей – Человеком умелым. Именно тогда произошел качественный скачок в превращении обезьяны в человека, связанный с изготовлением первых примитивных орудий труда (вспомните коренное отличие человека от животных).

К древнейшим людям (Человек прямоходящий) относят питекантропа, синантропа и других ископаемых предков. Останки питекантропа были обнаружены в 1891 г. на острове Ява. Питекантропы были более схожи с австралопитеками, чем с современными людьми. Они жили 1 млн–500 тыс. лет назад; их рост достигал 150–170 см. Для них характерны низкий, сильно скошенный назад лоб, сплошной надбровный валик, массивная, не имеющая подбородочного выступа нижняя челюсть. Объем мозга составлял 750–900 см³, причем преимущественно были развиты отделы головного мозга, управляющие психической деятельностью. Изготавливаемые питекантропом орудия труда были более разнообразны и отличались лучшей обработкой, чем у Человека умелого. Считают,

что у питекантропов были зачатки речи, жили они преимущественно в пещерах и вели стадный образ жизни.

Останки синантропа были обнаружены в Китае близ Пекина. Синантроп жил в период оледенения (600–400 тыс. лет назад). Объем его мозга достигал 1200 см³. Череп синантропа сходен с черепом питекантропа, но отличается меньшими размерами лицевого отдела. Синантропы пользовались огнем, изготавливали орудия труда из камня и кости. Использование синантропами огня позволило сделать пищу более усвояемой, способствовало расширению ареала распространения и защите от хищников и холода.

Для древнейших людей характерны изменения скелета, обусловленные прямохождением: появился небольшой изгиб позвоночника и зачатки свода стопы, бедренный сустав сместился к центру таза.

К настоящему времени в различных частях света обнаружено и изучено большое число ископаемых останков древнейших людей.

К древним людям относят неандертальцев, раселившихся в Африке, Азии и Европе 200–100 тыс. лет назад. Древние люди по сравнению с древнейшими представляли собой более прогрессивный тип человека. Объем их мозга составлял 1200–1400 см³. У них еще сохранились надбровные валики, относительно низкий лоб, массивная нижняя челюсть с зачатком подбородочного выступа. Древние люди жили в период оледенения в пещерах, умели добывать и поддерживать огонь, питались растительной и животной пищей, изготавливали разнообразные каменные, костяные и деревянные орудия труда (ножи, скребки, рубила, палки и т. п.). У них уже существовало определенное разделение труда: мужчины охотились, изготавливали орудия труда, женщины обрабатывали туши животных, собирали съедобные растения. Приобретенные трудовые навыки охоты, изготовления орудий труда, ведения хозяйства они передавали потомству посредством показа и речи.

Неандертальцы были неоднородной группой. По морфологическим признакам и времени существования их разделяют на *ранних* (появились около 300 тыс. лет назад), *поздних* (около 70 тыс. лет), или *классических*, и *прогрессивных*. Хотя классические неандертальцы жили

небольшими группами, однако, имея массивный скелет и сильно развитую мускулатуру, они побеждали в борьбе за существование. Прогрессивные неандертальцы имели высокий свод черепа, менее развитые мышцы и хорошо выраженный подбородочный выступ. Они объединялись в большие группы, благодаря чему сумели выжить в конкурентной борьбе. Большинство исследователей считают предками современного человека именно прогрессивных неандертальцев.

Коллективные действия уже в первобытном сообществе древних людей играли решающую роль. В борьбе за существование победили те группы, которые лучше обеспечивали себя пищей, заботились о сохранении потомства, преодолевали тяжелые условия существования. Следовательно, социальные факторы все сильнее влияли на дальнейшее развитие неандертальцев.

Неандертальцев сменили **люди современного типа** – **кроманьонцы**, которые появились около 50 тыс. лет тому назад. Они отличались высоким ростом (до 180 см) и большим объемом головного мозга (до 1600 см³). Для них характерны высокий лоб, сглаженные надбровные валики, хорошо выраженный подбородочный выступ, который указывает на развитую членораздельную речь. Кроманьонцы строили жилища, одевались в одежды из шкур, сшитых костяными иглами. Техника изготовления орудий труда стала совершеннее. Изделия из рога, кости, кремня украшались резьбой. Кроманьонцы научились шлифовать, сверлить, знали гончарное дело. Они жили родовым обществом, начали приручать животных, заниматься земледелием. У них появились зачатки религии и культуры (наскальная живопись).

Высокая степень развития мозга и коллективный труд привели к резкому уменьшению зависимости человека от внешней среды. Эволюция человека вышла из-под ведущего контроля биологических факторов и приобрела социальный характер. Поэтому всегда нужно помнить, что человек занимает совершенно особое положение в природе, являясь одновременно и биологическим, и социальным существом.

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ РАСЫ

Человеческие расы – это исторически сложившиеся группы людей, объединенные общностью происхождения

и сходством некоторых второстепенных морфологических признаков. Все человечество подразделяют на три большие расы: европеоидную (евразийскую), монголоидную (азиатско-американскую) и негроидную (австрало-негроидную).

Европеоиды характеризуются узким лицом, узким выступающим носом, тонкими губами, мягкими прямыми или волнистыми волосами, цветом кожи от белого до смуглого, цветом глаз от светло-голубых до черных, относительно сильной обволошенностью тела.

Монголоиды отличаются плоским широким лицом с выступающими скулами, косым разрезом глаз, складкой кожи у внутреннего угла глаз – *эпикантом*, средней толщиной губ, жесткими черными прямыми волосами, желтовато-смуглым цветом кожи, слабой обволошенностью тела.

Для негроидов характерны черный цвет кожи, черные курчавые волосы, широкий плоский нос, темные глаза, толстые губы, средняя степень обволошенности тела.

Расы возникли в результате расселения и изоляции древних людей в различных климатогеографических условиях, под воздействием которых постепенно появлялись приспособительные признаки. Например, сильная пигментация кожи у негроидов служит защитным приспособлением от ожогов ультрафиолетовыми лучами, шапка курчавых волос предохраняет голову от перегрева; плоское лицо монголоидов уменьшает возможность отморожения; белая кожа европеоидов способствует поглощению ультрафиолетовых лучей, необходимого для синтеза в коже витамина D и т. п. Следовательно, основными факторами расогенеза являются биологические: наследственная изменчивость, естественный отбор и изоляция.

Раса – понятие биологическое, так как представители рас отличаются друг от друга морфологическими наследственными признаками. Следует особо подчеркнуть, что отличительные признаки рас являются второстепенными и не затрагивают видовых признаков Человека разумного. Единство вида Человека разумного подтверждается и плодотворностью потомства при смешанных браках.

С развитием общественных связей, ростом миграционных процессов, межрасовых браков обособленность человеческих рас постепенно сглаживалась и морфологиче-

ские различия между ними уменьшались. В связи с этим в настоящее время помимо трех основных выделяют до 30 вторичных (малых) рас.

Между расами не существует никаких принципиальных различий в способностях к обучению, творческой и трудовой деятельности, т. е. все расы биологически равноценны. Различия в уровне развития культуры и техники народов разных рас зависят не от биологических причин, а от общественно-экономических условий.

ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Напомним, что для определения частоты встречаемости в больших популяциях доминантных и рецессивных генов и гомо- и гетерозигот применяют математическое выражение закона Харди-Вайнберга, где латинской буквой p обозначают частоту доминантного гена, а буквой q – частоту рецессивного гена. Сумма частот доминантного и рецессивного генов (при наличии двух аллелей) принимается за 1: $p + q = 1$ (100%).

Частота встречаемости доминантных гомозигот – p^2 , рецессивных гомозигот – q^2 , а гетерозигот – $2pq$. Сумма возможных генотипов: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ (100%).

Задача 1. Определите частоту встречаемости доминантных гомозигот и гетерозигот в большой по численности африканской популяции, где частота встречаемости альбиносов (аутосомно-рецессивный признак) составляет 1% от всего населения.

Решение. Альбинизм – это аутосомно-рецессивный признак, следовательно, все больные являются рецессивными гомозиготами, т. е. $q^2 = 0,01$. Отсюда можно определить частоту встречаемости ре-

цессивного гена альбинизма: $q = \sqrt{0,01} = 0,1$. Так как $p + q = 1$, то можно вычислить частоту встречаемости доминантного гена: $p = 1 - q$, $p = 1 - 0,1 = 0,9$. С учетом того, что частота встречаемости гетерозигот $2pq$, вычисляем: $2pq = 2 \cdot 0,9 \cdot 0,1 = 0,18$ или 18%. Частота встречаемости доминантных гомозигот: $p^2 = 0,9^2 = 0,81$ (81%).

О т в е т: частота встречаемости доминантных гомозигот в данной популяции равна 81%, а гетерозигот – 18%.

Задача 2. Отсутствие радужной оболочки у человека (аниридия) наследуется как аутосомно-доминантный признак с частотой 1/10 000. Определите частоту встречаемости гетерозигот в популяции.

Решение. Аниридия – доминантный признак. Следовательно, больными будут доминантные гомозиготы и гетерозиготы. Тогда по формуле Харди-Вайнберга: $p^2 + 2pq = 1/10\ 000$. Так как $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, то можно определить частоту встречаемости рецессивных гомозигот: $q^2 = 1 - (p^2 + 2pq)$, $q^2 = 1 - 1/10\ 000 = 0,9999$. Теперь вычислим частоту встречаемости рецессивного гена: $q = \sqrt{0,9999} \approx$

$\approx 0,9999$. Частота встречаемости доминантного гена $p = 1 - q$, $p = 1 - 0,9999 = 0,0001$. Теперь вычислим частоту встречаемости гетерозигот: $2pq = 2 \cdot 0,9999 \cdot 0,0001 = 0,0019$, или $0,19\%$.

О т в е т: частота встречаемости гетерозигот в данной популяции равна $0,19\%$.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Определите частоту встречаемости доминантных гомозигот в большой по численности европейской популяции, где концентрация патологического рецессивного гена альбинизма составляет 10% .

2. Около 30% населения США ощущает горький вкус фенилтиокарбамида (ФТК), а 70% – нет. Способность ощущать вкус ФТК детерминируется рецессивным геном a . Определите частоту встречаемости аллелей A и a в данной популяции.

3. Дети, больные фенилкетонурией (аутосомно-рецессивный признак), рождаются с частотой $1/10\,000$. Определите процент гетерозиготных носителей гена фенилкетонурии.

4. На одном из островов было отстреляно $10\,000$ лисиц. Из них 9990 оказались рыжего цвета (доминантный признак) и 10 особей белого цвета (рецессивный признак). Определите частоту встречаемости генотипов гомозиготных рыжих лисиц, гетерозиготных рыжих и белых лисиц в данной популяции.

5. В одной популяции дрозофилы частота встречаемости аллели b (черная окраска тела) равна $0,1$, а в другой – $0,9$. Серая окраска мух – доминантный признак. Установите относительную частоту серых и черных мух в обеих популяциях и количество гомозиготных и гетерозиготных особей.

ОТВЕТЫ

1. $0,81$ (81%).

2. Частота встречаемости доминантной аллели (A) $0,45$ (45%), а рецессивного (a) – $0,55$ (55%).

3. $1,98\%$ (около 2%).

4. Частота встречаемости гомозиготных рыжих лисиц составляет $0,939$ ($93,9\%$), гетерозиготных рыжих – $0,06$ (6%) и гомозиготных белых – $0,001$ ($0,1\%$).

5. В первой популяции частота встречаемости серых мух – $0,99$ (99%), а черных – $0,01$ (1%), среди серых мух гомозиготы составляют $0,81$ (81%), а гетерозиготы – $0,18$ (18%); во второй популяции частота встречаемости серых мух – $0,19$ (19%), а черных – $0,81$ (81%), среди серых мух гомозиготы составляют $0,01$ (1%), а гетерозиготы – $0,18$ (18%).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЗМОВ СО СРЕДОЙ

ЭКОЛОГИЯ

ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

Все живые организмы являются открытыми системами, так как они непрерывно обмениваются с окружающей средой энергией, веществом и информацией. Организмы получают из окружающей среды одни вещества, энергию и информацию, перерабатывают их и отдают в окружающую среду другие вещества, энергию и информацию. Таким образом, обмен с окружающей средой является непременным условием существования живого и обуславливает его фундаментальные свойства: *самообновление, самовоспроизведение и саморегуляцию*. Влияние окружающей среды прямо или косвенно отражается на развитии, размножении и выживании организмов. Внешняя среда не только влияет на живое, но и сама изменяется в результате жизнедеятельности организмов. Следовательно, отношения между средой и живыми организмами носят взаимный характер.

.....
Экологией (от греч. oikos – жилище, дом и logos – наука) называется *общебиологическая наука, изучающая закономерности взаимоотношений организмов друг с другом и с окружающей средой*.
.....

Данный термин был предложен немецким биологом Э. Геккелем в 1866 г. Объектами изучения экологии являются различные уровни организации жизни, начиная с надорганизменного: популяции, биоценозы, биогеоценозы и биосфера в целом.

Экология решает следующие задачи:

- ♦ исследует закономерности взаимоотношений различных групп организмов (популяций, видов и др.) с факторами внешней среды и их влияние на среду обитания;
- ♦ изучает взаимоотношения популяций разных видов в сообществе;
- ♦ разрабатывает основы рационального использования природных ресурсов человеком, прогнозирует антропогенные изменения среды;

- ♦ внедряет биологические методы борьбы с вредителями и сорняками и изучает их эффективность;
- ♦ разрабатывает и рекомендует промышленности безотходные технологии производства (оборотное водоснабжение, переработка отходов и т. п.).

Каждая из перечисленных задач решается определенными методами. С помощью *полевых методов* (длительное наблюдение за взаимоотношениями в природе, за миграцией животных и т. п.) изучают конкретное влияние комплекса факторов среды на развитие и жизнедеятельность популяций. *Экспериментальные методы* позволяют устанавливать влияние отдельных факторов на развитие организмов. Для этого создают модели, т. е. *искусственные экологические системы*, аналогичные естественным. Например, аквариум может служить моделью реального водоема. *Методы математического моделирования* дают возможность прогнозировать развитие экосистем в зависимости от изменений климата и антропогенных воздействий. В основе этих моделей лежит количественный анализ наблюдений многих специалистов: биологов, гидрологов, микробиологов, климатологов, гидрохимиков и др. Полученные данные обрабатываются на компьютере и позволяют предсказывать реакцию данной экосистемы на воздействие среды и человека на многие десятилетия вперед. Изучая результаты загрязнения радионуклидами территории Республики Беларусь в течение первых лет после аварии на Чернобыльской АЭС можно рассчитать, какие последствия будут через 10, 20, 50 и более лет. Такие модели развития разработаны для озера Байкал, Азовского и Каспийского морей и др.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Среда обитания – это совокупность элементов окружающей среды, которые способны прямо или косвенно оказывать воздействие на организмы. Различным живым существам нужны разные элементы среды обитания. Например, для животных жизненно важными элементами среды обитания являются кислород и органические вещества, а для растений – свет и диоксид углерода. Совокупность жизненно необходимых факторов среды, без которых живые организмы не могут существовать, называется

условиями существования. Другие факторы среды могут быть относительно безразличны для живых организмов, например содержание азота в атмосфере, кремния в почве, ветер, электрические разряды и т. п.

.....
Элементы окружающей среды, способные оказывать влияние на живые организмы, называются экологическими факторами.
.....

Экологические факторы подразделяются на абиотические, биотические и антропогенные.

К числу **абиотических факторов** относятся элементы неживой природы, оказывающие воздействие на организмы. Их подразделяют на **физические** (климатические) – свет, температура, влажность, осадки, ветер, атмосферное давление, радиационный фон; **химические** – газовый состав атмосферы, соленость воды и почвы; **почвенно-грунтовые** – механический состав почвы, ее влаго- и воздухоемкость; **топографические** – особенности рельефа местности. **Биотическими факторами** являются живые организмы (бактерии, грибы, растения, животные), вступающие во взаимодействие с другими живыми организмами. К **антропогенным факторам** относят особенности среды, обусловленные трудовой деятельностью человека, и непосредственное влияние человека на живые организмы. По мере роста народонаселения и технической вооруженности человечества удельный вес антропогенных факторов постоянно возрастает.

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

К числу **абиотических факторов** относят климатические условия, которые в различных частях земного шара тесно связаны с солнечным излучением.

Солнечный свет является основным источником энергии, необходимой для протекания всех жизненных процессов на Земле. Благодаря энергии солнечных лучей в зеленых растениях происходит *первичный синтез органических веществ – фотосинтез*, в результате которого обеспечивается питание всех гетеротрофных организмов.

Солнечное излучение неоднородно по своему составу. В нем различают инфракрасные (длина волны более 0,75 мкм),

видимые (0,40–0,75 мкм) и ультрафиолетовые (менее 0,40 мкм) лучи. *Инфракрасные лучи* составляют около 45% лучистой энергии, достигающей Земли, и являются главным источником тепла, поддерживающего температуру окружающей среды. *Видимые лучи* составляют около 50% лучистой энергии, которая особенно необходима растениям для процесса фотосинтеза, а также для обеспечения видимости и ориентации в пространстве всех живых существ. Хлорофилл поглощает преимущественно оранжево-красные (0,6–0,7 мкм) и сине-фиолетовые (0,5 мкм) лучи. Растения используют на фотосинтез менее 1% солнечной энергии, остальная ее часть рассеивается в виде тепла или отражается. Большая часть *ультрафиолетового излучения* с длиной волны менее 0,29 мкм задерживается своеобразным «экраном» – озоновым слоем атмосферы, который образуется под воздействием этих же лучей. Данное излучение является губительными для живого. Ультрафиолетовые лучи с большей длиной волны (0,3–0,4 мкм) достигают поверхности Земли и в умеренных дозах оказывают благоприятное воздействие на животных – стимулируют синтез витамина D, пигментов кожи (загар) и др.

Большинство животных способны воспринимать световые раздражения. Уже у некоторых протистов могут быть светочувствительные органоиды («глазок» у эвглены зеленой), с помощью которых они способны реагировать на световое воздействие (фототаксисы). Почти все многоклеточные обладают разнообразными светочувствительными органами.

По требовательности к интенсивности освещения различают светолюбивые, теневыносливые и тенелюбивые растения.

Светолюбивые растения могут нормально развиваться только при полном освещении. Они широко распространены в сухих степях и полупустынях, где растительный покров редкий и растения не затеняют друг друга (тюльпан, гусиный лук). К светолюбивым растениям относятся и хлебные злаки, растения безлесных склонов (чабрец, шалфей) и др. Приспособления к яркому свету: относительно малая площадь листовых пластинок, листья толстые за счет хорошо выраженной столбчатой паренхимы, ориентированные вертикально.

Теневыносливые растения лучше растут при прямом освещении солнечными лучами, однако способны выносить и затенение. Это в основном лесообразующие породы (береза, осина, сосна, дуб, ель) и травянистые (зверобой, земляника) и др. Приспособления к недостатку света: относительно большая поверхность листовой пластинки; листья тонкие, ориентированные к свету.

Тенелюбивые растения не выносят прямого солнечного излучения и нормально развиваются в условиях затенения. К таким растениям относятся лесные травы – кислица, мхи и др. При вырубке леса некоторые из них погибают.

Ритмические изменения активности светового потока, связанные с вращением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца, заметно отражаются на живой природе. Продолжительность светового дня неодинакова в различных частях земного шара. На экваторе она постоянна на протяжении всего года и равна 12 ч. По мере передвижения от экватора к полюсам длительность светового дня изменяется. В начале лета световой день достигает максимальной длины, затем постепенно уменьшается, в конце декабря становится самым коротким и снова начинает увеличиваться.

Реакция организмов на продолжительность светового дня, выражающаяся в изменении интенсивности физиологических процессов, называется **фотопериодизмом**. На его основе у растений и животных в процессе эволюции выработались специфические изменения интенсивности физиологических процессов, периодов роста и размножения, повторяющиеся с годичной периодичностью, которые называются **сезонными ритмами**.

