

А. Г. Лебедев

Готовимся к экзамену

по БИОЛОГИИ

Учебное пособие

Москва
ОНИКС
Мир и Образование

УДК 57(075.3)

ББК 28.04я721

ЛЗЗ

Лебедев А. Г.

ЛЗЗ Готовимся к экзамену по биологии: Учебное пособие / А. Г. Лебедев. — М.: ООО «Издательство Оникс»: ООО «Издательство «Мир и Образование», 2007. — 400 с.

ISBN 978-5-488-01254-7 (ООО «Издательство Оникс»)

ISBN 978-5-94666-407-3 (ООО «Издательство «Мир и Образование»)

В пособии обобщен материал школьного общеобразовательного курса биологии. Основное внимание уделено темам, которые вызывают наибольшие трудности у школьников на выпускных и вступительных экзаменах.

Для лучшего усвоения и запоминания материала часть информации представлена в виде рисунков, которых обычно не хватает в школьных учебниках. Для повторения изученного материала в конце книги приведены тестовые задания, на которые даны ответы.

Пособие поможет при подготовке к Единому государственному экзамену и вступительному экзамену в вуз. Оно будет полезно школьникам, абитуриентам, студентам и преподавателям.

УДК 57(075.3)

ББК 28.04я721

ISBN 978-5-488-01254-7

(ООО «Издательство Оникс»)

ISBN 978-5-94666-407-3

(ООО «Издательство «Мир и Образование»)

© Лебедев А. Г., 2007

© Оформление обложки.

ООО «Издательство Оникс», 2007

Предисловие

Предлагаемое пособие призвано помочь старшеклассникам обобщить изученный материал школьного курса биологии при подготовке к Единому государственному экзамену (ЕГЭ) и вступительному экзамену в вуз. Основное внимание в пособии уделено темам школьного общеобразовательного курса, которые вызвали наибольшие трудности у школьников на выпускных и вступительных экзаменах предыдущих лет.

Для лучшего усвоения и запоминания материала часть информации, особенно в разделе «Царство Животные», представлена в виде рисунков, которых обычно не хватает в школьных учебниках из-за недостатка места.

В разделе «Основы экологии» более широко, чем в школьном курсе, освещены строение биосферы и функции живого вещества.

В отдельный раздел выделены вопросы, посвященные энергетическим и обменным процессам в биологических системах, понимание которых вызывает определенные трудности у школьников.

Для повторения изученного материала в конце пособия приведены тестовые задания, на которые даны ответы. Задания охватывают весь материал курса биологии по данной теме (как приведенный в пособии, так и изученный ранее). Задания повышенной сложности отмечены звездочкой *.

Надеемся, что данное пособие послужит хорошим дополнением к школьным учебникам и поможет учащимся успешно сдать выпускные и вступительные экзамены по биологии.

Раздел

I

Царство Растения

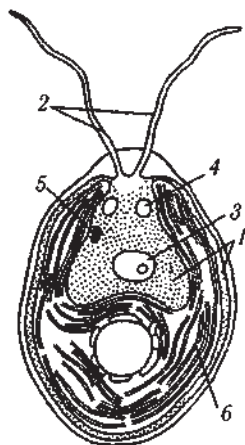


Растения — эукариотические автотрофные организмы. Основной способ получения энергии — *фотосинтез*, происходящий в специальных органеллах — *хлоропластах* или *хроматофорах*. Клетки имеют жесткую *клеточную стенку*, в состав которой входит *целлюлоза*. В качестве основного запасного вещества используется полисахарид *крахмал*.

Царство растений подразделяется на подцарства *Водоросли* и *Высшие растения* (*Моховидные*, или *Мхи*; *Плауновидные*, или *Плауны*; *Хвощевидные*, или *Хвощи*; *Папоротниковидные*, или *Папоротники*; *Голосеменные*; *Покрытосеменные*, или *Цветковые*).

ВОДОРОСЛИ

В состав водорослей входят одноклеточные, колониальные и многоклеточные организмы, приспособленные к жизни в воде, тело которых *никогда не бывает расчленено на вегетативные органы: корень, стебель и лист*. Тело водорослей представлено недифференцированным *талломом*, или *слоевищем*.



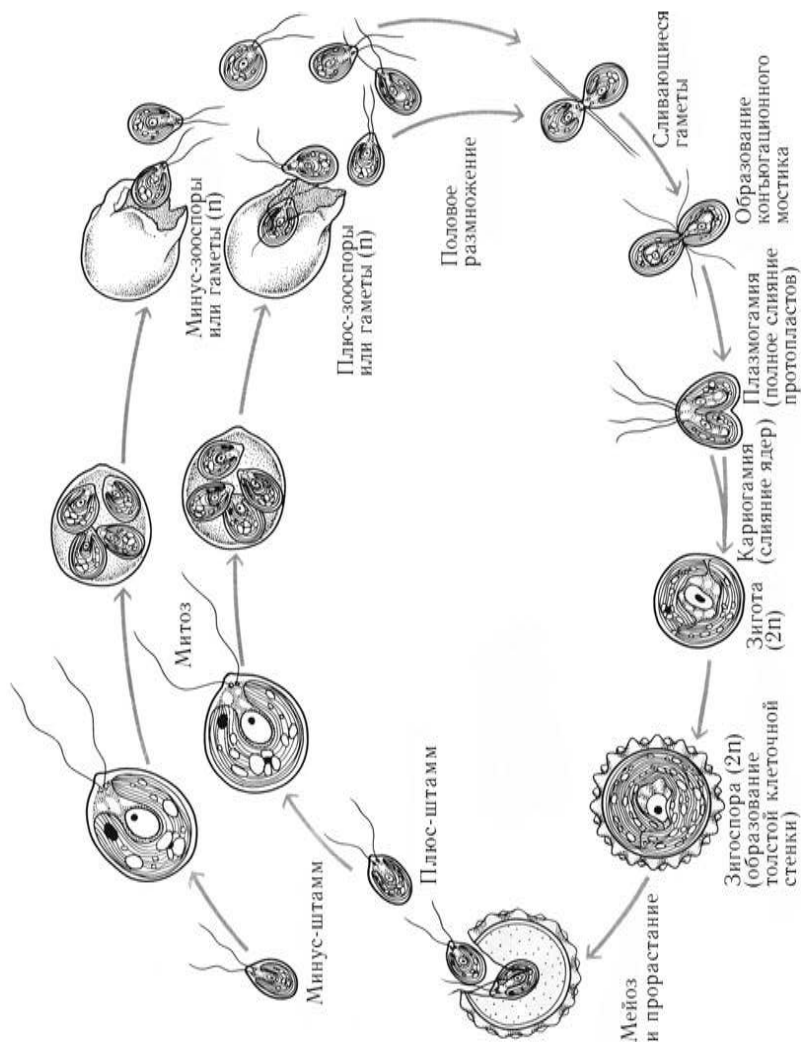
Зеленые водоросли

Среди одноклеточных зеленых водорослей наиболее известны подвижная *хламидомонада* (рис. 1) и неподвижная *хлорелла*.

Хламидомонада обитает в лужах и других мелких водоемах. Передвижение осуществляется с помощью *двух жгутиков*. Хла-

Рис. 1. Хламидомонада — одноклеточная зеленая водоросль:

1 — цитоплазма; 2 — жгутики; 3 — ядро; 4 — пульсирующая вакуоль; 5 — пигментный глазок; 6 — тилакоиды чашевидного хроматофора

**Рис. 2.** Жизненный цикл хламидомонады

мидомонада обладает как *автотрофным* способом питания, так и *гетеротрофным* (в водоемах, богатых органикой). Хроматофор имеет характерную чашевидную форму. Для лучшего осуществления процесса фотосинтеза хламидомонада обладает *фототаксисом* за счет *светочувствительного глазка*. Размножение осуществляется половым и бесполом путем. Бесполое размножение осуществляется *зооспорами*, половое — *гаметами* (рис. 2 на с. 5).

В отличие от хламидомонады, хлорелла обитает не только в пресных водоемах, но и в морских, а также в почве. Строение клетки хлореллы мало чем отличается от хламидомонады, но вегетативная форма и споры *не имеют жгутиков* и пассивно переносятся током воды. Размножение *только бесполом путем* с помощью *неподвижных апланоспор*.

К нитчатым зеленым водорослям относятся, в частности, *улотрикс* и *спирогира* (рис. 3).

Улотрикс имеет нитчатое строение, все клетки одинаковы, кроме базальной, которой растение прикрепляется к субстрату

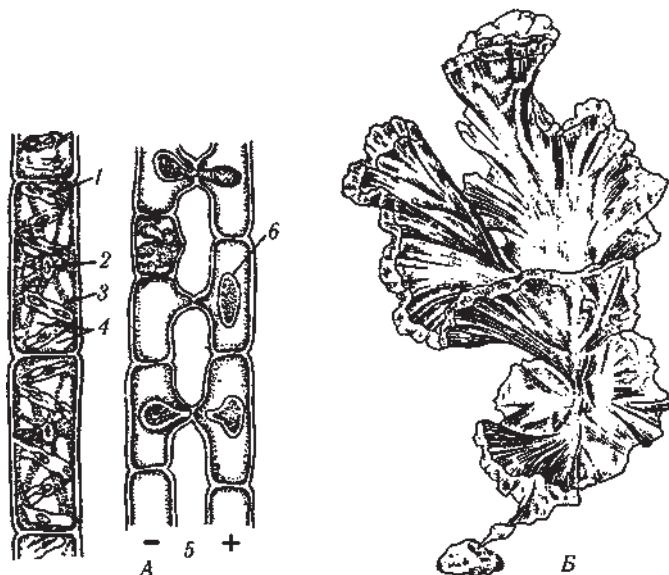


Рис. 3. Многоклеточные зеленые водоросли:

А — нитчатая спирогира: 1 — ленточный хроматофор; 2 — ядро; 3 — цитоплазма; 4 — вакуоль; 5 — конъюгация спирогиры; 6 — зигота; Б — ульва (род улотриковых водорослей)

в морских или пресноводных водоемах. *Хроматофор* имеет форму пояса. Размножение *вегетативное, бесполое и половое*. Бесполое размножение происходит с помощью *четырёхжгутиковых зооспор*. Половое же размножение осуществляется *дву-жгутиковыми гаметами*, которые образуют *четырёхжгутиковую зиготу*. Зигота образует *гаплоидные зооспоры*, из которых формируются новые нити.

Спирогира образует скопление зеленой тины в пресных водоемах. Характерным признаком спирогир является *спирально закрученный лентовидный хроматофор* и *ядро, подвешенное на цитоплазматических нитях*. Размножение *вегетативное и половое*. При половом размножении, так называемой *конъюгации*, содержимое вегетативных клеток двух нитей сливается, образуя диплоидную зиготу, которая зимует. Весной зигота редукционно делится, но остается только одно ядро и вырастает только одна нить.

Бурые водоросли

Бурые водоросли исключительно *многоклеточные морские организмы*. Одна из самых известных бурых водорослей — *ламинария*, или *морская капуста*. *Таллом* ламинарии может достигать до 20 м в длину. Прикрепление слоевища к субстрату происходит с помощью *ризоидов*. Клетки содержат *хлоропласты*, окрашенные бурыми пигментами. Характерны и запасные питательные вещества — *ламинарин, маннит и жиры*. Размножение *вегетативное — частями таллома, бесполое — гаплоидными спорами*. Половое размножение происходит с чередованием поколений: на спорофите образуются зооспоры, из которых вырастают мужские и женские гаметофиты. На гаметофитах образуются половые клетки. После оплодотворения зигота развивается в диплоидное растение — спорофит.

Красные водоросли (багрянки)

Красные водоросли в большинстве своем обитают в морях. *Таллом* может иметь форму нитей, разветвленных кустиков, пластинок и прикрепляется с помощью *ризоидов*. Красные водоросли являются *самыми глубоководными*. Кроме хлорофилла содержат красный пигмент — *фикоэритрин*, который придает им характерную окраску. *Хроматофор* имеет *дисквидную форму*. Запасными продуктами являются *масла* и

специфический углевод — *багряновый крахмал*, близкий по строению к гликогену. Размножение бесполое и половое; *мужские гаметы лишены жгутиков*.

МОХОВИДНЫЕ, ИЛИ МХИ

Моховидные — вечнозеленые, автотрофные, в основном многолетние растения (рис. 4 и 5). Низкоорганизованные моховидные не имеют расчленения на стебель и лист, их тело представляет собой *слоевище (таллом)*. Более организованные представляют собой *листочкостебельные растения*. Корней нет,

всасывание воды и прикрепление к субстрату осуществляется выростами — *ризоидами*. В отличие от других растений в жизненном цикле моховидных (рис. 6 на с. 10—11) преобладает *гаметофит* (половое поколение), *спорофит* (бесполое поколение) имеет подчиненное положение, так как получает от гаметофита все питательные вещества. Можно сказать, что спорофит паразитирует на гаметофите.

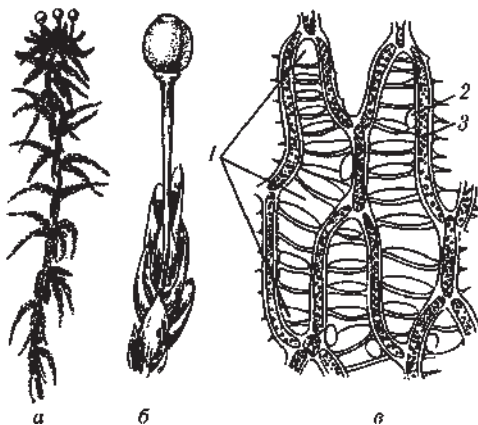


Рис. 4. Политрихум обыкновенный, или кукушкин лен:

1 — мужское растение; 2 — женское растение со спорангиями; 3 — спорогонии

Рис. 5. Сфагновый мох:

а — общий вид; б — спорофит; в — часть листа; 1 — водоносные клетки; 2 — пора; 3 — хлорофиллоносная клетка



ПЛАУНОВИДНЫЕ, ИЛИ ПЛАУНЫ

Плауны — это многолетние вечнозеленые травы, имеющие стелющийся ветвящийся *стебель*, покрытый темно-зелеными *листьями*. Верхушечные побеги заканчиваются *спороносными колосками*. К субстрату плауны прикрепляются с помощью *придаточных корней*. Размножение *вегетативное*, *частями стебля*, и *половое* (рис. 7 на с. 12—13).

ХВОЩЕВИДНЫЕ, ИЛИ ХВОЩИ

Современные *хвощи* — многолетние *корневищные травы*, стебель которых расчленен на *междоузлия* и *узлы с мутовчато расположенными листьями* (рис. 8). От корневища ответвляются *придаточные корни*. У некоторых видов имеются два вида побегов: *зеленые* (весенние) являются *вегетативными побегами*, *желтые* (осенние) — *спороносными побегами* (рис. 9 на с. 14—15).

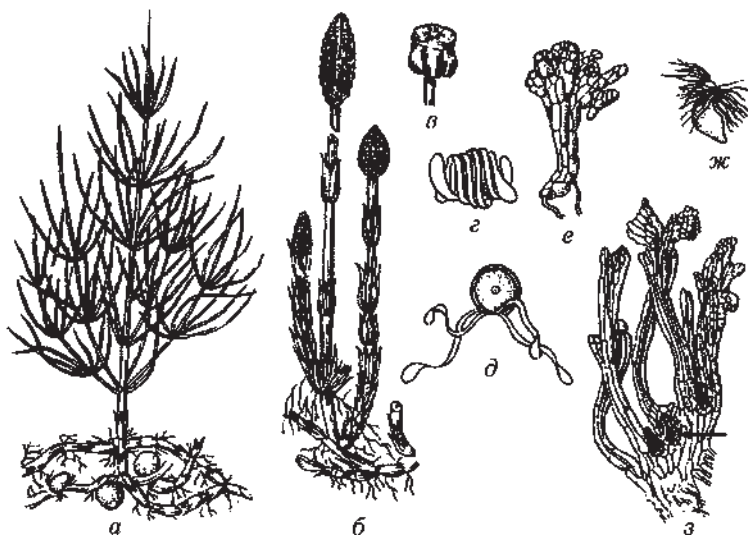


Рис. 8. Хвощ полевой:

а, б — вегетативный и спороносный побеги спорофита; *в* — спорангиофор со спорангиями; *г, д* — споры; *е* — мужской гаметофит с антеридиями; *ж* — спермий; *з* — обоеполый гаметофит с архегониями (показаны стрелкой)

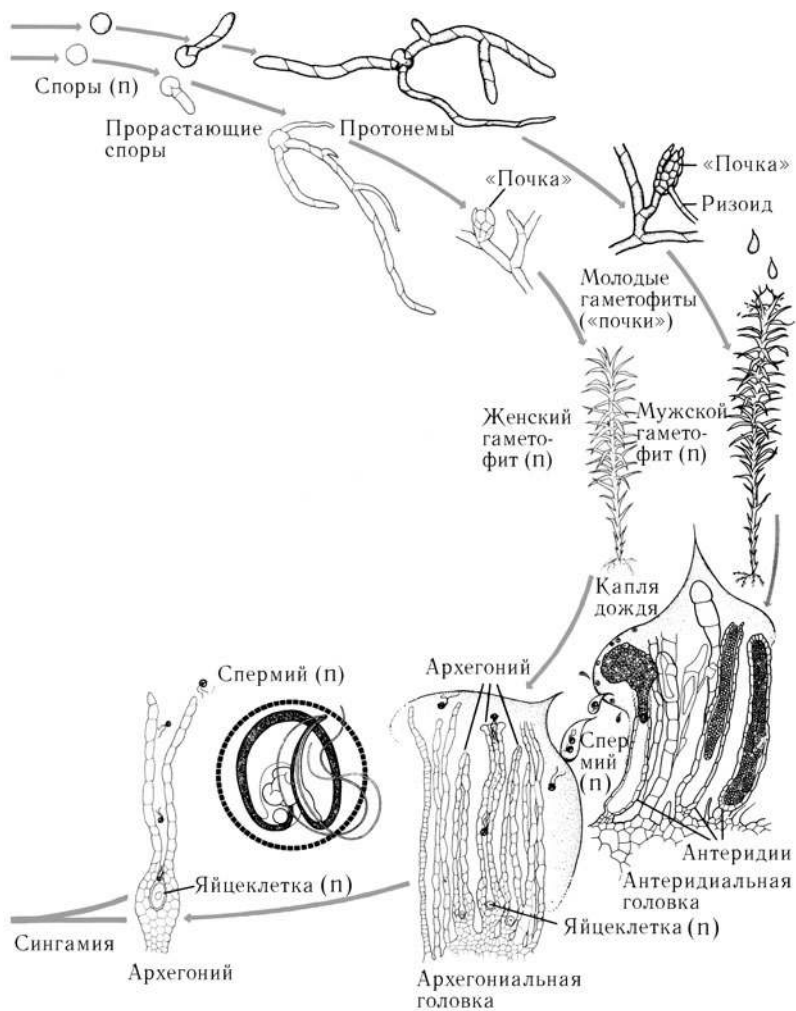
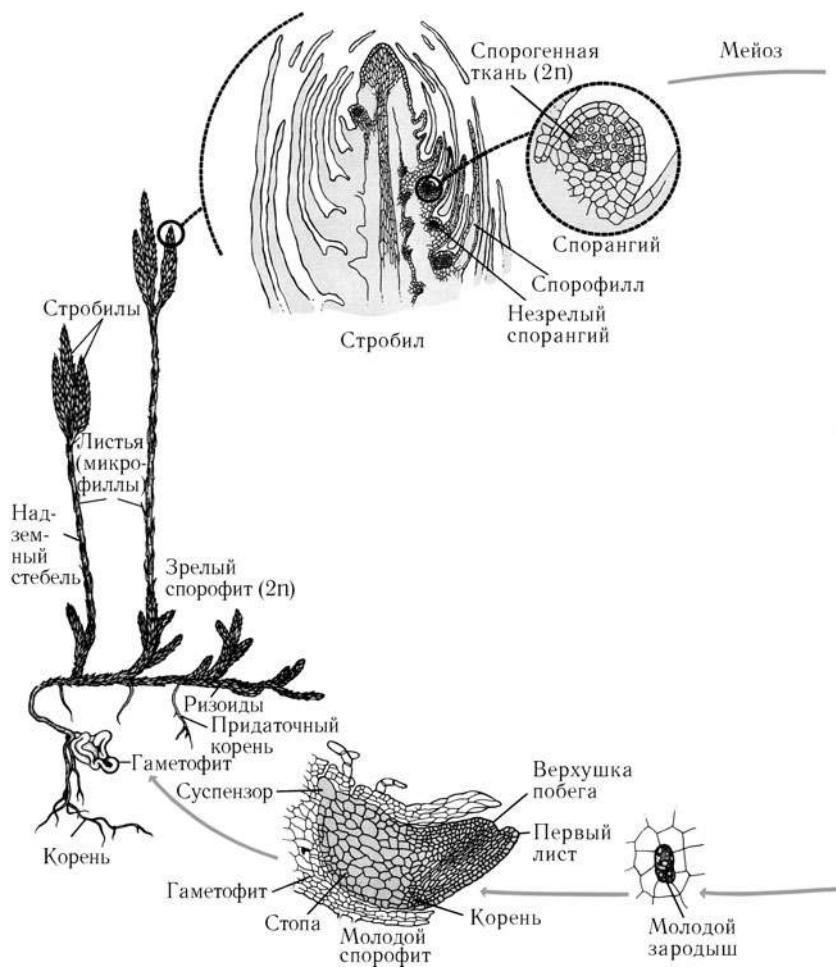


Рис. 6. Жизненный цикл листостебельных мхов



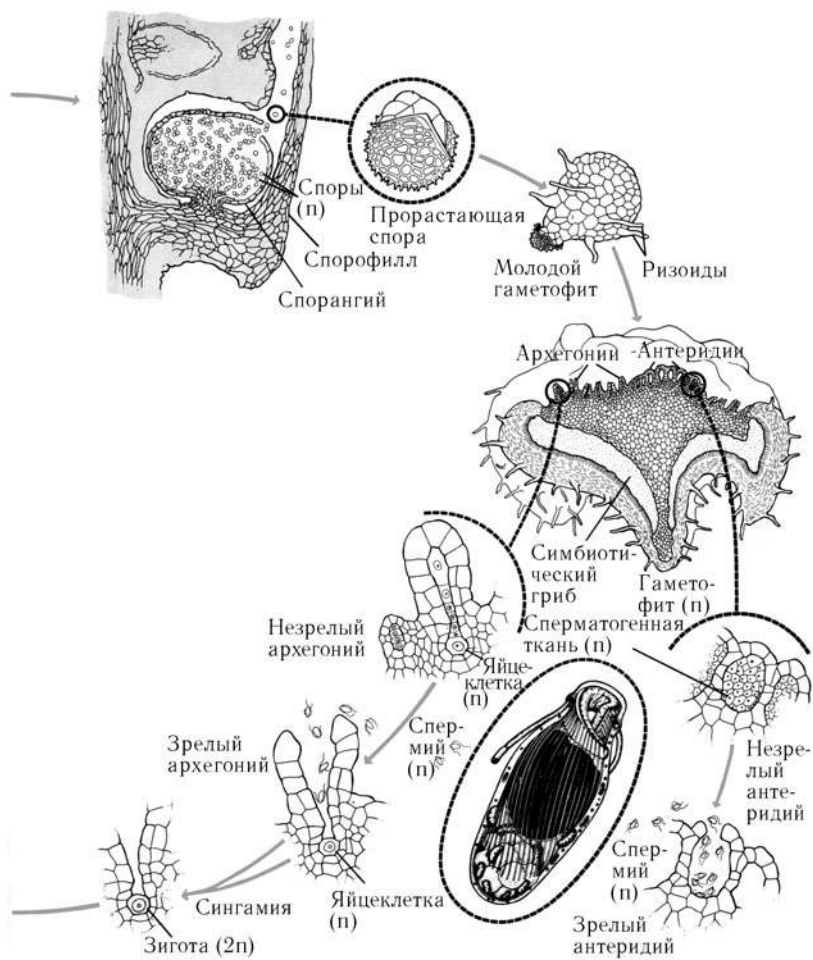
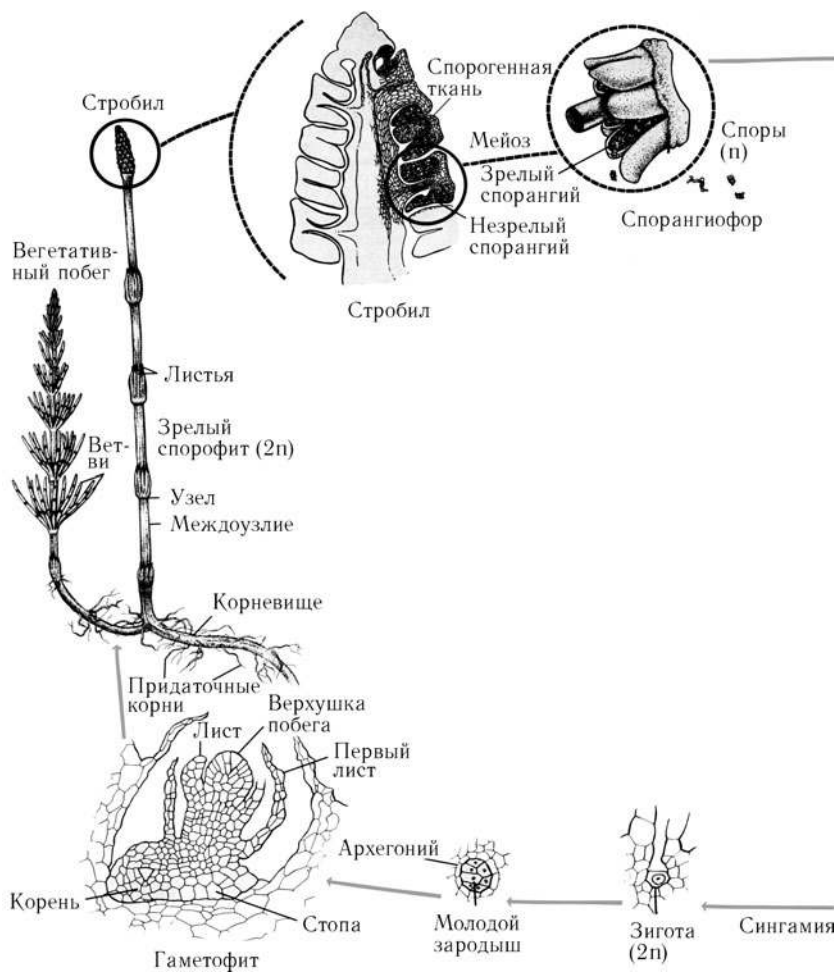


Рис. 7. Жизненный цикл плаунов



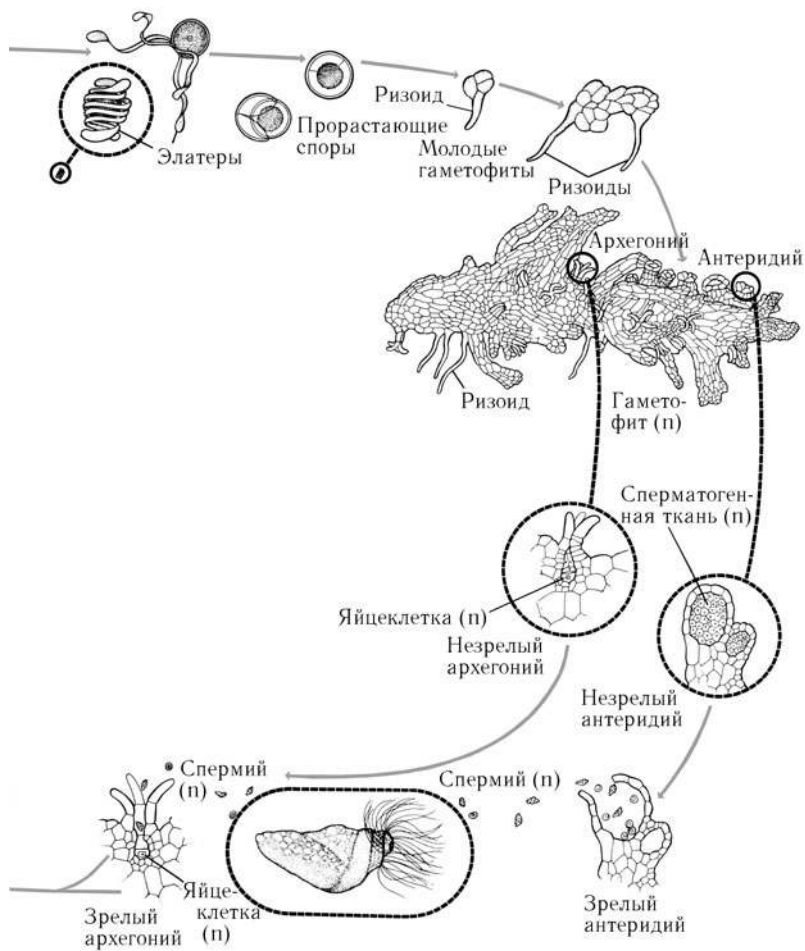


Рис. 9. Жизненный цикл хвощей

ПАПОРОТНИКОВИДНЫЕ, ИЛИ ПАПОРОТНИКИ

Спорофит современных папоротников всегда расчленен на стебель, листья (вайи) и корни, отходящие от корневища. В стебле проводящие ткани, включающие трахеиды и ситовидные клетки, собраны в пучки. Листья дифференцированы на черешок и пластинку. Листья долгое время сохраняют верхушечный рост (рис. 10).

У папоротников (рис. 11 на с. 18—19), хвощей и плаунов половое размножение может осуществляться только при наличии воды в момент оплодотворения. Споры образуются в результате мейоза, а гаметы — митоза. Сперматозоиды (спермии) образуются в антеридиях, яйцеклетки — в архегониях, которые находятся на заростке. В жизненном цикле преобладает спорофит, гаметофит представлен заростком.

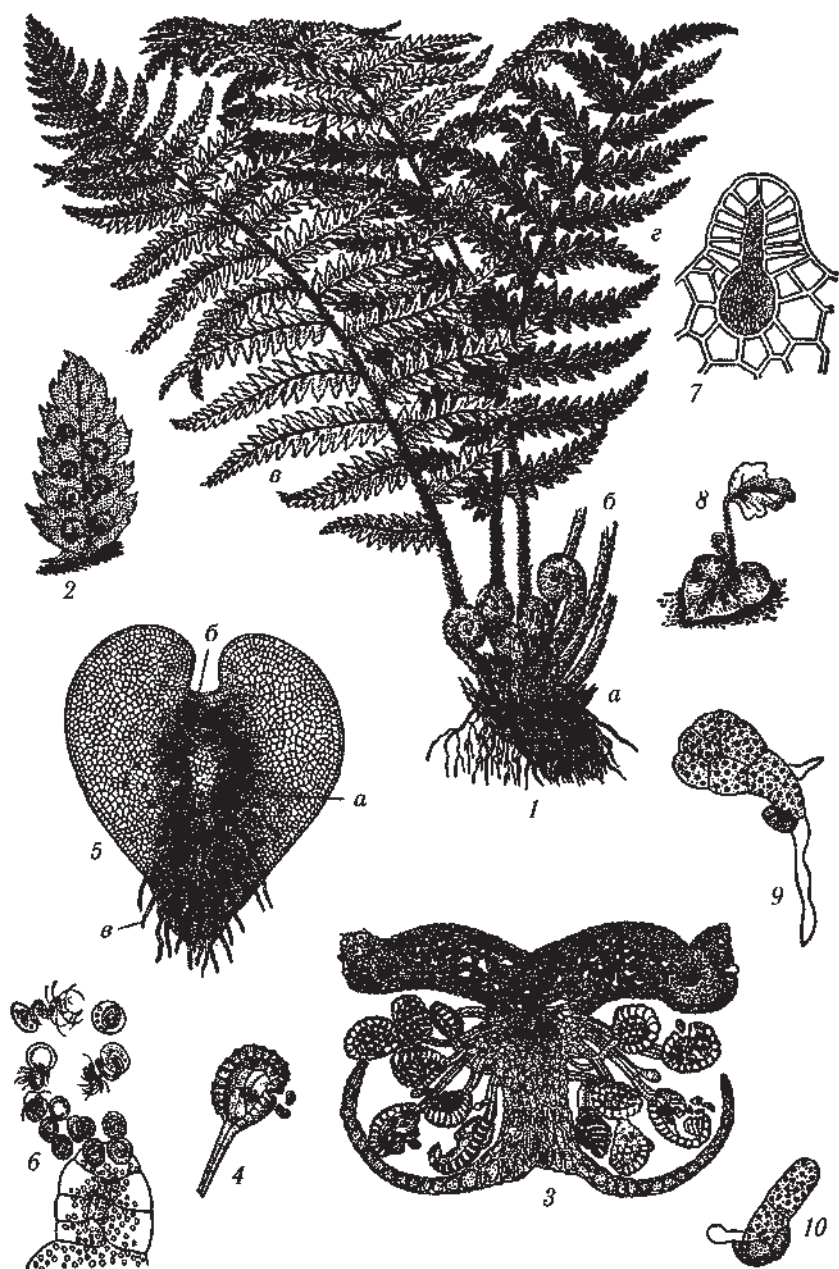
ГОЛОСЕМЕННЫЕ

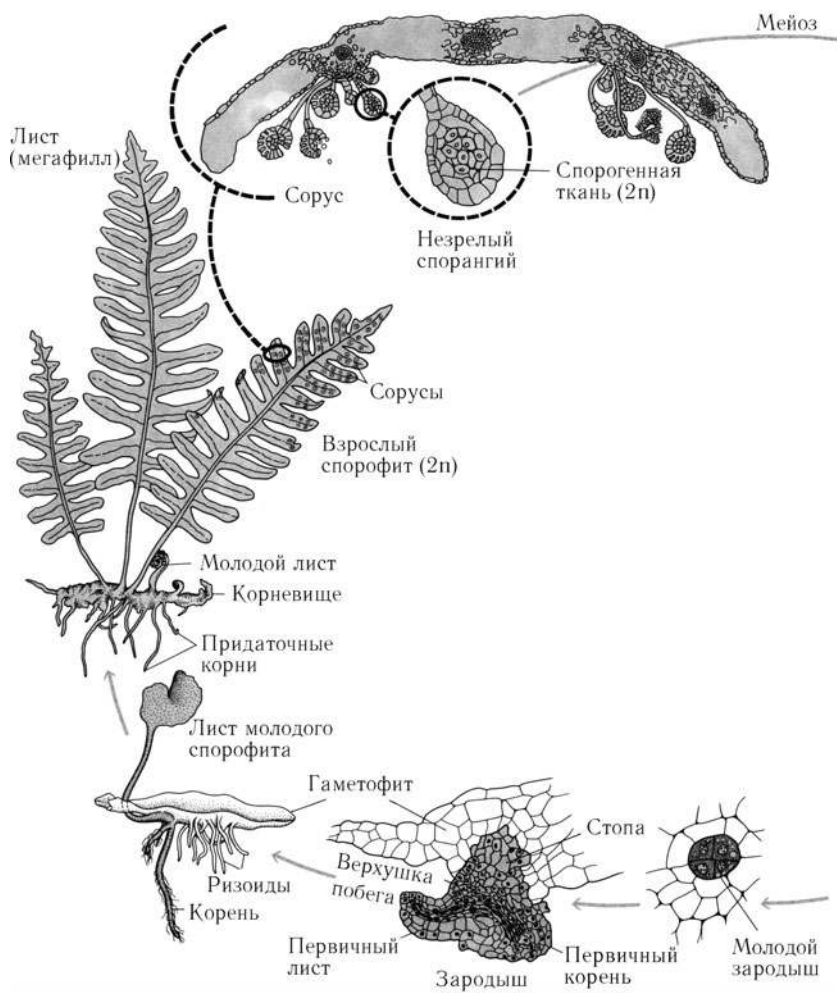
Наиболее многочисленной группой современных голосеменных являются хвойные растения. Хвойные растения — это вечнозеленые, реже листопадные деревья и кустарники. У вечнозеленых листья жесткие, игольчатой формы. У листопадных — плоские, мягкие, расположены мутовчато. В коре, древесине и часто в листьях хвойных расположены смоляные ходы.

Проводящая система древесины состоит в основном из трахеид. Жизненный цикл хвойных представлен на примере сосны (рис. 12 на с. 20—21).

Рис. 10. Папоротник мужской:

1 — общий вид растения: а — корневище; б — молодые листья (вайи); в — верхняя поверхность листа; г — нижняя поверхность листа (видны сорусы); 2 — часть листа с сорусами; 3 — сорус со спорангиями (разрез); 4 — раскрытый спорангий; 5 — заросток папоротника с нижней стороны: а — антеридии; б — архегонии; в — ризоиды; б — созревший антеридий со спермиями; 7 — архегоний с яйцеклеткой; 8 — зародышевое растение на заростке; 9, 10 — образование гаметофита





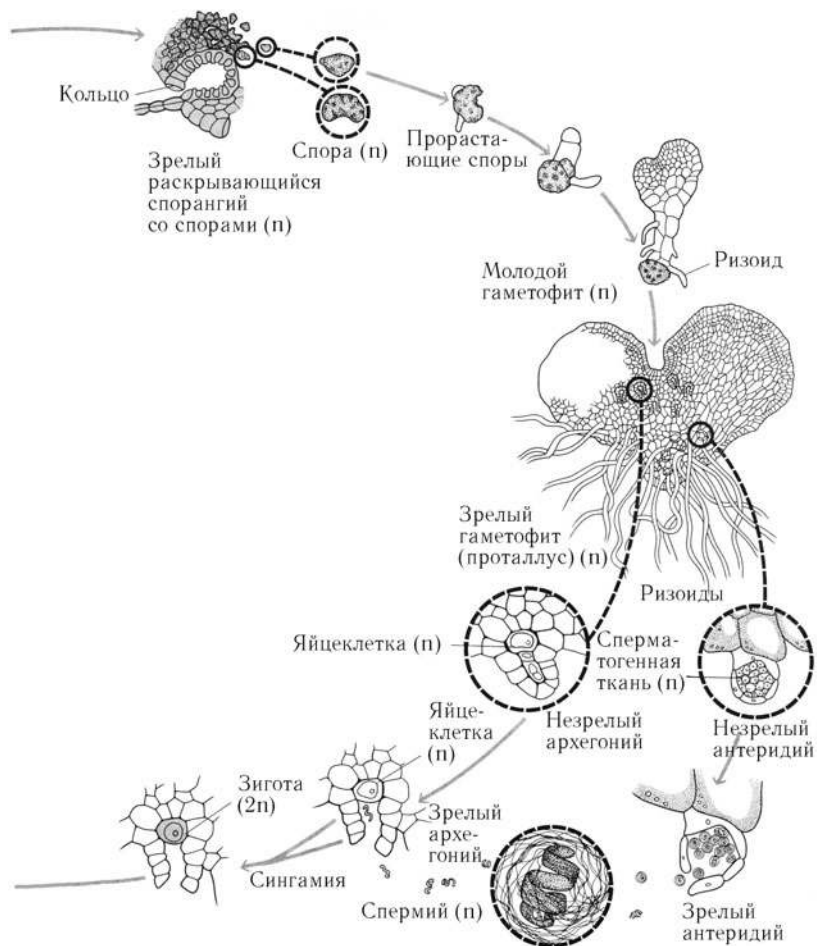
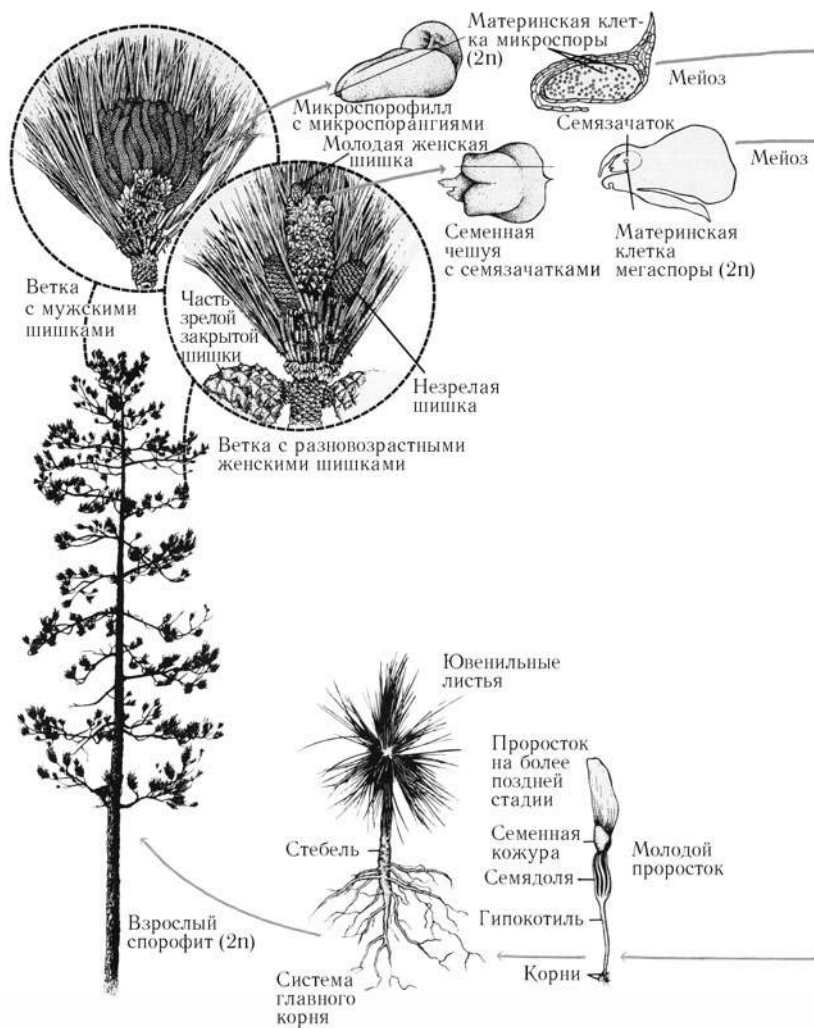


Рис. 11. Жизненный цикл папоротников



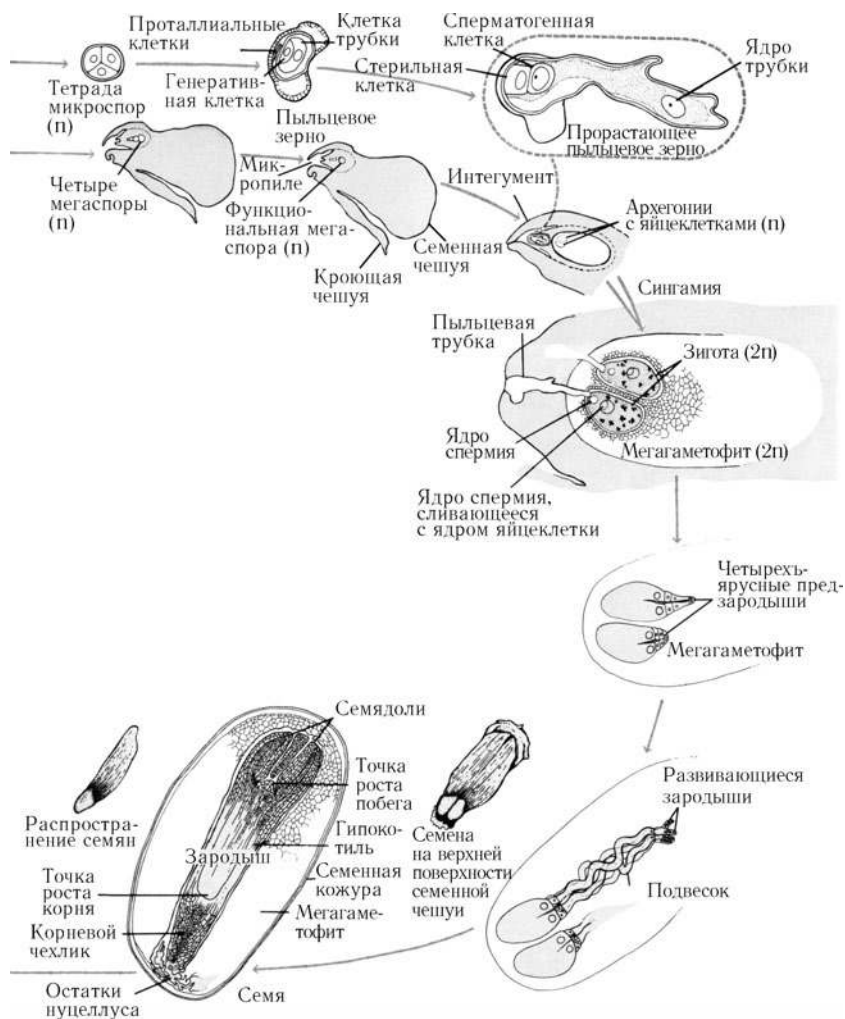


Рис. 12. Жизненный цикл сосны

ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ, ИЛИ ЦВЕТКОВЫЕ

Покрытосеменные являются крупнейшим отделом растительного мира. Доминирующая роль цветковых связана с рядом прогрессивных морфологических изменений:

— появление специфического органа размножения — *цветка*;

— *наличие в цветке завязи*, предохраняющей *семяпочки* от неблагоприятных воздействий;

— формирование *плода*;

— *наличие двойного оплодотворения*, в результате которого образуется *диплоидный зародыш* и *триплоидный эндосперм*;

— развитие проводящих элементов (*сосудов*) в ксилеме, во флоэме *ситовидные трубки* имеют членистое строение и появляются *клетки-спутники*.

Отдел покрытосеменных состоит из двух классов — *Двудольные* и *Однодольные*.

Признаки двудольных и однодольных растений

	Двудольные растения	Однодольные растения
Зародыш	Имеет две семядоли. Редко зародыш с тремя-четырьмя семядолями. Семядоли прорастают, как правило, надземно	Обычно с одной семядолей. В большинстве случаев подземное прорастание
Лист	Простые и сложные, обычно с перистым (сетчатым), реже пальчатым жилкованием, редко жилкование дуговое или параллельное, черешок обычно ясно выражен	Ланцетовидные, продолговатые, простые. Жилкование обычно параллельное или дуговое. Обычно не расчленены на черешок и пластинку, часто с влагалищным основанием
Проводящие пучки	Проводящая система стебля состоит из одного кольца проводящих пучков. Во флоэме имеется паренхима	Проводящая система состоит из многих отдельных пучков, образующих два и более колец. Во флоэме нет паренхимы

Окончание табл.

	Двудольные растения	Однодольные растения
Корневая система	Первичный (зародышевый) корешок обычно развивается в главный корень, от которого отходят более мелкие вторичные (боковые) корни, в результате формируется стержневая корневая система	Первичный корешок рано отмирает, заменяясь системой придаточных корней, обычно образующих мочковатую корневую систему
Цветок	5- или реже 4-членные (число частей кратно 4—5), околоцветник чаще двойной	Обычно 3-членные (число частей кратно 3), околоцветник не имеет явного деления на чашечку и венчик
Жизненные формы	Древесные, кустарники и травянистые растения	Обычно травянистые, иногда вторичные древесные (пальмы)
Семейства	Крестоцветные, губоцветные, розоцветные, бобовые, пасленовые, сложноцветные	Лилейные, злаковые

Признаки основных семейств покрывосеменных растений

Двудольные		
Крестоцветные	Цветок имеет четырехчленный околоцветник — 4 чашелистика, 4 лепестка, 6 тычинок (4 длинные и 2 короткие), 1 пестик; соцветие — кисть; плод — стручок или стручочек; травянистые однолетние, двулетние, реже многолетние растения	Капуста, редис, репа, брюква, горчица, пастушья сумка, хрен, левкой, ночная красавица, дикая редька
Губоцветные	Цветки с 5 сросшимися чашелистиками, венчик из 5 сросшихся лепестков, 4 тычинки, 1 пестик; плод — орешек	Тимьян, крапива, чистец, лаванда, базилик

Продолжение табл.

Двудольные		
Бобовые	Околоцветник — 5 сросшихся чашелистиков, 5 лепестков венчика (1 парус, 2 весла, 2 сросшихся в лодочку), 10 тычинок (9 сросшихся, 1 свободная), 1 пестик; соцветия — кисть, головка, колос; плод — боб, реже орешек; травянистые, кустарники, деревья	Горох, фасоль, клевер, люцерна, люпин, арахис, чечевица, акация, душистый горошек, соя
Сложноцветные	Цветки мелкие, собраны в соцветие корзинку, окруженную оберткой, краевые цветки выполняют функцию венчика; цветки трубчатые (5 сросшихся лепестков, 5 тычинок, 1 завязь) и язычковые; плод — семянка; большинство одно- и многолетние травы	Подсолнух, пижма, цикорий, салат, астра, арника, тысячелистник, одуванчик, крестовник, полынь, ромашка, георгины, василек, хризантемы
Пасленовые	Обоеполый цветок имеет 5 сросшихся чашелистиков, 5 сросшихся лепестков венчика, 5 тычинок, 1 пестик; плод — коробочка или ягода; преимущественно травянистые, древесные формы только в Южной Америке	Картофель, томат, перец, баклажан, петунья, паслен, белена, табак, белладонна, душистый табак
Розоцветные	Околоцветник двойной (5 чашелистиков, 5 лепестков), один или несколько пестиков, тычинок много; плод — яблоко, костянка, ягода, семянка; травы, кустарники, деревья	Малина, земляника, вишня, слива, яблоня, груша, роза, шиповник

Окончание табл.

Однодольные		
Злаковые, или Злаки	Цветок не имеет чашечки и венчика, состоит из двух цветковых чешуй, двух цветковых пленочек, трех тычинок, нескольких завязей; соцветия — колос, кисть, початок; плод — зерновка; одно- или многолетние травы; стебель соломка; листья с влагалищами	Рожь, пшеница, ячмень, кукуруза, рис, овес, просо, бамбук, тростник, мятлик, пырей, ковыль
Лилейные	Цветки обоеполые, околоцветник простой (6 лепестков, 6 тычинок, 1 пестик); плод — коробочка или ягода; в основном многолетние травы с клубнями, луковицами или корневищами; листья цельные, узкие с параллельным или дуговым жилкованием	Чеснок, лук, спаржа, ландыш, алоэ, тюльпан, лилия

Строение цветковых растений

Ткани

Образовательная ткань, или меристема. Растения в отличие от животных обладают *неограниченным ростом*, т. е. растут всю жизнь. Новые клетки образуются в результате *митотического деления* клеток *меристем*.

Виды меристем

Местонахождение	Происхождение	
	<i>первичные</i>	<i>вторичные</i>
Верхушечные (апикальные) — рост растения в длину	Зародыш, конусы нарастания побега и корня	—

Окончание табл.

Местонахождение	Происхождение	
	<i>первичные</i>	<i>вторичные</i>
Боковые (латеральные) — рост растения в толщину	Прокамбий	Камбий, меристема перикарпа, феллоген (пробковый камбий), раневые меристемы
Вставочные (интеркалярные)	Меристема междоузлий (особенно злаки), черешки листьев	—

Покровные ткани расположены снаружи всех органов растений. Обеспечивают защиту растений от неблагоприятных воздействий среды: механических, низких температур, чрезмерного испарения воды, проникновения микроорганизмов, а также обмен веществ между растением и внешней средой (всасывание).

Виды покровной ткани

Эпидерма (кожица)	Перидерма (пробка)	Корка
Состоит из одного слоя клеток, плотно прилегающих друг к другу. Поверхность покрыта кутикулой и воском. Покрывает листья и молодые побеги. Клетки содержат хлоропласты. Основные функции: газообмен и транспирация (испарение воды), осуществляются с помощью устьиц (рис. 13). Клетки кожицы могут образовывать волоски. Функционирует, как правило, один год, к осени обычно заменяется пробкой (перидермой)	Вторичная покровная ткань, развивается из пробкового камбия, феллогена (рис. 14). Покрывает стебли и корни многолетних растений. Состоит из нескольких слоев мертвых клеток, утолщенные стенки которых пропитаны суберином и воском. Для газообмена и транспирации в пробке имеются чечевички (рис. 15). У большинства древесных растений заменяется коркой	Состоит из нескольких слоев пробки и заключенных между ними отмерших тканей (рис. 16). Толстые слои корки надежно защищают стволы деревьев от различных повреждений

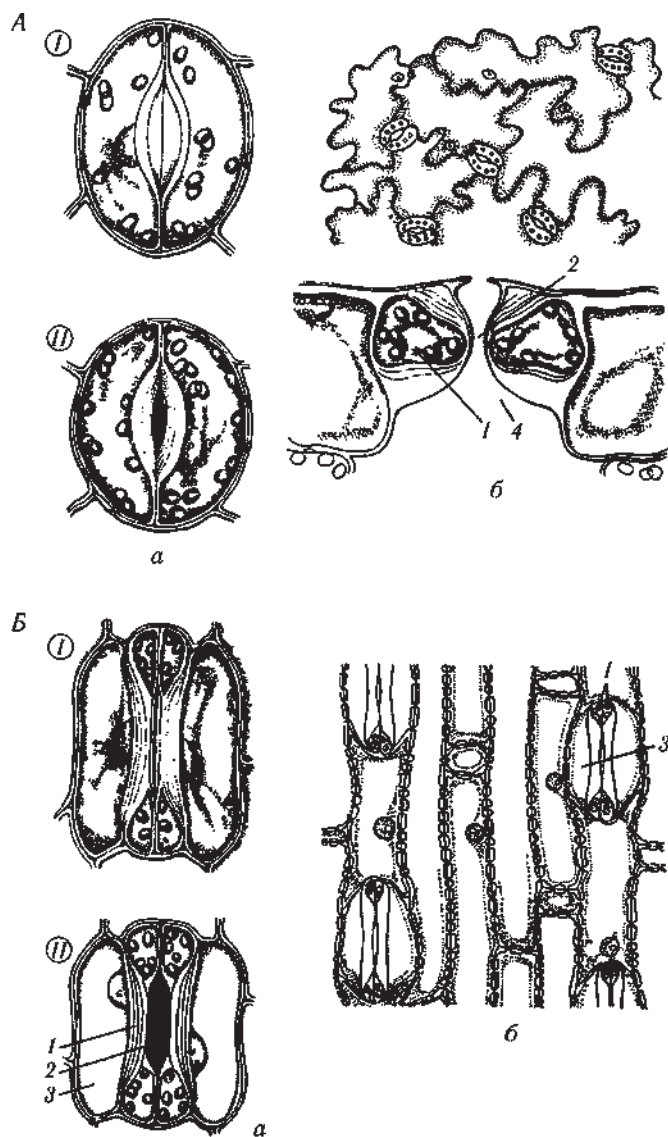


Рис. 13. Эпидерма листа гороха (А) и пшеницы (Б):

I — устьице закрыто; *II* — устьице открыто (*a* — в плане, *б* — в разрезе); *1* — замыкающие клетки; *2* — устьичная щель; *3* — побочные клетки; *4* — подустычная полость

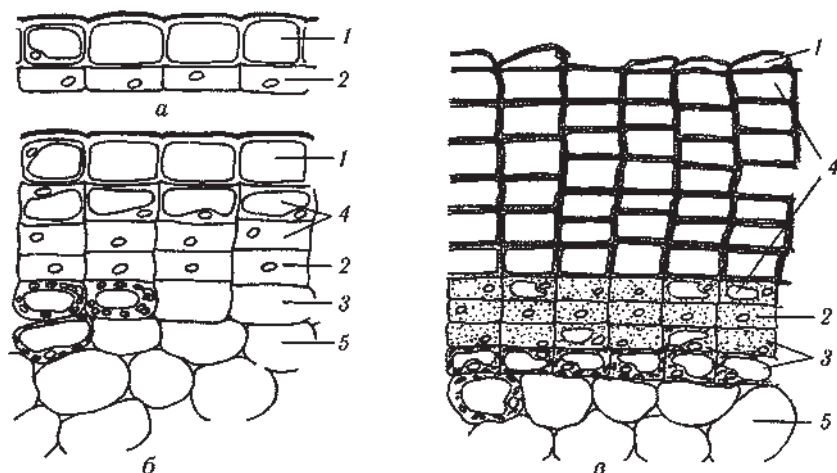


Рис. 14. Формирование перидермы (пробки):

а — заложение феллогена; *б* — образование феллемы и феллодермы; *в* — опробкование клеток феллемы и отмирание их протопластов; 1 — эпидерма; 2 — феллоген; 3 — феллодерма; 4 — феллема; 5 — основная паренхима

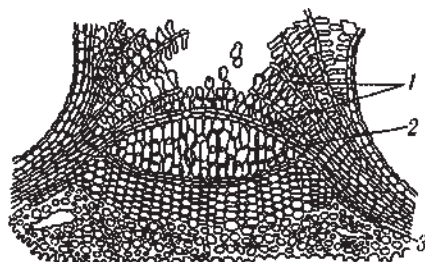
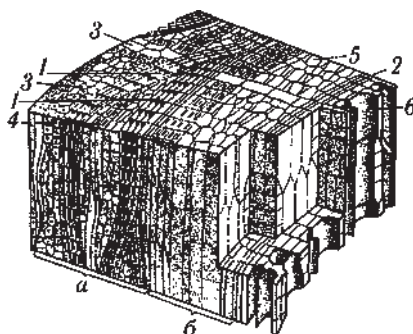


Рис. 15. Строение чечевички:

1 — замыкающий слой; 2 — выполняющая ткань; 3 — феллоген

Рис. 16. Строение корки (*а*) и коры (*б*):

1 — перидерма; 2 — камбий; 3 — паренхима; 4 — склеренхима; 5 — флоэма; 6 — сосуд ксилемы



Механические (опорные) ткани обеспечивают прочность растения, способность противостоять действию тяжести собственных органов, порывам ветра, дождю, снегу, вытаптыванию животными. Механические ткани играют роль скелета. Данную функцию механические ткани могут осуществлять в результате утолщения клеточных стенок, которые даже после отмирания клеток продолжают выполнять опорные функции. Различают следующие виды механической ткани: *колленхима* (молодые стебли и черешки), *склеренхима* (стебли, корни, листья), *склериды* (плоды, семена, листья, стебли).