С фотопериодизмом связаны основные приспособительные реакции и сезонные изменения у всех живых организмов. Совпадение периодов жизненного цикла с соответствующим временем года (сезонный ритм) имеет огромное значение для существования видов. Роль пускового механизма сезонных изменений (от весеннего пробуждения до зимнего покоя) играет *длина светового дня* как наиболее постоянное изменение, предвещающее смену температур и других экологических условий. Так, увеличение длины светового дня стимулирует деятельность половых желез у многих животных и определяет начало брачного периода. Укорочение светового дня осенью ведет к затуханию функции половых желез, накоплению жира,

развитию пышного меха у животных, перелетам птиц. Аналогично у растений с удлинением светового дня связано образование гормонов, влияющих на цветение, оплодотворение, плодоношение, образование клубней и т. д. Осенью эти процессы затухают.

В зависимости от реакции на длину светового дня растения делят на *длиннодневные*, цветение которых наступает при продолжительности светлого периода суток 12 и более часов (рожь, овес, ячмень, картофель и др.); *короткодневные*, у которых цветение наступает, когда день становится коротким, менее 12 ч (это растения преимущественно тропического происхождения – кукуруза, соя, просо, георгины и др.), и *нейтральные*, цветение которых не зависит от длины светового дня (горох, гречиха и др.).

Живые организмы реагируют и на смену дня и ночи – с у т о ч н ы е р и т м ы. Изучив закономерности суточных и сезонных ритмов, человек использует эти знания для круглогодичного выращивания в искусственных условиях овощей, цветов, птиц, повышения яйценоскости кур и т. п.

Суточная ритмичность у растений проявляется в периодическом открытии и закрытии цветков (хлопчатник, лен, душистый табак), усилении или ослаблении физиологических и биохимических процессов фотосинтеза, повышения и снижения скорости деления клеток и др. Суточные ритмы, проявляющиеся в периодическом чередовании активности и отдыха, характерны и для животных, и для человека. Всех животных можно подразделить на *дневных* и *ночных*. Многие из них проявляют наибольшую активность днем (бабочки, стрекозы, жаворонки, волки, зайцы и др.), однако некоторые (сверчки, летучие мыши, совы, крыланы и др.) приспособились к жизни только в ночных условиях. Ряд животных обитают постоянно в полной темноте (аскарида, крот и др.).

У человека обнаружены суточные колебания более трехсот показателей. Так, температура тела выше в дневные часы, достигает максимального значения к 18 часам, а ночью снижается. Самый низкий уровень температуры наблюдается между 1 ч ночи и 5 ч утра. Артериальное давление днем выше, а ночью ниже. В дневное время свертываемость крови выше, в периферической крови увеличено содержание кровяных пластинок, эритроцитов, лейкоци-

тов, адреналина. У большинства людей наивысшая биоэлектрическая активность мозга наблюдается утром (с 8 до 12 ч) и вечером (между 17 и 19 ч). Людей, способных к наиболее активной работе утром, называют «жаворонками». Однако встречаются лица, наиболее высокая работоспособность которых приходится на вечерние и даже ночные часы (их называют «совами»). Большинство людей может работать производительнее в дневное время суток, поэтому в ночные смены снижается производительность труда и ослабевает внимание, что приводит к росту травматизма.

К нарушению привычных суточных ритмов приводит и преодоление на воздушном транспорте больших расстояний, когда происходит перемещение пассажиров на несколько часовых поясов. Для сохранения высокой работоспособности в таких условиях необходимо заблаговременно привыкать к новому суточному биоритму.

Важным абиотическим фактором среды является температура, от которой в значительной степени зависит существование, развитие и распространение живых существ. Предельные колебания температуры на земном шаре – от $+50...+60^{\circ}\text{C}$ в пустынях до $-70...-80^{\circ}\text{C}$ в Антарктиде, однако жизнь существует и в таких экстремальных условиях (водоросли в горячих источниках, пингвины в Антарктиде). Наиболее стабильные температурные условия сохраняются в океане, а наиболее изменчивые характерны для наземно-воздушной среды. У большинства организмов процессы жизнедеятельности протекают при температурах от -4°C до $+40...+45^{\circ}\text{C}$.

Различные климатические зоны Земли заселяют организмы с разной нормой реакции на температурный фактор. В умеренных зонах обитают *эвритермные* виды, способные переносить значительные колебания температуры, в тропиках – *стенотермные теплолюбивые*, в арктических поясах – *стенотермные холодолюбивые* виды, которые не переносят больших колебаний температур.

Всех животных подразделяют на холоднокровных (*пойкилотермных*) и теплокровных (*гомойотермных*). У *холоднокровных* (рыбы, земноводные, пресмыкающиеся и беспозвоночные) температура тела непостоянна и зависит от температуры окружающей среды. У некоторых холоднокровных (например, у насекомых) при интенсивном сокращении мышц во время полета температура тела

может повышаться на 10 и более градусов. *Теплокровные животные* (птицы, млекопитающие) и человек способны поддерживать постоянную температуру тела благодаря интенсивному обмену веществ, появлению теплоизолирующих покровов (перья, мех, подкожная жировая клетчатка) и выработке в процессе эволюции особых механизмов ее регуляции (потовые железы, нервные механизмы регуляции). Важную роль в интенсификации обменных процессов у гомойотермных организмов сыграли такие ароморфозы как четырехкамерное сердце, полная изоляция артериальной и венозной крови и совершенные органы дыхания. Следует помнить, что эта способность носит ограниченный характер, поскольку при значительных колебаниях температуры внешней среды возможен перегрев или переохлаждение организма, что чревато серьезными последствиями.

Одним из приспособлений животных к колебаниям температуры является *миграция* – переселение в более благоприятные условия (перелеты птиц, миграции рыб, насекомых и др.).

Многие виды холоднокровных животных приобрели способность переживать неблагоприятные условия (высокую или низкую температуру, отсутствие воды, пищи и др.) в с о с т о я н и и о ц е п е н е н и я. Оно характеризуется неподвижностью животного, прекращением питания, снижением всех физиологических функций. Некоторые насекомые, рыбы и земноводные впадают в оцепенение при температурах ниже +10 °С, а другие – только при температуре близкой к нулю. Вмерзшие в лед лягушки после оттаивания возвращаются к активной жизнедеятельности. Даже ряд млекопитающих (ежи, барсуки) впадают в *зимнюю спячку*. Пониженный уровень обмена веществ поддерживается у них за счет запасов энергии (жира), накопленных ранее. Пустынные грызуны, черепахи и другие животные впадают в спячку на несколько летних месяцев, что обусловлено преимущественно нехваткой воды. Многие низшие организмы способны выдерживать очень низкие температуры благодаря высокой концентрации в цитоплазме их клеток солей, глицерола, сахара и сниженного количества воды.

Наиболее глубокое оцепенение наблюдается при анабиозе. **Анабиоз** (от греч. *anabiosis* – оживление) – такое со-

стояние живых организмов, при котором все жизненные процессы почти прекращены или настолько снижены, что видимые проявления жизни отсутствуют. В состоянии анабиоза повышается устойчивость организмов ко многим неблагоприятным факторам: недостатку кислорода и влаги, действию ядовитых веществ и ионизирующих излучений и др. Чаще всего анабиоз вызывают изменения температуры и влажности среды. Так, при пересыхании луж впадают в анабиоз большинство бактерий, протистов и низших ракообразных. Многие паразитические бактерии и протисты при этом покрываются плотными оболочками и образуют споры (бактерии) или цисты (протисты). В таком состоянии они могут сохранять жизнеспособность в течение нескольких лет.

Приспособления растений к высоким температурам сводятся к следующим: усиленная транспирация, блестящая поверхность и густое опушение листьев, вертикальное положение листьев, уменьшение их поверхности. Растения способны переносить и низкие температуры благодаря листопаду, отмиранию наземных частей, утолщению пробкового слоя, высокой концентрации углеводов и других органических веществ в цитоплазме клеток, способности связывать значительное количество воды.

Животные имеют более разнообразные приспособления к изменениям температур. Их можно свести к трем основным: 1) *химическая терморегуляция* (усиление образования тепла при снижении температуры и ослабление при ее повышении); 2) *физическая терморегуляция* (изменение уровня теплоотдачи – при повышенных температурах теплоотдача увеличивается, а при низких – уменьшается); 3) *поведенческая терморегуляция* (перемещение в более благоприятные условия – перелеты птиц, зимовка в берлоге).

Важным лимитирующим абиотическим фактором внешней среды является в л а ж н о с т ь, так как без воды не может существовать ни один организм. Вода является в первую очередь универсальным растворителем, а все обменные процессы в клетках протекают в растворах; вода непосредственно участвует в биохимических реакциях; многие организмы способны существовать только в воде. Ее содержание в клетках достигает 70–90%.

Источником воды для растений и животных служат атмосферные осадки, водоемы, подземные воды, роса и туман. Влажность воздуха определяется содержанием в нем водяного пара. Наибольшая влажность отмечается на побережьях морей и океанов (до 100%), а наименьшая – в пустынях (2–4%).

По отношению к воде растения подразделяются на три экологические группы: гигрофиты, ксерофиты и мезофиты.

Г и г р о ф и т ы – растения, населяющие места с высокой влажностью воздуха и почвы. Это растения влажных тропических лесов (папирус, рис), верховых болот (росянка, клюква), прибрежные (тростник, камыш). Они не имеют приспособлений, ограничивающих расход воды, и не способны переносить дефицит влаги. Для гигрофитов характерны тонкие листовые пластинки с широко открытыми устьицами, наличие воздухоносной паренхимы, высокая интенсивность транспирации.

К с е р о ф и т ы – растения сухих мест (полупустынь и пустынь). Их делят на две группы: суккуленты и склерофиты. *Суккуленты* запасают воду в сочных мясистых листьях (алоэ) или стеблях (кактусы). Во время редких дождей их корни интенсивно всасывают влагу, которая запасается в водоносной паренхиме. Сохранение воды обеспечивается восковым покровом эпидермиса, погруженными в ткань немногочисленными устьицами, закрытыми в дневное время. *Склерофиты* имеют мелкие жесткие листья, покрытые толстой кутикулой, препятствующей испарению воды, иногда листья видоизменяются в колючки (верблюжья колючка, ковыли, саксаулы, чертополох). Они имеют либо поверхностную корневую систему (улавливает влагу утренней росы или редких осадков), либо проникающую на большую глубину до грунтовых вод. В клеточном соке склерофитов содержатся органические вещества в высокой концентрации, что повышает осмотическое давление клеточного сока и способствует усиленному всасыванию и удержанию воды.

М е з о ф и т ы произрастают в местах с умеренной влажностью почвы и воздуха. Это растения лугов, лесов, большинство культурных растений.

Недостаток влаги служит ограничивающим фактором, определяющим границы жизни и ее зональное распре-

ление. Одним из приспособлений для снижения потерь воды является листопад.

У животных также выработался ряд приспособлений к недостатку влаги. Мелкие животные (грызуны, пресмыкающиеся, членистоногие) довольствуются водой, поступающей вместе с пищей. Резервуаром воды для ряда животных засушливых районов служат отложения жира (горб у верблюда, курдюк у овец, жировое тело у насекомых), при окислении которого образуется необходимое количество воды. Ряд животных пустынных районов обладают способностью к длительному быстрому бегу (антилопы, куланы, сайгаки), позволяющему им совершать дальние миграции на водопой. Некоторые виды (преимущественно грызуны) перешли к ночному образу жизни, тем самым избегая перегрева и большого испарения воды.

Соленость среды обитания является важным экологическим фактором и зависит от концентрации растворимых солей. Минеральные соли почвы служат источником питания растений (удобрения), однако их избыток, наблюдающийся на засоленных почвах, на растения действует губительно (солончаки). В природе преобладают животные, приспособленные к обитанию только в пресной воде (карповые рыбы) или только в соленой (сельдеобразные рыбы). Однако отдельные виды животных в разные периоды развития живут в условиях различной солености (взрослые угри обитают в пресных водоемах, а их личинки – в морях, лососевые рыбы – наоборот).

К важным абиотическим факторам внешней среды можно отнести барометрическое давление и состав атмосферного воздуха.

Большинство живых организмов на нашей планете приспособлено к существованию при барометрическом давлении 720–740 мм рт. ст. (на уровне Мирового океана). При подъеме на высоту давление воздуха падает, что неблагоприятно сказывается на снабжении организмов кислородом.

Главной составной частью воздуха является *кислород* (21%), который необходим для нормального протекания окислительных процессов в клетках большинства живых существ (*аэробов*). Некоторые организмы (в основном бактерии и кишечные паразиты) могут существовать в бескислородной среде (*анаэробы*). Даже один и тот же орга-

низм на разных этапах своего развития может менять отношение к кислороду. Так, яйца аскариды для своего развития нуждаются в кислороде, а взрослые паразиты приспособились к существованию в бескислородной среде (кишечник человека). Содержание *диоксида углерода* составляет всего 0,03–0,04%, но он имеет существенное значение для жизни на Земле, так как непосредственно используется в процессе фотосинтеза. Больше всего в атмосфере содержится *азота* (78,08%), однако он не имеет особого биологического значения, так как непосредственно не усваивается растениями. В атмосфере содержится также небольшое количество инертных газов, газообразных и пылевидных примесей, микроорганизмов.

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Под **биотическими факторами** среды понимают компоненты живой природы, прямо или косвенно действующие друг на друга. Все виды взаимоотношений между организмами можно подразделить на нейтрализм, конкуренцию, хищничество, антибиоз и симбиоз.

При **нейтрализме** совместно обитающие популяции разных видов не оказывают видимого влияния друг на друга. Например, можно сказать, что белка и волк прямо не взаимодействуют, хотя живут в одном лесу.

Конкурентные взаимоотношения возникают между организмами в том случае, если для их существования необходимы одинаковые или сходные условия. Например, саранча, грызуны и травоядные парнокопытные вступают между собой в конкурентные отношения из-за пищи. Растения конкурируют друг с другом за свет, влагу, защиту от поедания животными и т. п. В конкурентные отношения могут вступать особи как одного вида (*внутривидовая конкуренция*; например сосны – за свет), так и разных видов (*межвидовая конкуренция*; например разные виды хищников – за жертву).

При **хищничестве** наблюдается прямое уничтожение жертвы и, как правило, использование ее в качестве пищи. Хищники есть среди животных всех классов хордовых (акулы, крокодилы, орлы, волки) и среди других типов, например гидра, планария, морские звезды, божьи коровки и др. Есть хищники и среди растений (ро-

сянка). Разновидностью хищничества является *каннибализм* (внутривидовое хищничество) – поедание одними особями других своего же вида. Например, самка паука каракурта поедает самца после спаривания. Хищники являются регуляторами численности жертв, не давая им беспредельно размножаться. Между количествами хищников и жертв устанавливается динамическое равновесие.

Под *антибиозом* понимают такие взаимоотношения между организмами разных видов, когда особи одного вида, чаще путем выделения особых веществ, оказывают угнетающее воздействие на жизнедеятельность особей других видов. Эти вещества имеют разную химическую природу, но общее название – *антибиотики*. Антибиотики, продуцируемые грибами, бактериями и другими организмами (пенициллин, стрептомицин, биомицин и др.) нашли широкое применение для лечения разнообразных инфекционных болезней. Некоторые высшие растения также продуцируют антибиотики, которые получили название *фитонцидов*. Фитонциды чаще всего представляют собой летучие вещества (иногда малолетучие), угнетающие жизнедеятельность бактерий, грибов, протистов. Они играют большую роль в биологической очистке воздуха, поэтому санатории для больных туберкулезом и другими легочными заболеваниями строят в сосновых лесах. Широкое применение в медицине находят фитонциды чеснока и лука.

Симбиозом является любое сожительство организмов разных видов. Выделяют следующие формы симбиоза: мутуализм, синойкию, комменсализм и паразитизм.

Мутуализм (взаимовыгодный симбиоз) – это сожительство организмов разных видов, приносящее взаимную пользу. Например, лишайники являются симбиотическими организмами, тело которых построено из аутотрофных протистов (или цианобактерий) и грибов. Нити гриба снабжают клетки протистов водой и минеральными веществами, а клетки протистов осуществляют фотосинтез и, следовательно, снабжают гифы грибов органическими веществами.

Синойкия (квартирантство) – сожительство, при котором особь одного вида использует особь другого вида только как жилище, не принося своему «живому дому» ни пользы, ни вреда. Например, пресноводная рыбка горчак

откладывает икринки в мантийную полость двустворчатых моллюсков. Развивающиеся икринки надежно защищены раковиной моллюска, но они безразличны для хозяина и не питаются за его счет. Квартиранство встречается и у растений. Растения (*эпифиты*; например лишайники и мхи) поселяются на деревьях, которые служат им местом прикрепления, но не источником питания.

Комменсализм (нахлебничество) – сожительство организмов разных видов, при котором один организм использует другой как жилище и источник питания, но не причиняет вреда партнеру. Например, морские рыбы-прилипалы, присасываясь к крупным рыбам (акулам), используют их как средство передвижения и питаются их испражнениями или остатками пищи. В желудочно-кишечном тракте человека находится большое количество бактерий и протистов, питающихся остатками пищи и не причиняющих вреда хозяину.

Паразитизм – это форма антагонистического сожительства организмов, относящихся к разным видам, при котором один организм (*паразит*), поселяясь на теле или в теле другого организма (*хозяина*) питается за его счет и причиняет ему вред. Болезнетворное действие паразитов складывается из механического повреждения тканей хозяина, отравления его продуктами обмена, питания за его счет. Паразитами являются все вирусы, многие бактерии, грибы, протисты, некоторые черви и членистоногие. В отличие от хищника, паразит использует свою жертву длительно и далеко не всегда доводит ее до смерти. Нередко вместе со смертью хозяина погибает и паразит. Связь паразита с внешней средой осуществляется опосредованно через организм хозяина.

Различают временных и постоянных паразитов. *Временные паразиты* нападают на хозяина в основном для питания (комары, клещи). *Постоянные паразиты* весь цикл развития или большую его часть проводят на теле либо в теле хозяина (аскарида, печеночный сосальщик, вши и др.). По месту обитания паразиты подразделяются на *эктопаразитов*, живущих на теле хозяина (вши, блохи, клещи), и *эндопаразитов*, обитающих в теле хозяина (аскарида, малярийный плазмодий, бычий цепень).

Образ жизни оказывает существенное влияние на морфологию и физиологию паразитов. Так, у многих из них

развиваются специальные органы прикрепления и питания (присоски, крючья, колюще-сосущий ротовой аппарат), высокой степени развития достигает половая система, что способствует интенсивности размножения (аскарида за сутки откладывает до 240 тыс. яиц). Вследствие нахождения в организме хозяина и питания за его счет у многих паразитов, например у плоских и круглых червей, слабо развиты нервная система и органы чувств, а у ленточных червей даже отсутствует пищеварительная система (они всасывают готовые переваренные питательные вещества всей поверхностью тела из тонкого кишечника хозяина).

Антагонистические взаимоотношения паразитов и хищников со своими жертвами поддерживают численность популяций одних и других на определенном относительно постоянном уровне, что имеет большое значение для выживания видов.

АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ

Антропогенные факторы связаны с деятельностью человека. Человек в отличие от животных не пассивно приспосабливается к окружающей среде, а изменяет ее в соответствии со своими потребностями. Антропогенный фактор начал действовать при переходе человечества от собирательства к земледелию и охоте, но его влияние на природу особенно возросло в последние десятилетия в связи с интенсивным развитием промышленности и сельского хозяйства и может быть как положительным, так и отрицательным. Положительное воздействие человека проявляется в посадке лесов, парков, садов, создании и разведении высокопродуктивных новых сортов растений и пород животных, создании и охране заповедников, заказников и т. п. Однако все еще достаточно интенсивным остается отрицательное влияние людей на природу: вырубаются лесные массивы, осушаются вековые болота, мелеют реки, происходит эрозия почв, загрязнение воды, почвы и воздуха отходами, нефтепродуктами, синтетическими веществами, радиоактивными изотопами (авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г.) и др. Назрела необходимость неотлагательной разработки и внедрения в практику глобальной концепции рационального природопользования. В противном случае человечество окажется перед лицом необратимой экологической катастрофы.

КОМПЛЕКСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ НА ОРГАНИЗМ

Следует учитывать, что на отдельные организмы и их популяции одновременно воздействуют все факторы, создающие определенный комплекс условий, в котором обитают те или иные организмы. Отдельные факторы могут усиливать или ослаблять действие других факторов. Например, при оптимальной температуре повышается выносливость организмов в условиях неблагоприятной влажности и недостатка пищи; в свою очередь обилие пищи повышает устойчивость организмов к неблагоприятным климатическим условиям. Однако ни один из необходимых организму экологических факторов не может быть полностью заменен другим, например свет для растений.

Степень влияния факторов окружающей природы на организмы зависит от силы их воздействия (рис. 137). При оптимальной силе воздействия данный вид нормально живет, размножается и развивается (*экологический оптимум*, создающий наилучшие условия жизни). При значительных отклонениях от оптимума как в сторону повышения, так и в сторону понижения жизнедеятельность организмов угнетается. Максимальное и минимальное значения фактора, при которых еще возможна жизнедеятельность, называются **пределами выносливости** (границы терпимости).

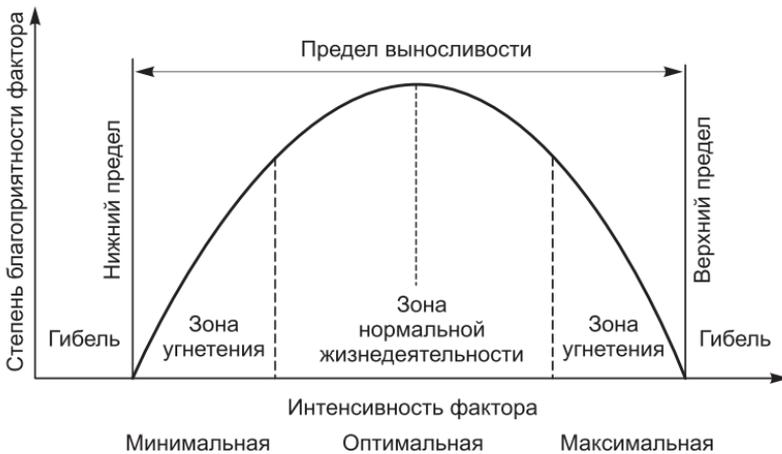


Рис. 137. Схема действия экологического фактора

Оптимальное значение фактора, как и пределы выносливости, неодинаково для разных видов и даже для отдельных особей одного и того же вида. Организмы, которые могут переносить значительные отклонения от оптимального значения фактора, т. е. обладают широким диапазоном выносливости, называются *эврибионтными* (от греч. *eury* – широкий и *biontos* – живущий). Например, сосна растет на песках и на болотах, где стоит вода; лесобразующие породы способны переносить существенные колебания температуры. Эврибионтные организмы являются *экологически пластичными*, что способствует их широкому расселению. Организмы, для существования которых необходимы относительно постоянные условия окружающей среды, называются *стенобионтными* (от греч. *stenos* – узкий). Например, кувшинка не может жить без воды; огурцы и томаты не переносят даже небольшие заморозки. Они являются *экологически непластичными* и имеют ограниченные области распространения. Приспособительные реакции организмов на влияние среды вырабатываются в процессе естественного отбора и обеспечивают выживание видов.

Значение факторов внешней среды неравноценно. Например, зеленые растения не могут существовать без света, диоксида углерода и минеральных солей. Животные не могут жить без пищи и кислорода. Некоторые факторы относительно безразличны для жизни растительных и животных организмов, например содержание азота в атмосфере.

Фактор, интенсивность которого приближается к пределу выносливости или превышает его, называется **лимитирующим (ограничивающим жизнедеятельность)**. Если интенсивность хотя бы одного жизненно важного экологического фактора выходит за пределы выносливости, то, несмотря на оптимальное сочетание остальных условий, организмам грозит гибель.

.....
Сочетание условий среды, обеспечивающих усиленный рост, развитие и размножение каждого организма (популяции, вида), называют экологическим (биологически) оптимумом.

Создание условий биологического оптимума при выращивании сельскохозяйственных культур и животных позволяет значительно повысить их продуктивность.

СРЕДЫ ЖИЗНИ

На Земле выделяют четыре основные среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную и живой организм.

Водная среда (гидросфера) – первичная среда жизни, занимает 71% площади нашей планеты. Водные организмы называют г и д р о б и о н т а м и. Вода обладает большой плотностью (в 1300 раз плотнее воздуха), вследствие чего она оказывает сильное сопротивление движению, характеризуется большой выталкивающей силой и ее давление значительно увеличивается с возрастанием глубины погружения. Наибольшую плотность (1 г/мл) вода имеет при температуре +4 °С. При повышении и понижении температуры ее плотность уменьшается. Вода обладает большой удельной теплоемкостью (в 500 раз больше, чем у воздуха), что обуславливает ее медленное нагревание и остывание. У воды высокая теплопроводность (в 30 раз выше, чем у воздуха), что обеспечивает относительно равномерное распределение температуры в водной среде.

Вода является универсальным растворителем. В зависимости от содержания растворенных солей воды подразделяют на *пресные* (до 0,5 г/л), *солончатые* (0,6–16 г/л), *морские* (17–47 г/л) и *пересоленные* (48–350 г/л). Кислорода в воде содержится в 30 раз меньше, чем в воздухе. Лимитирующими факторами жизни в воде являются содержание кислорода и свет, который в прозрачной воде проникает на глубину до 100 м.

Адаптациями к недостатку кислорода в водной среде являются:

- ♦ относительно низкий уровень процессов жизнедеятельности;
- ♦ непостоянная температура тела;
- ♦ способность впадать в анабиоз.

Высокоорганизованные водные гомойотермные животные (киты, тюлени, дельфины и др.) являются вторично-водными, и интенсивный обмен веществ обусловлен тем, что дышат они атмосферным воздухом.

Адаптации к высокой плотности воды могут быть разными:

- ♦ у одной группы водных организмов они сводятся к способности быть во взвешенном состоянии – *планктон*

(от греч. planktos – парящий); они имеют небольшую удельную массу тела и перемещаются течениями воды (протисты, мелкие ракообразные); взвешенные организмы растений образуют *фитопланктон*, а животных – *зоопланктон*;

♦ вторую группу гидробионтов составляют активно плавающие животные, имеющие обтекаемую форму тела и способные преодолевать силу течения (рыбы, головоногие моллюски); их называют *нектон* (от греч. nektos – плавающий);

♦ третья группа гидробионтов – организмы, населяющие дно водоемов – *бентос* (от греч. bentos – глубина); это растения, моллюски, раки, пиявки и др.

Наземно-воздушная среда характеризуется низкой плотностью, малой подъемной силой, низким сопротивлением движению. Воздух обладает низкой теплоемкостью и высокой подвижностью как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении, что обуславливает быстрое изменение влажности и температуры в широких пределах (суточные и сезонные колебания). Различные сочетания температуры, влажности, освещенности, осадков, силы и направления ветров создают разные климатические условия, к которым должны приспосабливаться обитатели суши. Лимитирующими факторами в наземно-воздушной среде выступают влажность и температура.

У наземных обитателей хорошо развиты опорные системы (у животных – наружный и внутренний скелет, у большинства растений – механическая ткань). Силы земного притяжения ограничили максимальные размеры и массу наземных обитателей по сравнению с гидробионтами (масса слона – 5 т, синего кита – 150 т). Большинство обитателей суши приспособились к относительно быстрому передвижению (млекопитающие и птицы). Подвижность воздуха используется животными (пауки) и растениями (споры, семена) для пассивного расселения. Внутреннее оплодотворение у наземных животных сделало их независимыми от наличия воды. Многие виды животных и растений (верблюды, кактусы) имеют приспособления к недостатку влаги, а также низким и высоким температурам (шерстяной покров, толстый слой пробки).

Почвенная среда состоит из твердых частиц, между которыми находятся газы и вода. Верхний слой почвы содержит перегной, средний – вымытые из верхнего слоя вещества, нижний – представлен материнской породой. С глубиной меняется состав почвенного воздуха: увеличивается содержание диоксида углерода и уменьшается содержание кислорода. В почве сглажены температурные колебания как суточные, так и сезонные. Мелкие почвенные животные (клещи, насекомые) используют для передвижения между частицами почвы коготки на лапках, средние (кольчатые и круглые черви) способны изменять диаметр и изгибать тело, крупные животные (медведки, кроты) имеют копательные конечности. Характерными приспособлениями для почвенной среды являются компактное тело и слабо развитые органы зрения.

Любой **живой организм** может служить средой обитания для организмов других видов – паразитов. Паразитом называется организм, который поселяется на другом организме (хозяине), питается за его счет и причиняет вред, т. е. хозяин является средой обитания для паразита.

Адаптации к паразитическому образу жизни бывают разнообразные:

- ♦ наличие специальных органов прикрепления (присоски, крючья);
- ♦ развитие защитных покровов (кутикула) и выделение антиферментов, защищающих паразита от действия пищеварительных соков хозяина;
- ♦ высокая степень развития половой системы, продуцирующей громадные количества яиц; появление гермафродитизма и размножения на личиночной стадии;
- ♦ упрощение строения нервной системы и органов чувств; в ряде случаев – отсутствие пищеварительной системы (ленточные черви).
- ♦ способность к смене хозяев.

Борьба за существование и естественный отбор заставили организмы занимать разнообразные среды обитания и соответствующие экологические ниши, тем самым снижая накал борьбы за существование. Таким образом, приспособленность организмов к жизни в разных средах является результатом их длительного исторического развития.

ПОПУЛЯЦИИ, СООБЩЕСТВА, ЭКОСИСТЕМЫ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОПУЛЯЦИИ

Виды занимают определенную территорию, на которой они расселены неравномерно. Часть особей вида, относительно изолированная от других особей этого же вида, называется *популяций* (см. с. 534).

Популяция обладает многими признаками, которые характеризуют ее как единое целое: это сходство генотипов особей популяции вследствие свободного скрещивания, численность, плотность, пространственное распределение, рождаемость и смертность, половая и возрастная структура.

Каждая популяция может существовать только в конкретных экологических условиях: при определенных температуре, влажности, составе атмосферы, гидросферы, наличии кормовых ресурсов, конкурентов, паразитов и т. п.

Под **численностью** понимают общее количество особей в популяции. Различают малые и большие популяции. Устойчивая популяция содержит не менее нескольких сотен особей, так как случайные причины (ранние заморозки, засуха, наводнение и др.) могут вызвать ее гибель. В больших популяциях (свыше 5000 особей) действует закон Харди – Вайнберга, а в малых – элементарные эволюционные факторы.

Численность особей в популяциях варьирует в зависимости от интенсивности размножения, гибели и миграций. Эти показатели определяются абиотическими, биотическими и антропогенными факторами. В относительно постоянных условиях численность популяции остается примерно на одном уровне. Изменения среды обитания (холодная зима, засушливое лето) могут резко снизить численность популяции, но затем обычно устанавливается новый относительно стабильный уровень.

Изменения численности популяций во времени называют *динамикой численности*. Различают сезонный, многолетний и устойчивый типы динамики численности популяций.

Сезонный тип динамики численности популяций обусловлен сменой времен года в умеренных широтах и характерен для относительно мелких организмов, способных быстро размножаться и давать многочисленное потом-

ство (бактерии, инфузории, травянистые растения, дафнии, насекомые, грызуны).

Многолетний (периодический) тип динамики численности популяций обусловлен периодическими (в течение несколько лет) колебаниями факторов среды и характеризуется фазами минимума, подъема и максимума численности популяций, которые периодически повторяются. Такая многолетняя динамика свойственна некоторым вредителям сельскохозяйственных культур (саранча, колорадский жук и др.) и знание ее позволяет прогнозировать массовое размножение вредителей и заблаговременно принимать соответствующие меры.

Для *устойчивого типа динамики* характерно относительное постоянство численности популяций в течение длительного времени. Такой тип динамики свойствен в основном крупным животным с большой продолжительностью жизни и малочисленным, но с высокой степенью выживаемости потомства (китообразные, копытные и др.).

Причины динамики численности популяций бывают независимыми и зависимыми от плотности популяции. К *независимым от плотности популяции* относят преимущественно абиотические факторы. Например, в суровые зимы погибают многие насекомые вне зависимости от их численности. К *зависимым от плотности популяции* относят биотические факторы: хищники, паразиты и пищевые ресурсы. Их количество зависит от количества особей в популяции. Увеличение численности популяции приводит к росту численности паразитов и хищников и к уменьшению пищевых ресурсов и наоборот. Даже отсутствие паразитов может привести к значительному росту численности популяции, вследствие чего возможно истощение кормовых ресурсов и гибель или существенное снижение численности популяции.

Большое влияние на численность популяций оказывает деятельность человека. Изучение причин динамики численности популяций в биогеоценозах дает возможность предвидеть и предотвратить вспышки распространения травоядных насекомых, насекомых-вредителей и паразитов. Однако вмешиваться в регуляцию численности популяций биогеоценозов следует обдуманно и осторожно. Например, истребление воробьев в Китае привело к интенсивному размножению их жертв – насекомых, кото-

рые уничтожали посевы. Использование ядохимикатов для защиты растений привело к гибели не только насекомых-вредителей, но и их паразитов и полезных насекомых. Кроме того, возникли устойчивые к яду вредители, численность которых все время возрастает, а методы борьбы с ними не разработаны.

Неконтролируемая охота явилась причиной уничтожения ряда видов крупных млекопитающих (мамонтов, бизонов, морских коров), а другие находятся на грани почти полного уничтожения (зубры, бобры, соболи). В связи с этим перед человечеством стоит важная задача рационального использования видового состава биogeоценозов и сохранения их разнообразия, для чего организуются заповедники, заказники, налажено искусственное их разведение, вводится ограничение охоты и собирательства.

Плотность популяции выражают числом особей или биомассой на единицу площади или объема. Важнейшим фактором, регулирующим плотность популяции, являются *кормовые ресурсы*. Популяция обычно насчитывает столько особей, сколько их может прокормиться на занимаемой территории. Улучшение условий питания приводит к снижению конкуренции, росту рождаемости и увеличению плотности популяции. Напротив, ухудшение кормовой базы приводит к обострению конкуренции, снижению плодовитости и повышению смертности в популяции. Так, в годы, урожайные для хвойных деревьев, наблюдается рост численности белок, питающихся их семенами, а в неурожайные годы этот показатель значительно снижается.

Пространственное распределение особей популяции на занимаемой территории может быть случайным, равномерным и групповым. *Случайное распределение* встречается редко, в однородной среде обитания при невысокой численности особей (гидры, планарии). *Равномерное распределение* характерно для видов с жесткой конкуренцией и сильным территориальным инстинктом (пауки, птицы, млекопитающие). *Групповое распределение* встречается чаще всего. Группе животных (семья, стадо, колония, гарем) легче защищаться от хищников, добывать корм и т. п.

Рождаемость — это соотношение числа особей, родившихся в популяции за определенный период, и числа

особей популяции. Смертность – соотношение числа особей, погибших за определенный период, и числа особей популяции. Разница между рождаемостью и смертностью составляет прирост численности популяции. Если рождаемость превышает смертность, численность популяции увеличивается, а если рождаемость меньше смертности – численность популяции сокращается. На эти показатели влияют все экологические факторы.

Половая структура отражает соотношение мужских и женских особей в популяции. Генетический механизм определения пола обеспечивает равное соотношение полов (1:1). Вследствие большей жизнеспособности женских особей в популяциях, например млекопитающих, в процессе жизни количество самцов снижается быстрее, чем самок. Преобладание количества самок над самцами обеспечивает интенсивное воспроизведение потомков и рост популяции.

Возрастная структура отражает соотношение различных возрастных групп в популяциях. Она зависит от продолжительности жизни, времени наступления половой зрелости, числа потомков в помете, количества пометов за сезон и т. п. Преимущественное присутствие в популяции молодых особей свидетельствует о ее благополучии, а преобладание старых особей – о постепенном сокращении численности популяции и возможной ее гибели.

БИОЦЕНОЗ И ЕГО СТРУКТУРА

Живые существа расселены на Земле неравномерно. Однородные участки суши (воды), заселенные живыми существами, называются **биотопами** (местами жизни). Исторически сложившееся сообщество организмов разных видов, населяющих биотоп, называется **биоценозом** (от греч. *bios* – жизнь, *koinos* – общий). Термин «биоценоз» предложен немецким зоологом К. Мёбиусом (1877 г.).

В состав биоценоза входят популяции всех видов живых организмов. Совокупность растений биоценоза образует **фитоценоз** (от греч. *phyton* – растение), совокупность животных – **зооценоз** (от греч. *zoon* – животное), совокупность микроорганизмов – **микробоценоз**, и грибов – **микоценоз** (от греч. *mykes* – гриб).

Биоценозы отличаются друг от друга видовым разнообразием. Количество видов, образующих биоценоз, увеличивается на Земле от полюсов к экватору, что обусловлено климатическими факторами. Виды, преобладающие в биоценозе по численности особей или биомассе, называются *доминирующими*, например березы в березовых рощах. Виды, которые своей жизнедеятельностью в наибольшей степени создают среду для всего сообщества, называются *эдификаторами*, например в еловых лесах эдификаторами являются ели. Они затеняют почву, и на земле растут только теневыносливые растения – кислица, мхи; для степей эдификаторы – это ковыли, для болот – осоки.

Распределение в пространстве видов, составляющих биоценоз, называется **пространственной структурой биоценоза**. Различают вертикальную и горизонтальную структуры биоценоза.

Наиболее четко вертикальная структура биоценоза – ярусность – прослеживается в лесах. Основным фактор, обуславливающий вертикальное распределение растений, – *освещенность*. В лесах умеренного пояса можно выделить 5–6 ярусов: первый образуют самые высокие деревья (дуб, липа, ель), второй – деревья второй величины (рябина, черемуха), третий – кустарники (лещина, крушина), четвертый – высокие травы (крапива, сныть), пятый – низкие травы (осока, копытень), шестой – мхи и лишайники. Ярусность прослеживается и в распределении животных: в почве, на почве, в воздухе, в биоценозах морей и океанов.

Горизонтальная структура биоценоза определяется неравномерным распределением живых организмов – образованием группировок. Примерами таких группировок являются косяки рыб, перемещающиеся в морях и океанах; стаи птиц, готовящиеся к перелетам, и т. п. Особи группировок эффективнее используют пищевые ресурсы, у них относительно высокая выживаемость. Это способствует увеличению численности и разнообразию видов в биоценозе, что повышает его устойчивость.

Особи разных видов биоценозов вступают между собой в разнообразные прямые и косвенные отношения. Прямые отношения бывают четырех типов: трофические, топические, форические и фабрические.

Трофические отношения складываются между представителями одних видов, питающихся другими видами или их останками. Например, травоядные животные питаются травой, хищные животные – травоядными и т. п.

Топические отношения наблюдаются в случае, когда изменение условий обитания одного вида является результатом жизнедеятельности другого. Например, в еловых лесах вытесняются светолюбивые растения.

Форические отношения – это участие одних видов в расселении других. Например, животные и птицы переносят семена, споры и пыльцу растений (*зоохория*).

Фабрические отношения наблюдаются в тех случаях, когда особи одного вида используют для сооружений продукты выделения, мертвые остатки или даже живых особей другого вида. Например, птицы строят гнезда из сухих веток, травы, шерсти; рыбка горчак откладывает икринки в мантийную полость моллюсков.

Примером к о с в е н н ы х м е ж в и д о в ы х о т н о ш е н и й могут служить насекомоядные птицы, которые, поедая насекомых-опылителей, уменьшают число плодов, в свою очередь служащих пищей для животных.