Проводящие ткани обеспечивают транспорт веществ в растениях. От корней в стебель и листья осуществляется перенос воды и растворенных в ней минеральных веществ, всасываемых из почвы. Данный перенос обеспечивается *ксилемой*, или *древесиной* (рис. 17). Основными элементами ксилемы являются *трахеиды* и *трахеи*.

Движение органических веществ, продуктов фотосинтеза к местам их использования или отложения в запас осуществляет-

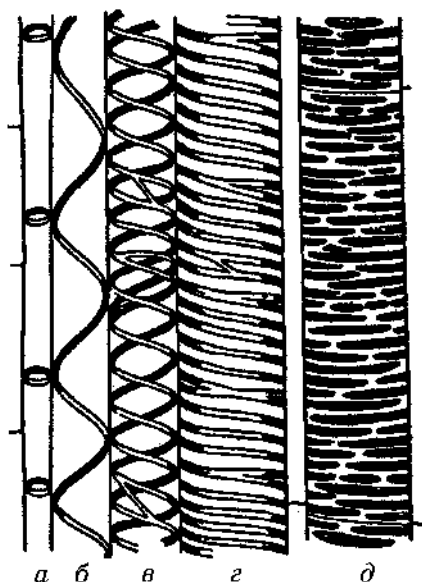


Рис. 17. Проводящие элементы ксилемы:

а — кольчатый; *б, в* — спиральные; *г* — лестничный; *д* — сетчатый

ся *флоэмой*, или *лубом*. Проводящими элементами флоэмы являются *ситовидные трубки* и *клетки-спутницы* (рис. 18).

Основные ткани составляют большую часть тела растения. Они заполняют промежутки между проводящими и механическими тканями и присутствуют во всех вегетативных и генеративных органах. Они состоят из живых клеток, тонкостенных, с простыми порами. В зависимости от выполняемой функции различают *основную паренхиму*, *ассимиляционную паренхиму*, *запасную паренхиму* и *воздухоносную паренхиму*.

Основная паренхима не имеет специфических, строго определенных функций, располагается внутри тела растения достаточно крупными массивами.

Ассимиляционная паренхима (*хлоренхима*) расположена в надземных органах. Особенно хорошо развита в листьях, образуя мезофилл. Основная функция — фотосинтез.

Запасная паренхима служит местом отложения избыточных питательных веществ.

Воздухоносная паренхима выполняет вентиляционные, отчасти дыхательные функции.

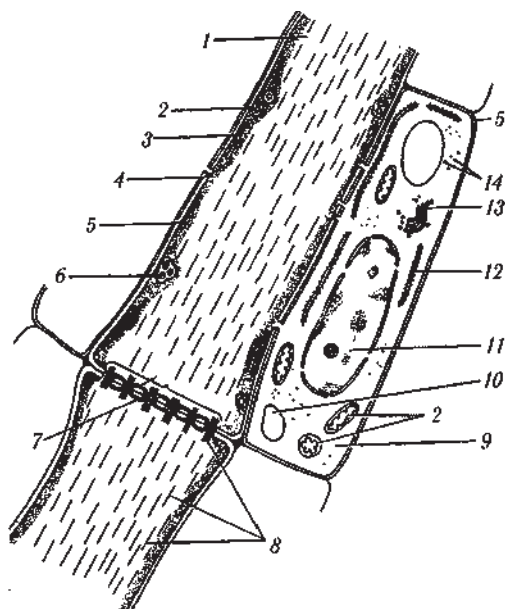


Рис. 18. Строение ситовидной трубки и клетки-спутницы:

1 — членок ситовидной трубки; 2 — митохондрии; 3 — гладкий эндоплазматический ретикулум (ЭПР); 4 — периферический слой цитоплазмы; 5 — клеточная стенка; 6 — лейкопласт с крахмальными зёрнами; 7 — ситовидная пластинка; 8 — флоэмный белок; 9 — клетка-спутница; 10 — вакуоль; 11 — ядро; 12 — шероховатый ЭПР; 13 — аппарат Гольджи; 14 — рибосомы

Вегетативные органы

Органы, обеспечивающие жизненные функции растения, называются *вегетативными органами*. К ним относятся: *корень, стебель, лист* (рис. 19).

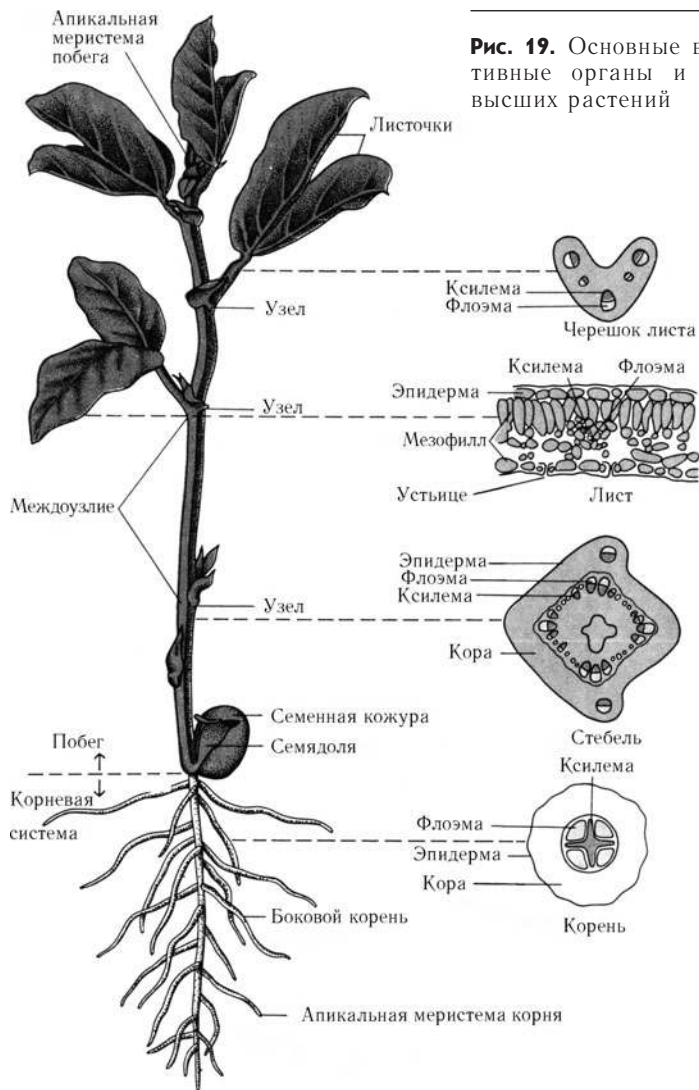


Рис. 19. Основные вегетативные органы и ткани высших растений

Корень является осевым органом растений (рис. 20). Основными функциями корня являются:

- поглощение воды и растворенных в ней минеральных веществ;

- закрепление растения в почве;

- хранение запасных веществ;

- вегетативное размножение;

- синтез ряда промежуточных продуктов обмена веществ.

Совокупность корней одного растения называют *корневой системой*. Различают два вида корневой системы: *стержневая* и *мочковатая* (рис. 21).

Видоизменения корней связаны с выполнением особых функций:

- *корнеплоды* — видоизменение главного корня, выполняют запасающую функцию (рис. 22);

- *корневые клубни* — видоизменение придаточных корней, выполняют запасающую функцию и служат для вегетативного размножения (рис. 23);

- *клубеньки* представляют собой разрастание паренхимы придаточных корней (чаще всего бобовых) под воздействием микроорганизмов;

- *корни-присоски* служат для прикрепления и питания растений-паразитов;

- *воздушные корни* для дополнительного поглощения воды появляются у некоторых тропических растений;

- *дыхательные корни* помогают осуществлять дыхание на заболоченных почвах;

- *ходульные корни*, благодаря которым растения сохраняют устойчивость на зыбком грунте.

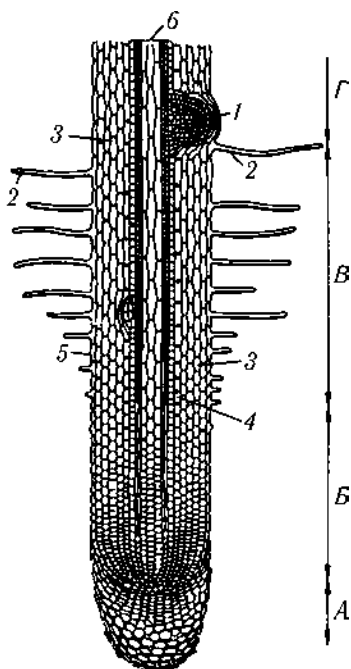


Рис. 20. Схема строения кончика корня. А — корневой чехлик; Б — зона роста; В — зона всасывания; Г — начало зоны проведения:

1 — зачаток бокового корня; 2 — корневые волоски; 3 — первичная кора; 4 — эндодерма; 5 — эпиблема; 6 — осевой цилиндр

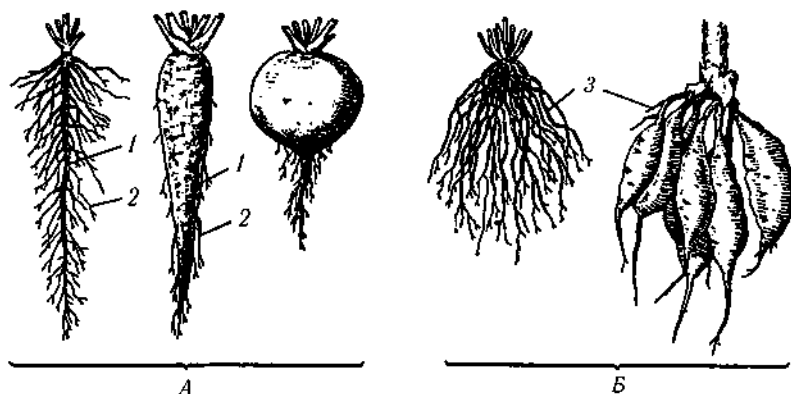


Рис. 21. Стержневая (А) и мочковатая (Б) корневые системы:

1 — главный корень; 2 — боковые корни; 3 — придаточные корни

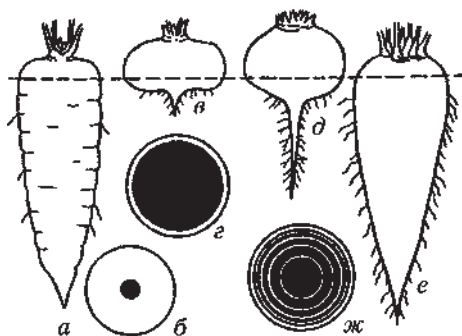


Рис. 22. Корнеплоды моркови (а, б), репы (в, г) и свеклы (д, е, ж).

На поперечных разрезах ксилема обозначена черным цветом, пунктирной линией показана граница стебля и корня

Стебель — осевой орган растения. Характеризуется неограниченным верхушечным ростом, может ветвиться, образует листья и почки. Стебель выполняет многообразные функции:

- транспорт веществ;
- опорную;
- запасную;
- вегетативное размножение.

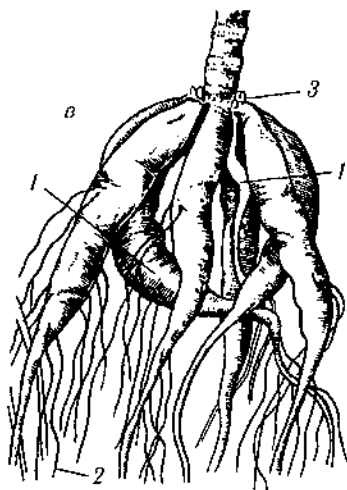
Стебель с листьями и почками, развившийся в течение одного вегетационного периода, называется *побегом*.

Побег может быть *надземным* и *подземным* (рис. 24). К подземным побегам относятся: *корневище*, *луковица*, *клубни*. Подземные побеги служат для запаса питательных веществ и для вегетативного размножения.



Рис. 23. Корневые клубни батата (*а*), маниока (*б*), георгина (*в*):

1 — запасаящая часть корня;
2 — всасывающие боковые корни;
3 — почки возобновления на стебле



Надземные побеги могут видоизменяться в *органы прикрепления (усики)* или в *средства защиты (колючки)*.

Лист представляет собой боковой орган побега, обеспечивающий функции фотосинтеза, транспирации, газообмена (рис. 25) и вегетативного размножения. Лист также может выполнять выделительные функции: с опаданием листьев из растений выводятся вредные вещества и продукты метаболизма. Обычно лист состоит из *листовой пластинки* (рис. 26, 27), *черешка*, *основания листа* (иногда расширенного во влагалище) и *прилистников* (рис. 28).

Видоизменения листьев возникли в процессе приспособления растений к различным средам существования и обеспечивают ряд дополнительных функций: запас питательных веществ и воды (листья агавы), защита от животных и неблагоприятных условий среды (колючки барбариса), прикрепление (усики гороха), улавливание и переваривание насекомых.

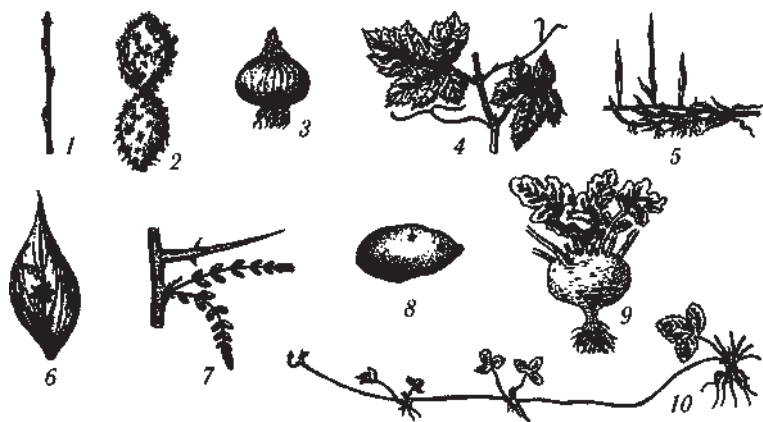


Рис. 24. Некоторые видоизменения побега:

1 — обычный побег; 2 — мясистый побег кактуса; 3 — луковица лука; 4 — усы-прицепки винограда; 5 — корневище пырея; 6 — филлокадий иглицы; 7 — колючка гледечии; 8 — клубень (столон) картофеля; 9 — клубень кольраби; 10 — ус земляники

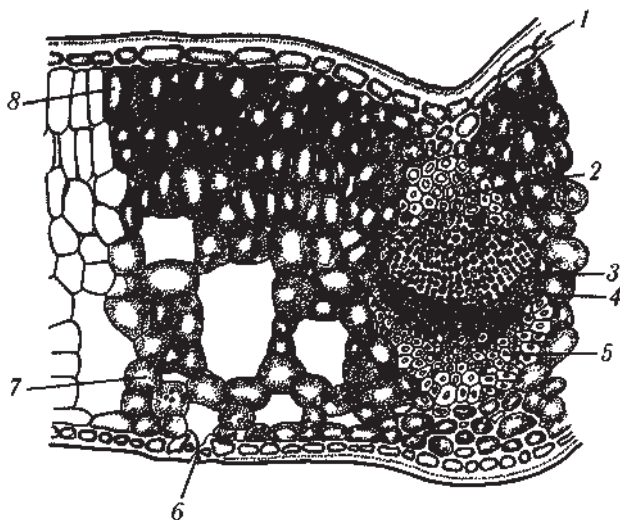


Рис. 25. Микроскопическое строение листа:

1 — эпидерма; 2 — ксилема; 3 — сосудисто-волокнистый пучок; 4 — флоэма; 5 — склеренхима; 6 — устьице; 7 — губчатая паренхима; 8 — столбчатая паренхима

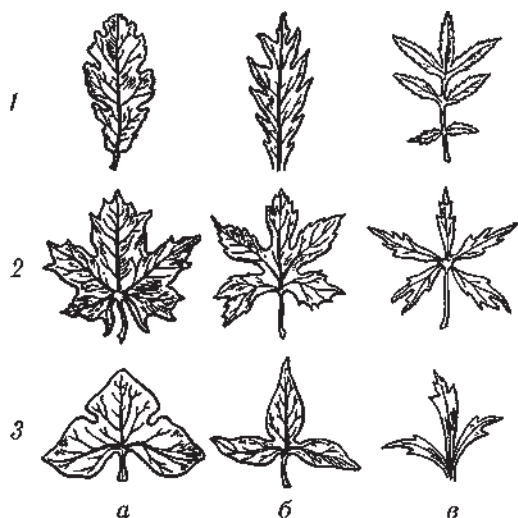


Рис. 26. Простые листья:

1 — перисто-; 2 — пальчато-; 3 — тройчато-; а — лопастные; б — раздельные; в — рассеченные

Рис. 27. Сложные листья:

1 — непарноперистый; 2 — двоякоперистосложный; 3 — парноперистый; 4 — пальчатый; 5 — тройчатый

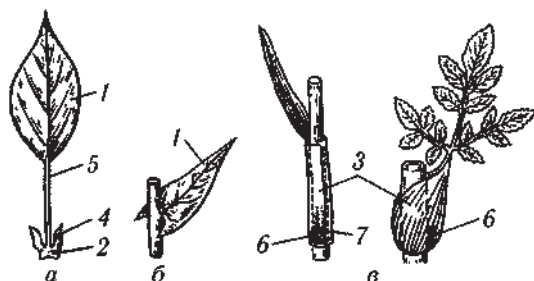
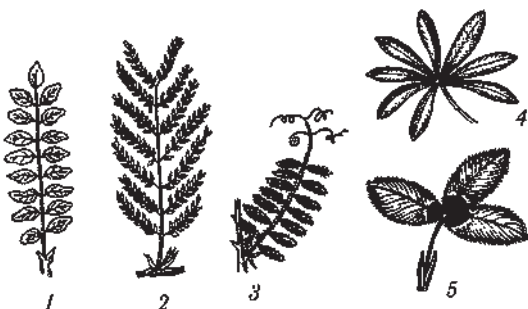


Рис. 28. Схема строения листа:

а — черешчатый; б — сидячий; в — с влагалищем; 1 — листовая пластинка; 2 — основание; 3 — влагалище; 4 — прилистники; 5 — черешок; 6 — пазушная почка; 7 — интеркалярная (вставочная) меристема

Репродуктивные органы

Цветок — репродуктивный орган покрытосеменных растений, представляющий собой видоизмененный побег (рис. 29). Репродуктивной частью цветка являются *androcey* — совокупность всех тычинок и *gynocey* — совокупность всех пестиков. *Тычинка* состоит из *тычиночной нити* и *пыльника*, в котором образуется пыльца, или мужской гаметофит. *Пестик* состоит из *завязи*, *столбика* и *рыльца*. Завязь защищает *семяпочку*. В семяпочке находится зародышевый мешок, или женский гаметофит, содержащий яйцеклетку. Рыльце пестика служит для опыления — на него попадает пыльца. Столбик выносит рыльце для лучшего опыления.

Цветки, имеющие и тычинки, и пестики, называются *обоеполыми*. Если цветок имеет только пестики или только тычинки, то он называется *однополым* (соответственно женским, или пестичным, и мужским, или тычиночным). Женские и мужские цветки могут образовываться на одном растении: такое растение называется *однодомным* (обоеполым); или на разных растениях: такие растения называются *двудомными* (однополыми).

Из цветка в результате полового размножения образуются семена, защищенные плодом. Для осуществления полового размножения или образования семян нужно, чтобы пыльца попала на пестик. Процесс переноса пыльцы с тычинки на пестик называется *опылением*. В зависимости от того, с какого цветка переносится пыльца, различают *самоопыление* и *перекрестное опыление*.

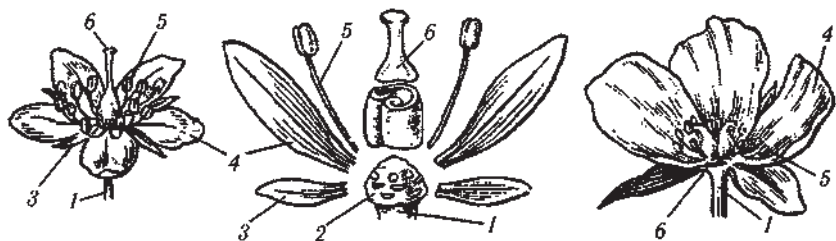


Рис. 29. Строение цветка:

1 — цветоножка; 2 — цветоложе; 3 — чашелистики; 4 — лепестки; 5 — тычинки; 6 — пестик

При самоопылении пыльца попадает на пестик с тычинки этого же цветка. В связи с этим *не происходит обмена генетической информацией*, а имеют место лишь *комбинативные изменения* наследственного материала, возникшие в процессе мейоза.

Перекрестное опыление представляет собой перенос различными способами пыльцы из пыльников одного растения на рыльце цветка другого растения. Различают способы перекрестного опыления *с помощью животных* (главным образом насекомых) и *с помощью абиотических факторов (ветра и реже воды)*. Для лучшего осуществления перекрестного опыления цветки образуют *соцветия* (рис. 30).

Семена и плоды. В результате оплодотворения образуются *семена*. Семя является органом размножения и расселения растений. Зрелое семя состоит из *зародыша, семенной кожуры и запасających тканей*, если они есть (рис. 31). Зародыш развивается из зиготы. В сформированном зародыше можно выделить *почечку, корешок, стебелек и семядоли*. У семян двудольных растений — две семядоли, у семян однодольных — одна. *Запасаящая ткань*, или *эндосперм*, образуется из триплоидной клетки и служит для питания зародыша. В процессе развития зародыш может поглотить весь эндосперм (например, бобовые), тогда семядоли становятся запасющей тканью. Если эндосперм не поглощается зародышем, он превращается в запасющую ткань (например, злаки). Семенная кожура образуется из покровной ткани зародышевого мешка. Она защищает зародыш от повреждений, высыхания и преждевременного прорастания.

Для защиты и распространения семян образуются *плоды*. По характеру *околоплодника* (образуется из завязи пестика) плоды разделяют на *сочные* (рис. 32) и *сухие*. В зависимости от количества семян плоды бывают *односемянные* и *многосемянные*. Сухие плоды подразделяются на две группы в зависимости от того, *вскрывается плод или не вскрывается* (рис. 33).

Рис. 30. Некоторые типы соцветий (с упрощенными схемами):

1 — метелка; 2 — колос; 3 — кисть; 4 — щиток; 5 — простой зонтик; 6 — сложный зонтик; 7 — корзинка; 8 — сережка

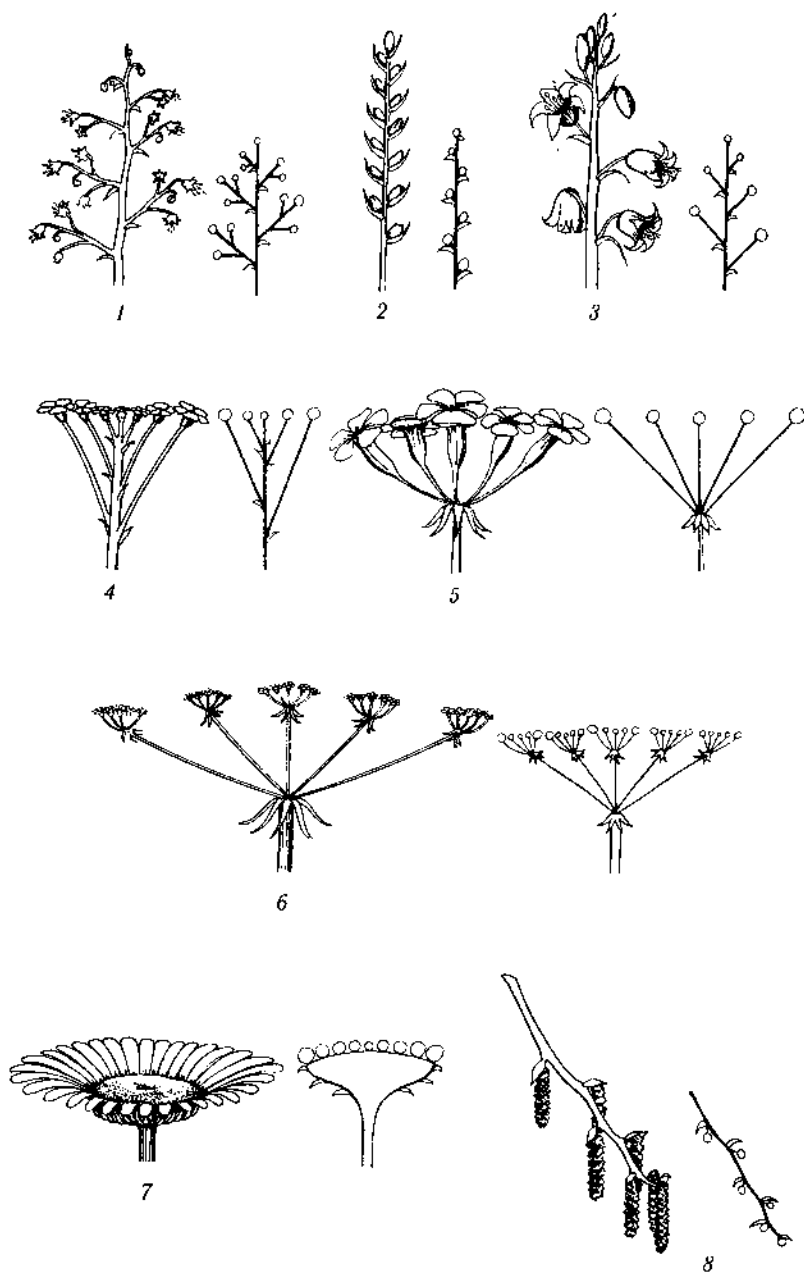


Рис. 31. Семя двудольного (а) и однодольного (б) растений:

1 — семенная кожура; 2 — семядоля; 3 — эндосперм; 4 — корешок; 5 — стебелек; 6 — почечка

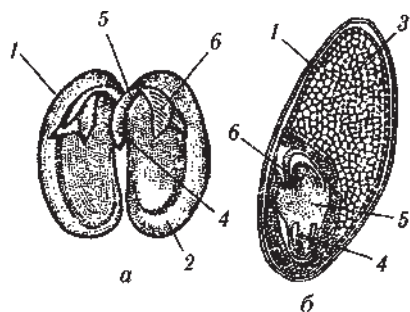


Рис. 32. Сочные плоды:

1 — ягода крыжовника; 2 — ягода паслена черного; 3 — ягода томата; 4 — костянка вишни; 5 — померанец лимона; 6 — сборная костянка малины; 7 — соплодие инжира; 8 — соплодие шелковицы; 9 — соплодие ананаса



Рис. 33. Сухие плоды:

1—9 — не вскрывающиеся (1 — семянка подсолнечника; 2 — двусемянка укропа; 3 — крылатка ясеня; 4 — двукрылатка клена; 5 — зерновка в разрезе; 6 — семянка с прицепками; 7 — самозарывающаяся зерновка с летучкой ковыля; 8 — орех лещины; 9 — семянка с летучкой одуванчика); 10—17 — вскрывающиеся (10 — листовка живокости; 11 — боб гороха; 12 — стручок капусты; 13 — стручок ярутки; 14 — коробочка с дырочками мака; 15 — коробочка с крышкой белены; 16 — коробочка со щелями хлопчатника; 17 — сборная листовка водосбора)

Вегетативное размножение

Вегетативное размножение — это увеличение числа особей за счет отделения жизнеспособных частей вегетативных органов и их последующей регенерации (рис. 34).