Из всех видов биотических отношений между видами в биоценозе наиболее важными являются трофические и топические связи.

Биоценозы чаще всего не имеют четких границ, а постепенно переходят друг в друга (лес → увлажненный луг → болото). Переходная зона между смежными биоценозами называется *эктоном*.

БИОГЕОЦЕНОЗ

.....
Сообщество организмов биоценоза и окружающая их неживая природа образуют устойчивую и динамическую систему – биогеоценоз (от греч. bios – жизнь, ge – земля, koinós – общий).
.....

Следовательно, в состав биогеоценоза входят совокупность живых организмов и абиотические факторы окружающей среды. Биогеоценозы выделяют только на суше.

Термин «биогеоценоз» предложен академиком В.Н. Сукачевым в 1940 г., а термин «экосистема» – английским

экологом А. Тенсли в 1935 г. Эти понятия сходные, но не тождественные. Каждый биогеоценоз является экосистемой, но не каждая экосистема является биогеоценозом. Экосистема охватывает пространство любой протяженности – от капли воды до биосферы в целом, т. е. она может быть и мельче, и крупнее биогеоценоза. Биогеоценоз – это экосистема, границы которой обусловлены определенным фитоценозом, составляющим его основу. Основу каждого биогеоценоза составляют *первичные продуценты* – автотрофные организмы (преимущественно растения), синтезирующие органические вещества, используемые для питания гетеротрофными организмами – *консументами* (преимущественно животные). *Редуценты* разлагают продукты диссимиляции продуцентов и консументов и их мертвые остатки до неорганических соединений, которые используются продуцентами.

Таким образом, биогеоценоз образован **биоценозом** (живыми организмами, населяющими определенную территорию) и **экотопом** – комплексом климатических факторов и почвенно-грунтовых условий.

Биотические и абиотические компоненты биогеоценоза связаны взаимодействиями, осуществляющимися в процессе обмена вещества и энергии. Популяции организмов получают из среды необходимые для поддержания жизни ресурсы, выделяя одновременно продукты жизнедеятельности, восстанавливающие среду. *Биогеоценоз функционирует как целостная самовоспроизводящаяся, саморегулирующаяся система.*

В состав биогеоценоза входят следующие *компоненты*:

♦ *неорганические вещества*, включающиеся в круговорот веществ (соединения углерода и азота, кислород, вода, минеральные соли и др.);

♦ *климатические факторы* (температура, освещенность и др.);

♦ *органические вещества* (белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды и др.);

♦ *продуценты* – автотрофные организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических (в основном растения);

♦ *консументы* – гетеротрофные организмы, растительноядные и плотоядные потребители готового органического вещества (преимущественно животные);

♦ *редуценты* – гетеротрофные организмы, разрушающие остатки мертвых растений и животных и превращающие их в минеральные соединения (бактерии, грибы и др.), используемые продуцентами.

ЦЕПИ ПИТАНИЯ

Взаимоотношения между организмами биогеоценозов в процессе питания строятся на основе цепей питания. **Цепью питания** называется перенос потенциальной энергии пищи, созданной растениями, через ряд организмов путем поедания одних видов другими. Так как каждый организм имеет несколько источников питания и сам является объектом питания для других организмов из разных цепей питания (например, воробьи потребляют как продуцентов, так и консументов и сами могут быть съедены и кошками, и хищными птицами), то цепи питания многократно переплетаются и образуют сложные *пищевые сети*.

Цепи питания, начинающиеся с фотосинтезирующих организмов, называются **п а с т б и щ н ы м и** (**ц е п я м и** **в ы е д а н и я**). Примером пастбищной цепи питания может служить пищевая цепь луга: травянистая растительность → бабочка → стрекоза → лягушка → уж. Цепи питания, начинающиеся с мертвых остатков растений, трупов животных и их экскрементов (*детриты*), называются **д е т р и т н ы м и**. Детритные цепи характерны для сообществ лесов, дна океанов, морей и озер. Приведем типичный пример детритной цепи питания лесов умеренной зоны: листовая подстилка → дождевой червь → черный дрозд → ястреб.

Каждое звено цепи питания называется **трофическим уровнем**; он представляет собой совокупность организмов, занимающих определенное положение в цепи питания. Источником энергии, за счет которой существуют все организмы, является Солнце. **Первый трофический уровень** всякой цепи питания – автотрофы (зеленые растения, цианобактерии), преобразующие в процессе фотосинтеза световую энергию в энергию химических связей органических соединений (продуценты). Такому превращению подвергается менее 1% солнечной энергии, поступающей на Землю. **Второй трофический уровень** составляют травоядные жи-

вотные (первичные потребители, консументы, фитофаги), поедающие растения. Больше количество потребляемой энергии они расходуют на процессы жизнедеятельности и только около 10% – на построение тела. Хищники (вторичные потребители, консументы), поедающие травоядных третий трофический уровень – также используют для построения своего тела до 10% энергии. Поскольку на каждой ступени питания теряется около 90% энергии, то цепи питания не могут быть длинными, чаще всего они состоят из 3–5 звеньев. В среднем из 1 т растений образуется 100 кг тела травоядных животных. Хищники могут построить из этого количества 10 кг своей биомассы, а вторичные хищники – только 1 кг. Следовательно, масса каждого последующего звена в цепи питания уменьшается в геометрической прогрессии. Эта закономерность называется **правилом экологической пирамиды**. Закономерности переноса энергии по трофическим уровням экологической пирамиды впервые установил американский эколог Р. Линдеман (1942 г.), назвав его правилом 10%. В настоящее время эту закономерность называют **правилом Линдемана**. На каждом последующем трофическом уровне уменьшается и количество особей; в противном случае хищники, уничтожив свои жертвы, сами были бы обречены на гибель.

Особи каждого вида используют лишь часть содержащейся в органическом веществе энергии, доводя его распад до определенной стадии. Трусами и экскрементами консументов питаются сапрофиты – различные наземные и трупоядные насекомые, грибы и гнилостные бактерии, доводя их разложение до минеральных веществ, необходимых для питания растений. Они являются разрушителями (редуцентами, деструкторами).

Передача энергии по пищевым цепям подчиняется второму закону термодинамики: преобразование одного вида энергии в другой идет с потерей ее части. Поэтому биогеоценозы должны постоянно пополняться энергией, что и происходит за счет энергии Солнца. В биогеоценозах наблюдается круговорот веществ – от продуцентов к консументам и к редуцентам, а затем опять к продуцентам. Круговорот веществ никогда не бывает полностью замкнутым. Неполная замкнутость круговоротов в масштабах геологического времени приводит к накоплению полезных ископаемых – угля, нефти, известняка и др.

При схематическом изображении пищевой цепи отдельные ее уровни изображают в виде прямоугольников, площадь которых соответствует численным значениям звеньев. Располагая их в определенной последовательности, получают экологическую пирамиду (Ч. Элтон, 1927 г.). Различают три типа экологических пирамид: 1) *чисел* (на каждом трофическом уровне отмечают численность организмов); 2) *биомасс* (откладывают значения общей сухой или сырой массы организмов разных трофических уровней); 3) *энергии* (показывает величину потока энергии на последовательных трофических уровнях). Экологическая пирамида обычно имеет вид треугольника с широким основанием, суживающимся кверху (рис. 138). Пирамиды биомасс более наглядны, так как точнее показывают количественные соотношения отдельных уровней.

Особи вида, занимающего положение высшего звена пирамиды питания, конкурируют друг с другом, но во взрослом состоянии, как правило, непосредственно не уничтожаются. Ограничивающими факторами здесь является только количество корма. Виды, занимающие низшие звенья пирамиды, чаще всего обеспечены питанием, но интенсивно истребляются высшими звеньями. Такие организмы становятся кормовой базой для высших животных.

Почти все виды животных используют несколько источников пищи, поэтому, если один член биогеоценоза выпадает из сообщества, вся система не нарушается. Чем больше видовое разнообразие в биогеоценозе, тем он устойчивее. Между всеми компонентами биогеоценоза устанавливается определенное динамическое равновесие, поддерживаемое **саморегуляцией** – способностью биогеоценозов восстанавливать свой состав после какого-либо откло-

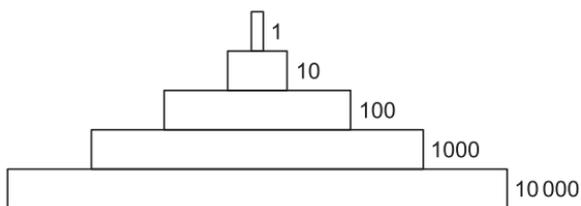


Рис. 138. Схема передачи биомассы с одного трофического уровня на другой (экологическая пирамида)

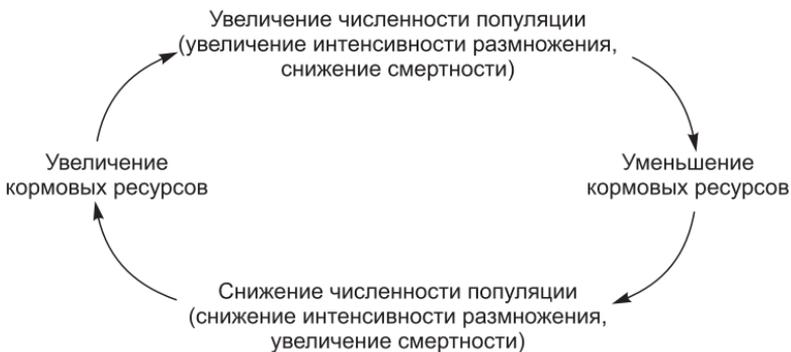


Рис. 139. Простейшая схема саморегуляции численности популяции

нения. Например, массовое размножение грызунов вызывает значительное увеличение численности хищников и паразитов, которые сокращают величину популяции грызунов. Вслед за этим сокращается численность хищников, так как они начинают погибать от недостатка пищи (*волны жизни*). Таким образом, динамическое равновесие восстанавливается (рис. 139).

Структура биогеоценоза складывается в процессе эволюции, причем каждый вид эволюционирует таким образом, чтобы занять в биоценозе определенное место (нишу). Совместное историческое развитие многих видов на одной территории способствует их приспособлению к использованию лишь части наличных пищевых ресурсов и ограниченному месту обитания. В результате достигается состояние взаимоприспособленности видов друг к другу – **коадаптация**, которая является обязательным условием стабильности биогеоценоза.

ПРОДУКТИВНОСТЬ БИОГЕОЦЕНОЗОВ

Плотность жизни и зональность в различных биогеоценозах определяется неравномерным распределением солнечной энергии как по широте, так и по высоте над уровнем моря. Изобилие влаги и тепла способствует большой плотности и громадному разнообразию видов растений и животных в тропиках и субтропиках; недостаток тепла (в тундре) и влаги (в пустыне) обуславливает низкую продуктивность растительности и скудность видового состава

растений и животных. Распределение наземных растений обусловлено главным образом климатом и составом почв, а распределение животных – климатом и кормовой базой.

Любой биогеоценоз характеризуется видовым разнообразием, плотностью популяций каждого вида и **биомассой** – общим количеством живого органического вещества, приходящегося на единицу площади или объема. **Продуктивностью** называется биомасса, производимая биогеоценозом на единицу площади в единицу времени. *Первичной продуктивностью биогеоценоза* называется биомасса, синтезируемая растениями в единицу времени. Суммарная химическая энергия фото- и хемосинтеза называется *первичной валовой продукцией*. Примерно 20–25% ее расходуется самими растениями на процессы дыхания, а остальная часть идет на прирост их биомассы, называемой *чистой первичной продукцией*. Потребляя другие организмы, гетеротрофы переносят вещество и энергию с одного трофического уровня на другой. Далеко не вся пища идет на увеличение биомассы консументов. Часть энергии расходуется на процессы жизнедеятельности (дыхание); а часть выделяется с продуктами метаболизма (экскреты); потребленная консументами пища переваривается не полностью – часть энергии выделяется в виде фекалий (экскременты). Энергия экскретов и экскрементов используется редуцентами. Биомасса, образуемая всеми гетеротрофными организмами (консументами) биогеоценоза в единицу времени, называется *вторичной продукцией*.

ДИНАМИКА БИОГЕОЦЕНОЗОВ

В процессе жизни биогеоценозы подвергаются непрерывным изменениям. Старые организмы отмирают, на их место поселяются новые. Изменение биогеоценозов во времени называется **динамикой экосистемы**. Она обусловлена периодичностью изменений факторов среды, например суточными и сезонными биоритмами и воздействиями катастроф.

Суточная периодичность наблюдается во всех климатических зонах. Она обусловлена сменой дня и ночи. Большинство животных (насекомые, птицы,) активны днем, некоторые (комары, совы) активны ночью. Суточная динамика прослеживается и у растений. Некоторые

покрытосеменные раскрывают цветки только в дневное время (лен).

Сезонная динамика обусловлена сменой времен года. Особенно выражена сезонная динамика в зонах умеренного и холодного климата. При наступлении холодов многие виды животных (птицы) мигрируют в районы с лучшими условиями существования; деревья и кустарники сбрасывают листву; у многолетних трав жизнеспособными сохраняются только корни; некоторые животные впадают в спячку. Ранней весной первыми расцветают растения-первоцветы, а затем распускаются листья на деревьях и зацветают другие растения. Активация жизненных процессов у растений и животных приходится на лето, а осенью они начинают готовиться к предстоящей зимовке.

Биогеоценозы формируются длительно. При этом происходит приспособление организмов к среде обитания и друг к другу. Каждый живой организм в процессе своей жизнедеятельности изменяет среду вокруг себя, поглощая из нее продукты питания и выделяя в нее продукты обмена. Поэтому с течением времени среда становится малопригодной для жизни одних видов и благоприятной для других. Вследствие этого постепенно один биогеоценоз сменяется другим. Более быстрая смена биогеоценозов может быть обусловлена резким изменением климатических или других условий (лесной пожар, хозяйственная деятельность человека – вырубка лесов, осушение болот и т. п.).

.....
Смена биогеоценоза (сукцессия) – это направленная и непрерывная последовательность появления и исчезновения популяций разных видов в данном биотопе.
.....

Чем полнее круговорот в биогеоценозе, тем он устойчивее и долговечнее. Смена биогеоценозов происходит в направлении от менее устойчивых к более устойчивым. Ведущее значение в этом процессе принадлежит растениям, хотя биогеоценозы изменяются как единое целое.

Если развитие сообщества идет на вновь образовавшихся, ранее никем не заселенных местах (застывших потоках лавы, песчаных дюнах), то такая сукцессия называется *первичной*. Если на какой-либо местности ранее существовала растительность, но по каким-то причинам (пожар) она была уничтожена, то ее естественное восстанов-

ление называется *вторичной сукцессией* (например, восстановление заброшенного поля).

Примером вторичной сукцессии может служить образование торфяного болота на месте лесного озера. Края водоема зарастают водными растениями (камыш, тростник, осока), которые разрастаются по берегам и постепенно продвигаются по поверхности воды. Отмершие части растений падают на дно. Вследствие недостатка кислорода в придонных слоях воды часть органических веществ остается недоокисленной, и остатки водной растительности образуют отложения торфа. Водоем мелеет, прибрежная растительность распространяется к его центру. Озеро постепенно превращается в болото, поросшее мхами, затем травой, на котором в дальнейшем появляются кустарники, затем деревья, и вырастает лес. Одновременно с изменением растительности изменяется и животный мир.

АГРОЦЕНОЗЫ

Природные биогеоценозы не могут полностью обеспечить человека продуктами, одеждой, промышленным сырьем, поэтому он создает искусственные биогеоценозы – агроценозы (от греч. *agros* – поле). **Агроценоз** – это созданное и поддерживаемое человеком искусственное сообщество, например – это поля, пастбища, сенокосы, лесные посадки, парки, сады. Наряду с возделываемыми культурами в агроценозах произрастают сопутствующие сорные виды, которые испытывают мощный антропогенный пресс. Кроме того, в состав агроценозов входят бактерии, водоросли, грибы, животные. Относительно высокая по сравнению с биогеоценозами продуктивность агроценозов обеспечивается внедрением интенсивных технологий, подбором высокоурожайных сортов, внесением удобрений, мелиорацией. Таким образом, агроценозы – это экосистемы, которые создает, поддерживает и контролирует человек. Они не способны к саморегуляции, поскольку характеризуются однотипностью видового состава.

Агроценозы имеют ряд принципиальных отличий от естественных экосистем. Помимо солнечной энергии они получают опосредованно через человека дополнительную энергию, расходуемую на рыхление и удобрение почвы,

мелиорацию и т. п. В агроценозах происходит *неполный круговорот веществ*, так как при уборке урожая элиминируется значительная часть элементов, что компенсируется внесением удобрений. В биогеоценозах действует естественный отбор, направленный на создание видов, устойчивых к воздействию неблагоприятных факторов среды, а в агроценозах – искусственный, направленный на получение растений с максимальной урожайностью. Агроценозы обладают слабой устойчивостью, так как они представляют собой монокультуры и их сохранение зависит от деятельности человека. Если она прекращается, то искусственное растительное сообщество заменяется природной растительностью. Необработанные поля довольно быстро зарастают сорняками, затем кустарниками и мелколесом и наконец – лесом.

Для повышения продуктивности агроценозов в настоящее время проводится **мелиорация земель** – осушение и орошение почв, борьба с эрозией (укрепление склонов, безотвальная вспашка, посадка лесополос, залуживание бывших торфяников и т. п.), рациональное нормированное внесение удобрений, строго дозированное применение средств для борьбы с вредителями и болезнями растений, с сорняками. Создаются специализированные агропромышленные комплексы, используется высокопроизводительная техника, выводятся новые высокоурожайные сорта культурных растений, устойчивые к болезням и вредителям, применяются биологические способы борьбы с вредителями, соблюдаются научно обоснованные севообороты и др. В овощеводстве и цветоводстве широко используются теплицы, парники и выращивание овощей без грунта – *гидропоника* (в качестве субстрата применяется гравий, орошаемый растворами солей) и *аэропоника* (субстрат отсутствует, а корни периодически опрыскиваются растворами минеральных солей). В Национальной академии наук Беларуси под руководством академика В.С. Солдатова разработаны *ионитные почвы*, состоящие из смеси ионообменных смол, насыщенных биогенными элементами. Такие почвы используют на протяжении длительного времени, поскольку они содержат большой запас биогенных элементов (их хватает на 4–5 урожаев), который легко можно пополнить.

БИОСФЕРА

БИОСФЕРА И ЕЕ ГРАНИЦЫ

Термин *биосфера* (bios – жизнь, sphere – шар, область) введен в научную литературу австрийским геологом Э. Зюссом в 1875 г. для обозначения особой оболочки Земли, населенной живыми существами. Углубленное учение о биосфере в дальнейшем было разработано академиком В.И. Вернадским (1863–1945). Он распространил понятие биосферы не только на живые организмы, но и на среду их обитания. Биосфера, по Вернадскому, – «это область распространения жизни, включающая наряду с организмами и среду их обитания». Деятельность живых организмов объединяет все геосферы Земли (атмосферу, литосферу и гидросферу) в единую целостную систему, связанную обменом веществ и энергии. Вернадский отмечал, что биосфера является термодинамической оболочкой с температурой от +50 °С до –50 °С и давлением около 1 атм.

Живое вещество биосферы улавливает световую энергию Солнца (преимущественно растения), превращает ее в энергию химических связей сложных органических веществ, которая используется для обеспечения процессов жизнедеятельности гетеротрофов. Следовательно, живое вещество удерживает, преобразует и перемещает энергию как по поверхности, так и в более глубокие слои планеты, благодаря размножению, росту и перемещению организмов.

Элементарной структурной и функциональной единицей биосферы является биогеоценоз. В биогеоценозе организмы и среда тесно взаимосвязаны, благодаря чему осуществляется *биологический круговорот веществ*. *Круговорот веществ в виде биогеохимических циклов* позволяет длительно существовать жизни на Земле при относительной скудности запасов химических элементов. Он является важнейшим условием существования биосферы.

Биосфера занимает лишь часть геологической оболочки земного шара. Она включает верхние слои литосферы (твердой оболочки Земли), гидросферу (океаны, моря, озера, реки) и нижние слои атмосферы (воздушной оболочки Земли).

В **литосфере** (от греч. lithos – камень) различают верхний слой осадочных пород с гранитом и нижний – базаль-

товый. В некоторых местах гранит, раздвигая осадочные породы, выходит на поверхность. Жизнь в литосфере сконцентрирована ближе к поверхности, обычно на глубине до 8–10 м (иногда анаэробные бактерии находят в водах нефтеносных слоев на глубине 2–4 км). Проникновение живых организмов вглубь ограничивается высокими температурой и давлением, отсутствием света, снижением содержания кислорода и повышением содержания диоксида углерода.

В **гидросфере** жизнь простирается на всю ее глубину (свыше 11 км в Мариинской впадине), однако наибольшая плотность живого наблюдается на поверхности воды и в прибрежных районах. Ограничивающими факторами для распространения жизни в глубь гидросферы являются давление толщи воды, отсутствие света, снижение содержания кислорода и повышение содержания диоксида углерода.

Воздушная оболочка Земли – **атмосфера** – состоит из азота (78,1%), кислорода (21%), аргона (0,9%), диоксида углерода (0,03%) и примесей – паров воды и твердых частиц. Жизнь возможна лишь в нижнем слое атмосферы – **т р о п о с ф е р е** (от греч. tropos – перемена). Тропосфера простирается на высоту от 8–10 км у полюсов и до 15–25 км на экваторе. В верхних слоях тропосферы обнаруживаются лишь бактерии и их споры, поднимаемые вихревыми потоками с поверхности Земли. Над тропосферой располагается **с т р а т о с ф е р а** (от лат. stratum – слой) высотой до 100 км. В нижней части стратосферы (на высоте 15–25 км) под действием ультрафиолетового излучения Солнца образуется **озоновый слой** (O_3), защищающий поверхность Земли от губительного коротковолнового ультрафиолетового излучения. Ограничивающими факторами распространения жизни являются интенсивное излучение, низкая температура, дефицит кислорода и воды. Наиболее благоприятные условия для жизни – у поверхности суши и воды, поэтому здесь максимально сконцентрировано живое вещество.

Биосфера включает:

♦ **живое вещество**, образованное совокупностью организмов;

♦ **биогенное вещество**, которое создается и перерабатывается в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, нефть, каменный уголь, известняки и др.);

♦ **косное вещество**, которое образуется без участия живых организмов (продукты тектонической деятельности, метеориты);

♦ **биокосное вещество**, образующееся в результате совместной деятельности организмов и абиогенных процессов (почва).

Вся масса живого вещества Земли составляет ее **биомассу**, которая равна примерно 2423,2 млрд т сухого вещества. Биомасса растений суши составляет около 97%, животных и микроорганизмов – около 3%. Биомасса на суше увеличивается от полюсов к экватору, в этом же направлении возрастает и количество видов. Так, в тундре насчитывается около 500 видов растений, в лесостепной зоне – до 2000, а во влажных тропических лесах – свыше 8000.

Огромная биомасса сосредоточена в почве. Ее составляют корни растений, почвенные животные (кроты, черви, насекомые, их личинки и др.), водоросли, грибы, бактерии. В некоторых почвах биомасса одних только дождевых червей достигает 1,2 т/га. Количество бактерий в 1 г почвы измеряется сотнями миллионов.

Мировой океан занимает свыше 70% поверхности Земли. Объем воды в нем в 15 раз больше объема суши, возвышающейся над уровнем моря. Однако биомасса Мирового океана в 1000 раз меньше, чем суши. Она сосредоточена главным образом в поверхностном слое до 100 м. Биологическая продуктивность суши и океана примерно одинакова. Это объясняется тем, что обновление живых организмов в океане происходит во много раз быстрее, чем на суше. Так, зеленые протисты океана обновляются несколько раз за год, а на обновление биомассы суши требуется 10–15 лет. Основную часть биомассы океана составляют животные (93,7%).

Поверхность океана заполнена взвешенными микроскопическими организмами, перемещающимися течениями – **планктон**, основную массу которого составляют протисты и некоторые беспозвоночные. В толще воды находятся и активно плавающие животные, способные преодолевать большие расстояния – **нектон**. Это рыбы, киты, кальмары и др. Третью группу составляют организмы, обитающие на грунте и в грунте водоемов – **бентос**. Они представлены придонными растениями, губками, полипами, ракообразными, червями и др.

Живое вещество составляет лишь 0,25% всего вещества биосферы, однако играет ведущую роль в биогеохимических процессах благодаря совершающемуся в живых организмах обмену веществ. Деятельностью живых организмов обусловлены химический состав атмосферы и гидросферы, формирование почвенного покрова литосферы. Живое вещество играет ведущую роль в круговороте веществ в природе и осуществляет биогеохимические функции.

Энергетическая функция заключается в усвоении живым веществом преимущественно солнечной энергии и передаче ее по трофическим цепям. В основе этой функции лежит фотосинтетическая деятельность зеленых растений, образующих свыше 98% первичной продукции земли.

Газовая функция состоит в поглощении зелеными растениями диоксида углерода и выделении кислорода в процессе фотосинтеза (при дыхании растений и животных, наоборот, поглощение кислорода и выделение диоксида углерода), в восстановлении азота, сероводорода и других газов, т. е. в поддержании постоянства газового состава атмосферы.

Концентрационная функция выражается в способности живых организмов к поглощению и накоплению различных химических элементов – углерода, азота, водорода, кислорода, фосфора, серы, иода, железа и др. Благодаря этой функции на определенном этапе развития биосферы растения обогатили атмосферу кислородом и значительно снизили концентрацию диоксида углерода; на местах массовой гибели животных и растений обнаружены отложения мела, известняка, нефти, угля и других полезных ископаемых.

Окислительно-восстановительная функция заключается в окислении и восстановлении веществ в живых организмах, например восстановление диоксида углерода до углеводов в процессе фотосинтеза и окисление их до диоксида углерода при дыхании.

Деструкционная функция обуславливает процессы разложения организмов после их смерти до минеральных соединений, которые вновь вовлекаются в биогеохимический круговорот.

Средообразующая функция заключается в преобразовании физико-химических параметров среды, например заболачивание почвы после поселения сфагнума.

КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ И ПРИТОК ЭНЕРГИИ В БИОСФЕРЕ

Глобальный биотический круговорот веществ осуществляется при участии всех организмов, населяющих биосферу. Он заключается в циркуляции веществ между почвой, атмосферой, гидросферой и живыми организмами. Например, растения потребляют из окружающей среды воду, минеральные соли и диоксид углерода, а выделяют в нее кислород. Животные потребляют в пищу готовые органические вещества, чаще синтезированные растениями, и кислород, а выделяют диоксид углерода, непереваренные остатки пищи, которые минерализуются редуцентами, и воду. Благодаря биотическому круговороту возможно длительное существование и развитие жизни при ограниченном запасе элементов в природе.

Важная роль в глобальном круговороте веществ принадлежит циркуляции в о д ы. Основные запасы *горько-соленой воды* сосредоточены в морях и океанах – около 97%. *Пресные воды* (вода ледников, вечных снегов, рек, озер и грунтовые) составляют около 3%. Вода испаряется с поверхности водоемов и воздушными течениями переносится на большие расстояния. Выпадая на поверхность суши в виде осадков, она способствует разрушению горных пород, размывает верхний слой почвы и возвращается вместе с растворенными и взвешенными в ней веществами в реки, моря и океаны. Круговорот воды является необходимым условием существования жизни на Земле. Растения извлекают воду из почвы и испаряют ее в атмосферу. Масса транспирируемой растениями воды весьма значительна. Так, гектар смешанного леса испаряет в сутки 30–50 т воды. Часть воды в процессе фотосинтеза расщепляется на водород и кислород. Водород используется для синтеза органических соединений, а кислород выделяется в атмосферу. При окислении органических соединений вновь образуется вода. Животные потребляют воду для поддержания осмотического давления и выделяют ее с продуктами диссимиляции.

Около 40 химических элементов вовлекается живыми организмами в активный круговорот. Наибольшее значение имеет круговорот углерода, азота, кислорода, водорода, железа, фосфора, серы, калия, кальция, магния и кремния.

Углерод является обязательным химическим элементом всех классов органических соединений. Его круговорот начинается с фиксации атмосферного диоксида углерода зелеными растениями в процессе фотосинтеза. Часть образовавшихся при этом углеводов используется самими растениями для получения энергии, а часть потребляется животными. Мертвые растения и животные разлагаются, углерод их тканей окисляется и в виде диоксида поступает в атмосферу. Диоксид углерода выделяется также в процессе дыхания животных и растений. Таким образом, круг замыкается и начинается новый цикл включения углерода в органические соединения.

Человек нарушает сбалансированный круговорот углерода. При разложении мертвых организмов без доступа кислорода образуется торф, каменный уголь, нефть; при этом углерод консервируется на длительное время. За счет сжигания огромного количества ископаемого топлива диоксид углерода возвращается в атмосферу, вследствие чего содержание диоксида углерода в атмосфере за XX век возросло на 25%.

Азот является обязательным компонентом важнейших органических соединений: нуклеиновых кислот, белков, АТФ и др. Основные запасы азота содержатся в атмосфере. Однако высшие растения могут использовать его только в виде химических соединений. Связывание атмосферного азота производят *азотфиксирующие бактерии*. Связанный азот усваивается зелеными растениями и идет на построение белков, которые затем употребляются в пищу животными и человеком. В процессе жизнедеятельности белковые молекулы расщепляются до конечных продуктов – аммиака и мочевины, выделяющихся во внешнюю среду. При гниении погибших животных и растений также образуется аммиак. Аммиак может переводиться бактериями в усвояемые растениями формы или в свободный азот, поступающий в атмосферу.

Практически весь кислород атмосферы имеет биогенное происхождение. Пополнение его содержания в атмосфере происходит благодаря процессу разложения воды при фотосинтезе. Свободный кислород при дыхании используется аэробными организмами для окисления органических соединений. Одним из конечных продуктов окисления является диоксид углерода, поступающий в ат-

мосферу. Диоксид углерода восстанавливается в процессе фотосинтеза до углеводов.

Показателями величины биотического круговорота служат темпы оборота диоксида углерода, кислорода и воды. Весь диоксид углерода атмосферы проходит через организмы за 300 лет, кислород – за 2000 лет, вода полностью разлагается и восстанавливается в биотическом круговороте примерно за 2 млн лет.

Одновременно с круговоротом веществ в биосфере идет и превращение энергии. Биосфера в целом является открытой системой, постоянно принимающей солнечную энергию. В процессе фотосинтеза солнечная энергия превращается в химическую. В живом веществе Земли связано $4,19 \cdot 10^{18}$ Дж энергии; при этом ежегодно создается и расходуется $4,19 \cdot 10^{17}$ Дж. Энергия используется растениями для обеспечения жизнедеятельности, а часть ее переходит к растительноядным организмам. Последние расходуют энергию на процессы жизнедеятельности, а частично она поступает к плотоядным животным и т. д. Таким образом, энергия запасается в тканях растений и животных в виде органических соединений, потребляемых другими животными и человеком. Часть энергии консервируется в нефти, угле, сланцах, торфе.

Наряду с накоплением энергии в живых организмах происходит почти равное ему по масштабам выделение энергии при разрушении органических веществ в процессе дыхания, брожения и гниения. Так в биосфере поддерживается баланс энергии. Во время этих превращений происходят затраты энергии на процессы жизнедеятельности организмов. Потери энергии постоянно восполняются за счет световой энергии Солнца.

ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ

Биосфера представляет собой сложную экологическую систему, стабильность которой обусловлена тем, что результаты активности всех трех групп организмов – продуцентов, консументов и редуцентов – взаимоуравновешиваются. Относительное постоянство состава биосферы не исключает ее способности к эволюции.

На протяжении длительного времени существования нашей планеты основными факторами эволюции биосфе-

ры были геологические и климатические процессы, которые привели к появлению живых организмов. Затем на смену химической эволюции пришла биологическая. Первые живые организмы – прокариоты – появились в архейскую эру. Это были гетеротрофные анаэробы, так как на Земле в то время не было свободного кислорода, а в первичном океане содержалось достаточно органических веществ абиогенного происхождения. Однако в дальнейшем в первичном океане стал ощущаться недостаток органических веществ и произошли первые аутоотрофные организмы. Появление в процессе эволюции фотосинтеза обеспечило непрерывное пополнение органических веществ благодаря использованию неиссякаемого источника солнечной энергии. С этого момента произошло разделение органического мира на два царства: животных, использующих для питания готовые органические соединения, и растений, питающихся автотрофно. Выделяющийся в процессе фотосинтеза кислород начал накапливаться в атмосфере, благодаря чему стало возможным появление аэробных организмов, способных к более эффективному использованию энергии, и быстрое распространение жизни по планете. Первые такие организмы появились при концентрации кислорода в атмосфере около 3%.

Накопление содержания кислорода в атмосфере привело к образованию в верхних ее слоях озонового экрана, не пропускающего губительные для жизни коротковолновые ультрафиолетовые лучи. Это позволило живым существам подняться на поверхность воды и выйти на сушу. Развитие механизмов аэробного дыхания сделало возможным появление многоклеточных организмов. Уже в середине палеозойской эры содержание кислорода стабилизировалось на уровне около 20%, так как к этому времени темпы потребления кислорода живыми организмами и его образования при фотосинтезе уравнились. Благодаря этому установилось относительное постоянство состава атмосферы.

БИОСФЕРА В ПЕРИОД НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

С появлением человека в эволюции биосферы начался переход от **биогенеза**, обуславливаемого факторами биологической эволюции, к **ноогенезу** – развитию под влия-

нием разумной деятельности человечества. Первоначально действие человека на окружающую среду не отличалось от действия других организмов. Используемые человеком природные источники восстанавливались естественным путем, а продукты его жизнедеятельности поступали в общий круговорот веществ. Со временем рост численности населения и все возрастающее использование природных ресурсов превратились в мощный экологический фактор, нарушивший равновесие в биосфере.

Современное человечество расходует потенциальную энергию биосферы почти в 10 раз быстрее, чем она накапливается организмами, аккумулирующими солнечную энергию. Ежегодно добывается более 7 млрд т металлов, угля, нефти. Одновременно из недр Земли извлекается около 70 млрд т пород (за счет вулканической деятельности – около 3 млрд т). Современная промышленность производит вещества, не используемые другими видами организмов (полимеры), а нередко и ядовитые (ДДТ). В результате нарушается биотический круговорот – он становится незамкнутым. Человек меняет русла рек, истребляет диких животных, загрязняет атмосферу, воду и почву. За последние 300 лет существования человечества биомасса Земли уменьшилась примерно на четверть. К началу XXI в. загрязнение окружающей среды приобрело глобальный характер и поставило человечество на грань экологической катастрофы.

Учитывая вышесказанное, В.И. Вернадский пришел к заключению, что человечество в совокупности с другими структурно-функциональными элементами образуют новую оболочку Земли – **ноосферу** (оболочку разума), т. е. сферу разумной жизни. Ноосфера – это новый этап в развитии биосферы, предполагающий разумное регулирование отношений человек – природа.

Совокупность растений и животных, а также источники сырья составляют **природные ресурсы**. Они подразделяются на восполнимые и невосполнимые. К невосполнимым природным ресурсам относятся источники сырья (руды, уголь, нефть), которые образовались в земной коре за сотни миллионов лет, а используются человеком за несколько десятилетий. Восполнимые ресурсы – это микроорганизмы, протисты, грибы, растения и животные, которые относительно быстро

могут размножаться и служат для удовлетворения потребностей человека в пище и одежде.

Используя во все возрастающих масштабах природные ресурсы для удовлетворения своих потребностей, человечество загрязняет биосферу. Основными источниками загрязнения атмосферы являются транспорт и промышленные предприятия. Ежегодно в атмосферу поступает более 200 млн т оксида и диоксида углерода, 150 млн т сернистого газа, 50 млн т оксидов азота и т. д. Оксиды азота и серы, соединяясь с водяными парами, образуют азотную и серную кислоты, выпадающие на Землю в виде слабо концентрированных кислотных дождей, которые уничтожают растительный и животный мир и наносят вред здоровью человека.

Воздух над промышленными центрами содержит в 150 раз больше пыли, чем над океаном, вследствие чего задерживается до 50% солнечных лучей. За последние 100 лет содержание в воздухе диоксида углерода возросло на 25%, результатом чего является «парниковый» эффект, который может привести к повышению температуры на планете, таянию полярных льдов и повышению уровня Мирового океана. В атмосфере значительно возросло содержание фреонов, разрушающих озоновый слой, что чревато проникновением на поверхность Земли коротковолнового ультрафиолетового излучения, губительного для всего живого.

Основной причиной загрязнения водных бассейнов является сброс неочищенных или недостаточно очищенных вод промышленными предприятиями. С полей смываются минеральные удобрения и ядохимикаты. В водоемы попадают нефтепродукты и синтетические моющие средства. Все это приводит к гибели многих организмов преимущественно в прибрежных районах. Особенно вредное воздействие на морских обитателей оказывают нефтяные пленки, образующиеся после аварий танкеров и при добыче нефти на океанских шельфах. Они отравляют живые организмы и уменьшают насыщенность воды кислородом, что пагубно сказывается на размножении планктона – первого звена экологической пирамиды в океане.

Источником загрязнения литосферы является ненормированное применение в сельском хозяй-

стве минеральных удобрений, инсектицидов, дефолиантов и других препаратов. Особую проблему создают отходы производств (пустые породы) и бытовой мусор. Плодородный слой почвы в природных условиях формируется очень медленно (1 см за 100 лет). Для предупреждения истощения почв необходимо вносить органические и минеральные удобрения. Деятельность человека часто приводит к *эрозии почв* – к разрушению и сносу плодородного слоя потоками воды или ветром (осушенные торфяники на Полесье).

Выделяют *физическое* (тепловое, шумовое, радиоактивное, электромагнитное), *химическое* (соли тяжелых металлов, инсектициды и пестициды, нефтепродукты, пластмассы) и *биологическое* (биологически активные вещества, микробиологическое, генетически модифицированные организмы) *загрязнение окружающей среды*.

Особое место занимает *загрязнение окружающей среды радионуклидами* в связи с авариями на атомных электростанциях и безответственным отношением к хранению отходов атомной энергетики. Чрезвычайно обострилась эта проблема после аварии на Чернобыльской АЭС, послужившей причиной радиоактивного загрязнения больших территорий Беларуси, Украины и России. Радиоактивные изотопы передаются по цепям питания, содержатся в продуктах питания как растительного, так и животного происхождения и поступают в организм человека. Особенно опасно накопление в организме животных и человека изотопов стронция-90 и цезия-137, имеющих длительный период полураспада. Повышение радиоактивного фона может быть причиной увеличения частоты мутаций и развития опухолей.

Под *биологическим загрязнением* понимают привнесение человеком в экосистемы нехарактерных для них живых организмов, ухудшающих условия существования биоценозов и отрицательно влияющих на здоровье человека. Особую опасность представляет биологическое загрязнение окружающей среды возбудителями инфекционных и инвазионных болезней (чума, холера, дизентерия, СПИД). В связи с быстрым развитием генной инженерии и биотехнологий не исключено попадание во внешнюю среду из лабораторий генетически измененных микроорганизмов, трансгенных растений и животных, влияние ко-

торых на другие живые организмы и человека изучено недостаточно.

Серьезное вмешательство человека в экосистемы влечет за собой *цепь экологических последствий*. Например, сплошное осушение торфяников Полесья привело к значительному снижению уровня грунтовых вод, обмелению водоемов, эрозии почвы (выветривание торфа и снесение его в реки потоками воды) и появлению на поверхности песков; одновременно изменился и животный мир данного региона.