Естественное вегетативное размножение очень широко распространено в природе. Оно играет огромную роль в захвате территории некоторыми видами, особенно в условиях, когда семенное размножение затруднено. Чаще всего данный вид вегетативного размножения осуществляется с помощью *корневищ, луковиц, клубней, корней, усов*.

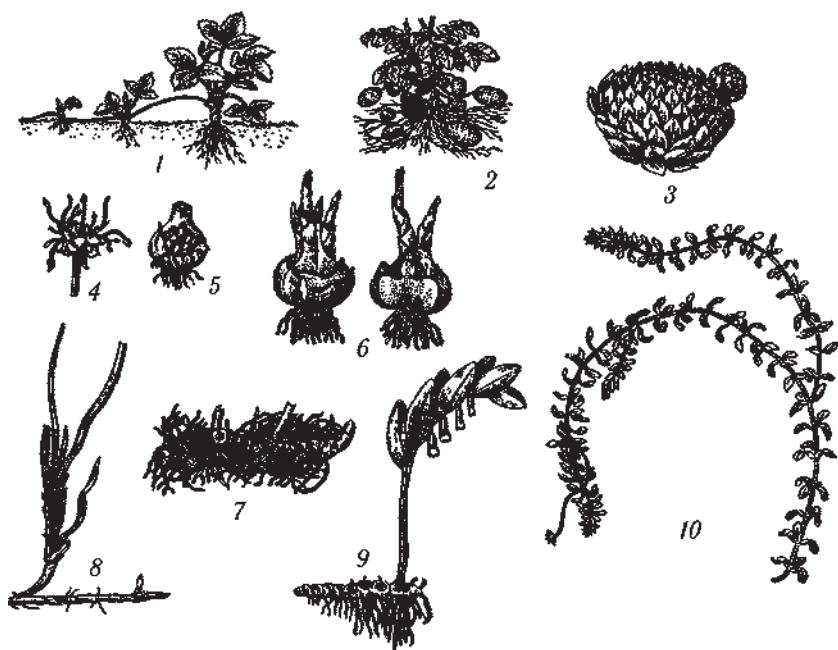


Рис. 34. Вегетативное размножение растений:

1 — надземными ползучими побегами (земляника); 2 — подземными клубнями (картофель, темным показан старый клубень, из которого выросло растение); 3 — отпрысками (молодило); 4 — луковицами из соцветия (лук); 5 — луковицами-детками; 6 — клубнелуковицами (шафран); 7—9 — корневищем (7 — ирис-касатик; 8 — осока; 9 — купена); 10 — частями побега (элодея)

Искусственное вегетативное размножение обеспечивает получение потомков, повторяющих признаки родительского организма, позволяет ускорить получение продуктивных растений. К основным методам искусственного вегетативного размножения относятся:

— *черенкование*, которое подразделяется на стеблевое, листовое и корневое черенкование;

— *размножение отводками* (разновидность черенкования), при котором участки побегов вначале специально прижимают к земле, а после образования придаточных корней отделяют от родительского растения;

— *прививка*, при которой черенки одного растения пересаживаются на другое растение с дальнейшим их срастанием;

— размножение при помощи различных видоизменений побегов и корней: усов, корневищ, клубней, луковиц;

— метод *клонального микроразмножения*, основанный на использовании *культуры тканей и клеток*, используется для оздоровления посадочного материала и размножения ценных растений.

Бактерии. Грибы. Лишайники

БАКТЕРИИ

Бактерии относятся к прокариотическим организмам, которые не имеют ядерных оболочек, пластид, митохондрий и других мембранных органелл. Для них характерно наличие одной кольцевой ДНК. Размеры бактерий лежат в пределах 0,15—10 мкм. По форме клеток их можно разделить на три основные группы: *шаровидные*, или *кокки*, *палочковидные* и *извитые* (рис. 35).

Бактерии, хотя и относятся к прокариотам, имеют довольно сложное строение (рис. 36). Бактериальная клетка покрыта несколькими внешними слоями (рис. 37). Клеточная стенка обязательна для всех бактерий и является основным компонентом бактериальной клетки. Как и у растений, клеточная стенка бак-

Рис. 35. Формы бактерий:

1 — микрококки; 2 — диплококки и тетракокки; 3 — сарцины; 4 — стрептококки; 5 — стафилококки; 6, 7 — палочки, или бациллы; 8 — вибрионы; 9 — спириллы; 10 — спирохеты



Рис. 36. Схема строения бактериальной клетки:

1 — капсула; 2 — клеточная стенка; 3 — цитоплазматическая мембрана; 4 — нуклеоид; 5 — цитоплазма; 6 — хроматофоры; 7 — тилакоиды; 8 — мезосома; 9 — рибосомы; 10 — жгутики; 11 — базальное тельце; 12 — пили; 13 — капли жира

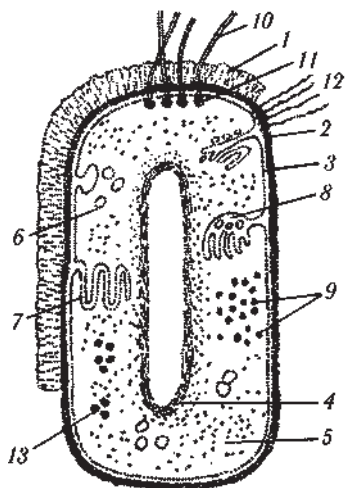
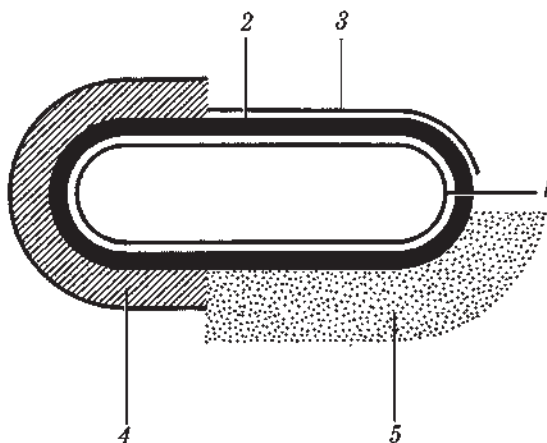


Рис. 37. Схема строения клеточной оболочки бактерии:

1 — цитоплазматическая мембрана; 2 — клеточная стенка; 3 — микрокапсула; 4 — капсула; 5 — слизистый слой



терий придает клетке форму и жесткость и, кроме того, выполняет ряд важных функций: защищает клетку от различных повреждений, участвует в метаболизме, у многих патогенных бактерий токсична, участвует в транспорте экзотоксинов. Основным компонентом клеточной стенки бактерий является полисахарид *муреин*. В зависимости от строения клеточной стенки бактерии делятся на две группы: *грамположительные* (окраши-

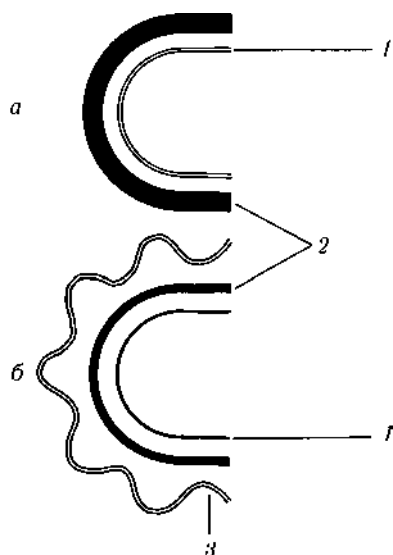


Рис. 38. Клеточные стенки грамположительной (а) и грамотрицательной (б) бактерий:

1 — мембрана; 2 — мукопептиды (муреин); 3 — липопротеиды и белки

ваются по Граму при приготовлении препаратов для микроскопирования) и *грамотрицательные* (не окрашиваются этим способом) бактерии (рис. 38).

У некоторых бактерий клеточная стенка покрыта сверху капсулой. Капсула не является обязательной

структурой бактериальной клетки, и ее потеря не влечет за собой гибель клетки. Однако капсула выполняет ряд важных биологических функций: защищает бактерии от механических повреждений, высыхания, воздействия фагов, токсических веществ. У патогенных бактерий капсула предохраняет бактерию от действия защитных сил организма, в котором паразитирует бактерия.

Органами движения бактерий являются жгутики, которых может быть от 1 до 50 и более. Для кокков характерно отсутствие жгутиков. Бактерии имеют способность к направленным формам движения — *таксисам*. Таксисы бывают положительными, если движение направлено к источнику стимула, и отрицательными, когда движение направлено от него. Можно выделить следующие виды таксисов. *Хемотаксис* — движение, основанное на разнице в концентрации химических веществ в среде, *аэротаксис* — на разнице концентраций кислорода. При реакциях на свет и магнитное поле возникают соответственно *фототаксис* и *магнитотаксис*.

Важным компонентом в строении бактерий являются производные плазматической мембраны — *пили* (ворсинки). Пили принимают участие в слиянии бактерий в большие комплексы, прикреплении бактерий к субстрату, транспорте веществ.

По типу питания бактерии делятся на *автотрофов* и *гетеротрофов*. Автотрофные бактерии способны использовать в качестве источника углерода углекислый газ воздуха и превращать его в органические вещества за счет энергии, образующейся при окислении химических неорганических соединений в процессе дыхания, — *хемоавтотрофы*; за счет энергии света (при фотосинтезе) — *фотоавтотрофы*. Гетеротрофные бактерии получают углерод из готовых органических соединений, используя главным образом углеводы, спирты, различные органические кислоты, которые разлагают в процессе брожения (без доступа кислорода) или дыхания; а энергию получают за счет дыхания, брожения или фотосинтеза — *хемогетеротрофы* и *фотогетеротрофы*.

Надо отметить огромное значение бактерий в круговороте азота. Только бактерии и цианобактерии способны усваивать атмосферный азот. В дальнейшем бактерии осуществляют реакции аммонификации (разложение белков из мертвой органики до аминокислот, которые затем дезаминируются до аммиака и других простых азотсодержащих соединений), нитрификации (аммиак окисляют в нитриты, а нитриты — в нитраты), денитрификации (нитраты восстанавливаются в газообразный азот).

По типу дыхания бактерий можно разделить на несколько групп:

- а) *облигатные аэробы*: растут при свободном доступе кислорода;
- б) *факультативные анаэробы*: развиваются как при доступе кислорода воздуха, так и в отсутствии его;
- в) *облигатные анаэробы*: развиваются при полном отсутствии кислорода в окружающей среде.

ЦАРСТВО ГРИБЫ

Грибы являются обособленной группой эукариот, существенно отличающихся от растений и животных, хотя и имеют сходство и с теми и с другими. С растениями грибы имеют следующие сходные признаки: жесткая клеточная стенка, вегетативное размножение и размножение с помощью спор, неограниченный рост, поглощение питательных веществ путем всасывания. С животными грибы имеют следующие сходные признаки: отсутствие хлорофилла и гетеротрофность, запасны-

ми веществами являются *гликоген* и *липиды*, в клеточной стенке имеется *хитин*.

Тело гриба представлено системой тонких ветвящихся нитей — *гиф*. Совокупность всех гиф представляет собой *мицелий*, или *грибницу*. По строению выделяют два вида гиф, что является одним из оснований деления грибов на низшие и высшие. У низших грибов гифы не имеют клеточного строения, представляя собой как бы одну клетку с большим количеством ядер. У высших грибов гифы разделены перегородками на одноядерные или многоядерные клетки. Гифы имеют верхушечный рост и обильно ветвятся.

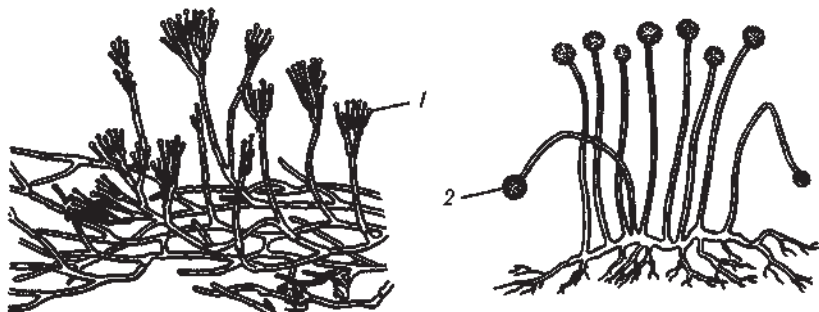
Грибы являются гетеротрофными организмами. В зависимости от источника питания грибы бывают *сапрофитами*, поселяясь на мертвых остатках растений и животных, *паразитами* растений и животных или *симбионтами*, как правило, только растений, образуя с их корнями *микоризу* и обеспечивая растения фосфором, соединениями азота и витаминами.

Грибы размножаются бесполым (в том числе вегетативным) и половым способами. Вегетативное размножение осуществляется частями мицелия (характерно почти для всех грибов), распадением гиф на отдельные клетки, почкованием (в основном дрожжи).

Бесполое размножение осуществляется с помощью спор. Споры могут образовываться внутри специальных выростов гиф — *спорангиев* или на концах специализированных гиф, конечные клетки которых образуют цепочки спор — *конидии* (рис. 39). У многих низших грибов бесполое размножение проис-

Рис. 39. Образование спор:

1 — на концах гиф у пеницилла; 2 — в спорангиях у мукора



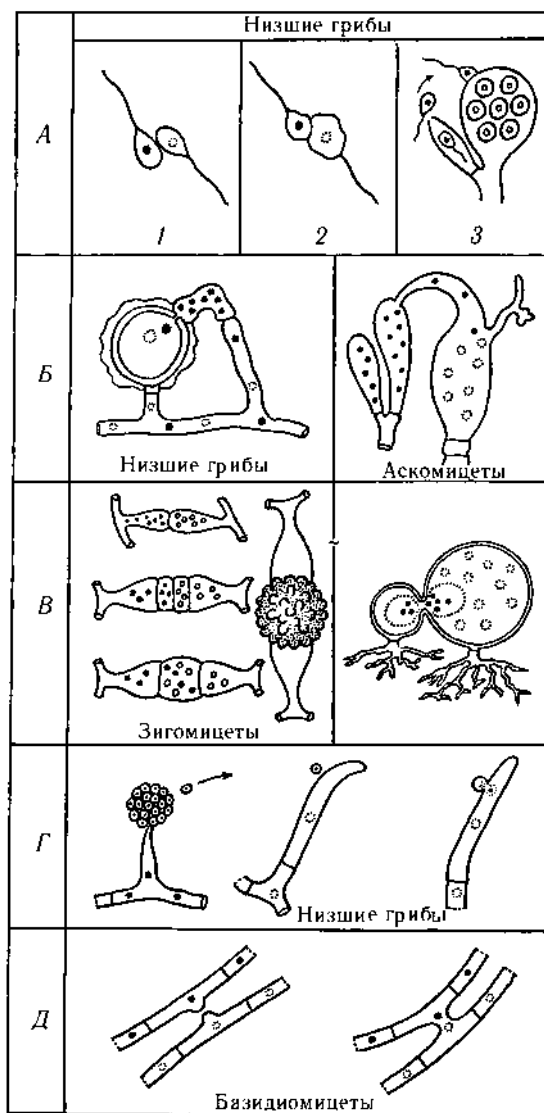


Рис. 40. Типы полового процесса у грибов:

A — конъюгация планогамет (1 — изогамная; 2 — гетерогамная; 3 — оогамная); Б — контакт гаметангиев; В — конъюгация гаметангиев; Г — сперматизация; Д — соматогамия

ходит при помощи подвижных спор — *зооспор*, снабженных жгутиками. У высших грибов споры лишены способности к активному движению.

Половое размножение грибов довольно разнообразно (рис. 40 на с. 49), но всегда заканчивается половым спороношением. При половом спороношении после образования зиготы она образует спорангии, где в процессе мейоза образуются споры.

Половое размножение грибов может осуществляться путем образования зиготы за счет слияния не половых клеток, а физиологически различных мицелиев.

В круговороте веществ в биосфере грибы являются редуцентами, осуществляя минерализацию (разложение органического вещества).

В хозяйственной деятельности человека широко используются в хлебопекарной, пивной и винодельческой промышленности, употребляются в пищу.

Но многие грибы являются паразитами растений и животных, а также сапрофитами, вызывающими порчу пищевых продуктов, промышленных материалов и изделий.

ЛИШАЙНИКИ

Лишайники являются результатом симбиотического сожительства гриба и водоросли (или цианобактерии), образующих тело лишайника, или *слоевище* (рис. 41). В зависимости от внешнего вида слоевища различают три морфологических типа лишайников: *накипные*, *листоватые* и *кустистые*. Слоевище накипных лишайников напоминает тонкие корочки, плотно сросшиеся с субстратом. У листоватых лишайников слоевище имеет вид листовой пластинки, которая может быть цельной или рассеченной на несколько пластин. В отличие от накипных лишайников, которые плотно срастаются с субстратом, листоватые лишайники прикрепляются к субстрату особыми органами прикрепления — *ризоидами*, которые образуются на нижней части слоевища. У некоторых листоватых лишайников ризоиды образуют толстые тяжи, называемые *ризинами*, имеющие прикрепительные пластинки или капельки слизи для лучшего соединения с субстратом (рис. 42). Кустистые лишайники имеют слоевище в виде прямостоячего или повисающего кустика. В отличие от накипных и листоватых лишайников, кустистые обла-

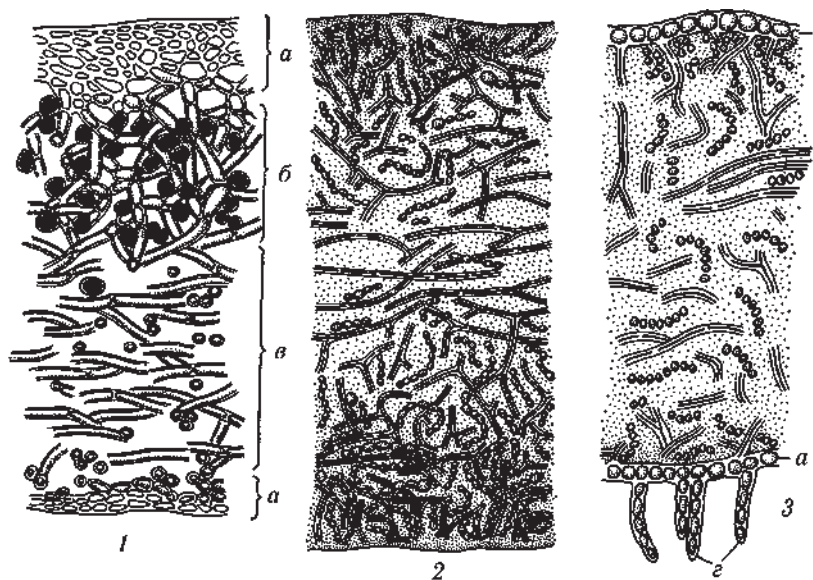


Рис. 41. Строение слоевища лишайников:

1 — гетеромерное слоевище (фикобионт — зеленая водоросль); 2, 3 — слоевище слизистых лишайников (фикобионты — синезеленые водоросли); а — коровые слои; б — слой водорослей; в — сердцевина; г — ризоиды

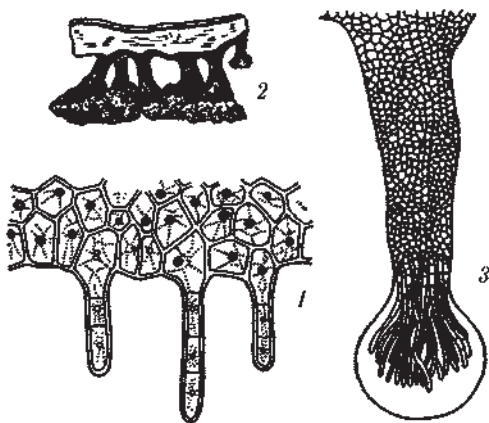


Рис. 42. Органы прикрепления слоевища листоватых лишайников:

1 — нижний коровой слой с ризоидами; 2 — ризины с прикрепительными пластинами; 3 — ризина с капелькой слизи

дают вертикально направленным ростом гиф и верхушечным ростом слоевища.

Гриб в лишайнике осуществляет прикрепление слоевища к субстрату, обеспечивает водоросль водой и растворенными в ней минеральными веществами, а также некоторыми ферментами. Водоросль, осуществляя фотосинтез, снабжает себя и гриб углеводами. Лишайники, в состав которых входят цианобактерии (синезеленые водоросли), способны фиксировать атмосферный азот. Такой симбиоз позволяет лишайникам обитать в местах, где условия существования слишком суровы или совсем не пригодны для других растений. Можно сказать, что в природе нет субстрата, на котором бы не могли жить лишайники. Они поселяются даже на стекле и железе, если предметы из них пролежали неподвижно довольно длительное время. При таком разнообразии субстратов, на котором лишайники могли бы жить, большинство видов поселяется на немногих или только на одном определенном субстрате. При этом лишайники чрезвычайно чувствительны к загрязнению атмосферы некоторыми газообразными веществами, поэтому некоторые виды лишайников являются биоиндикаторами.

Размножение лишайников осуществляется половым, бесполом и вегетативным способами.

Половое размножение осуществляется в результате полового спороношения, при этом образуются различного вида *плодовые тела* (рис. 43, 44). Плодовые тела развиваются очень медленно от 4 до 10 лет. Зрелое плодовое тело является многолетним и может продуцировать споры в течение нескольких лет. При определенных погодных условиях зрелые споры выбрасываются, распространяясь с помощью воды или ветра. При прорастании споры образуется первичный мицелий. Для образования слоевища первичный мицелий должен встретить водоросль, соответствующую данному виду лишайника. Если этого не произойдет, мицелий в скором времени погибнет и слоевище не образуется. Из описания полового способа размножения лишайника видно, что в нем участвует только гриб. Бесполое размножение с помощью спор также осуществляет только гриб.

В связи с очень продолжительным развитием плодовых тел в эволюции лишайников бесполой (с помощью спор) и половой способы размножения подверглись редукции. Поэтому среди более высокоорганизованных кустистых и листоватых лишайни-

ков есть виды, которые размножаются только вегетативным способом. Во многих случаях вегетативное размножение осуществляется путем фрагментации, т.е. частями слоевища, которые отломились под воздействием ветра, животных или других факторов внешней среды. Кроме того, вегетативное размножение лишайников осуществляется с помощью специальных образова-

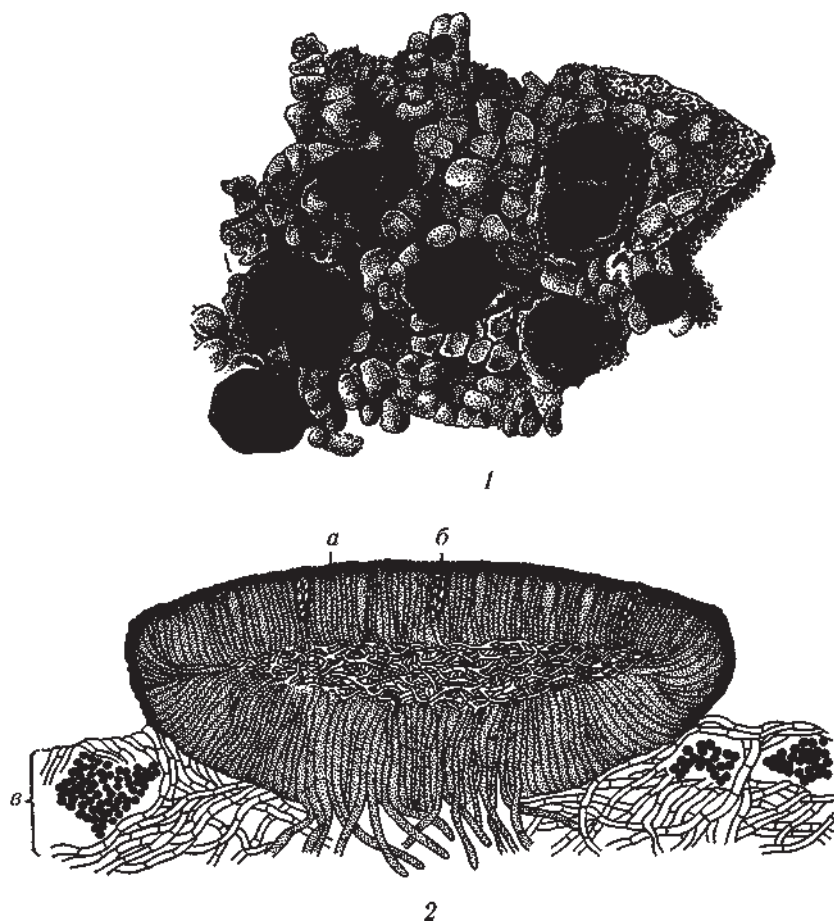


Рис. 43. Плодовые тела (апотеции) у накипного лишайника:

1 — внешний вид; 2 — поперечный разрез через апотеций (*a* — окрашенный защитный слой клеток; *b* — сумка со спорами; *v* — слоевище)

ний *соредий*, *изидий* и *лобул* (рис. 45, 46). Все эти образования включают одну или несколько клеток водоросли или цианобактерии, окруженных гифами гриба.

Соредии образуются в результате разрыва коркового слоя, изидии — в результате его выпячивания на верхней поверхности слоевища, а лобулы в виде чешуек расположены по краям слоевища или на его поверхности.

В этом виде вегетативного размножения участвуют и гриб, и водоросль, в результате чего образование слоевища наступает сразу при попадании в благоприятные условия среды. Немаловажное значение имеет и тот факт, что на вегетативное размножение надо столько же времени, сколько на образование плодовых тел.