Интенсивное загрязнение атмосферы, почвы и воды промышленными отходами, ядовитыми и радиоактивными веществами и биологическое загрязнение отражаются на здоровье человека. В последние годы наблюдается рост заболеваемости раком молочной, щитовидной желез и легких, а также рост количества хронических заболеваний легких и желудочно-кишечного тракта, аллергических заболеваний, наследственных болезней, обусловленных экологическими факторами.

.....
Охрана природы – это комплексная система мероприятий, направленная на сохранение, рациональное использование и воспроизведение ресурсов Земли в интересах человека.
.....

В настоящее время перед человечеством вполне реально встает вопрос об *экологическом кризисе*, т. е. о таком состоянии окружающей среды, когда она будет непригодной для жизни растений, животных и самого человека. По мнению экспертов, экологическая ситуация, складывающаяся на Земле, действительно таит в себе опасность серьезных и, возможно, необратимых нарушений биосферы в том случае, если деятельность человека не приобретет планомерный, согласующийся с законами развития биосферы, характер.

Для сохранения существующих параметров биосферы разработана **система природоохранных мероприятий**, важнейшими из которых являются следующие:

♦ проведение постоянного длительного наблюдения – **мониторинга** (в том числе и биомониторинга), позволяющего осуществлять контроль за состоянием параметров окружающей среды, степенью их ухудшения, ис-

точниками загрязнения, за уменьшением или увеличением количества контролируемых видов животных и растений. *Биологический мониторинг* позволяет оценивать специфические особенности среды путем наблюдения за *видами-индикаторами*, чувствительными к излишкам или недостаткам определенных параметров биосферы. Например, при наличии в воздухе сернистого газа (вокруг промышленных предприятий) погибает большинство видов лишайников. Мониторинг дает возможность делать прогнозы о дальнейших тенденциях развития состояния окружающей среды под влиянием антропогенных воздействий;

- ♦ создание охраняемых территорий (заповедников, заказников, национальных парков);

- ♦ разработка методов разведения редких и исчезающих видов животных (в неволе, на новых территориях) и растений (переселение на охраняемые территории);

- ♦ принятие законов, регулирующих природоохранные мероприятия;

- ♦ научно-просветительская деятельность – разъяснение населению, представителям власти и общественных организаций необходимости экономного использования невозобновляемых природных ресурсов, охраны биосферы от загрязнения, всего живого от истребления и методов решения этих проблем.

В 1948 г. при ЮНЕСКО был создан Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП), который проводил исследования по охране биосферы и пропаганде рационального использования природных ресурсов. Его комиссия по редким и исчезающим видам издала Международную Красную книгу, в которую было занесено около 20 тыс. видов. Все виды животных и растений в Книге разделены на 5 к а т е г о р и й состояния популяций и их охраны:

- ♦ *0-я* – виды, скорее всего, исчезнувшие, не обнаруженные в течение ряда лет, но, возможно, уцелевшие в некоторых недоступных местах или в неволе (культуре);

- ♦ *1-я* – находящиеся под угрозой исчезновения виды, которым грозит непосредственная опасность вымирания; дальнейшее существование их невозможно без осуществления специальных мер охраны;

♦ 2-я – редкие виды, не находящиеся под непосредственной угрозой исчезновения, но встречающиеся в таком небольшом количестве, что могут быстро исчезнуть;

♦ 3-я – сокращающиеся виды, численность и ареал которых уменьшается в течение определенного времени либо по естественным, либо по антропогенным причинам;

♦ 4-я – не определенные (в плане систематики) виды, явно находящиеся под угрозой исчезновения, но недостаточно изученные.

В 1974 г. была издана Красная книга СССР, в которую занесены свыше 1200 видов животных и растений.

В 1979 г. Постановлением Совета Министров БССР была учреждена Красная книга Белорусской ССР, принцип построения которой сходен с Международной Красной книгой. В 2004 г. вышло третье издание Красной книги Республики Беларусь. В нее вошли 189 видов животных и 284 вида растений. В Книге приведены данные о распространении, численности, биологии занесенных в нее видов, принятых и необходимых мерах по дальнейшей их охране. Издание Красной книги преследует цель активизировать усилия государственных и общественных организаций по разработке и внедрению в практику конкретных научно обоснованных мер охраны редких и исчезающих видов растительного и животного мира.

В настоящее время остро стоит вопрос об охране почв. Меры по их охране должны быть направлены в первую очередь на борьбу с эрозией почв путем специальных агротехнических приемов, например безотвального рыхления почвы, защитного лесонасаждения, залуживания, применения научно обоснованных норм внесения удобрений, степени орошения и осушения.

Главное направление развития промышленности – создание безотходных (малоотходных) технологий, которые включают комплексное использование сырья и замкнутые циклы производства, не допускающие выбросы вредных веществ в атмосферу и сточных вод в водоемы.

Сложная задача стоит перед человечеством по сохранению генофонда растений и животных. Для этого созданы и создаются заповедники, заказники, национальные парки; особо редких животных содержат в неволе, а растения разводят в специальных хозяйствах.

Заповедники – это территории (акватории), на которых запрещена деятельность человека (кроме научной) и весь природный комплекс сохраняется в естественном состоянии. Главной задачей биосферных заповедников является многолетнее экологическое исследование природных и антропогенных экосистем и проведение мониторинга. **Национальные парки** – это охраняемые территории с сохранившимися природными комплексами, частично или полностью открытые для посещения. **Заказники** – это территории (акватории), на которых временно или постоянно сохраняются определенные виды растений, животных, элементы ландшафтов и другие памятники природы. **Памятники природы** могут быть уникальные или эталонные, имеющие ценность в научном, познавательном или эстетическом отношении разнообразные природные объекты (отдельные деревья, рощи, парки, озера, водопады, пещеры и т. п.).

В Республике Беларусь в настоящее время имеется 2 заповедника (Березинский биосферный и Полесский радиэкологический – на территориях с высокой степенью загрязнения радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС), 4 национальных парка (Беловежская пушча, Браславские озера, Припятский и Нарочанский), 94 заказника республиканского значения (Голубые озера, Налибокская пушча, Освейское озеро и др.) и около 400 памятников природы республиканского значения.

ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Для решения задач по экологии необходимо уметь составлять цепи питания и помнить, что на каждом трофическом уровне на обеспечение процессов жизнедеятельности любого звена расходуется около 90% потребленной пищи и только 10% переходит на следующий уровень (правило Линдемана).

Задача 1. Рассчитайте, сколько фитопланктона должно быть истреблено, чтобы выросла одна щука массой 10 кг. Условно примайте, что на каждом трофическом уровне всегда поедаются только представители предыдущего уровня: фитопланктон → зоопланктон → мелкие рыбы → окунь → щука.

Решение. Так как на следующий трофический уровень переходит только 10% потребленной энергии, то каждый предыдущий уровень должен содержать в 10 раз больше энергии, чем последующий. В условии задачи даны 5 трофических уровней: фитопланктон → зоопланктон → мелкие рыбы → окунь → щука. Для того что-

бы достигнуть массы 10 кг, щука должна съесть в 10 раз больше окуня. Следовательно, масса потребленного щукой окуня должна составлять 100 кг. Рассуждая аналогично, приходим к выводу, что окуни должны съесть 10 000 кг мелкой рыбы; мелкая рыба – 10 000 кг зоопланктона, а зоопланктон – 100 000 кг фитопланктона.

О т в е т: для выращивания щуки массой 10 кг должно быть истреблено 100 000 кг фитопланктона.

Задача 2. В средних широтах приток солнечной энергии за год составляет примерно $4 \cdot 10^{10}$ кДж/га. На одном гектаре луга за год вырастает 10 000 кг трав. В каждом грамме производимых веществ содержится около 20 кДж. Сколько процентов падающей энергии Солнца использует луг?

Р е ш е н и е. Один гектар луга производит за год 10 000 кг, или 10^7 г трав. Так как в 1 г трав содержится около 20 кДж энергии, то всего будет запасено $10^7 \cdot 20$ кДж = $2 \cdot 10^8$ кДж. Приток солнечной энергии за год в умеренных широтах составляет примерно $4 \cdot 10^{10}$ кДж – это 100%, а $2 \cdot 10^8$ – $x\%$. Составляем пропорцию:

$$x = \frac{2 \cdot 10^8 \cdot 100}{4 \cdot 10^{10}} = \frac{2 \cdot 10^{10}}{4 \cdot 10^{10}} = \frac{1}{2}, \text{ т. е. } 0,5\%.$$

О т в е т: луг использует около 0,5% падающей энергии Солнца.

Задача 3. Единственным источником энергии на небольшом острове является солнечный свет, суммарная годовая энергия которого составляет $3 \cdot 10^8$ кДж. КПД фотосинтеза составляет 1,5%. Сообщество включает четыре трофических уровня. Определите, какое количество паразитов (эхинококков) может прокормиться у хищников данного сообщества, если масса одного эхинококка составляет 1 г, а на 1 кг их массы приходится $5 \cdot 10^4$ кДж энергии. (Трансформация энергии происходит согласно правилу Линдемана.)

Р е ш е н и е. Цепь питания острова состоит из 4 трофических уровней: растения (продуценты) → травоядные животные (консументы первого порядка) → хищники (консументы второго порядка) → паразиты (консументы третьего порядка). На 1 кг массы паразитов приходится $5 \cdot 10^4$ кДж энергии, а на 1 г – в 1000 раз меньше, т. е. 50 кДж. Суммарная годовая энергия света составляет $3 \cdot 10^8$ кДж, а КПД фотосинтеза – 1,5%. Запишем пропорцию, чтобы определить количество энергии, заключенной в растениях острова: $3 \cdot 10^8$ кДж – 100%, а x кДж – 1,5%; оно будет равно $4,5 \cdot 10^6$ кДж. При переходе на следующий трофический уровень (консументов первого порядка) теряется 90% энергии, т. е. ее будет в 10 раз меньше – $4,5 \cdot 10^5$ кДж. В теле консументов второго порядка будет запасаться только 10% энергии консументов первого порядка – $4,5 \cdot 10^4$ кДж, а у их паразитов еще в 10 раз меньше – $4,5 \cdot 10^3$ кДж. На одного цепня эхинококка приходится 50 кДж энергии, а всего им достается 4500 кДж энергии, следовательно у хищников данного сообщества сможет прокормиться 90 эхинококков ($4500 : 50$).

О т в е т: у хищников данного сообщества может прокормиться 90 паразитов.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Рассчитайте количество консументов второго порядка в лесу, где энергия всех продуцентов составляет 10 000 кДж. Известно, что одна особь искомым консументов весит 500 г, а в 1 кг ее массы запасается 1000 Дж энергии.

2. Экологическая пирамида состоит из следующих уровней: растения (листья) → слизень → лягушка → уж → горностаи. Какая масса листьев должно быть съедена, чтобы каждый из находящейся в лесу пары горностаев увеличил свою массу с 1 кг до 4 кг?

3. Самка мыши полевки родила 5 мышат, масса каждого равна 3 г. За месяц вскармливания мышата достигли массы по 13 г каждый. Определите, какую массу зерна должна употребить мышь, чтобы выкормить свое потомство.

4. Типичная детритная пищевая цепь питания леса состоит из следующих уровней: лиственной опад → дождевой червь → черный дрозд → ястреб. Насколько увеличится масса тела ястреба, если в эту цепь питания вовлечено 10 000 кг лиственной опада?

5. Масса всех продуцентов на острове составляет 500 т. Один килограмм их массы содержит 1000 ккал энергии. Определите, какое максимальное количество хищников первого порядка может прокормиться в данной экосистеме, если средняя их масса 5 кг, а в 100 г их тела содержится 500 ккал энергии.

6. Известно, что в 1 кг массы тела дятлов (консументы второго порядка) содержится около 4000 ккал энергии. Какое максимальное количество дятлов со средней массой тела 100 г может прокормиться в лесу, на поверхность которого падает $4 \cdot 10^7$ ккал солнечной энергии, а КПД фотосинтеза в лесу составляет 1%?

ОТВЕТЫ

1. 200 особей. 2. 60 т. 3. 5 кг. 4. 10 кг. 5. 200 особей. 6. 10 особей.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Абиогенез 511
Аборт медицинский 378
Авитаминоз 316
Австралопитек 558
Автоматия сердца 276
Автотрофы 12, 18, 417
Автогетеротрофы 17, 19
Агглютинин 268
Агглютиноген 268
Агроценоз 597
Адаптации видовые 547
- биохимические 547
- морфологические 546
- организменные 546
- поведенческие 547
- физиологические 547
Аденозинтрифосфат 428
Аккомодация 360
- двойная 209
Аксон 243
Активный транспорт 392
Аллантоис 381, 448
Аллели множественные 463
Аллогенез 551
Альвеолы 287
Альвеолярное дерево 287
Амеба 21, 24
Амилазы 299, 308
Аминокислоты незаменимые 313, 406
Амитоз 434
Амнион 381, 447
Амниоты 448
Амфибии см. Земноводные
Анабиоз 571
Анализатор 355
Анамнии 447
Анатомия человека 233
-- методы 233
-- нормальная 233
-- патологическая 233
- сравнительная 529
-- топографическая 233
Анафаза 433, 436
Анемия 266

Антеридий 27, 39, 44, 46
Антибиоз 576
Антибиотики 576
Антитело 272
Антропогенез 555
- факторы биологические 555
-- социальные 555
Аорта 277, 279
Аритмия 282
Арогенез 550
Ароморфоз 550
Артерии 277
- коронарные 279
Археогоний 27, 39, 44, 46
Аскарида человека 123
Аскомицеты 27
Ассимиляция 310, 416
Атавизм 530
Атмосфера 600
Атриопор 172
Аутбридинг 490, 493
Аутосомы 474
Ацинус 287, 307
Аэропоника 60, 598

Б

Багрянки 35
Базидиомицеты 27
Бактерии 10
- автотрофные 12
- анаэробные 13
- аэробные 13
- болезнетворные 15
- гетеротрофные 13
- значение 14
- капсула 11
- мезосомы 11
- паразитические 13
- пастеризация 15
- пигменты 12
- размножение 13
- сапробионты 13
- споры 14
- стерилизация 16
- строение 11
- формы 10

- фотосинтезирующие 12
- хемосинтезирующие 12
- Бактериофаги 8
- жизненный цикл 8
- значение 9
- строение 8
- Бактериохлорофилл 12
- Белки 312, 406
- биосинтез 420
- строение 407
- функции 408
- Белое вещество мозга 244, 332
- Бентос 582
- Бесчерепные 171
- Биогенез 510
- Бинарная номенклатура 6, 94
- Биогеография 532
- Биогеоценоз 589
- динамика 595
- компоненты 590
- продуктивность 594
- Биологические системы 384
- - уровни организации 384
- Биологический прогресс 549
- регресс 550
- Биология общая 384
- Биомасса 595
- Биопозз 512
- Биосфера 599
- в период научно-технологического прогресса 606
- загрязнение 608
- круговорот веществ 603
- состав 599
- круговорот веществ 603
- эволюция 605
- Биотехнология 495
- Биотоп 587
- Биоценоз 587
- пространственная структура 588
- взаимоотношения видов 588
- Бластомеры 380, 445
- Бластопор 445
- Бластула 380, 445
- Близорукость 360
- Боковая линия 181

- Борьба за существование 526, 540
- Ботаника 32
- разделы 32
- Бронхи 222, 286
- Бронхиальное дерево 222, 287
- Бронхиолы 287
- Брюхоногие 137
- Брюшная нервная цепочка 129, 146, 157
- Бычий цепень 116

В

- Вайи 42
- Вакуоль 17, 397
- пищеварительная 17, 21, 23
- сократительная 17, 19, 20, 21, 23
- Вакцины 273
- Варолиев мост 336
- Вдох 290
- Венерические заболевания 379
- Вены 278
- легочные 279
- полые 279
- Вестибулярный аппарат 357
- Вещества гидрофильные 405
- гидрофобные 405
- Взаимодействие генов 462
- аллельных 462
- неаллельных 468
- Вид 6, 533
- критерии 533
- Видообразование 543
- аллопатрическое 545
- симпатрическое 545
- Виды доминирующие 588
- стенобионты 580
- эврибионты 580
- эдификаторы 588
- Вирусы 7
- значение 9
- строение 8
- форма 7
- Вирусология 7
- Витализм 511
- Витамины 316

- роль в организме 316
- способы сохранения 319
- Включения 399
- Вкус 356
- Власоглав 123
- Внутренняя среда организма 261
- Внутриутробное развитие 380
- Вода, роль в клетке 405
- Водоросли 33
 - значение 36
 - размножение 33
 - строение 33
- Возбудимость 241, 244
- Волосы 219, 325
- Волютин 12
- Вольвокс 18
- Воспаление 273
- Восприятие 348
- Ворсинки 302
- Вред алкоголя 282, 342
 - никотина 282, 293, 342
- Всасывание 304
- Выделение 319
- Выдох 290
- Высшая нервная деятельность 343

Г

- Гаметогенез 437
- Гаметофит 39, 44, 46, 47, 80
- Гастрин 302
- Гастрюла 381, 445
- Гемоглобин 265
- Гемолимфа 140
- Гемофилия 475
- Генетика 456
 - задачи 457
 - медицинская 483
 - методы 458, 484
 - пола 474
- Генетический код 421
- Генная инженерия 496
- Геном 457
- Генотип 456
- Генофонд 536
- Гены 456
 - аллельные 457

- доминантные 457
- неаллельные 457
- регуляция работы у прокариот 423
- у эукариот 426
- рецессивные 457
- сцепление 470
- Гетерозигота 457
- Гетерозис 490, 494
- Гетеротрофы 13, 17, 21, 417
- Гиалоплазма 393
- Гибридизация 490, 493
 - близкородственная 490
 - межлинейная 490
 - отдаленная 490
- Гигиена 236
 - дыхания 292
 - зрения 361
 - методы 236
 - кожи 327
 - питания 308
 - половой системы 376
 - сердечно-сосудистой системы 282
 - слуха 363
- Гигрофиты 573
- Гидра 107
 - размножение 108
 - строение 107
- Гидробионты 581
- Гидропоника 60, 598
- Гидросфера 581, 600
- Гипервитаминоз 316
- Гиповитаминоз 316
- Гипоталамус 365
- Гипотеза «чистоты гамет» 464
- Гипотезы происхождения жизни на Земле 510
 - абиогенеза 511
 - биогенеза 510
 - биохимическая 512
 - витализма 511
 - креационизма 510
 - этернизма 510
- Гипотезы происхождения эукариотических клеток 515
- Гипотезы происхождения многоклеточных 516

Гипофиз 366
 Гистогенез 382
 Гифы 26
 Глаза человека 358
 -- зрительные пигменты 359
 -- механизм восприятия света 360
 -- строение 358
 - фасеточные 158
 Глотание 299
 Глотка 300
 Годичное кольцо прироста 66
 Головастик 191
 Головной мозг 334
 -- желудочки 334
 -- задний 336
 -- оболочки 335
 -- отделы 334
 --- передний 338
 --- продолговатый 335
 --- промежуточный 337
 --- средний 336
 -- функции 339
 Головогрудь 144, 149
 Головоногие 138
 Голосеменные 47
 - значение 51
 - строение 48
 Голосовые связки 286
 Гомеостаз 263
 Гомозигота 457
 Гормоны 364
 - адреналин 368
 - адренкортикотропный 367
 - альдостерон 368
 - андрогены 369
 - гастрин 302
 - гидрокортисон 368
 - глюкагон 369
 - гонадотропный 367
 - вазопрессин 367
 - инсулин 369
 - кальцитонин 367
 - кортизон 368
 - меланотропный 367
 - норадреналин 368
 - окситоцин 367
 - реннин 301

- роста (соматотропин) 367
 - тиреотропный 367
 - тироксин 367
 - трииодтиронин 367
 - эритропоэтин 321
 - эстрогены 369
 Гортань 285
 - хрящи 286
 Грибы 26
 - дрожжи 29
 - значение 29, 31
 - паразиты 27, 31
 - плесневые 27
 - плодовое тело 30
 - размножение 27, 30
 - сапробионты 27
 - строение 26
 - шляпочные 30
 Грудина 253
 Грудная клетка 253
 Грызуны 227

Д

Давление корневое 60
 - кровяное 280
 - осмотическое 60
 - тургорное 60
 Дальнозоркость 361
 Дальтонизм 475, 486
 Движение крови по сосудам 280
 Двукрылые 160
 Двусторчатые 137
 Дегенерация общая 551
 Дендрит 243
 Дерма 172, 219, 324
 Диастола 276
 Диафрагма 220, 222, 256
 Дивергенция 552
 Диморфизм половой 121
 Динамический стереотип 346
 Диссимиляция 310, 416
 Дождевой червь 130
 Доклеточные формы жизни 7
 Доминирование 461
 - полное 462
 - неполное 462
 Донор 269

Древесина (ксилема) 59, 65
 Дрейф генов 539
 Дриопитек 557
 Дробление 380, 444
 Дуга рефлекторная 329
 Дыхание 283
 - двойное 209
 - регуляция 291
 Дыхательная система
 человека 284
 --- газообмен 288
 --- гигиена 292
 --- регуляция 291
 --- строение 284
 Дыхательные движения 289
 Дыхательные пути 284

Е

Евстахиева труба 362
 Единицы таксономические 6
 Ель 50

Ж

Жабры 129, 146, 169, 175
 Жало 166
 Жгутики 12, 17, 18, 19, 20
 Железы внутренней секреции
 364
 --- гипоталамус 365
 --- гипофиз 366
 --- надпочечники 368
 --- околотитовидная 366
 --- поджелудочная 369
 --- половые 369
 --- тимус 366
 --- щитовидная 367
 --- эпифиз 366
 - внешней секреции 240
 --- зеленые 145
 --- кожные 172, 176, 186, 219,
 325
 --- коксальные 151
 --- копчиковая 203
 --- паутинные 150
 --- потовые 219, 325
 --- сальные 219, 325
 --- слюнные 299

--- чернильная 138
 Желудок, строение 300
 - пищеварение 301
 Желудочек сердца 275
 Желудочный сок 301
 Желчный мешок 381
 Желчь 305
 Живое вещество, функции
 602
 Животные гомойотермные *см.*
 Животные теплокровные
 - двухслойные 102
 - значение 101
 - классификация 97
 - пойкилотермные *см.*
 Животные
 холоднокровные
 - различия с растениями 96
 - сходство с растениями 96
 - теплокровные 100, 571
 - трехслойные 98
 - холоднокровные 100, 570
 Жиры 314, 411
 Жужжальца 160

З

Забота о потомстве 210, 224
 Задний мозг 336
 Зайцеобразные 227
 Заказник 613
 Закаливание организма 327
 Закон биогенетический 531
 - гомологичных рядов 483
 - Северцова 552
 - Харди – Вайнберга 536
 Законы Менделя 460, 467
 Заповедник 613
 Заросток 43
 Земноводные 185
 - значение 193
 - классификация 185
 - многообразии 191
 - характерные черты 186
 Зигота 380, 442
 Зинджантроп 558
 Змеи 201
 Зоология 93
 - разделы 93

Зооспоры 33, 34
Зооценоз 587
Зрение 358
- бинокулярное 554
Зубная система 297

И

Идиоадаптация 551
Изменчивость 456, 477
- генотипическая 480
- комбинативная 480
- модификационная 477
- мутационная 480
- неопределенная 524
- определенная 524
- соотносительная 524
- фенотипическая 477
Изоляция 539
Иммунитет 271
- гуморальный 272
- естественный 272
-- врожденный 272
- органы 271
-- приобретенный 273
- искусственный 273
-- активный 273
-- пассивный 273
Инбридинг 490, 493
Индивид 353
Инстинкт 158
Интеллект 354
Интерфаза 431
Инфузория-туфелька 22
Инфузория-балантидий 25
Инцистирование 17

К

Камбий 65
Капилляры 278
Капсид 8
Капсомеры 8
Карбгемоглобин 266
Кариолемма 400
Кариоплазма *см.* Сок ядерный
Кариотип 402
Катагенез 551
Китообразные 229

Кифоз 253
Кишечник тонкий 302
- толстый 304
Кишечнополостные 102
- значение 107
- классы 107
- характерные черты 102
Кишка двенадцатиперстная 303
Классификация цветковых растений 85
- Двудольные 88
-- значение представителей 88, 89, 90, 91
-- семейства 88, 89, 90
- Однодольные 87
-- значение представителей 87, 88
-- семейства 87, 88
Клетка, деление 431
- животных 96, 403
- жизненный цикл 431
- митотический цикл 431
- неорганические соединения 404
- оболочка *см.* Плазмалемма
- органические соединения 406
- поступление веществ 392
- прокариотическая 403
- растений 96, 403
- стрекательная 104
- химический состав 403
- эпителиально-мышечная 103
- эукариотическая 403
Клещи 153
Клоака 187, 206
Клонирование растений 490
- животных 494
Клюв 206
Клубень 66
Книга Красная 92, 611
Кодоминирование 463
Кожа человека 324
- гигиена 327
- производные 325
- слои 324

- функции 326
 Колбочки 359
 Кольчатые черви 126
 -- значение 130
 -- классификация 126
 -- многообразии 130
 -- общая характеристика 127
 -- характерные черты 126
 Комменсализм 577
 Комплекс Гольджи 396
 Конвергенция 553
 Конидии 28
 Конкуренция 575
 Консументы 590
 Консультирование медико-генетическое 486
 Конъюгация 13
 - у бактерий 13, 14
 - у водорослей 34
 - у инфузорий 23
 Кора больших полушарий 222, 338
 - борозды 338
 - зоны 338
 - функции 339
 Коралловые полипы 110
 Корень 55
 - видоизменения 60
 - разновидности 56, 57
 - строение 57
 - функции 55
 Корневая система 56
 -- мочковатая 57
 -- стержневая 56
 Корневище 42, 66
 Кости 247
 - губчатые 249
 - клетки 248
 - межклеточное вещество 248
 - переломы 261
 - плоские 249
 - смешанные 249
 - соединение 250
 - трубчатые 249
 - химический состав 247
 Кровеносная система, функции 264
 Кровь 261

- артериальная 266
 - венозная 266
 - группы 268
 - движение 280
 - свертывание 270
 - состав плазмы 264
 - форменные элементы 265
 Кровообращение 274
 - круги 279
 Кровотечения 283
 Крокодилы 199
 Кроманьонец 560
 Крона дерева 63
 Кроссинговер 436
 Круглые черви 119
 -- значение 122
 -- многообразии 123
 -- общая характеристика 119
 -- характерные черты 119
 Круговорот веществ 603
 Крылья 155, 205
 Ксерофиты 573
 Ксилема 54, 59, 65
 Кукушкин лен 39
 -- размножение 39

Л

Ламинария 35
 Ланцетник 171
 - строение 171
 - сходство с беспозвоночными 174
 -- с позвоночными 174
 Ластоногие 228
 Легкие 286
 - газообмен 288
 - жизненная емкость 290
 Лейкопласты 399
 Лейкоциты 267
 Ленточные черви 116
 -- общая характеристика 116
 Лизосомы 396
 Лизоцим 299
 Лимфа 262
 Лимфатические сосуды 262
 Линька 154
 Липазы 296, 301, 308
 Липиды 411

Лист 68
- видоизменения 69
- жилки 68
- строение внешнее 68
-- внутреннее 70
- функции 68
Листопад 72
Листорасположение 69
Литосфера 599
Личность 353
Лишайники 36
- значение 38
- размножение 37
- строение 36
Ложноножки 17, 21
Лордоз 253
Луб 54, 59, 64
Луковица 67
Люди древнейшие 558
- древние 559
- современного типа 560
Лягушка 193

М

Макронуклеус 23
Макроспора 49, 80
Макроэволюция 546
Макроэлементы 404
Малек 182
Малокровие *см.* Анемия
Малоцетинковые черви 130
Мальтаза 299, 304
Малярийный плазмодий 25
Мантя 133
Матка 375
Мезogleя 102
Мезодерма 445
Мезофиты 573
Мейоз 434
Меланин 324, 485
Мембрана биологическая 390
- цитоплазматическая 391
Меристемы 53
Метамерия гетерономная 139
- гомономная 127
Метанефридии 129
Метафаза 433, 436
Методы изучения анатомии

233
-- генетики 458
-- физиологии 235
-- цитологии 387
-- экологии 565
Методы контрацепции 376
Мешки воздушные 208
Мешок кожно-мышечный
111, 119, 127
Миграции 538
Микология 26
Микориза 61
Микоценоз 587
Микробиология 10
Микробоценоз 587
Микроворсинки 304
Микронуклеус 23
Микроспора 49, 79
Микроэволюция 544
Микроэлементы 404
Миксоцель 140
Минеральные соли 405
Миокард 275
Миофибриллы 242
Мирацидий 116
Митоз 432
Митохондрии 394
Мицелий 26
Млекопитающие 218
- значение 232
- классификация 224
-- настоящие звери 226
- - первозвери 225
- многообразие 224
- поведение 224
- характерные черты 218
Многочлечные,
происхождение 516
Многощетинковые черви 131
Множественные аллели 453
Мозжечок 336
Моллюски 132
- значение 136
- классификация 132
- характерные черты 132
- многообразие 137
Моховидные 38
- значение 42

- строение 38
- Моча вторичная 323
- первичная 322
- Мочевыделительная система 319
- строение 320
- Мукор 27
- Муреин 11
- Мутации 481, 537
- генеративные 481
- генные 483, 485
- геномные 482, 484
- индуцированные 481
- летальные 482
- полулетальные 482
- соматические 481
- спонтанные 481
- хромосомные 482, 485
- Мутуализм 37, 576
- Муцин 299, 301
- Мышление 349
- Мышцы гладкие 242
- поперечнополосатые 242, 255
- скелетные 242, 255
- сердечная 243
- работа 257
- свойства 241
- утомление 259
- функции 243, 257
- Мягкотелые *см.* Моллюски

Н

- Надкостница 250
- Надпочечники 268
- Насекомоядные 226
- Насекомые 154
- вредители 163
- значение 165
- компоненты биогеоценозов 161
- многообразии 161
- отряды 159
- характерные черты 154
- Наследование сцепленное 470
- Наследственность 456
- цитоплазматическая 476
- Национальный парк 613

- Неандерталец 559
- Нейтрализм 575
- Нейрогуморальная регуляция 370
- Нейроны 243
- вставочные 244, 330
- двигательные 244, 330
- чувствительные 244, 330
- Нейрула 446
- Нектар 76
- Нектон 582
- Непарнокопытные 231
- Нервная система 329
- вегетативная 339
- гигиена 342
- диффузная 104
- парасимпатическая 340
- периферическая 330
- симпатическая 340
- соматическая 339
- функции 329
- центральная 331
- Нервы черепно-мозговые 335
- спинномозговые 332
- Нефридии 129
- Нефрон, строение 321
- образование мочи 322
- Ногти 324
- Ноосфера 607
- Норма реакции 478
- Носовая полость 284
- Носоглотка 285
- Нуклеиновые кислоты 412
- роль в клетке 415
- строение 413
- Нуклеоид 11
- Нуклеотид 413

О

- Облегченная диффузия 392
- Обмен веществ 309, 416
- белков 312
- водно-минеральный 310
- жиров 314
- пластический 310, 417
- углеводов 314
- энергетический 310, 427
- этапы 310, 428

- Оболочечники 171
- Обоняние 356
- Овогенез 438
- Околосердечная сумка 274
- Оксигемоглобин 266
- Оксифотобактерии 10
 - гетероцисты 13
 - значение 16
 - размножение 14
 - строение 11
- Онкосфера 118
- Онтогенез 444
- Оплодотворение 80, 380, 442
 - двойное у растений 81, 443
- Опорно-двигательный аппарат 247
- Оптимум экологический 580
- Опыление 49, 79
 - искусственное 79
 - перекрестное 79
 - самоопыление 79
- Организм 237
 - целостность 238
- Органогенез 382, 446
- Органоиды 393
 - движения 397
- Органы 245
 - аппарат 245
 - аналогичные 529
 - вегетативные 55
 - генеративные 55, 75
 - гомологичные 529
 - осевые 446
 - провизорные 447
 - рудиментарные 530
 - системы 246
- Осанка 260
- Осеменение 442
- Основные признаки жизни 385
- Остеобласты 248
- Остеокласты 248
- Остеон 248
- Остеоциты 248
- Острица 124
- Осызание 356
- Отбор движущий 541
 - дизруптивный 542
 - естественный 527, 540
 - искусственный 524
 - стабилизирующий 541
- Отделы позвоночника 177, 187, 195, 252
- Охрана животного мира 612
 - природы 610
 - растений 91
- Оцепенение 571
- Ощущение 348

II

- Палеонтология 531
- Палочки 359
- Памятники природы 613
- Память 348
- Панспермия 510
- Папоротниковидные 42
 - жизненный цикл 43
 - значение 43
 - строение 42
- Паразитизм 577
- Параллелизм 552
- Парантроп 558
- Парапитек 557
- Параподии 127
- Парнокопытные 229
 - жвачные и нежвачные 230
- Партогенез 113, 141, 444
- Пауки 152
 - паукообразные 148
 - многообразие 152
 - характерные черты 149
- Педипальпы 150
- Пелликула 19, 22
- Пеницилл 28
- Первозвери 225
- Передний мозг 338
- Перепончатокрылые 166
 - представители 160
- Перицикл 59
- Печень 305
- Пирамида экологическая 593
- Питательные вещества 294
- Питекантроп 558
- Пищеварение 294
 - в желудке 301
 - в кишечнике 304

- внутриклеточное 105
- внутриполостное 105, 304
- в полости рта 296
- Пищеварительная система 293
- Пищеварительные ферменты 295
- Пищевые продукты 293
- Пищевод 300
- Пиявки 131
- Плавники 177
- Плазма 262
- Плазмалемма *см.* Мембрана цитоплазматическая
- Планария 113
- Планктон 16, 581
- Пластиды 398
 - хлоропласты 398
- Плауновидные 45
 - значение 46
 - размножение 46
 - строение 45
- Плацента 381, 448
- Плевра 287
- Плод растений 81
 - классификация 82
- Плоские черви 110
 - классификация 110
 - многообразии 113
 - характерные черты 111
- Побег 61
 - ассимилирующий 47
 - видоизменения 66, 68
 - разновидности 62
 - спороносный 47
- Поджелудочная железа 307, 369
- Позвонок 253
- Позвоночник человека 252
 - изгибы 253
- Позвоночные *см.* Черепные
- Покров перьевой 204
- Покрытосеменные 52
 - значение цветков, плодов, семян 85
 - органы 55
 - распространение плодов и семян 84
 - ткани 52
- механические 54
- образовательные (меристемы) 54
- покровные 53
- проводящие 54
- Пол гетерогаметный 474
- гомогаметный 474
- определение 475
- Половая система человека 371
 - женская 373
 - мужская 371
- Половые железы 369, 371, 373
- Полость барабанная 362
 - гастральная 102
 - мантийная 133
 - носовая 284
 - плевральная 287
 - рта 296
 - тела вторичная 127
 - первичная 120
 - смешанная 140
- Популяционные волны 538
- Популяция 534, 584
 - экологическая характеристика 584
- Порошица 23
- Почка 61
 - вегетативная 61
 - генеративная 62
 - тазовая 196, 220, 319
 - туловищная 179, 188
 - человека 320
 - регуляция работы 323
- Почкование
 - кишечнополостных 106
- Правило Линдемана 592
- Пределы выносливости 579
- Предсердие 275
- Пресмыкающиеся 193
 - значение 199
 - классификация 193
 - многообразии 199
 - характерные черты 194
- Признаки сцепленные с полом 475
- Приматы 231
- Природные ресурсы 607
- Приспособления 546
 - относительность 548

- Проводимость 241, 244
 Продолговатый мозг 335
 Продуценты 590
 Прокариоты 10
 Промежуточный мозг 337
 Протеолитические ферменты 295
 Протистология 16
 Протисты 16
 - автотрофные 17, 18
 - автогетеротрофные 17, 19
 - гетеротрофные 17, 21
 - значение 26
 - паразитические 24
 - раздражимость 17
 - строение 17
 Протоантропы 558
 Протонефридии 112
 Профаза 432, 435
 Прямое бинарное деление 434
 Прямокрылые 159
 Псевдоцель 120
 Птицы 202
 - бескилевые 212
 - выводковые 211
 - значение 217
 - килевые 214
 - классификация 212
 - кочующие 212
 - многообразие 212
 - оседлые 211
 - перелетные 212
 - поведение 210
 - птенцовые 211
 - характерные черты 202
 - экологические группы 216
 Пузырь мочевой 320
 - плавательный 179
 Пульс 281
 Пуповина 381
 Пятно желтое 359
 - слепое 359
- Р**
- Радула 134
 Развитие постэмбриональное 448
 - эмбриональное 444
 - человека 380
 Размножение организмов 440
 - бесполое 440
 - вегетативное 440
 - половое 441
 - цветковых растений 73
 Рак речной 143
 Ракообразные 142
 - высшие 143
 - многообразие 147
 - низшие 143
 Расы человека 560
 Растения высшие 38
 - двудомные 76
 - длиннодневные 569
 - короткодневные 569
 - нейтральные 569
 - низшие 33
 - однодомные 76
 - светолюбивые 567
 - теневыносливые 568
 - тенелюбивые 568
 Регенерация 106
 Редуценты 590
 Режим питания 309
 Резервный воздух 291
 Резус-фактор 268
 Рекомбинации 537
 Рептилии *см.*
 Пресмыкающиеся
 Реснички 22
 Ресничные черви 113
 Рефлекс 329, 343
 - безусловный 343
 - условный 344
 -- механизм образования 344
 - торможение 347
 - угасание 347
 Рефлекторная дуга 329
 Реципиент 269
 Речь 350
 Рибосомы 395
 Ризоиды 39
 Ритмы сезонные 568
 - суточные 569
 Роговица 358
 Роды 382
 Ротовая полость, строение 296
 Рудименты 530

Рукокрылые 226
Рыбы (надкласс) 176
- значение 185
- костные 184
- многообразии 182
- характерные черты 176
- хрящевые 182

С

Свет солнечный 566
Сверхдоминирование 462
Селекция 487
- животных 492
- микроорганизмов 495
- растений 489
Семя 50, 81
- двудольных 82
- однодольных 81
- условия прорастания 83
Семяпочки 49, 75, 80
Сердце человека 274
-- автоматия 276
-- клапаны 275
-- регуляция работы 277
-- цикл 276
-- строение 274
Сердцевина 66
Сети пищевые 591
Сетчатка 359
Сигнальная система 350
-- первая 350
-- вторая 351
Симбиоз 576
Симметрия тела
 билатеральная 98, 111
-- радиальная 97, 102
Синантроп 559
Синойкия 576
Система сенсорная *см.*
 Анализатор
- органов 55, 96, 245
Систематика 5, 532
Систола 276
Ситовидные трубки 47, 54, 64
Скелет головы человека 251
- конечностей 254
- туловища 252
- функции 247

Складки метаплевральные
 172
Скорпионы 152
Скрещивание 459
- анализирующее 464
- дигибридное 465
- моногибридное 460
Слово 350
Слоевидные 33, 36, 39
Слух 361
Слюна 299
Слюнные железы 298
Смена биогеоценоза 596
Смерть 450
Собственно кожа *см.* Дерма
Соединения неорганические
 404
- органические 406
Сознание 347
Сок желудочный 301
- кишечный 304
- поджелудочный 307
- ядерный 400
Сократимость 241
Сон 351
Сорусы 43
Сосальщики 115
- печеночный 115
Сосна 48
- размножение 49
- строение 48
Сосуды кровеносные 277
- мальпигиевы 151, 156
Соцветия, значение 77
- простые 78
- сложные 78
Сперматогенез 437
Сперматозоид 439
Спермий 49
Специализация 551
СПИД 379
- профилактика 379
Спинной мозг 331
-- оболочки 331
-- функции 333
Спирогира 33
Спорангий 28, 39
Спорофит 39, 44, 46, 79
Спячка 571