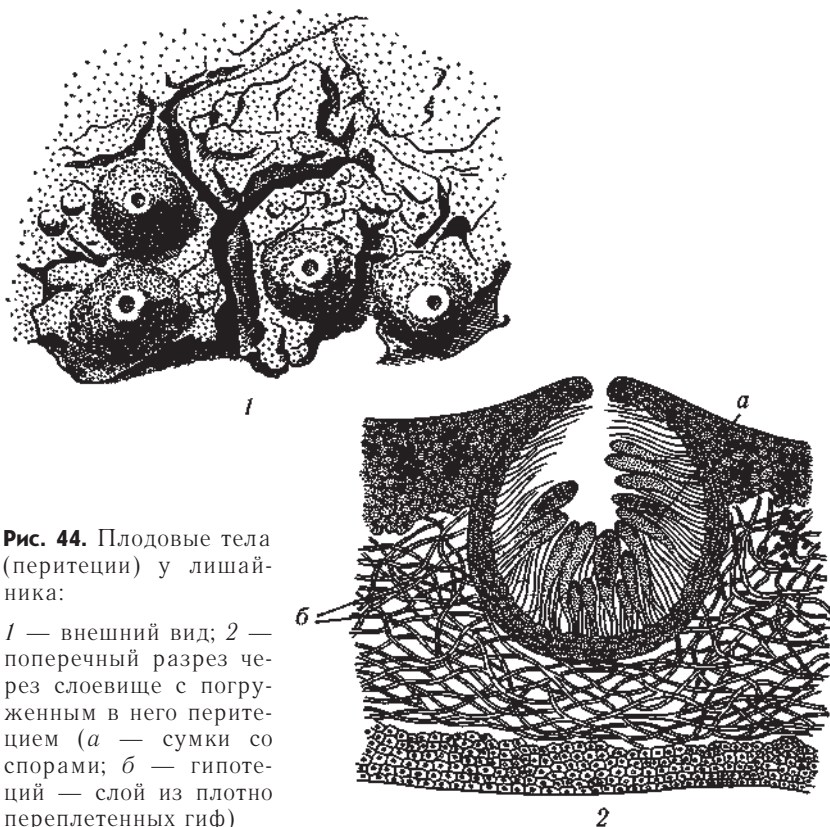


Рис. 44. Плодовые тела (перитеции) у лишайника:

1 — внешний вид; 2 — поперечный разрез через слоевище с погруженным в него перитецием (*a* — сумки со спорами; *б* — гипотеций — слой из плотно переплетенных гиф)



Рис. 45. Вегетативное размножение с помощью соредий:

1 — соредии (*a* — клетки водорослей; *b* — гифы гриба); 2 — схема образования соредий в слоевище; 3—8 — формы соредий: 3 — пятновидная; 4 — головчатая; 5 — манжетовидная; 6 — губовидная; 7 — в виде каймы; 8 — щелевидная

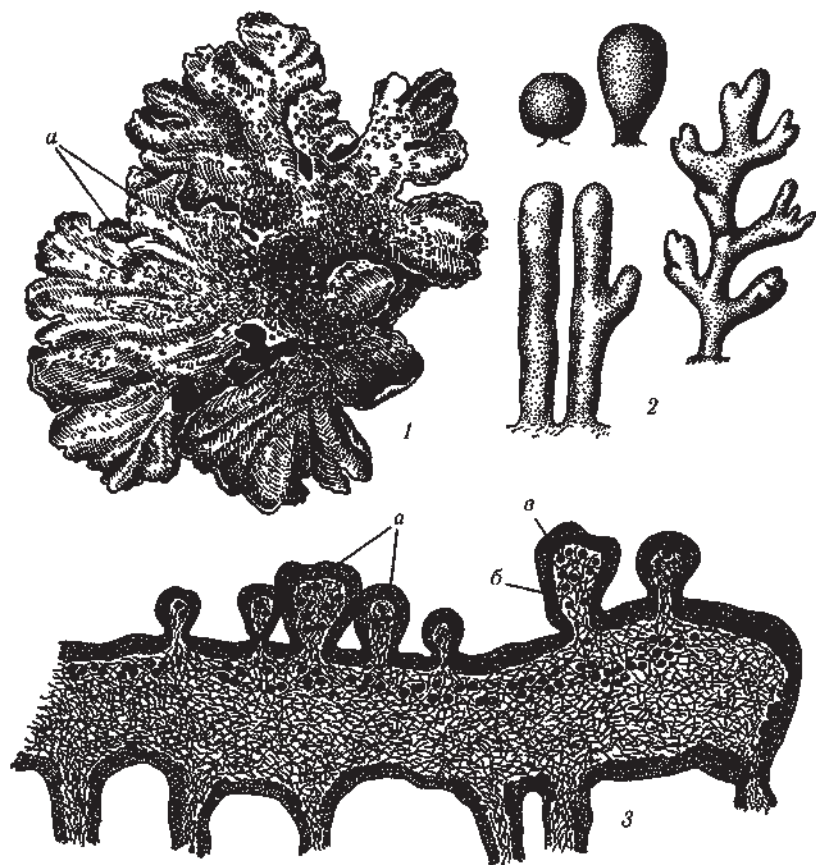


Рис. 46. Вегетативное размножение с помощью изидий:

1 — слоевище листоватого лишайника с изидиями (а); 2 — различные формы изидий; 3 — поперечный разрез через слоевище с изидиями (б — гифы гриба; в — водоросли)

Скорость роста лишайников очень мала: от сотых долей миллиметра до 1—3 см в год. Зато продолжительность жизни некоторых лишайников, особенно накипных, может достигать 4000 лет. Возраст листоватых и кустистых лишайников в среднем достигает 50—100 лет.

Раздел



Царство Животные



Совокупность всех животных, населяющих определенную территорию или всю планету, носит общее название — *фауна*.

Приступая к изучению зоологии, следует прежде всего ознакомиться с основными понятиями *систематики* — науки, разрабатывающей принципы классификации органического мира. Основная систематическая категория — *вид*. С 1756 г. для обозначения видов принята *единая международная номенклатура*, введенная в науку основателем систематики Карлом Линнеем и названная им *бинарной номенклатурой*. Она основывается на объединении близких видов в более крупные систематические группы — *роды*. Согласно бинарной номенклатуре, каждое животное обозначается *двумя латинскими словами*. *Первое слово* — название *рода* — пишется впереди с большой буквы, за ним следует *собственно видовое название*, которое пишется с маленькой буквы. Так, например, род *Ascaris* (Аскарида) включает виды: *Ascaris lumbricoides* (аскарида человеческая) и *Ascaris suum* (аскарида свинья). Род *Canis* (Собака) включает виды: *Canis familiaris* (собака домашняя), *Canis lupus* (волк).

Ближние роды объединяются в *семейство*, близкие семейства — в *отряд*, отряды — в *класс*, а классы — в *тип*.

Высшие систематические категории в животном мире — *типы* — дифференцируются по фундаментальным признакам: строению, симметрии, числу зародышевых листков, наличию и характеру полости тела, сегментации тела и др.

Царство животных делят на подцарства: *Одноклеточные* (Monocytozoa) и *Многоклеточные* (Metazoa). К одноклеточным относится только один тип — *Простейшие* (Protozoa). К многоклеточным животным — все остальные типы.

Многоклеточные подразделяются на две группы. К первой группе Рагазоа относятся многоклеточные, которые *не имеют*

настоящих органов и тканей, — тип Губки. Ко второй группе — Eumetazoa, или настоящие многоклеточные, относятся все остальные типы.

Подцарство Простейшие

К простейшим относятся примерно 30 000 видов. Простейшие широко распространены на нашей планете и обитают в различных средах. Многие простейшие приспособились к обитанию в теле других организмов, ведут паразитический или симбиотический образ жизни.

Основной и самой характерной чертой простейших является их *одноклеточность*. Подавляющее большинство простейших имеет микроскопические размеры от 3 до 150 мкм.

Строение простейших чрезвычайно разнообразно, но все они обладают чертами, характерными для организации и функции клетки. Два основных компонента тела простейших — *цитоплазма* и *ядро*.

В цитоплазме локализованы *органойды*, или *органеллы*. Имеются органойды двух типов: *общего значения*, характерные для любых эукариотических клеток (*митохондрии, рибосомы, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи* и др.), и *специального значения*, выполняющие жизненные функции одноклеточных как самостоятельных организмов. Простейшие относятся к *эукариотическим животным*. У большинства простейших *одно ядро*, но встречаются и *многоядерные* виды. У некоторых простейших наблюдается *ядерный дуализм* — когда ядра отличаются по строению и по функциям. Как правило, в таких случаях имеются два типа ядер: *макронуклеус* — большое, богатое хроматином ядро и *микронуклеус* — маленькое ядро. Первое отвечает за вегетативные функции, второе связано с половым процессом.

Простейшим, кроме некоторых паразитирующих форм, свойственна *способность к передвижению*. Подвижность простейших связана с наличием различных *органойдов движения*. Наиболее простой формой передвижения является *амебовидное дви-*

жение, которое осуществляется с помощью *псевдоподий*, за счет тока цитоплазмы. Другой формой передвижения является движение с помощью *специальных органоидов движения* — *жгутиков* и *ресничек*.

В зависимости от типа ассимиляции и способа питания простейшие подразделяются на:

1) *автотрофы* — питаются наподобие зеленых растений за счет *фотосинтеза*; органами ассимиляции служат *хроматофоры*, содержащие *хлорофилл*;

2) *гетеротрофы* — питаются бактериями, водорослями, другими простейшими; основным способ питания — *цитоз*. Пища переваривается в специальных органоидах — *пищеварительных вакуолях*. К этой же группе относятся простейшие с *осмотическим питанием* (в основном паразиты). Пища в виде растворенных органических веществ поступает в их тело через оболочку; органоиды пищеварения отсутствуют.

У пресноводных и у части морских простейших имеются *сократительные*, или *пульсирующие, вакуоли*, играющие роль органоидов осморегуляции, выделения и дыхания.

Простейшие обладают *раздражимостью*. Реакция простейших на тот или иной фактор, действующий извне, часто выражается в изменении направления движения — *таксис*.

Размножение осуществляется двумя способами: *бесполом* и *половым*. При бесполом размножении происходит *деление надвое*: сначала делится ядро — *митоз*, затем цитоплазма — *цитокinesis*. Особым видом бесполого размножения простейших является *множественное деление*, или *шизогония*.

Половое размножение простейших осуществляется в виде *копуляции* или *конъюгации*. При копуляции две особи подходят друг к другу, их цитоплазма и ядра сливаются, образуя *зиготу*, которая затем размножается бесполом путем. Для инфузорий характерна конъюгация.

Многие свободноживущие и паразитические простейшие, попадая в неблагоприятные условия среды, образуют на поверхности тела плотную оболочку — *цисту*. При этом жизненные процессы замедляются, и организм впадает в состояние *анабиоза*. Если инцистированная особь вновь попадает в благоприятные условия, она покидает цисту и возобновляет активную жизнедеятельность. Инцистирование играет огромную роль в распространении патогенных простейших.

Основные типы простейших: *Тип Саркомастигофоры*, включающий *Класс Жеутиконосы* и *Класс Саркодовые*, *Тип Споровики*, *Тип Ресничные*, или *Инфузории*.

ТИП САРКОМАСТИГОФОРЫ

Класс Саркодовые

Отряд амебы

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Среда обитания	В пресных водоемах, в небольших прудах и канавах с илистым дном. В море, а также в почве. Небольшое число — паразиты
Форма тела	Не имеет постоянной формы тела. Размер — 0,5 мм
Передвижение	С помощью псевдоподий
Питание	Фагоцитоз. Пиноцитоз. Питается бактериями и одноклеточными водорослями
Выделение	Осуществляется в любом месте поверхности тела через сократительную вакуоль
Дыхание	Через всю поверхность тела
Раздражимость	В виде таксисов. Имеет положительный таксис на пищу и свет, отрицательный на соль
Ядерный аппарат	Одно крупное ядро
Размножение	Деление надвое. Половое размножение отсутствует
Способность к инцистированию	При наступлении неблагоприятных условий, например подсыхание, способна инцистироваться

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Внешнее строение. Размеры довольно разнообразны — от 10—15 мкм до 3 мм. Тело покрыто тонкой *цитоплазматической мембраной*, под которой располагается тонкий слой прозрачной плотной *эктоплазмы*, а затем зернистой полу-

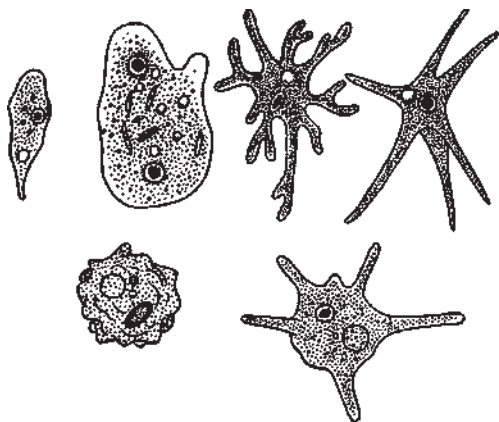


Рис. 47. Формы псевдоподий у различных видов амёб

жидкой *эндоплазмы*, составляющей основную массу тела. Из-за образования *псевдоподий* амёба не имеет *постоянной формы тела* (рис. 47).

Передвижение осуществляется за счет перетекания с образованием псевдоподий. При этом сначала образуется небольшой выступ *эктоплазмы*, куда начинает перетекать *эндоплазма*, и происходит окончательное формирование псевдоподия

(рис. 48). Затем вся *цитоплазма* перетекает в полость псевдоподия и происходит перемещение амёбы. Скорость движения составляет примерно 200 мкм в минуту.

Питание. При движении амёба натывается на одноклеточные водоросли, бактерии. Если объект достаточно мал, амёба обтекает его с помощью псевдоподий со всех сторон. Таким об-

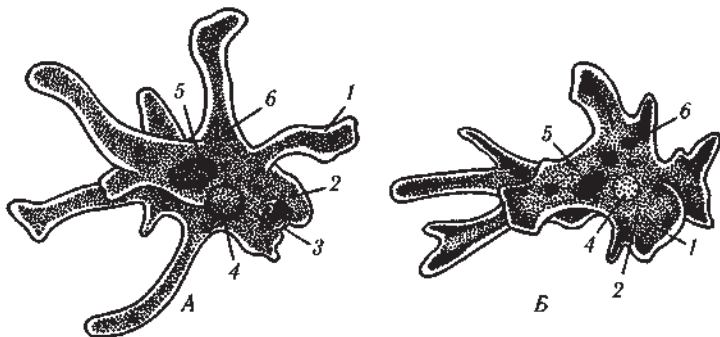


Рис. 48. Амёба (*Amoeba proteus*), захватывающая пищу (А), ползущая (Б) (×200):

1 — *эктоплазма*; 2 — *эндоплазма*; 3 — заглатываемые пищевые частицы; 4 — *сократительная вакуоль*; 5 — *ядро*; 6 — *пищеварительные вакуоли*

разом, объект оказывается внутри клетки — образуется *пищеварительная вакуоль*. Способ заглатывания пищи с помощью псевдоподий называется *фагоцитозом*, а поглощение жидких веществ — *пиноцитозом*. Из эндоплазмы в пищеварительную вакуоль поступают пищеварительные ферменты — происходит *внутриклеточное пищеварение*. Переваренные продукты поступают в цитоплазму. Вакуоль с неперева­ренными остатками пищи подходит к мембране, сливается с ней, а неперева­ренные остатки пищи выбрасываются наружу.

Осморегуляция осуществляется с помощью *пульсирующей*, или *сократительной, вакуоли*. Из цитоплазмы в нее поступает жидкость. Достигнув определенного объема, вакуоль лопа­ется, опорожняя свое содержимое в окружающую среду. Через некоторое время вакуоль образуется снова, и цикл повторяется. Промежуток между двумя пульсациями составляет от 1 до 5 мин. Основная функция сократительной вакуоли — *регуляция осмотического давления* внутри тела. Вода из окружающей среды поступает в тело амебы через мембрану *осмотически*, так как концентрация различных веществ внутри амебы выше, чем в пресной воде. Избыток воды из тела и выводит сократительная вакуоль. У морских и паразитических форм сократительная вакуоль или отсутствует, или сокращается очень редко.

Выделение. Сократительная вакуоль, выводя вместе с водой продукты обмена, выполняет и *выделительную функцию*. Выделение продуктов обмена осуществляется и через наружную мембрану путем диффузии.

Дыхание осуществляется через *всю поверхность тела*. Растворенный в воде кислород поступает с током воды в клетку. Так как сократительная вакуоль способствует току воды через тело амебы, можно сказать, что она играет некоторую роль и в дыхании.

Ядерный аппарат. В эндоплазме находится *пузырьковидное ядро*, обладающее всеми компонентами клеточного ядра: *оболочкой, ядерным соком, хроматином*, одним или несколькими *ядрышками*. Существуют некоторые виды амёб, обладающие несколькими ядрами.

При неблагоприятных условиях амёбы способны *инцистироваться*. При этом амёба втягивает псевдоподии, округляется и образует прочную двойную оболочку белковой природы вокруг

себя. В таком неактивном состоянии амeba может находиться долгое время. При наступлении благоприятных условий амeba выходит из цисты и переходит к активной жизни (рис. 49).

Размножение. Амeбам свойственно *только бесполое размножение*, путем *деления надвое*. В начале происходит *митотическое деление ядра*, затем *делится цитоплазма путем перешнуровывания* (рис. 50).

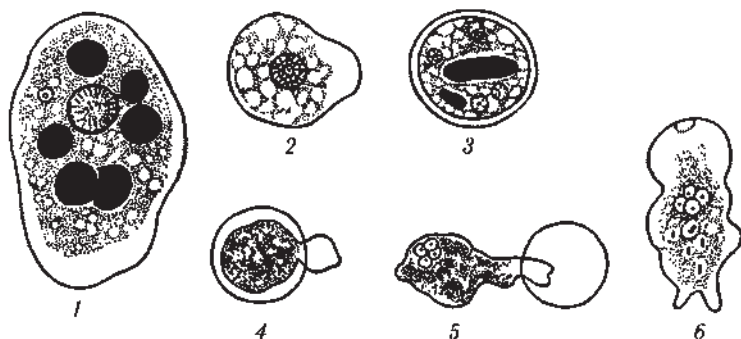


Рис. 49. Паразитическая амeba человека (*Entamoeba histolytica*):

1 — крупная вегетативная форма с заглоченными эритроцитами; 2 — мелкая вегетативная форма; 3 — циста; 4—6 — выход из цисты

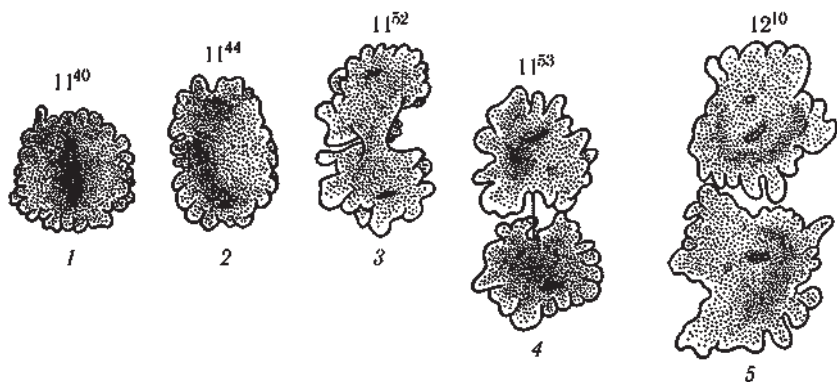


Рис. 50. Последовательные стадии деления амeбы (1—5) с указанием времени их прохождения

Другие представители

Многие виды саркодовых обитают в морях, пресных водах, в почве. Некоторые из морских саркодовых образуют на поверхности тела раковину — *раковинные корненожки* (рис. 51), *радиолярии* (рис. 52), *фораминиферы*.

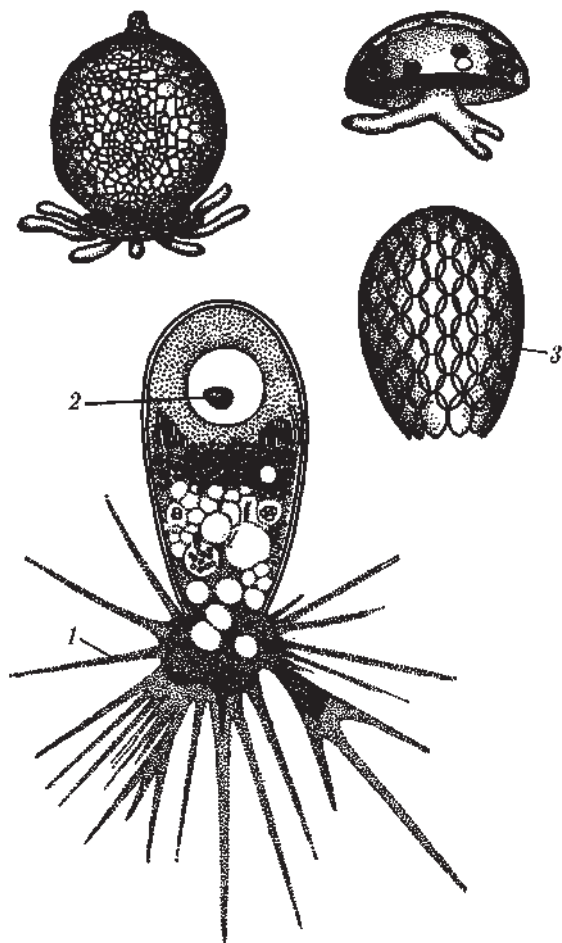


Рис. 51. Некоторые виды раковинных корненожек:

1 — псевдоподии; 2 — ядро; 3 — раковинка

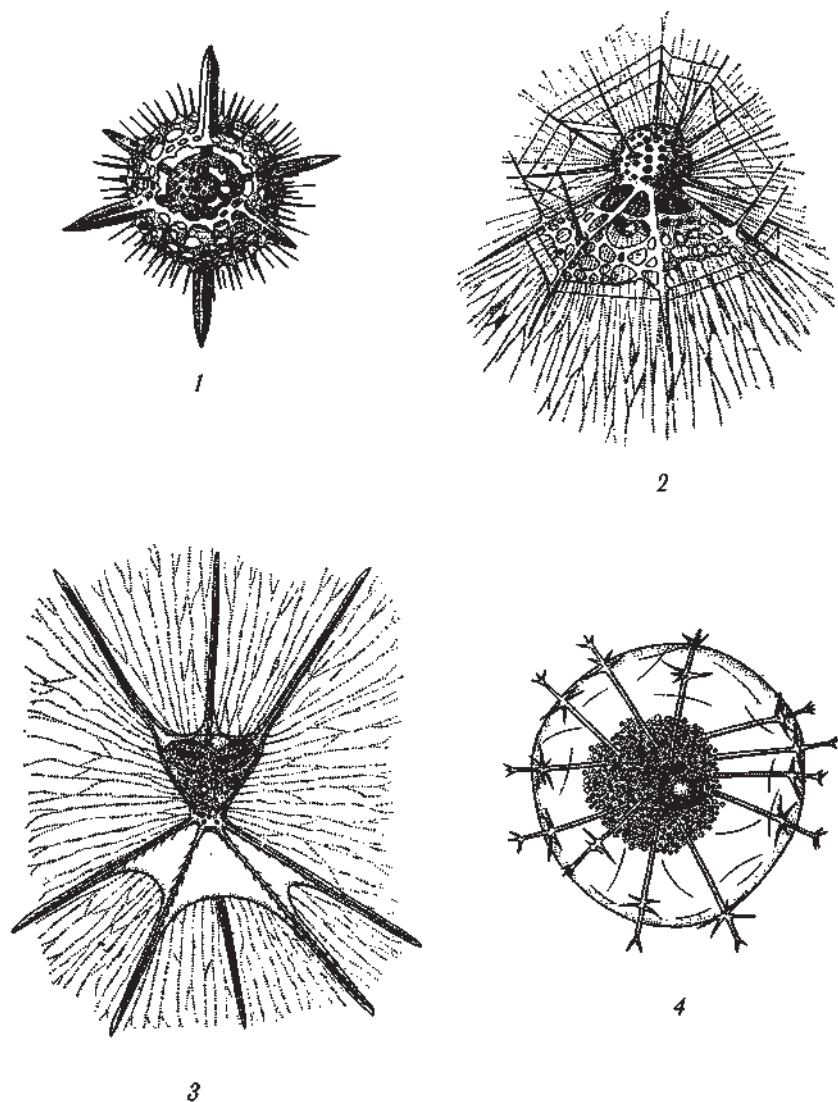


Рис. 52. Строение некоторых видов радиолярий:

1 — три скелетные сферы, вложенные одна в другую; 2 — псевдоподии и лопастная центральная капсула; 3 — псевдоподии, две центральные капсулы со скоплением экскреторных зерен; 4 — ветвящиеся скелетные иглы, центральная капсула и скопление экскреторных зерен

В классе саркодовых присутствуют и *паразитические виды*, например:

— *дизентерийная амeba* — паразит человека, возбудитель *амебной дизентерии*;

— *ротовая амeba* — первая паразитическая амeba, найденная у человека. Часто встречается в *кариозных зубах*. Питается бактериями и лейкоцитами.

Класс Жгутиконосцы

Подкласс Растительные жгутиконосцы

Отряд Эвгленовые

Эвглена зеленая

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Среда обитания	В мелких стоячих пресных водоемах и морях
Форма тела	Постоянная форма тела. Передний конец тела сужен и закруглен, задний — расширен и заострен. Жгутик, как правило, один на переднем конце тела
Передвижение	С помощью жгутика
Питание	Способна к фотосинтезу. Хлорофилл находится в хроматофоре. В темноте эвглена питается, как животные
Выделение	Сократительная вакуоль выделяет только воду. Выделение продуктов обмена осуществляется через всю поверхность тела
Дыхание	Через всю поверхность тела
Раздражимость	В виде хемо-, термотаксисов и др. Имеется специальный органоид светощущения — стигма
Ядерный аппарат	Одно крупное ядро, расположенное в заднем конце тела
Размножение	Размножение бесполое, путем продольного деления тела
Способность к инцистированию	В неблагоприятных условиях происходит инцистирование. Инцистированные эвглены могут делиться один или несколько раз, оставаясь внутри оболочки

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение тела. У большинства видов жгутиконосцев наружный слой эктоплазмы уплотняется и образует плотную оболочку, *пелликулу*. В результате этого жгутиконосцы теряют способность к изменению формы. Размеры и формы у жгутиконосцев довольно разнообразны. Тело может быть яйцевидным, цилиндрическим, шаровидным, бутылковидным (рис. 53).

Передвижение с помощью *жгутиков* на переднем конце тела. Их количество колеблется от 1—2 до нескольких тысяч. Если жгутиков два, то один выполняет локомоторную функцию, второй играет роль руля. Жгутик складывается из двух отделов. Большая часть жгутика, являющаяся *локомоторной*, составляет свободный участок, который отходит от поверхности клетки. Второй отдел погружен в толщу цитоплазмы и образует *базальное тело*, или *кинетосому*. Внутри жгутика находятся в строго закономерном порядке *фибриллы*.

Питание. Движение жгутика вызывает водоворот, который захватывает мелкие взвешенные частички и увлекает их к основанию жгутика. У основания жгутика находится небольшое отверстие в пелликуле — *клеточный рот*, или *цитостом*. Клеточный рот ведет в канал — *глотку*, вдающийся внутрь тела. Пища попадает в рот и глотку и далее в эндоплазме образуется *пищеварительная вакуоль*. У жгутиконосцев, питающихся жидкой органической пищей, усвоение ее происходит всей поверхностью тела. Растительные жгутиконосцы способны к *фотосинтезу*.

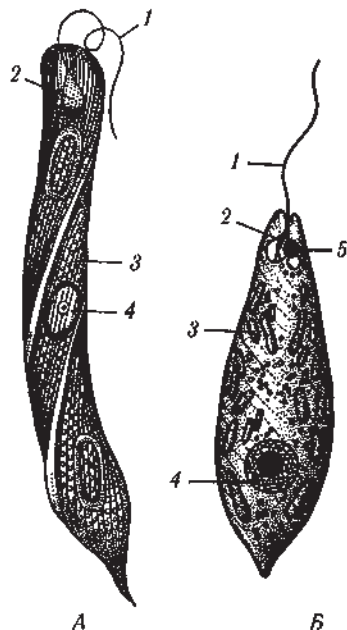


Рис. 53. Два вида эвглен — *Euglena oxyuris* (А) и *E. viridis* (Б):

1 — жгутик; 2 — сократительная вакуоль; 3 — хроматофоры; 4 — ядро; 5 — глазок

Хлорофилл у автотрофных жгутиконосцев локализуется в *хроматофорах*, похожих по строению на хлоропласты высших растений. Некоторые автотрофные жгутиконосцы могут переходить к *сапрофитному* способу питания, теряя при этом зеленую окраску. Некоторые жгутиконосцы могут одновременно осуществлять и фотосинтез, и сапрофитное питание.

Осморегуляция у жгутиконосцев осуществляется сократительными вакуолями, которые имеются у свободноживущих пресноводных форм и отсутствуют у большинства морских и всех паразитических видов.

Выделение и дыхание у жгутиконосцев осуществляется по типу саркодовых.

Размножение и инцистирование. Для большинства жгутиконосцев известно *только бесполое размножение* — *деление надвое*. Деление всегда происходит в *продольном направлении*, что является характерной чертой данного класса. Вначале происходит митотическое деления ядра, а затем, начиная с переднего конца, постепенно делится все тело. При делении жгутик иногда отходит к одной из новых клеток, а у другой он образуется вновь из кинетосомы. Иногда жгутик отбрасывается и образуется заново у обеих дочерних особей. Деление может совершаться и в состоянии цисты. Под защитой цисты происходит одно или несколько делений, но при этом объем тела животного не увеличивается.

Половой процесс протекает в виде *копуляции*, при которой происходит слияние цитоплазм двух клеток с образованием *зиготы*, которая далее размножается бесполом путем.

Подкласс Животные жгутиконосцы

Гетеротрофные жгутиконосцы ведут свободноживущий или паразитический образ жизни. Среди них есть паразиты человека (рис. 54).

Трипаносома — возбудитель *трипаносомоза* — *африканской сонной болезни*. Природным резервуаром возбудителей служат антилопы, а переносчиками — муха це-це.

Лейшмании — возбудители кожного *лейшманиоза* и заболеваний внутренних органов. Резервуаром лейшманий в природе являются грызуны и собаки, переносчиками — москиты.