Средний мозг 336
Среды жизни 581
-- водная 581
-- наземно-воздушная 582
-- организм 583
-- почвенная 583
Старение 449
Стебель 61
- ветвление 63
- строение 64
- функции 64
Стигма 20
Столон 67
Субстрат жизни 385
Сустав 250
- строение 250
- классификация 251
Сукцессия *см.* Смена
 биогеоценоза
Сумчатые 226
Сфагнум 41
Сцифоидные медузы 109
Сыворотка 265

Т

Таксис 17
Тела грибовидные 157
Тело желтое 374
- жировое 156
- плодовое 30
- стекловидное 359
Телофаза 434, 436
Теория эволюции Дарвина 523
-- движущие факторы 540
-- синтетическая 543
- клеточная 388
- хромосомная 473
Тимус 366
Тканевая жидкость 262
Ткани человека 238
-- принципы строения 238
-- мышечная 241
-- нервная 243
-- соединительная 240
-- эпителиальная 239
Транскрипция 421
Трансляция 421
Трахеи 152, 157

Трахеиды 46, 54
Трахея человека 286
Трихинелла 125
Трихоцисты 23
Тромбоциты 268

У

Углеводы 410
Узлы лимфатические 262
- нервные 129, 136, 331
- парасимпатические 340
- симпатические 340
Улитка 362
Улотрикс 34
Ультрамикрорэлементы 404
Уровни организации живого
 384
Уроцист 187
Устье 64
- работа 71
- строение 71
Ухо 361
- барабанная перепонка 361
- механизм восприятия звуков
 363
- слуховые косточки 362
- спиральный орган 362
Учение эволюционное 520
-- Ламарка 522

Ф

Фаги *см.* Бактериофаги
Фагоцитоз 267, 392
Факторы мутагенные 481
- эволюционные 537
-- движущие 540
-- элементарные 537
- экологические 565
-- абиотические 566
-- антропогенные 578
-- биотические 575
-- лимитирующие 580
Феллоген 59
Фен 456
Фенотип 457
Ферменты 295, 408, 430
- пищеварительные 295

-- амилазы 296
 -- липазы 296
 -- нуклеазы 296
 -- протеазы 295
 Физиология человека 234
 -- методы 235
 -- нормальная 234
 -- патологическая 234
 Финна 118
 Фитонциды 51, 576
 Фитопатогенные нематоды 126
 Флора *см.* Луб
 Фотопериодизм 568
 Фотосинтез 12, 21, 39, 71, 418
 Фрагментация 113
 Фукус 35
 Фундаментальные свойства живого 385
 Функциональные системы 247

Х

Хвойные, значение 51
 Хвоцевидные 46
 Хвоя 47
 Хелицеры 149
 Хищничество 575
 Хищные 228
 Хламидомонада 20
 Хлорелла 18
 Хоаны 198, 285
 Ходы смоляные 48
 Хозяин паразита 114, 577
 - окончательный 114
 - промежуточный 114
 Хорда 169
 Хордовые 168
 - общая характеристика 169
 - систематика 170
 Хорион 380, 448
 Хроматин 401
 Хроматофор 18, 19, 21, 33
 Хромосома метафазная 401
 Хромосомы половые 474
 Хрусталик 359

Ц

Царства живой природы 6

Царство Животные, систематика 97
 «Цветение» воды 21
 Цветковые *см.* Покрытосеменные
 Цветок 75
 - строение 75
 - функции 52, 75
 Цевка 205
 Целом 127
 Центр дыхания 336
 - зрения 338
 - клеточный 397
 - слуха 338
 Центры происхождения культурных растений 489
 Центросома 397
 Цепи питания 591
 -- детритные 591
 -- пастбищные 591
 Цианобактерии *см.* Оксифотобактерии
 Цитология 387
 - задачи 387
 Цитоплазма 393
 Цитостом 23
 Цитофаринкс 23

Ч

Человек, происхождение 553
 - прямоходящий 558
 - разумный, систематика 553
 - видовые признаки 554
 - коренное отличие 554
 - умелый 558
 Челюсти 177, 252
 Череп 251
 - лицевой 252
 - мозговой 252
 Черепахи 201
 Черепные 174
 Чечевички 64
 Чешуекрылые 160
 Чешуя плакоидная 176
 - костная 176
 Членистоногие 139
 - значение 142
 - классификация 139
 - характерные черты 139

Ш

Шизогония 25
Шишка 48

Щ

Щели жаберные 173
Щель голосовая 286
Щитовидная железа 367

Э

Эвглена зеленая 19
Эволюция, доказательства 528
- направления 549
- пути 550
- результаты 548
- способы 552
Экология 564
- задачи 564
- методы 565
Экотон 589
Экотоп 590
Экстерьер 493
Эксцистирование 18
Эктодерма 445
Эктоплазма 21
Эмбриология 444
Эндокард 276

Эндокринный аппарат 364
Эндоплазма 21
Эндоплазматическая сеть 395
Эндосперм 81
Энтодерма 445
Эпидермис 39, 53
Эпикард 275
Эпифиз 366
Эритроциты 265
Эры 517
- периоды 518
Этернизм 510
Эукариоты 403
- происхождение 515
Эхинококк 118
Эхолокация 223

Я

Ядро 399
Ядрышко 402
Язык 298
Яйцеклад 155
Яйцеклетка 439
Яички 371
Яичники 373
Ямка обонятельная 173
Ящерица 201

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Бавтуто, Г.А.* Биология: учебное пособие для 7 класса общеобразовательных школ / Г.А. Бавтуто [и др.]; под общ. ред. Н.Д. Лисова. Изд. 2-е, испр. Минск, 2000.

2. *Заяц, Р.Г.* Биология для абитуриентов: вопросы, ответы, тесты, задачи / Р.Г. Заяц [и др.]. Минск, 2005.

3. *Заяц, Р.Г.* Биология для поступающих в вузы / Р.Г. Заяц, И.В. Рачковская, В.М. Стамбровская. Изд. 9-е, перераб. Минск, 2004.

4. *Заяц, Р.Г.* Биология: тесты для поступающих в вузы / Р. Г. Заяц [и др.]. Изд. 5-е, перераб. и доп. Минск, 2007.

5. *Камлюк, Л.В.* Биология: учебное пособие для 8 класса общеобразовательных школ / Л.В. Камлюк, Е.С. Шалапенков, О.Р. Александрович; под ред. Е.С. Шалапенков. Изд. 2-е. Минск, 2005.

6. *Лемеза, Н.А.* Биология для поступающих в вузы / Н.А. Лемеза, Л.В. Камлюк, Н.Д. Лисов; под общ. ред. Н.А. Лемезы. Минск, 2002.

7. *Лисов, Н.Д.* Общая биология: учебное пособие для 10 класса общеобразовательных школ / Н.Д. Лисов, Л.В. Камлюк, Н.А. Лемеза; под общ. ред. Н.Д. Лисова. Минск, 2001.

8. *Лисов, Н.Д.* Общая биология: учебное пособие для 11 класса общеобразовательных школ для базового и повышенного уровней / Н.Д. Лисов [и др.]; под общ. ред. Н.Д. Лисова. Минск, 2002.

9. *Мащенко, М.В.* Биология: учебное пособие для 9 класса общеобразовательных школ / М.В. Мащенко, Н.А. Акулич, А.Г. Хрипкова. Минск, 2000.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----------|
| Предисловие | 3 |
| МНОГООБРАЗИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА | 5 |
| Доклеточные формы жизни | 7 |
| Доядерные организмы (прокариоты) | 10 |
| Протисты | 16 |
| Общая характеристика протистов | 16 |
| Свободноживущие протисты | 18 |
| Паразитические протисты | 24 |
| Грибы | 26 |
| Растения | 32 |
| Общая характеристика растений | 32 |
| Низшие растения | 33 |
| Водоросли | 33 |
| Лишайники | 36 |
| Высшие растения | 38 |
| Моховидные | 38 |
| Папоротниковидные | 42 |
| Папоротники | 42 |
| Плауновидные | 45 |
| Хвощевидные | 46 |
| Голосеменные | 47 |
| Покрытосеменные (Цветковые) | 52 |
| Общая характеристика покрытосеменных | 52 |
| Ткани растений | 52 |
| Вегетативные органы | 55 |
| Размножение и распространение цветковых растений | 73 |
| Классификация цветковых растений | 85 |
| Класс Однодольные | 87 |
| Класс Двудольные | 88 |
| Охрана растений | 91 |
| Животные | 93 |
| Зоология – наука о животных | 93 |
| Тип Кишечнополостные | 102 |

| | |
|--|-----|
| Общая характеристика типа | 102 |
| Многообразие кишечнополостных | 107 |
| Гидроидные полипы | 107 |
| Сцифоидные медузы | 109 |
| Коралловые полипы | 110 |
| Тип Плоские черви | 110 |
| Общая характеристика типа | 110 |
| Многообразие плоских червей | 113 |
| Тип Круглые черви | 119 |
| Общая характеристика типа | 119 |
| Многообразие круглых червей | 123 |
| Тип Кольчатые черви | 126 |
| Общая характеристика типа | 126 |
| Многообразие кольчатых червей | 130 |
| Тип Моллюски (Мягкотелые) | 132 |
| Общая характеристика типа | 132 |
| Многообразие моллюсков | 137 |
| Тип Членистоногие | 139 |
| Общая характеристика типа | 139 |
| Класс Ракообразные | 142 |
| Многообразие ракообразных | 147 |
| Класс Паукообразные | 148 |
| Многообразие паукообразных | 152 |
| Класс Насекомые | 154 |
| Многообразие насекомых | 161 |
| Насекомые – компоненты биогеоценозов | 161 |
| Насекомые – вредители полей, садов и лесов | 163 |
| Практическое значение насекомых | 165 |
| Тип Хордовые | 168 |
| Общая характеристика типа | 168 |
| Подтип Оболочники (Личиночно-хордовые) | 171 |
| Подтип Бесчерепные (Головохордовые) | 171 |
| Подтип Черепные (Позвоночные) | 174 |
| Надкласс Рыбы | 176 |
| Многообразие рыб | 182 |
| Класс Земноводные (Амфибии) | 185 |
| Многообразие земноводных | 191 |
| Класс Пресмыкающиеся (Рептилии) | 193 |
| Многообразие пресмыкающихся | 199 |
| Класс Птицы | 202 |
| Многообразие птиц | 212 |
| Класс Млекопитающие | 218 |
| Многообразие млекопитающих | 224 |

| | |
|--|-----|
| БИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА | 233 |
| Общий обзор организма человека | 237 |
| Органы и системы органов | 245 |
| Опорно-двигательный аппарат | 247 |
| Состав, строение и рост костей | 247 |
| Типы соединения костей | 250 |
| Строение скелета человека и его особенности | 251 |
| Строение скелетной мышцы | 255 |
| Работа мышц. Утомление мышц. Значение двигатель- ной активности для сохранения здоровья | 257 |
| Внутренняя среда организма | 261 |
| Постоянство внутренней среды организма (кровь, тка- невая жидкость и лимфа) | 261 |
| Значение крови и кровообращения | 264 |
| Состав крови: плазма, форменные элементы | 264 |
| Группы крови | 268 |
| Свертывание крови | 270 |
| Иммунитет и его виды | 271 |
| Кровообращение | 274 |
| Сердце. Его строение и работа. Нервная и гуморальная регуляция деятельности сердца | 274 |
| Артерии, капилляры, вены | 277 |
| Круги кровообращения | 279 |
| Движение крови по сосудам. Кровяное давление. Пульс | 280 |
| Гигиена сердечно-сосудистой системы | 282 |
| Дыхание | 283 |
| Органы дыхания, их строение и функции. Голосовой аппарат | 283 |
| Газообмен в легких и тканях | 288 |
| Механизм дыхательных движений | 289 |
| Жизненная емкость легких | 290 |
| Нервная и гуморальная регуляция дыхания | 291 |
| Гигиена дыхания | 292 |
| Пищеварение | 293 |
| Пищевые продукты и питательные вещества | 293 |
| Пищеварительные ферменты | 295 |
| Строение и функции ротовой полости. Регуляция слюноотделения | 296 |
| Глотка. Пищевод | 300 |
| Строение и функции желудка. Регуляция отделения желудочного сока | 300 |

| | |
|---|------------|
| Строение и функции кишечника. Всасывание | 302 |
| Печень, поджелудочная железа и их роль в организме | 305 |
| Гигиена питания | 308 |
| Обмен веществ | 309 |
| Пластический и энергетический обмен веществ | 309 |
| Водно-минеральный обмен в организме | 310 |
| Обмен белков | 312 |
| Обмен углеводов | 314 |
| Обмен жиров | 314 |
| Витамины и их роль в обмене веществ. Гиповитаминозы | 316 |
| Выделение | 319 |
| Строение органов мочевыделительной системы | 319 |
| Функции почек. Нефрон – структурно-функциональная единица почек. Образование мочи. Нервная и гуморальная регуляция деятельности мочевыделительной системы | 321 |
| Кожа | 324 |
| Строение и функции кожи | 324 |
| Гигиена кожи | 327 |
| Нервная система | 329 |
| Значение нервной системы. Рефлекс. Рефлекторная дуга | 329 |
| Центральная и периферическая нервная система. | |
| Строение и функции спинного мозга | 330 |
| Строение и функции головного мозга. Значение коры больших полушарий | 334 |
| Вегетативная и соматическая части нервной системы | 339 |
| Высшая нервная деятельность | 343 |
| Безусловные и условные рефлексы | 343 |
| Образование, торможение и биологическое значение условных рефлексов | 344 |
| Интегративная деятельность мозга – основа сознания, внимания, памяти. Речь и мышление | 347 |
| Значение слова | 350 |
| Сон и его значение | 351 |
| Человек – личность | 353 |
| Анализаторы (сенсорные системы) и их значение | 355 |
| Строение анализаторов. Органы чувств | 355 |
| Строение, функции и гигиена органов зрения | 358 |
| Строение, функции и гигиена органов слуха | 361 |
| Эндокринный аппарат | 364 |
| Железы внутренней секреции и их значение. | |
| Роль гуморальной регуляции в организме. Гормоны и их свойства | 364 |
| Внутрисекреторная деятельность гипофиза, щитовидной, поджелудочной, половых желез и надпочечников | 366 |

| | |
|---|-----|
| Взаимосвязь нервной и гуморальной регуляции функций организма | 369 |
| Половая система | 371 |
| Строение и функции мужской и женской половых систем | 371 |
| Гигиена половой системы | 376 |
| Современные методы контрацепции как способ предотвращения нежелательной беременности и венерических заболеваний | 376 |
| Опасность искусственного прерывания беременности | 378 |
| Заболевания, передающиеся половым путем, и их профилактика | 379 |
| Развитие организма человека | 380 |
| Внутриутробное развитие | 380 |
| Роды | 382 |
| ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ | 384 |
| Клетка – структурная и функциональная единица жизни . | 387 |
| Цитология как наука. Методы изучения клетки | 387 |
| Клеточная теория | 388 |
| Строение и функции клетки | 389 |
| Строение и функции клеточного ядра | 399 |
| Химический состав клетки | 403 |
| Обмен веществ и энергии | 416 |
| Обмен веществ – основа жизнедеятельности клетки | 416 |
| Пластический обмен | 417 |
| Регуляция работы генов | 423 |
| Регуляция работы генов у прокариот | 423 |
| Регуляция работы генов у эукариот | 426 |
| Энергетический обмен | 427 |
| Воспроизведение клетки | 431 |
| Размножение и индивидуальное развитие организмов | 440 |
| Размножение организмов | 440 |
| Онтогенез | 444 |
| <i>Принципы решения типовых задач</i> | 451 |
| <i>Задачи для самоконтроля</i> | 454 |
| Закономерности наследственности и изменчивости | 456 |
| Генетика как наука | 456 |
| Наследственность | 459 |
| Основные закономерности наследования | 459 |
| Моногибридное скрещивание | 459 |
| Принцип взаимодействия аллельных генов | 461 |
| Дигибридное скрещивание | 465 |
| Неаллельные гены и принципы их взаимодействия | 468 |

| | |
|--|-----|
| Сцепленное наследование | 470 |
| Генетика пола | 474 |
| Цитоплазматическая наследственность | 476 |
| Изменчивость | 477 |
| Фенотипическая изменчивость | 477 |
| Генотипическая изменчивость | 480 |
| Закон гомологичных рядов Н.И. Вавилова | 483 |
| Особенности наследственности и изменчивости человека | 483 |
| Селекция | 487 |
| Основы селекции | 487 |
| Селекция растений | 489 |
| Селекция животных | 492 |
| Основные направления биотехнологии | 495 |
| <i>Принципы решения типовых задач</i> | 497 |
| <i>Задачи для самоконтроля</i> | 506 |
| Происхождение и эволюция живых систем | 510 |
| Происхождение и развитие жизни на Земле | 510 |
| Развитие эволюционных представлений | 520 |
| Эволюционная теория Дарвина | 523 |
| Доказательства эволюции | 528 |
| Современные представления об эволюции | 533 |
| Видообразование | 543 |
| Адаптации как результат эволюции | 546 |
| Основные направления эволюционного процесса | 549 |
| Происхождение человека | 553 |
| Место человека в зоологической системе | 553 |
| Движущие силы антропогенеза | 555 |
| Этапы эволюции человека | 557 |
| Человеческие расы | 560 |
| <i>Принципы решения типовых задач</i> | 562 |
| <i>Задачи для самоконтроля</i> | 563 |
| Взаимодействие организмов со средой | 564 |
| Экология | 564 |
| Экология как наука | 564 |
| Экологические факторы | 565 |
| Абиотические факторы | 566 |
| Биотические факторы | 575 |
| Антропогенные факторы | 578 |
| Комплексное воздействие факторов на организм ... | 579 |
| Среды жизни | 581 |
| Популяции, сообщества, экосистемы | 584 |
| Экологическая характеристика популяции | 584 |
| Биоценоз и его структура | 587 |

| | |
|---|------------|
| Биогеоценоз | 589 |
| Цепи питания | 591 |
| Продуктивность биогеоценозов | 594 |
| Динамика биогеоценозов | 595 |
| Агроценозы | 597 |
| Биосфера | 599 |
| Биосфера и ее границы | 599 |
| Круговорот веществ и приток энергии в биосфере | 603 |
| Эволюция биосферы | 605 |
| Биосфера в период научно-технического прогресса | 606 |
| <i>Принципы решения типовых задач</i> | <i>613</i> |
| <i>Задачи для самоконтроля</i> | <i>615</i> |
| Предметный указатель | 616 |
| Рекомендуемая литература | 632 |

Учебное издание

Заяц Роман Георгиевич
Бутвиловский Валерий Эдуардович
Давыдов Владимир Витольдович
Рачковская Ирина Владимировна

БИОЛОГИЯ

Для поступающих в вузы

Редакторы *М.С. Молчанова, Л.Н. Макейчик*
Художественный редактор *В.А. Ярошевич*
Технический редактор *А.Н. Бабенкова*
Корректор *В.И. Аверкина*
Компьютерная верстка *Ю.Л. Шibaевой*

Подписано в печать 10.01.2015. Формат 84×108/32. Бумага типографская № 2.
Гарнитура «Школьная». Офсетная печать. Усл. печ. л. 33,6.
Уч.-изд. л. 35,2. Тираж 2000 экз. Заказ

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013.
Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Белорусский Дом печати”». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 2/102 от 01.04.2014.
Пр. Независимости, 79, 220013, Минск.