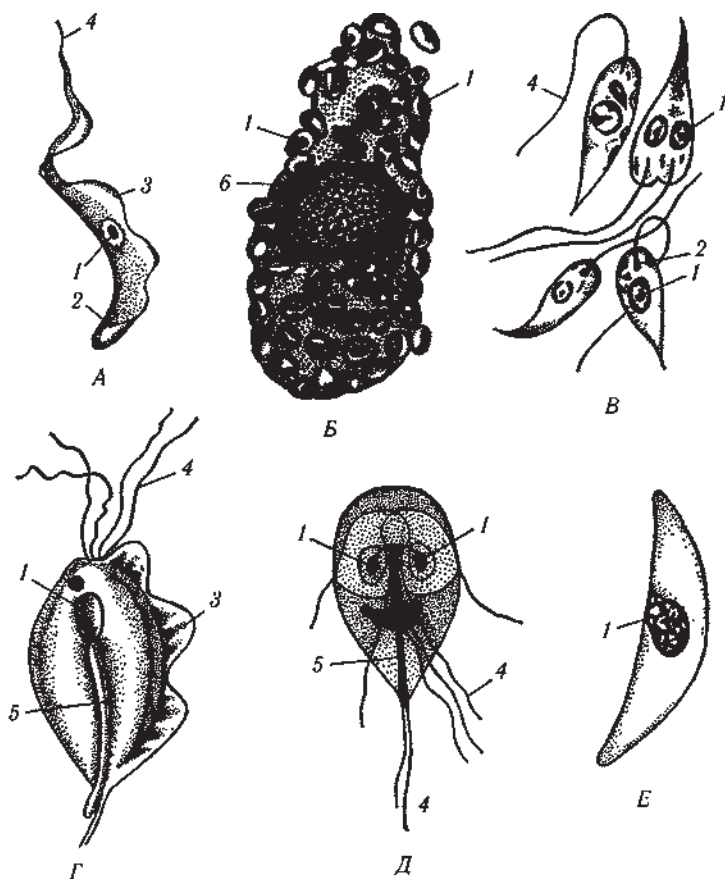


Рис. 54. Паразитические жгутиконосцы. А — трипаносома; Б — лейшмания в клетке эндотелия человека; В — лейшмании вне организма-хозяина (жгутиковая стадия); Г — трихомонада; Д — лямблия; Е — токсоплазма:

1 — ядро; 2 — базальное ядро жгутика; 3 — ундулирующая мембрана; 4 — свободный конец жгутика; 5 — аксостиль; 6 — ядро клетки, в которой паразитирует лейшмания

Лямблии — возбудители лямблиоза, поражающего тонкий кишечник и печень.

Опалины — крупные многоядерные паразитические простейшие, живущие в заднем отделе кишечника различных амфибий.

ТИП СПОРОВИКИ

Тип споровиков включает простейших, ведущих *исключительно паразитический образ жизни*. Общей чертой для них является сложный жизненный цикл с чередованием полового и бесполого размножения, которые происходят часто в разных организмах. Для бесполого размножения характерна *шизогония* (многократное деление ядра). К споровикам относят возбудители опасных болезней человека.

Кровяные споровики — обширная группа широко распространенных паразитических простейших, часть жизненного цикла которых протекает в эритроцитах позвоночных животных — млекопитающих, птиц, рептилий.

Малярийный плазмодий — возбудитель *малярии*. Человек является промежуточным хозяином в цикле развития животного — в нем происходит *бесполое размножение плазмодия*. Окончательный хозяин — малярийный комар — в нем происходит *половое размножение плазмодия*. То есть весь цикл развития малярийного плазмодия протекает внутри какого-нибудь организма. В связи с этим у малярийного плазмодия на всех стадиях отсутствуют защитные оболочки. У человека паразитирует несколько видов плазмодия, вызывающие различные виды малярии: *трехдневная малярия* с приступами, повторяющимися через 48 ч; *четырёхдневная малярия* с приступами через 72 ч; *тропическая малярия* с приступами через 48 ч и нередко очень тяжелым течением болезни.

ТИП РЕСНИЧНЫЕ, ИЛИ ИНFUЗОРИИ

Класс Ресничные инфузории

Инфузория туфелька, или парамеция

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Среда обитания	Инфузория туфелька — типичный представитель класса, обитает в стоячих пресных водоемах
Форма тела	Имеет постоянную удлинённую подошвообразную форму тела

Передвижение	С помощью ресничек
Питание	На брюшной стороне находится предротовое углубление — клеточный рот, переходящий в клеточную глотку, на дне которой образуется пищеварительная вакуоль
Выделение	Сократительной вакуолью или путем диффузии через всю поверхность тела
Дыхание	Через всю поверхность тела
Раздражимость	Обладают хемотаксисом
Ядерный аппарат	Два различных по строению и функциям ядра: большое, или вегетативное, ядро и малое, генеративное
Размножение	Бесполом способом путем поперечного деления. Половое размножение — конъюгация
Способность к инцистированию	Обладает. Во время инцистирования может происходить бесполое размножение

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение. Инфузории имеют очень разнообразную форму, но чаще они *продольно овальные* (рис. 55). Цитоплазма всегда разделена на *эктоплазму*, или *кортекс*, и *эндоплазму*. Наружный слой эктоплазмы образует прочную *эластичную пелликулу*. У многих инфузорий в эктоплазме залегают особые защитные образования — *трихоцисты*. При раздражении животного трихоцисты выстреливают наружу, превращаясь в тонкую нить. Нити вонзаются в тело добычи. Вещество, которое при этом туда попадает, оказывает сильное парализующее действие.

Передвижение. Характерным признаком инфузорий служит наличие на их теле *многочисленных ресничек*. Число ресничек может достигать 10—15 тыс., например, у инфузории туфельки. Реснички берут начало в эктоплазме от *кинетосом*, или *базальных телец*. Строение ресничек такое же, как и у жгутика.

Питание. Для инфузорий характерно наличие *клеточного рта*, который отсутствует у эндопаразитических форм, поглощающих пищу всей поверхностью тела. Клеточный рот может располагаться на переднем конце тела или смещаться на

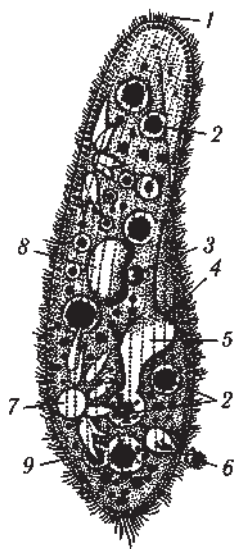


Рис. 55. Инфузория туфелька (*Paramecium caudatum*):

1 — реснички; 2 — пищеварительные вакуоли; 3 — микронуклеус; 4 — ротовое отверстие; 5 — глотка; 6 — порошица; 7 — сократительная вакуоль (центральный резервуар и проводящие каналы); 8 — макронуклеус; 9 — трихоцисты

брюшную сторону. Если клеточный рот располагается на брюшной стороне тела, то часто образуется *предротовое углубление*, или *перистом*. На дне перистома открывается *ротовое отверстие*, ведущее в *глотку* и далее в эндоплазму. В области ротового отверстия дифференцируется *ресничный аппарат*, который приобретает новую функцию — *направления пищи к ротовому отверстию*. На дне глотки в эндоплазме образуется *пищеварительная вакуоль*. Во время передвижения пищеварительной вакуоли происходит переваривание пищи под действием пищеварительных ферментов, поступающих в вакуоль из эндоплазмы. Непереваренные остатки пищи выбрасываются через специальное отверстие на заднем конце тела — *порошицу*.

Осморегуляция и выделение. На границе между эктоплазмой и эндоплазмой у большинства инфузорий располагаются *сократительные вакуоли*. Вакуоль наполняется жидкостью из *приводящих каналов*, расположенных вокруг нее, в которые выделяемая жидкость поступает из цитоплазмы. Наполненная жидкостью вакуоль сокращается, жидкость через выводящий канал выливается наружу. Далее цикл повторяется. У морских форм сократительная вакуоль может отсутствовать. Сократительная вакуоль выполняет основную функцию — *поддержание постоянного осмотического давления* и второстепенную — *выделение продуктов обмена*. В основном же продукты обмена веществ выводятся через пелликулу путем диффузии.

Дыхание. Среди инфузорий имеются *аэробные формы*, например свободноживущие инфузории. Поступление кислорода происходит у них путем диффузии. *Анаэробные формы* пред-

ставлены в основном паразитическими инфузориями, для них свободный кислород ядовит.

Ядерный аппарат инфузорий располагается в эндоплазме и состоит из двух ядер. Крупный *макронуклеус* богат хроматином различной формы. Маленький *микронуклеус* обычно *диплоидный*. Макронуклеус и микронуклеус различаются не только по размерам, но и функционально. Макронуклеус — *ядро вегетативное*. Хромосомы микронуклеуса способны к репликации, что и происходит перед каждым делением. Микронуклеус служит своеобразным «депо» наследственной информации.

Размножение инфузорий может происходить *бесполым способом* за счет *поперечного деления* клетки, сопровождаемого делением ядер (рис. 56). Микронуклеус делится *митозом*. Макронуклеус делится *митозом* или *эндомитозом*. Во время деления у дочерних клеток происходит реорганизация большинства цитоплазматических органоидов. Обычно заново возникают ротовые аппараты, новые реснички. Иногда бесполому размножению предшествует *инцистирование*. В таком случае деление происходит внутри цисты. При размножении в цистах (или в цистах размножения) происходит деление не на 2, а на 4 и большее число особей. При этом размеры дочерних инфузорий гораздо меньше материнской, так как при таком делении *не происходит роста инфузорий*. Рост возобновляется после выхода из цисты.

Бесполое размножение при благоприятных условиях может происходить у некоторых инфузорий до 2—3 раз в сутки.

Половое размножение у инфузорий носит название *конъюгация* (рис. 57). При конъюгации происходит временное соединение двух инфузорий, но полного слияния не про-

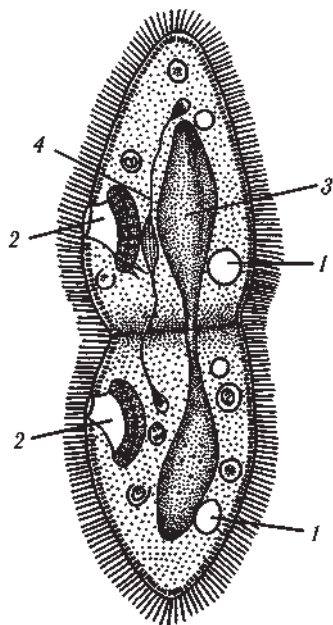


Рис. 56. Делящаяся инфузория туфелька:

1 — сократительная вакуоль; 2 — рот; 3 — делящийся макронуклеус; 4 — делящийся микронуклеус

исходит. Макронуклеус при конъюгации распадается и растворяется в цитоплазме. Микронуклеус делится *мейозом*. Из четырех образовавшихся ядер остается одно. Оно делится митозом, в результате образуются два ядра, которые являются *половыми ядрами*, или *пронуклеусами*. Один из пронуклеусов *мужской*, или *мигрирующий*, переходит в другую особь и сливается с *женским*, или *стационарным*, ядром. Образовавшееся диплоидное ядро начинает делиться. Часть образовавшихся ядер преобразуются в макронуклеус, часть образуют микронуклеус.

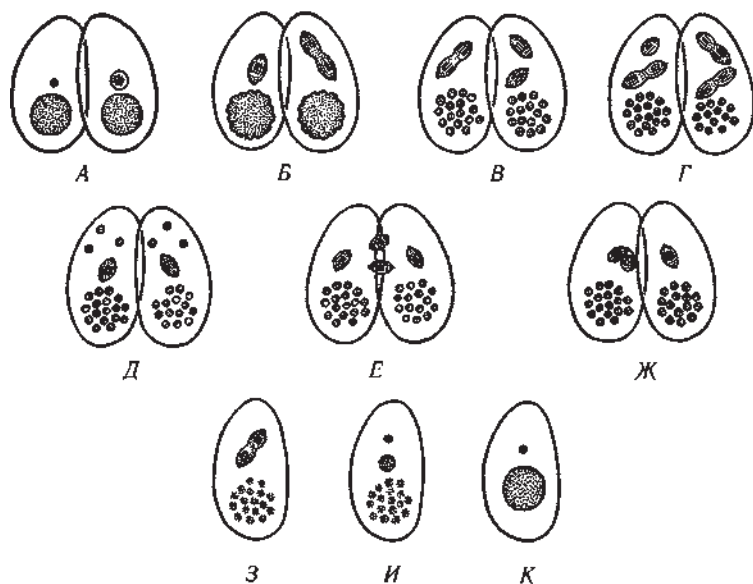


Рис. 57. Схема конъюгации инфузорий:

А — начало конъюгации, в левой особи ядерный аппарат без изменений, в правой микронуклеус вздут; Б — первое мейотическое деление микронуклеуса, в левой особи метафаза, в правой — анафаза, начало распада макронуклеуса; В — в левой особи окончание первого деления микронуклеуса, в правой — начало второго деления микронуклеуса, распад макронуклеусов; Г — второе деление микронуклеуса; Д — один микронуклеус в каждой особи приступает к третьему делению, по три — дегенерируют; Е — обмен мигрирующими пронуклеусами; Ж — слияние пронуклеусов, образование синкариона; З — деление синкариона; И — начало превращения одного из продуктов деления синкариона в макронуклеус; К — развитие ядерного аппарата закончено

Подцарство Многоклеточные

.....

Многоклеточные организмы отличаются от Простейших не только количеством клеток в организме. Одной из главных особенностей многоклеточных является то, что в их организме клетки подвергаются *дифференцировке, разделению функций в зависимости от местоположения*. Это приводит к образованию специализированных тканей, которые формируют органы. Совокупность органов образует систему органов. Но стоит отметить один важный факт — вследствие дифференцировки клетки многоклеточных организмов потеряли самостоятельность — вне организма (в естественных условиях) клетки многоклеточного организма существовать не могут.

ТИП КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ

Морские, реже пресноводные животные, ведущие прикрепленный образ жизни или плавающие в воде. Прикрепленные формы называются *полипами*, плавающие — *медузами*.

Двухслойные животные, их тело состоит из двух клеточных слоев: наружного — *эктодермы* и внутреннего — *энтодермы*. Энтодерма образует *кишечную*, или *гастральную, полость*. Гастральная полость сообщается с окружающей средой отверстием, которое функционирует как *ротовое* и *анальное*. Между эктодермой и энтодермой находится *мезоглея*. У полипов мезоглея образует опорную пластинку, а у медуз — толстый студенистый слой.

Клетки эктодермы выполняют защитную и двигательную функции. В эктодерме имеются особые *стрекательные* клетки, служащие для защиты и нападения. Клетки энтодермы выстилают гастральную полость и выполняют в основном пищеварительную функцию. Пищеварение *внутриклеточное* и *полостное*.

Дыхание происходит через *всю поверхность тела*.

Нервная система *рассеянного*, или *диффузного*, типа. Имеется *осязательная* чувствительность, а у медуз в связи с пла-

вающим образом жизни световоспринимающие «глаза» и *органы равновесия*.

Кишечнополостные имеют *радиальную*, или *лучевую*, *симметрию*.

Бесполое размножение *почкованием*. Половые органы представлены *гонадами*. Оплодотворение внешнее. Для некоторых представителей характерно чередование бесполого (полип) и полового (медуза) поколений в жизненном цикле.

Тип кишечнополостных включает следующие классы: *Гидрозои*, *Сцифоидные медузы*, *Коралловые полипы*.

Класс Гидрозои

Пресноводная гидра

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Среда обитания	Пресноводные двухслойные животные. Ведут прикрепленный образ жизни
Внешний вид	Мешковидное до 1,5 см. Лучевая симметрия. Рот на переднем конце тела окружен щупальцами, подошва — задний конец тела, для прикрепления
Покров тела	Эктодерма — наружный слой, энтодерма — внутренний слой, мезоглея — средний слой
Полость тела	Полости тела нет. Есть только кишечная полость
Пищеварительная система	Слепо замкнутая кишечная полость. Ротовое отверстие для поступления пищи и для выбрасывания непереваренных остатков пищи. Пищеварение внутриполостное и внутриклеточное
Выделительная система	Клетками эктодермы
Нервная система	Нервные клетки звездчатого типа. Диффузная нервная система
Органы чувств	Не развиты
Органы дыхания	Отсутствуют. Дыхание через всю поверхность тела
Размножение	Бесполое — почкованием. Гермафродиты. Оплодотворение перекрестное.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

К данному классу относятся мелкие формы кишечнополостных. *Полипы* и *медузы*, относящиеся к данному классу, называются *гидроидными*.

Строение. Тело гидры представляет собой *продолговатый двухслойный мешок*, прикрепленный основанием, или *подошвой*, к субстрату (рис. 58). Наружный слой — *эктодерма*, внутренний слой — *энтодерма*. Между слоями находится пространство — *мезоглея*.

На свободном конце тела имеется *ротовой конус*, окруженный венчиком из 6—12 *щупалец*. На ротовом конусе располагается *рот*, служащий и *анальным отверстием*. Вся поверхность тела покрыта *эктодермой*, состоящей в основном из *цилиндрических* или *кубических эпителиальных клеток*. Их основание вытянуто по направлению кверху и книзу, по продольной оси тела, в длинный отросток. Цитоплазма отростка дифференцируется в виде *сократительных волоконцев*, в связи с этим отросток играет *мускульную* роль. Цилиндрические части клеток образуют *однослойный эпителий*. Таким образом, клетки выполняют двойную функцию — *покровную* и *двигательную* и называются *эпителиально-мускульными*. При одновременном сокращении всех мускульных отростков тело гидры укорачивается. Между эпителиально-мускульными клетками располагаются мелкие *промежуточные клетки*, которые участвуют в формировании *стрекательных* и *половых клеток*, а также в процессе *регенерации* — восстановлении утраченных частей тела или органов. Непосредственно под эпителием располагаются *нервные клетки звездчатой формы*. Соединяясь своими отростками, нервные клетки образуют нервную систему *рассеянного*, или *диффузного, типа*. Особое значение в эктодерме имеют стрекательные клетки, или *капсулы*, служащие для нападения и защиты.

Энтодерма выстилает всю *гастральную*, или *пищеварительную, полость*. Основу клеток энтодермы составляют *эпителиально-мускульные пищеварительные клетки*. Мускульные отростки данных клеток, в отличие от эктодермальных, расположены поперечно по отношению к продольной оси тела. При их сокращении тело гидры сужается и становится тоньше. К числу энтодермальных клеток относятся *железистые клетки*, выделяющие в гастральную полость пищеварительные ферменты, и *клетки, обладающие фагоцитарной активностью*. Последние

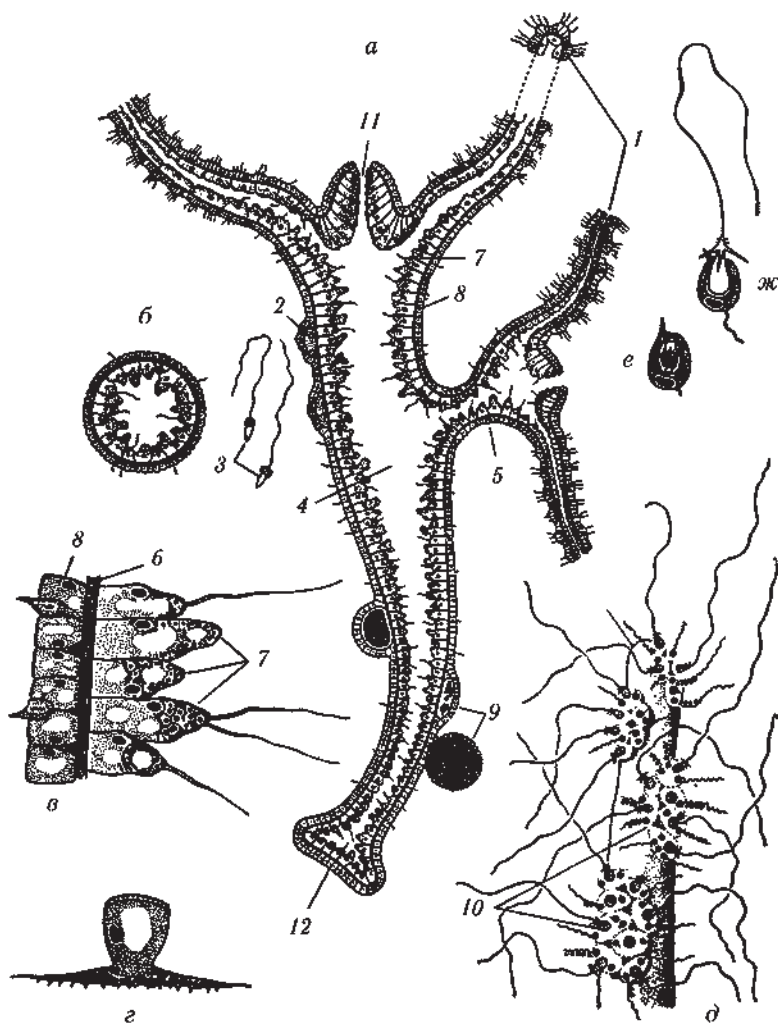


Рис. 58. Строение пресноводной гидры:

a — продольный разрез; *б* — поперечный разрез; *в* — двухслойность тела; *г* — эпителиально-мышечная клетка; *д* — щупальце с выброшенными стрекательными нитями; *е, ж* — стрекательные клетки; *1* — щупальца; *2* — семенник; *3* — сперматозоиды; *4* — гастральная полость; *5* — отпочковывающаяся молодая гидра; *6* — опорная пластинка; *7* — энтодерма; *8* — эктодерма; *9* — яйцо на разных стадиях развития; *10* — стрекательные клетки; *11* — ротовое отверстие; *12* — подошва

способны захватывать частицы пищи с помощью движения 1—3 жгутиков и образования псевдоподий. Таким образом, у гидры сочетаются два вида пищеварения: *внутриклеточное* и *полостное*.

Мезоглея представлена в виде тонкой бесструктурной пластинки — *базальной мембраны*.

Бесполое размножение. Приблизительно на уровне середины тела гидры имеется так называемый *пояс почкования*, где время от времени образуется *почка*, из которой в дальнейшем формируется новая особь. После образования рта и щупалец почка у основания отшнуровывается, попадает на дно и начинает самостоятельное существование. Такой способ бесполого размножения носит название *почкование*.

Половое размножение. С приближением холодов гидры начинают размножаться половым путем. Промежуточные клетки эктодермы могут превращаться непосредственно в *яйца* или же многократным делением — в *сперматозоиды*. Промежуточные клетки, которые образуют яйца, *располагаются ближе к основанию гидры*, а те, которые образуют сперматозоиды, — *к ротовому отверстию*. Яйца оплодотворяются *в теле матери* осенью и окружаются плотной оболочкой, потом материнская особь погибает, а яйца остаются в покоем состоянии до весны. Весной из них развивается новая особь. Гидры *раздельнополы*, но встречаются и *гермафродитные* виды.

Морские гидроидные полипы

Большинство морских гидроидных полипов образуют колонии. Колонии чаще всего имеют вид деревца или кустарника. Ствол ветвится, ветви образуют отдельные колонии — *гидранты*. Гастральные полости всех гидрантов сообщаются между собой, таким образом пища, захваченная одним гидрантом, распределяется по всей колонии. У морских гидроидных полипов эктодермальный эпителий образует особую оболочку — *теку*, которая придает всей колонии большую устойчивость.

Морские гидроидные полипы размножаются *только бесполом способом* — *почкованием*. Половое размножение осуществляют *половые особи* — *медузы*, которые образуются на полипе путем почкования и переходят к свободноплавающему образу жизни. Медузы имеют ту же схему строения, что и полипы, хотя

есть и отличия (рис. 59, 60). Тело медуз характеризуется *сильным развитием мезоглеи*, которая содержит большое количество воды. Значительно сложнее устроена и нервная система. У медуз по краю зонтика образуется *сплошное нервное кольцо*. Имеются органы чувств: *глазки* и *статоцисты* (*органы равновесия*). Медузы *раздельнополы*. Половые железы располагаются на нижней стороне зонтика между эктодермой и мезоглеей. Оплодотворение и развитие яиц протекает *во внешней среде*. Из яиц образуется личинка *паренхимула*, затем вторая личинка — *планула*, которая некоторое время свободно плавает, затем опускается на дно и дает начало полипу. Из полипа в дальней-

Рис. 59. Строение гидроидного полипа (А) и гидроидной медузы (Б), перевернутой ротовым отверстием вверх:

1 — рот; 2 — щупальца; 3 — гастральная полость; 4 — мезоглея; 5 — радиальный канал; 6 — парус

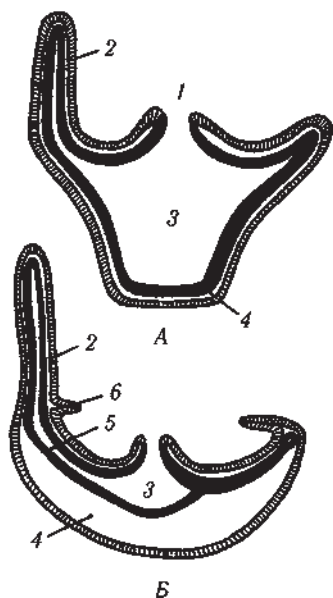
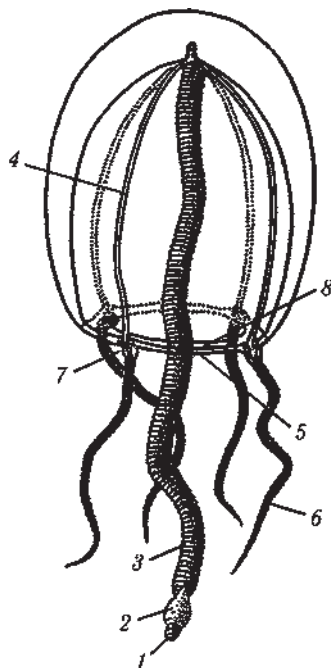


Рис. 60. Схема строения гидроидной медузы:

1 — рот; 2 — ротовой стебелек с гонадой (3); 4 — радиальные каналы; 5 — кольцевой канал; 6 — щупальца; 7 — глазки; 8 — парус



шем образуется новая колония, и цикл повторяется. Таким образом, жизнь гидроидных полипов состоит из двух поколений. *Одно поколение — полипы*, ведут сидячий образ жизни и размножаются бесполым способом. *Второе поколение — медузы*, ведут свободноплавающий образ жизни и размножаются половым способом. То есть у гидроидных полипов происходит *чередование поколений*.

Класс Сцифоидные медузы

К этому классу относятся *медузы*, обитающие только в морях. Они крупнее гидроидных медуз, и строение их более сложное (рис. 61). Рот оканчивается глоткой, желудочная полость разделена на камеры. Кольцевой канал, идущий по краю тела, объединяет каналы, отходящие от желудка, образуя *гастроваскулярную* систему. Появляются скопления нервных клеток в виде *ганглиев*. Половые клетки образуются в *гонадах* — половых железах, расположенных в энтодерме. Развитие идет с чередованием поколений (рис. 62).

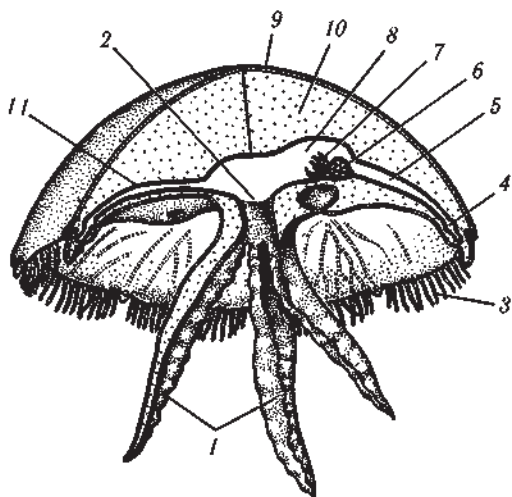


Рис. 61. Схема строения сцифоидной медузы:

1 — ротовые лопасти; 2 — ротовое отверстие; 3 — щупальца; 4 — кольцевой канал; 5 — радиальный канал; 6 — гонада; 7 — гастральные нити; 8 — желудок; 9 — эктодерма; 10 — мезоглея; 11 — энтодерма

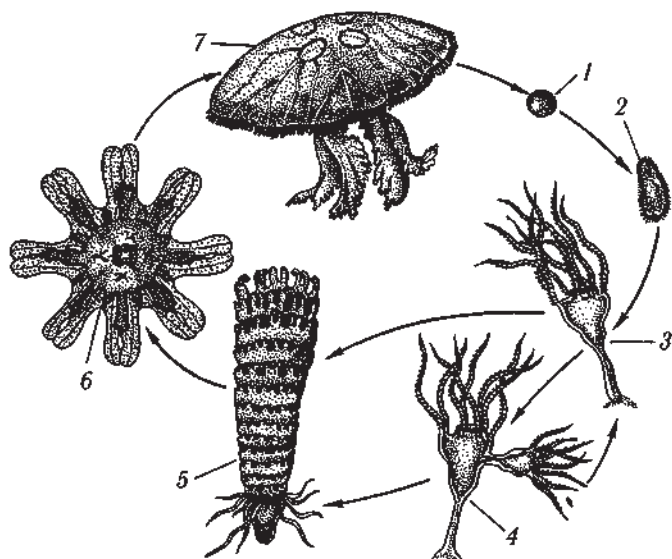


Рис. 62. Развитие сцифоидной медузы:

1 — яйцо; 2 — планула; 3 — сцифистома; 4 — почкующаяся сцифистома; 5 — стробилиция; 6 — эфира; 7 — взрослая медуза

Класс Коралловые полипы

Коралловые полипы имеют только одну жизненную форму — *полип*. У них отсутствует чередование поколений. Морские, одиночные, большей частью колониальные животные. От других классов коралловые полипы отличаются наличием твердого известкового скелета, а также мышечных волокон в эктодерме и энтодерме, позволяющих им изменять форму тела.

ТИП ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ

Для животных, относящихся к типу плоских червей, характерно наличие *трех зародышевых листов*: *экто-, эндо- и мезодермы*. Таким образом, плоские черви относятся к *трехслойным животным*. Появляется *двусторонняя*, или *билатеральная, симметрия тела*. Важной особенностью является

наличие *кожно-мускульного мешка*. Впервые появляются специализированные органы и системы органов: *пищеварительная, выделительная, нервная и половая*. Плоские черви *бесполостные* (ацеломические), или *паренхиматозные, животные*. Пищеварительная система *слепозамкнутая* — отсутствует заднепроходное отверстие. Плоские черви *первичноротые животные*. Плоские черви *гермафродиты*.

Среди плоских червей имеются как *свободноживущие*, так и *паразитические формы*. У паразитических форм пищеварительная система может быть полностью редуцирована.

Тип Плоские черви включает следующие классы: *Ресничные черви, Сосальщики, Ленточные черви*.

Класс Ресничные черви

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Среда обитания и внешний вид	Размеры 10—15 мм, листовидной формы, обитают в прудах и слабопроточных водоемах
Покров тела и кожно-мускульный мешок	Тело покрыто однослойным (ресничным) эпителием. Поверхностный мышечный слой кольцевой, внутренний — продольный и диагональный. Имеются спинно-брюшные мышцы
Полость тела	Полость тела отсутствует. Внутри находится губчатая ткань — паренхима
Пищеварительная система	Состоит из переднего отдела (глотки) и среднего, который имеет вид сильно разветвленных стволов, заканчивающихся слепо
Выделительная система	Протонефридии
Нервная система	Мозговой ганглий и идущие от него нервные стволы
Органы чувств	Осязательные клетки. Одна или больше пар глаз. У некоторых видов имеются органы равновесия
Органы дыхания	Нет. Кислород поступает через всю поверхность тела
Размножение	Гермафродиты. Оплодотворение внутреннее, но перекрестное — нужны две особи

Типичными представителями ресничных червей являются *планарии* (рис. 63).

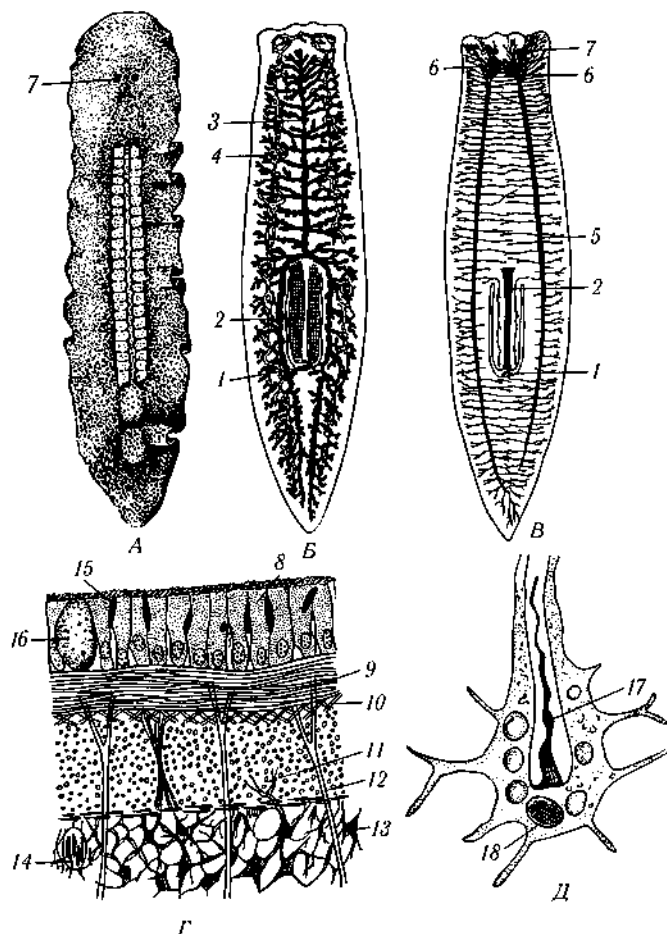


Рис. 63. Морфология плоских червей на примере молочной планарии. А — внешний вид планарии; Б, В — внутренние органы (схемы); Г — часть поперечного разреза через тело молочной планарии; Д — терминальная клетка протонефридальной выделительной системы:

1 — ротовое отверстие; 2 — глотка; 3 — кишечник; 4 — протонефридии; 5 — левый боковой нервный ствол; 6 — головной нервный узел; 7 — глазок; 8 — ресничный эпителий; 9 — кольцевые мышцы; 10 — косые мышцы; 11 — продольные мышцы; 12 — дорсовентральные мышцы; 13 — клетки паренхимы; 14 — клетки, образующие рабдиты; 15 — рабдиты; 16 — одноклеточная железа; 17 — пучок ресничек (мерцательное пламя); 18 — ядро клетки

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Внешний вид и покровы. Тело ресничных червей вытянутое в длину, *листовидное*. Размеры варьируют от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Тело бесцветное или белого цвета. Чаще всего ресничные черви окрашены в различные цвета зернами *пигмента*, залегающего в коже.

Тело покрыто *однослойным мерцательным эпителием*. В покровах имеются *кожные железы*, разбросанные по всему телу или собранные в комплексы. Представляют интерес разнообразность кожных желез — *рабдитные клетки*, в которых находятся преломляющие свет палочки *рабдиты*. Они лежат перпендикулярно к поверхности тела. При раздражении животного рабдиты выбрасываются наружу и сильно разбухают. В результате на поверхности червя образуется слизь, возможно играющая защитную роль.

Кожно-мускульный мешок. Под эпителием находится *базальная мембрана*, служащая для придания телу определенной формы и для прикрепления мышц. Совокупность мышц и эпителия образует единый комплекс — *кожно-мускульный мешок*. Мышечная система состоит из нескольких слоев *гладких мышечных волокон*. Наиболее поверхностно располагаются *кольцевые мышцы*, несколько глубже — *продольные* и самые глубокие — *диагональные мышечные волокна*. Кроме перечисленных видов мышечных волокон для ресничных червей характерны *спинно-брюшные*, или *дорзовентральные, мышцы*. Это пучки волокон, идущие от спинной стороны тела к брюшной.

Движение осуществляется за счет биения ресничек (у мелких форм) или сокращения кожно-мускульного мешка (у крупных представителей).

Четко выраженной *полости тела* ресничные черви не имеют. Все промежутки между органами заполнены *паренхимой* — рыхлой соединительной тканью. Небольшие пространства между клетками паренхимы заполнены водянистой жидкостью, благодаря чему может осуществляться передача продуктов от кишечника к внутренним органам и перенос продуктов обмена к выделительной системе. Кроме этого, паренхиму можно рассматривать как опорную ткань.

Пищеварительная система ресничных червей *слепозамкнутая*. Рот служит и для проглатывания пищи, и для выбра-

сывания *непереваренных остатков пищи*. Рот располагается обычно на брюшной стороне тела и ведет в *глотку*. У некоторых крупных ресничных червей, например у пресноводной планарии, ротовое отверстие открывается в *глоточный карман*, в котором находится *мускулистая глотка*, способная вытягиваться и высовываться через рот наружу. *Средняя кишка* у мелких форм ресничных червей представляет собой *ветвящиеся во все стороны каналы*, а у крупных форм кишечник представлен *тремя ветвями*: одной *передней*, идущей к переднему концу тела, и *двумя задними*, идущими по бокам к заднему концу тела.

Главной особенностью **нервной системы** ресничных червей по сравнению с кишечнорастворными является *концентрация нервных элементов у переднего конца тела с формированием двойного узла — мозгового ганглия*, который становится *координирующим центром всего тела*. От ганглия отходят *продольные нервные стволы*, связанные поперечными *кольцевыми перемычками*.

Органы чувств у ресничных червей развиты сравнительно хорошо. Органом осязания служит вся кожа. У некоторых видов функцию осязания выполняют небольшие парные щупальца переднего конца тела. *Органы чувств равновесия* представлены замкнутыми мешочками — *статоцистами*, со слуховыми камешками внутри. *Органы зрения* имеются почти всегда. Глаз может быть одна пара или больше.

Выделительная система впервые появляется как *отдельная система*. Она представлена *двумя или несколькими каналами*, каждый из которых *одним концом открывается наружу*, а *другой сильно ветвится*, образуя сеть каналов различного диаметра. Самые тонкие канальцы или капилляры на своих концах замыкаются особыми клетками — *звездчатыми* (см. рис. 63, Д). От этих клеток в просвет канальцев отходят *пучки ресничек*. Благодаря их постоянной работе не происходит застоя жидкости в теле червя, она поступает в канальцы и в дальнейшем выводится наружу. Выделительная система в виде ветвистых каналов, замкнутых на концах звездчатыми клетками, называется *протонефридиями*.

Половая система по строению довольно разнообразна. Можно отметить, что по сравнению с кишечнорастворными у ресничных червей *появляются специальные выводные протоки* для

выведения половых клеток наружу. Ресничные черви *гермафродиты*. Оплодотворение — *внутреннее*.

Размножение. В большинстве случаев *половым способом*. У большинства червей *развитие прямое*, но у некоторых морских видов *развитие происходит с метаморфозом*. Однако некоторые ресничные черви могут размножаться и *бесполым способом посредством поперечного деления*. При этом в каждой половине тела происходит *регенерация* недостающих органов.

Класс Сосальщики

Класс сосальщиков образован исключительно паразитическими видами, поселяющимися во внутренних органах беспозвоночных и позвоночных животных. Строение сосальщиков напоминает строение ресничных червей.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Среда обитания и внешний вид	Размеры до 5 см. Форма тела чаще листовидная. Характерно наличие присосок. Паразитический образ жизни
Покров тела и аппарат движения	Стенку тела составляет наружный покров и кожно-мускульный мешок, состоящий из продольных, кольцевых и диагональных мышц
Полость тела	Бесполостные животные
Пищеварительная система	Ротовое отверстие в присоске ведет в мускулистую глотку. За глоткой следует пищевод и слепозамкнутый кишечник.
Выделительная система	Протонефридии. Пара собирательных каналов
Нервная система	Парный мозговой ганглий. Три пары нервных стволов
Органы чувств	Глазки имеются у свободноплавающих личинок сосальщиков
Органы дыхания	Нет. В связи с паразитическим образом жизни дыхание происходит по анаэробному типу
Размножение	Почти все сосальщики гермафродиты. Оплодотворение так же, как у ресничных червей

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение и покровы. Тело сосальщиков чаще всего имеет *листовидную форму*. Характерно наличие *присосок*, от которых происходит и название самого класса. Обычно имеются две присоски: *на переднем конце тела*, в которой расположен рот, — *ротовая присоска* и *на брюшной стороне* — орган прикрепления (*брюшная присоска*).

Покровы сосальщиков представлены погруженным эпителием — *тегументом*, лишенным ресничек, что, по-видимому, связано с паразитическим образом жизни. Нередко имеются дополнительные органы прикрепления — *кутикулярные шипики*. Ниже расположен слой *базальной мембраны* и *мышечные волокна*.

Кожно-мускульный мешок представлен двумя слоями мышечных волокон: *наружный слой* — *кольцевыми мышцами* и *внутренний* — *продольными мышцами*.

Полость тела, как и у ресничных червей, *отсутствует*. Внутреннее пространство заполнено *паренхимой*.

Пищеварительная система. Рот, находящийся в *передней присоске*, ведет в *мускулистую глотку*, которая продолжается в *узкий пищевод*. *Средняя кишка* чаще всего состоит из *двух ветвей*, которые отходят от пищевода и тянутся *по бокам тела* кзади. Кишечник заканчивается *слепо* (рис. 64, Б).

Нервная система состоит из *парного мозгового ганглия* и *нервов*, отходящих от ганглия *к переднему концу тела* и *ротовой присоске* и *назад тремя парами продольных стволов*. Все продольные стволы соединены *кольцевыми перемычками*.

Органы чувств из-за паразитического образа жизни у взрослых особей *развиты слабо* и имеются лишь в виде небольших глазков у *личинок сосальщиков*, которые некоторое время свободно плавают в воде. Кожные рецепторы — *сенсиллы*, выполняют функцию *хеморецепторов*.

Выделительная система *протонефридиального типа*. В отличие от ресничных червей у сосальщиков главные каналы *открываются не наружу*, а в общий резервуар на заднем конце тела — *мочевой пузырь*, который открывается наружу *выделительным отверстием*.

Половая система сосальщиков довольно разнообразна, они *гермафродиты* (рис. 64, А).

Размножение и жизненный цикл. Сосальщики размножаются *половым способом*, со сменой поколений, которые отличаются *способом полового размножения*. Взрослое животное является *гермафродитным поколением*, а личинки — *партогенетическим*. Развитие может происходить со *сменой хозяев*.

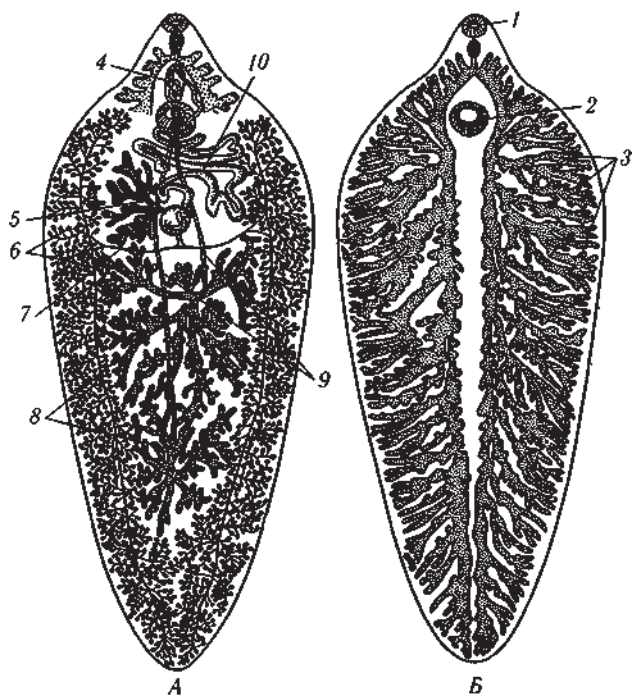


Рис. 64. Печеночная двуустка (*Fasciola hepatica*). Строение половой (А) и пищеварительной (Б) систем:

1 — ротовая присоска; 2 — брюшная присоска; 3 — кишечник; 4 — совокупительный орган; 5 — яичник; 6 — желточники; 7 — желточные протоки; 8 — семенники; 9 — семяпровод; 10 — матка

Специализация. Для сосальщикои характерна *определенная специализация* и упрощение в строении, обусловленное паразитическим образом жизни. Специализация проявляется в наличии *присосок, шипов, крючьев* и других образований на поверхности тела, *мощным развитием половых органов*, прохождением *сложных жизненных циклов* и *интенсивным размножением*. Сложные жизненные циклы сосальщикои связаны с прохождением ряда стадий с одним или несколькими промежуточными хозяевами. На этих стадиях осуществляется половое размножение как с оплодотворением, так и без него, т. е. партеногенетически, что обеспечивает огромное число потомков, необходимое для поддержания существования вида.

Патогенные сосальщики

Сибирская (кошачья) двуустка (рис. 65, Б) паразитирует в печени, реже — в поджелудочной железе. Питается кровью и тканями. Патогенное действие значительно, возможен смертельный исход.

Ланцетовидная двуустка (рис. 65, А) паразитирует в печени овец, коз, крупного рогатого скота и других травоядных животных. У человека встречается редко.

Кровяная двуустка (рис. 65, Г) паразитирует в крупных венозных сосудах брюшной полости человека, а также в венах по-

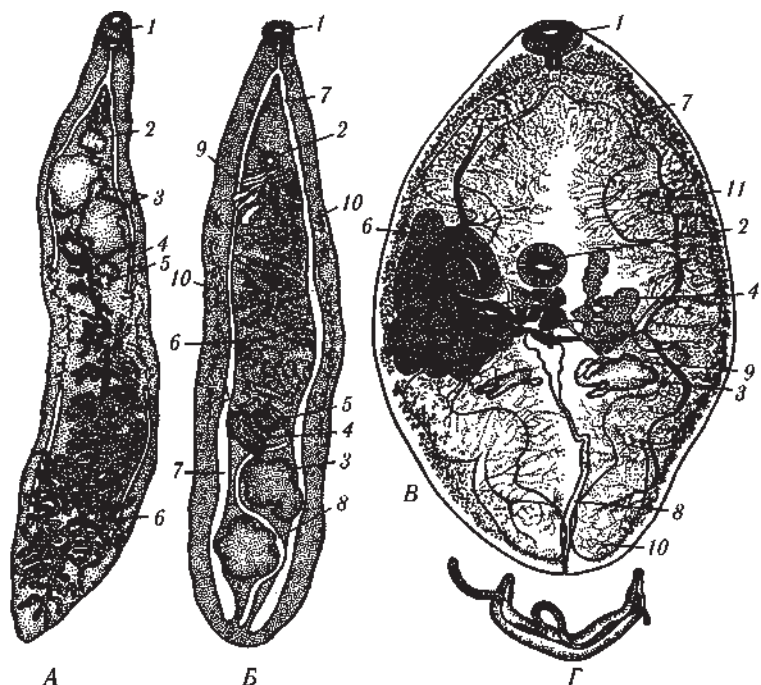


Рис. 65. Патогенные сосальщики. А — ланцетовидная двуустка; Б — кошачья двуустка; В — легочный сосальщик; Г — кровяная двуустка (самец несет самку в своем брюшном желобе):

1 — ротовая присоска; 2 — брюшная присоска; 3 — семенники; 4 — яичник; 5 — семяприемник; 6 — матка; 7 — кишечник; 8 — выделительный канал; 9 — семяпровод; 10 — желточники; 11 — нервный ствол

чек и мочевого пузыря. Характерная особенность — раздельно-полоый сосальщик.

Печеночная двуустка, или печеночный сосальщик, паразитирует в желчных ходах печени овец, крупного рогатого скота и изредка у человека.

Легочный сосальщик (рис. 65, В) паразитирует в легких человека, плотоядных животных и свиней.

Класс Ленточные черви

Все ленточные черви *облигатные эндопаразиты*, в половозрелой стадии паразитирующие в кишечнике.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Среда обитания и внешний вид	Паразиты человека и животных. Тело сильно вытянуто в длину, имеет форму ленты. На переднем конце находится головка, далее — шейка. Тело состоит из члеников. Величина взрослых червей колеблется от 1 мм до 10 м
Покров тела и аппарат движения	Снаружи тело покрыто кутикулой и кожно-мускульным мешком с кольцевыми, продольными и диагональными слоями мышц
Полость тела	Бесполостные животные
Пищеварительная система	Отсутствует, всасывание пищи происходит всей поверхностью тела
Выделительная система	Протонефридии
Нервная система	Передний нервный узел — ганглий, расположенный в головке, и два главных боковых ствола
Органы чувств	Органы чувств представлены чувствительными клетками
Органы дыхания	Нет. В связи с паразитическим образом жизни дыхание происходит по анаэробному типу
Размножение	Гермафродиты. Оплодотворение перекрестное

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение и покровы. Тело ленточных червей вытянуто в длину, *лентовидное* и в большинстве случаев поделено на членики — *проглоттиды*. На переднем конце находится *головка*, или *сколекс*, за которым следует *нерасчлененная шейка*, а за ней — проглоттиды. Сколекс несет приспособления для прикрепления к стенке кишечника — *присоски*, *присасывательные щели* и *крючья*. Проглоттиды имеют четырехугольную форму, их число варьирует от 3 до нескольких тысяч. Рост и увеличение члеников происходит *всю жизнь* червя. Новые членики отшнуровываются от шейки и по направлению кзади их размеры увеличиваются. Все тело ленточных червей называется *стробилой*. Взрослые черви имеют размеры от 1 мм до 10 м (рис. 66).

Поверхностный слой ленточных червей — *тегумент* — морфологически сходен с таковым сосальщиков. Тегумент ленточных червей выделяет специальный *антипротеолитический фермент*, предохраняющий их от переваривания в кишечнике хозяина.

Кожно-мускульный мешок. Непосредственно под базальной мембраной располагается наружный *кольцевой слой мышечных волокон*. *Продольные мышечные* волокна образуют *внутренний слой*. Часто имеется еще третий более глубокий слой *кольцевых мышц*. Имеются *спинно-брюшные мышечные пучки*.

Полость тела отсутствует. Как и у всех плоских червей, внутреннее пространство заполнено *паренхимой*, в которой откладывается значительное количество *гликогена*. Из гликогена в

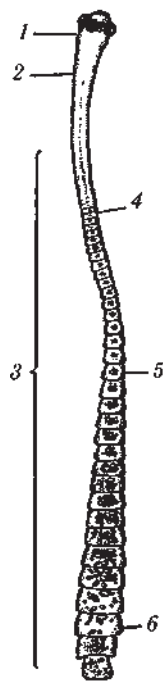


Рис. 66. Строение ленточного червя (карликовый цепень):

1 — головка, или сколекс; 2 — шейка; 3 — стробила; 4 — незрелая проглоттида; 5 — гермафродитная проглоттида; 6 — зрелая проглоттида

результате *анаэробного расщепления* ленточные черви получают энергию для жизнедеятельности.

Отсутствие пищеварительной системы — это наиболее характерный признак ленточных червей. Живя в кишечнике хозяина, черви окружены жидким питательным материалом, который они всасывают *осмотически всей поверхностью тела*. В связи с обитанием в анаэробных условиях энергетические процессы у ленточных червей протекают *по типу брожения*.

Нервная система состоит из *переднего парного мозгового узла*, расположенного в сколексе, и *двух главных боковых стволов*, тянущихся вдоль всего тела.

Органы чувств представлены разбросанными по поверхности тела *чувствительными (осязательными)* клетками, наибольшее количество которых находится на сколексе.

Выделительная система протонефридального типа. Имеются *два главных боковых канала*. На заднем конце два канала, соединяясь, образуют небольшой сократимый *мочевой пузырь*. Но, когда последний членик стробилы отваливается, новый мочевой пузырь *не образуется* и каждый канал открывается наружу своим отверстием.

Половая система в молодых проглоттидах отсутствует, и начинает развиваться по мере их роста. *Вначале* появляются *мужские*, а затем *женские органы*. И только *средние гермафродитные проглоттиды* достигают *половой зрелости* (рис. 67). Оплодотворение *перекрестное*, но иногда наблюдается слияние половых клеток, образующихся в одном и том же членике или разных члениках одного и того же червя. *Последние проглоттиды содержат только матку*, набитую яйцами. Эти проглоттиды называются *зрелыми*. Зрелые проглоттиды периодически отрываются целыми цепочками и выводятся наружу с испражнениями.

Жизненный цикл ленточных червей представляет собой *развитие с метаморфозом*. Но у некоторых, например у эхинококка, *жизненный цикл* включает *стадию бесполого размножения* — пузырчатая стадия, дающая путем почкования множество дочерних сколексов. Таким образом, можно сказать, что для ленточных червей *характерно как половое, так и бесполое размножение*.

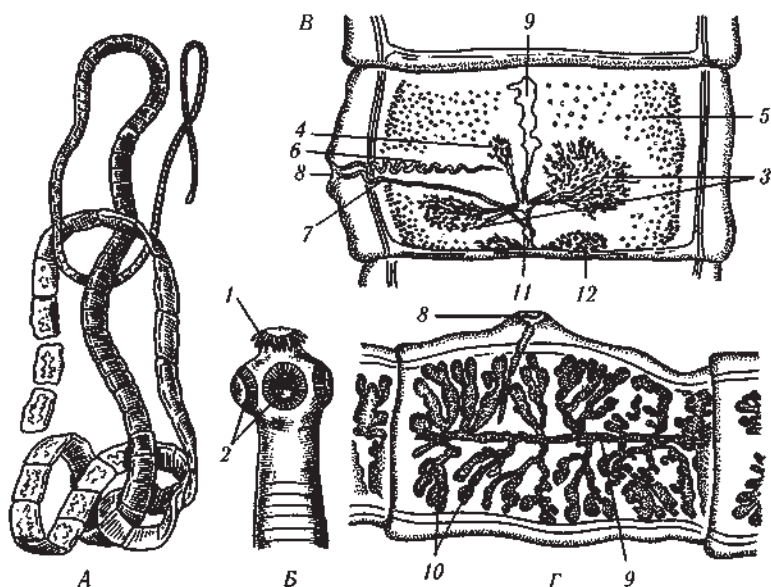


Рис. 67. Цепень вооруженный. А — стробила; Б — сколекс; В — гермафродитная проглоттида; Г — зрелая проглоттида:

1 — крючья на сколексе; 2 — присоски; 3 — яичник; 4 — третья (добавочная) долька яичника; 5 — семенники; 6 — семяпровод; 7 — влагалище; 8 — циррусная сумка; 9 — главный ствол матки; 10 — боковые ответвления матки; 11 — тельце Мелиса; 12 — желточник

Патогенные представители

Цепень вооруженный (свиной солитер) — взрослый червь паразитирует в тонком кишечнике. В стадии финны локализуется в основном в мышцах. У человека обнаруживается в глазах и нервной системе. Промежуточный хозяин — свинья (рис. 68).

Цепень невооруженный (бычий) паразитирует в тонком кишечнике человека. Промежуточный хозяин — крупный рогатый скот.

Цепень карликовый паразитирует в тонком кишечнике.

Эхинококк (рис. 69) в личиночной стадии находится в различных внутренних органах: печени, легких, головном мозге,

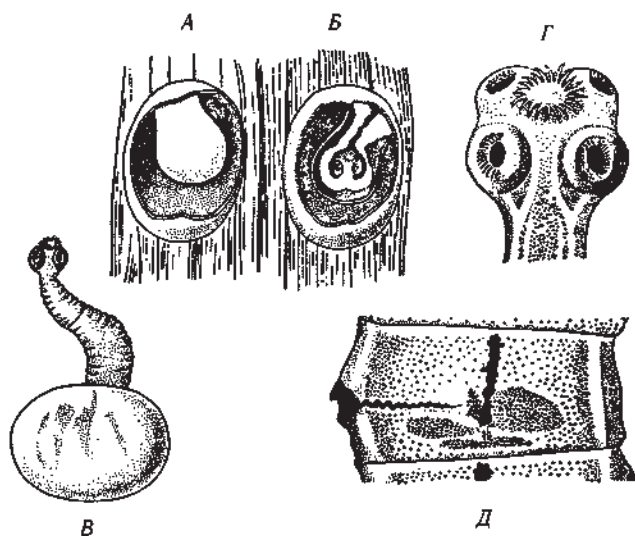


Рис. 68. Стадии развития свиного солитера:

А, Б — финны в свином мясе; В — вывернутая финна; Г — сколекс взрослого червя; Д — гермафродитный членик

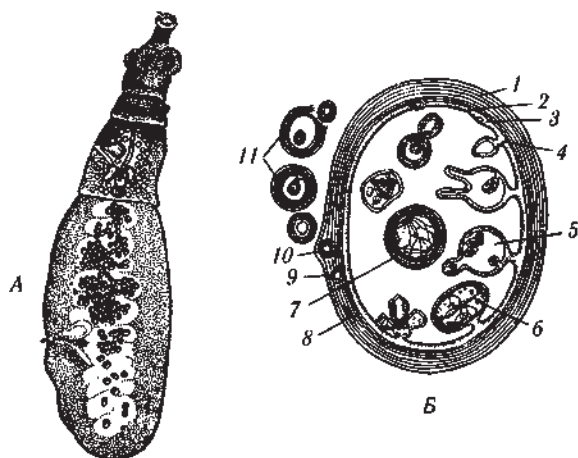


Рис. 69. Эхинококк. А — половозрелая особь; Б — финка:

1 — кутикулярная оболочка; 2 — воспроизводящая оболочка; 3—7 — стадии развития внутренних дочерних пузырей; 8—11 — стадии развития наружных дочерних пузырей

трубчатых костях у коров, овец, свиней, человека. Основной хозяин — собаки, волки.

Лентец широкий паразитирует в тонком кишечнике. Первый промежуточный хозяин — циклоп, второй — рыба (щука, окунь, ерш, налим, форель, лосось).

ТИП КРУГЛЫЕ, ИЛИ ПЕРВИЧНОПОЛОСТНЫЕ, ЧЕРВИ

Круглые черви обитают в различных средах: морских и пресных водоемах, почве, разлагающихся органических веществах. Многие приспособились к паразитическому образу жизни. Для данного типа характерны следующие признаки:

- наличие *первичной полости тела*;
- тело *нечленистое (несегментированное)*, имеющее в поперечном сечении более или менее округлую форму;
- *раздельнополые животные*;
- появляется *третий задний отдел пищеварительной системы с заднепроходным (анальным) отверстием* — пищеварительная система принимает вид трубки.

Класс Собственно круглые черви

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Среда обитания и внешний вид	В основном паразиты, но есть свободноживущие. Тело веретенообразное, нечленистое, в поперечном сечении круглое
Покров тела и аппарат движения	Трехслойные. Кутикула, под которой кожно-мускульный мешок только с продольными мышцами
Полость тела	Первичная полость тела
Пищеварительная система	В виде трубки. Появляется анальное отверстие
Выделительная система	Два выделительных канала
Нервная система	Окологлоточное нервное кольцо. Брюшной и спинной нервные стволы

Органы чувств	Осязательные ямки
Органы дыхания	Отсутствуют. Дыхание у свободноживущих через кожу, у паразитирующих — по анаэробному типу
Размножение	Половое. Раздельнополые. Развитие без промежуточных хозяев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение и покровы. Тело круглых червей имеет *цилиндрическую или веретеновидную форму*. В поперечном сечении тело *круглое*, отсюда и название класса. Тело *не сегментировано*. Снаружи круглые черви имеют сложно устроенную *многослойную кутикулу* (у человеческой аскариды она состоит из 10 слоев). Кутикула выполняет функцию *наружного скелета* (опора для мышц) и *защиты* от механических и химических факторов. Под кутикулой находится *гиподерма*. В гиподерме активно протекают обменные процессы и происходит интенсивный синтез белка. Она же является барьером, задерживающим вредные вещества. Гиподерма образует четыре обращенных внутрь валика (спинной, брюшной и два боковых), между которыми залегают мышечные волокна.

Кожно-мышечный мешок образован *кутикулой, гиподермой и мускулатурой*. Мускулатура круглых червей состоит из *одного продольного слоя*. Мышечный слой состоит из *отдельных клеток, сгруппированных в 4 тяжа продольных мышц*, которые располагаются между валиками гиподермы (рис. 70). *Брюшные и спинные тяжи* действуют как *мышцы-антагонисты*. Поэтому тело круглых червей способно изгибаться только в спинно-брюшном направлении, при этом червь, как правило, передвигается на боку.

Полость тела. Внутри кожно-мышечного мешка имеется заполненная жидкостью *первичная полость тела*, или *псевдоцель*. *Первичная полость тела — пространство между стенкой тела (эктодермой) и кишечником (энтодермой), в котором лежат внутренние органы, характеризуется отсутствием собственной клеточной выстилки*. Данная полость развивается из полости бластулы. В первичной полости располагаются внутренние органы. В полости под большим давлением находится жидкость, что создает опору для соматической мускулатуры (*гидроскелет*). Помимо опорной функции первичная полость

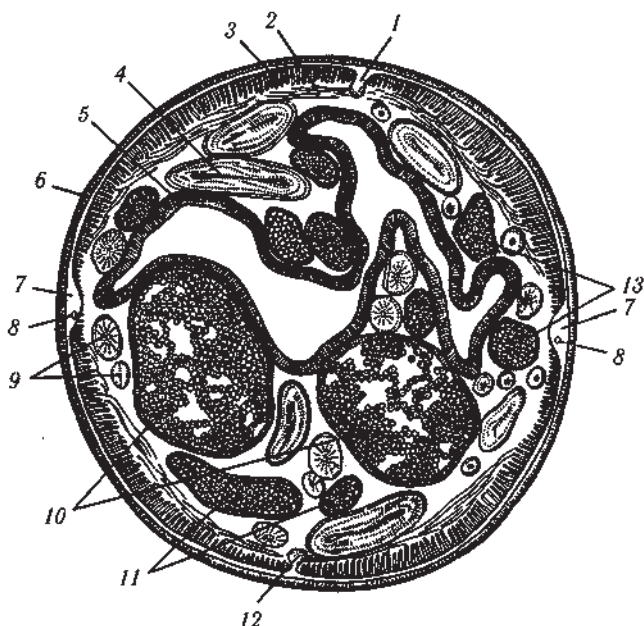


Рис. 70. Поперечный разрез самки аскариды:

1 — спинной валик гиподермы; 2 — плазматические отростки мышечных клеток; 3 — мышечные клетки; 4 — яичник в продольном разрезе; 5 — стенка кишечника; 6 — кутикула; 7 — боковой валик гиподермы; 8 — продольный канал выделительной системы; 9 — яичник, перерезанный поперек; 10 — матка; 11 — яйцевод в продольном разрезе; 12 — брюшной валик гиподермы; 13 — яйцеводы, перерезанные поперек

осуществляет *транспорт веществ* от кишечника к мускулатуре и половой системе. Через первичную полость осуществляется частичный *вынос продуктов обмена* к органам выделения.

Пищеварительная система (рис. 71) начинается на переднем конце тела *ротовым отверстием*. Рот окружен *губами*, служащими для *прикрепления*. Кишечник представлен в виде *прямой трубки*, проходящей через все тело, и делится на три отдела — *передний, средний, задний*. Передний состоит из *ротовой полости* и *глотки* (иногда называемой *пищеводом*). В стенках глотки расположены *пищеводные железы*. Таким образом, глотка выполняет моторные и железистые функции. Средняя кишка имеет тонкие стенки, состоящие из одного слоя

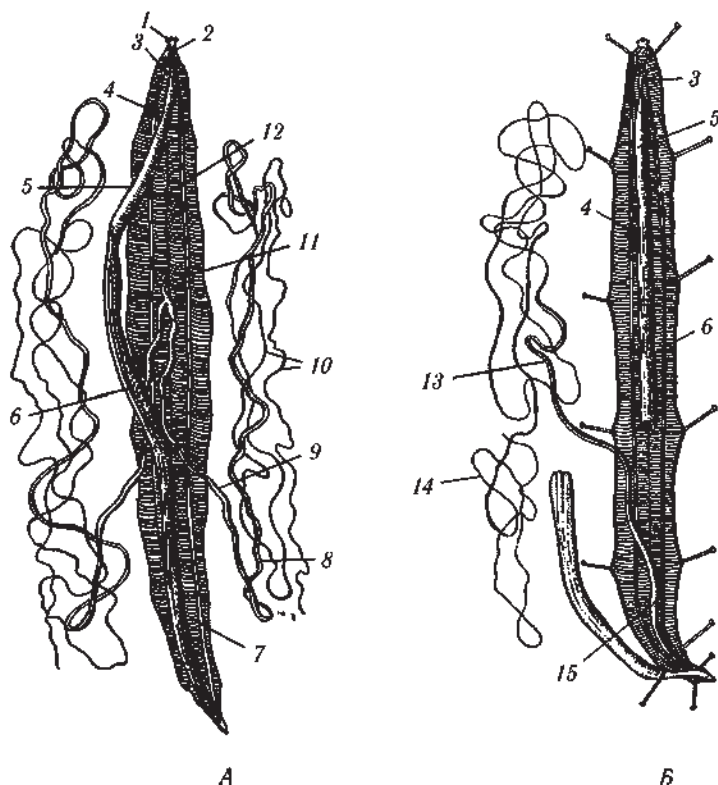


Рис. 71. Вскрытая аскарида. А — самка; Б — самец:

1 — губы; 2 — нервное кольцо; 3 — глотка; 4 — фагоцитарные клетки; 5 — «пищевод» (передний отдел средней кишки); 6 — средняя кишка; 7 — боковая линия; 8 — яйцевод; 9 — матка; 10 — яичник; 11 — влагалище; 12 — брюшной валик гиподермы; 13 — семяпровод; 14 — семенник; 15 — семяизвергательный канал

эпителиальных клеток. Задняя кишка короткая и заканчивается *анальным отверстием* на брюшной стороне.

Нервная система. Центральная часть нервной системы образована *окологлоточным нервным кольцом*. От кольца отходят *нервные стволы* — *спинной, брюшной и 2 боковых*. Спинной и брюшной нервные стволы проходят в *соответствующих валиках гиподермы*. Оба главных нервных ствола связаны между собой многочисленными *кольцевыми нервами* — *комиссурами*.

Спинной ствол иннервирует мышцы обеих спинных мышечных лент, а брюшной — соответственно брюшных мышечных лент.

Органы чувств круглых червей развиты слабо. Это связано с роющим (у свободноживущих червей) или с паразитическим образом жизни. *Органы осязания* в виде осязательных бугорков — *папилл*, или *щетинок*, располагаются вокруг рта, а у *самцов* и на заднем конце тела. На головном конце есть органы *химического чувства*. У морских круглых червей в области пищевода могут находиться примитивные глаза — *пигментные пятна*.

Дыхательная система отсутствует. У свободноживущих круглых червей дыхание совершается *через кожу*. У паразитических форм важную роль имеют процессы *анаэробного расщепления гликогена*, который служит основным источником энергии. Гликоген откладывается в *гиподерме*.

Выделительная система круглых червей состоит из 1—2 *одноклеточных кожных желез*, заменивших *протонефридии*. Протонефридии у круглых червей исчезли в связи с утратой ресничных образований. От шейной железы (она, как правило, одна) отходят выросты в виде *двух боковых каналов*, лежащих в боковых валиках гиподермы. Сзади каналы заканчиваются *слепо*, а в передней части соединяются в один непарный канал, открывающийся наружу позади «губ». Выделительная система выводит жидкие продукты выделения. У круглых червей имеются «*почки накопления*» — *фагоцитарные органы*. В них задерживаются и накапливаются нерастворимые продукты обмена веществ и посторонние тела.

Половая система. Круглые черви *раздельнополы* и часто обладают ясно выраженным *внешним половым диморфизмом*. Половые органы имеют трубчатое строение, лежат в полости тела и содержат яйца на разных стадиях развития. У самок половые органы *парные*, у самцов — *непарные*. Оплодотворение *внутреннее*.

Размножение и развитие (на примере человеческой аскариды). Размножение *только половое*. Для жизненного цикла типично *отсутствие смены хозяев*. Оплодотворенные *яйца* развиваются в *матке*, но окончательное формирование происходит только во внешней среде *при доступе кислорода воздуха* (у некоторых круглых червей наблюдается *живорождение*). В кишечнике из яйца высвобождается личинка, которая мигрирует в организме человека. Она прободает стенку кишечника, попадает в кровеносные сосуды и с током венозной крови через печень,

правое предсердие и желудочек проникает в легкие. Для дальнейшего развития личинке аскариды необходим свободный кислород. В легких из капилляров личинка проникает в легочные альвеолы, а затем в бронхи и трахеи. Отсюда личинка поднимается в глотку и со слюной может быть вторично проглочена. Попав вторично в кишечник человека, личинка превращается в половозрелую форму и живет около года. Рост и превращение личинок сопровождается *неоднократной линькой*, при которой старая кутикула сбрасывается и заменяется новой.

Патогенные представители

Острица паразитирует в нижнем отделе тонких кишок.

Власоглав человеческий паразитирует в слепой кишке, в верхних отделах толстого кишечника.

Кривоголовка паразитирует в двенадцатиперстной кишке.

Трихинелла — личинки паразитируют в поперечнополосатой мускулатуре, а половозрелые особи — в тонком кишечнике человека и животных. Интенсивное заражение может привести к смертельному исходу.

Ришта паразитирует в подкожной клетчатке, преимущественно нижних конечностей.

ТИП КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ

Главными характерными признаками кольчатых червей являются:

- *вторичная, или целомическая, полость тела*;
- появление *кровеносной и дыхательной систем*;
- выделительная система в виде *метанефридиев*.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Среда обитания	Морские и пресноводные, наземные и подземные животные
Строение тела	Тело вытянутое, червеобразное, метамерного строения. Двусторонняя симметрия. Трехслойные. У многощетинковых имеются параподии

Покровы тела	Кутикула. В каждом членике 8 или более щетинок для передвижения. В коже много желез. В кожно-мускульном мешке продольные и поперечные мышцы
Полость тела	Вторичная полость тела — целом, заполнена жидкостью, выполняющей роль гидроскелета
Пищеварительная система	Рот, глотка, пищевод, зоб, желудок, кишечник, анальное отверстие
Органы дыхания	Дыхание всей поверхностью тела. У многощетинковых имеются наружные жабры
Кровеносная система	Замкнутая. Один круг кровообращения. Сердца нет. Кровь красная
Выделительная система	Пара трубочек в каждом метамере — метанефридии
Нервная система	Окологлоточное нервное кольцо, брюшная нервная цепочка лестничного типа
Органы чувств	Осязательные и светочувствительные клетки, у многощетинковых имеются глаза
Половая система и развитие	Гермафродиты. Оплодотворение перекрестное. Развитие без метаморфоза. Оплодотворение внутреннее. Многощетинковые раздельнополые, оплодотворение наружное, развитие с метаморфозом

Главными классами типа являются *Малощетинковые*, *Многощетинковые*, *Пиявки*.

Класс Малощетинковые

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение и покровы. Тело малощетинковых червей (*олигохет*) сильно вытянутое, цилиндрическое, состоит из лежащих друг за другом колец, или *сегментов*. Все сегменты имеют сходное строение, т.е. для организации олигохет (и всех кольчатых червей) характерна *повторяемость строения*, или *метамерия*. Каждый сегмент, кроме самого первого, снабжен *маленькими щетинками*, обычно расположенными четырьмя пучками — *парой боковых* и *парой брюшных*. Передний сегмент представляет собой *головную лопасть* — *простомиум*, лишенный глаз и антенн. Он несет *ротовое отверстие*. Последний

сегмент — *анальная лопасть*, или *пигидиум*, — несет *порошицу*.

Покровы олигохет представлены *эпителием*, образующим на поверхности тонкую *эластичную кутикулу* (рис. 72). Эпителий богат *железистыми клетками*.

Кожно-мускульный мешок. Под эпителием расположены хорошо развитые *мышечные слои*. *Наружный слой* представлен *кольцевыми мышечными волокнами*. За счет сокращения данного слоя тело червя утончается и вытягивается. *Внутренний слой*, более мощный, представлен *продольными мышечными волокнами*, за счет сокращения которых тело червя утолщается и укорачивается.

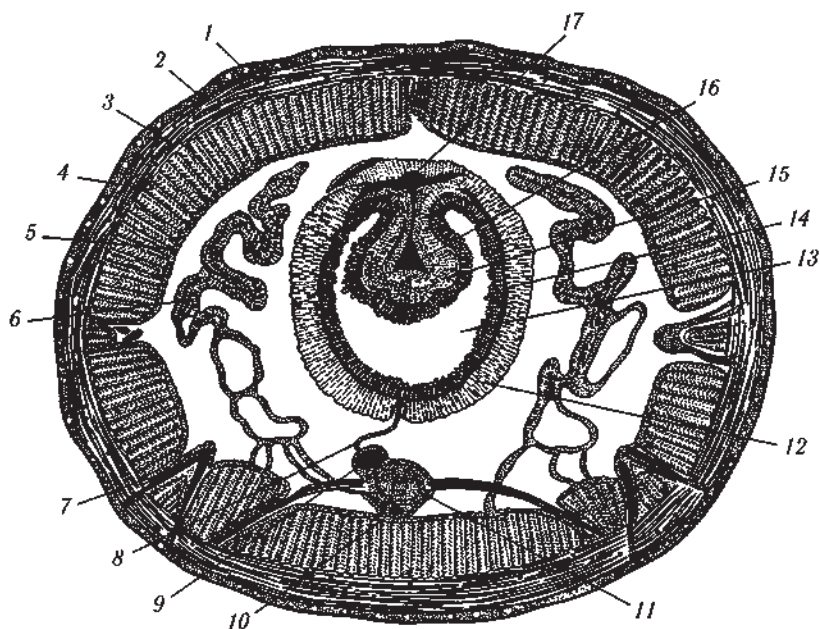


Рис. 72. Поперечный разрез средней части тела дождевого червя:

1 — кутикула; 2 — эпидермис; 3 — слой кольцевой мускулатуры; 4 — слой продольной мускулатуры; 5 — целомический эпителий; 6 — метанефридий; 7 — щетинка; 8 — мезентерий; 9 — брюшной сосуд; 10 — субневральный сосуд; 11 — брюшная нервная цепочка; 12 — хлорогенные клетки; 13 — полость кишки; 14 — сосудистый плексус; 15 — тифлозоль; 16 — сосуд тифлозоля; 17 — спинной сосуд

Между кишечником и кожно-мускульным мешком находится **вторичная полость тела**, или **целом** — пространство, ограниченное собственными эпителиальными стенками мезодермального происхождения и содержащее целомическую жидкость (рис. 73). По строению целом отличается от первичной полости тела наличием *целомической выстилки* — собственной стенки. Выстилка образована *двумя листками*. Один прилегает к стенке тела, другой — к стенкам кишечника. Над кишечником и под ним оба листка срастаются, образуя *брыжейку* (мезентерий), которая делит целом на *левую и правую стороны*. Кроме этого, имеются *поперечные перегородки*, которые делят полость тела на *камеры, соответствующие границам колец*. Целом наполнен жидкостью, в которой плавают фагоциты, яйца, спермии. Целомическая жидкость, омывая внутренние органы, снабжает их кислородом и питательными веществами, а также способствует удалению продуктов обмена веществ и передвижению фагоцитов. Так же, как и жидкость, заполняющая первичную полость тела у круглых червей, целомическая жидкость может играть роль *гидроскелета*.

Пищеварительная система олигохет хорошо дифференцирована (рис. 74). Она начинается *ротовым отверстием*. Кишечник состоит из *трех отделов* — *переднего, среднего и заднего*. Наиболее дифференцирован передний отдел кишечника, состоя-

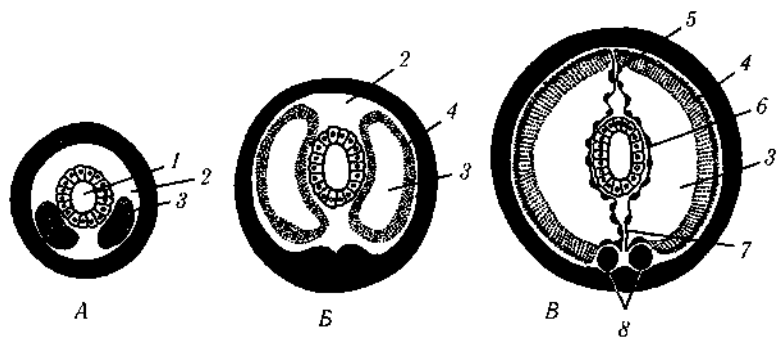


Рис. 73. Развитие целома у кольчатых червей. А—В — поперечные разрезы трех последовательных стадий развития сегмента:

1 — кишка; 2 — первичная полость тела; 3 — целом; 4 — наружная стенка целомического мешка; 5 — спинной мезентерий; 6 — внутренняя стенка целомического мешка; 7 — брюшной мезентерий; 8 — брюшные нервные стволы

щий из *глотки, пищевода и мускульного желудка*. Иногда перед желудком имеется *зоб*. В средней кишке для увеличения всасывательной поверхности образуется *впячивание* внутрь просвета кишечника — *тифлозоль*.

Кровеносная система замкнутая и состоит из двух главных продольных сосудов — *спинного и брюшного*. Спинной сосуд проходит вдоль всего тела над кишкой, брюшной — под нею. Полость кровеносных сосудов представляет собой остатки первичной полости тела. Оба сосуда сообщаются *кольцевыми сосудами, расположенными метамерно*. Движение крови по сосудам обеспечивается *пульсацией спинного сосуда* и некоторых кольцевых сосудов передней части тела, называемых поэтому *боковыми, или кольцевыми, сердцами*. В спинном сосуде кровь течет *вперед*, в брюшном — *назад*. По кольцевым сосудам кровь движется из *спинного сосуда в брюшной в передней части тела и в обратном направлении — в задних сегментах*. Кровь может иметь *красный цвет* от железосодержащего вещества, *близкого к гемоглобину* позвоночных, растворенного в жидкости крови.

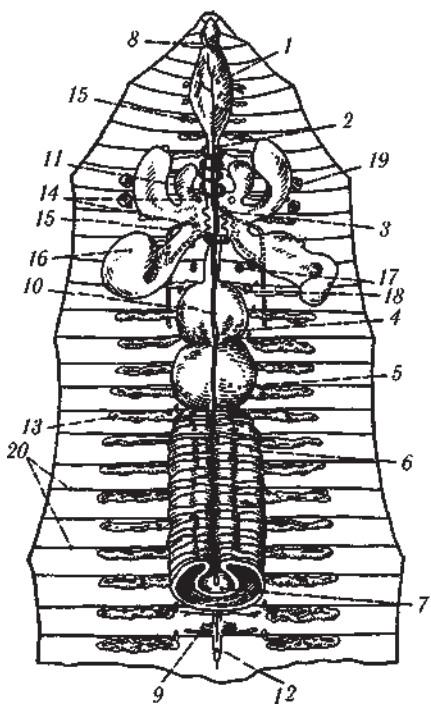


Рис. 74. Строение дождевого червя (вскрытый червь):

1 — глотка; 2 — пищевод; 3 — известковые железы; 4 — зоб; 5 — желудок; 6 — средняя кишка; 7 — спинная складка кишки (в разрезе); 8 — надглоточный нервный узел; 9 — узел брюшной нервной цепочки; 10 — спинной кровеносный сосуд; 11 — кольцевые сосуды, охватывающие глотку; 12 — брюшная нервная цепочка; 13 — метанефридии; 14 — семенники; 15 — семяпроводы; 16 — семенные мешки; 17 — яичники; 18 — яйцеводы; 19 — семяприемники; 20 — перегородки полости тела

Выделительная система представлена метанефридиями. Метанефридий начинается в полости тела воронкой — нефростомом. От воронки идет проток, который проходит через перегородку, входит в соседний сегмент и открывается наружу выделительной порой в боковой стенке тела. В каждом сегменте находится пара метанефридиев — правый и левый. Воронка и проток снабжены ресничками, вызывающими движение выделяемой жидкости.

Нервная система. Центральная часть нервной системы состоит из парных мозговых ганглиев — надглоточного и подглоточного, соединенных двумя окологлоточными коннективами (нервными стволами, соединяющими разноименные ганглии). Таким образом образуется окологлоточное кольцо. В центральную часть нервной системы входит и парный брюшной нервный ствол. В каждом сегменте стволы имеют утолщения — ганглии, которые соединяются между собой перемычками — комиссурами (поперечными нервными стволами, связывающими ганглии одного сегмента). Образуется брюшная нервная цепочка, похожая на лестницу. Каждый ганглий иннервирует все органы сегмента, в котором находится.

Органы чувств у олигохет очень слабо развиты в связи с роющим образом жизни. Глаза почти всегда отсутствуют. Однако имеются светочувствительные клетки, в большом числе разбросанные в коже, что позволяет олигохетам иметь чувствительность к свету.

Половая система. Олигохеты — гермафродиты, но оплодотворение у них — перекрестное внутреннее. Половые гонады локализованы в половых сегментах. Мужские гонады — семенники — лежат в семенных капсулах, которые находятся в семенных мешках. Женская половая система представлена парой яичников, парой яйцеводов и яйцевыми мешками.

Размножение и развитие. Развитие прямое без стадии личинки. Яйца развиваются внутри яйцевого кокона, который формируется в районе пояса.

Помимо полового размножения у олигохет наблюдается бесполое размножение, похожее на бесполое размножение ресничных червей. Тело червя делится на две половины: у передней регенерирует задняя часть тела, у задней — головная часть тела.

Класс Многощетинковые

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение и покровы. Форма тела многощетинковых червей (*полихет*) не отличается от олигохет. Но есть существенные различия в строении. Тело полихет состоит из большого числа сегментов, до 800. Передний, или *предротовой*, участок тела — *простомиум* и задний, или *анальная лопасть*, — *пигидиум* отличаются от сегментов туловища и являются не метамерными частями тела. Тело полихет, как правило, имеет различные придатки, которые служат для движения или являются органами чувств. На простомиуме находится *паращупалец*, или *пальп*. На нем же имеется пара или более органов осязания — *щупалец (антенн)*. На *перистомиуме* (сегмент, который несет ротовое отверстие и следует за простомиумом) развиваются *усики*. Для туловищных сегментов характерно присутствие парных выростов — *параподий* (рис. 75). Параподии располагаются по бокам тела метамерно, на каждом сегменте. Они являются мускулистыми и подвижными выростами — это, по сути дела, первые *примитивные конечности*. Параподии состоят из двух ветвей, каждая из которых несет пучок щетинок.

Покровы полихет такие же, как и олигохет, но эпителий у полихет местами может быть ресничным.

Кожно-мускульный мешок и полость тела аналогичны таковым у олигохет (рис. 76). Простомиум и пигидиум не содержат целомических мешков.

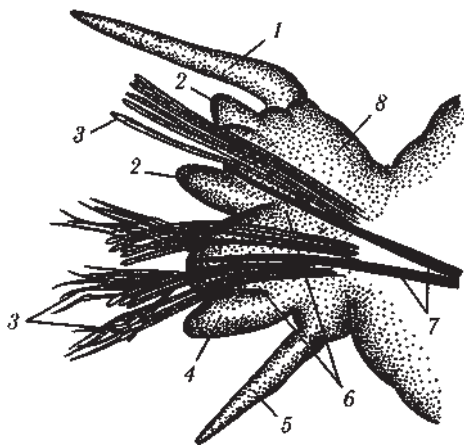


Рис. 75. Параподия многощетинкового червя:

1 — спинной усик; 2 — лопасти спинной ветви параподии; 3 — щетинки; 4 — лопасти брюшной ветви параподии; 5 — брюшной усик; 6 — брюшная ветвь параподии; 7 — опорные щетинки; 8 — спинная ветвь параподии

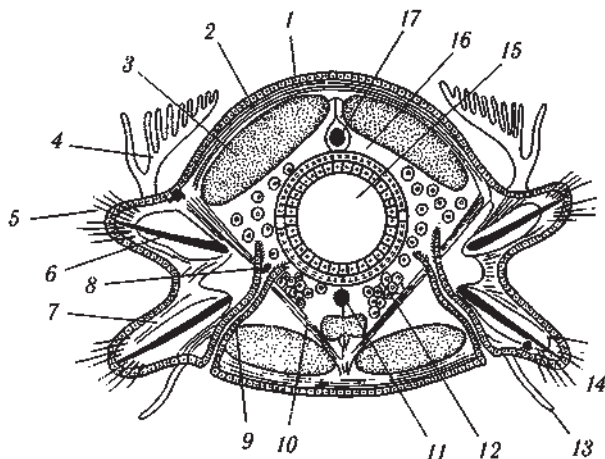


Рис. 76. Схема поперечного разреза многощетинкового червя:

1 — кожный эпителий; 2 — кольцевые мышцы; 3 — продольные мышцы; 4 — спинной усик, превратившийся в жабру; 5 — спинная ветвь параподии; 6 — опорная щетинка; 7 — мышцы параподии; 8 — воронка нефридия; 9 — канал нефридия; 10 — косая мышца; 11 — брюшной сосуд; 12 — яичник; 13 — брюшной усик параподии; 14 — брюшная ветвь параподии; 15 — кишечник; 16 — целом; 17 — спинной сосуд

Пищеварительная система начинается *ртом* (рис. 77). Кишечник состоит из трех отделов: *переднего*, *среднего* и *заднего*. Передняя кишка состоит из нескольких отделов. Передний — *ротовая полость*. Затем следует *мускулистая глотка*. У хищных полихет в глотке имеются *хитиноидные зубцы*, или *челюстные пластинки*, которые служат для захвата добычи. *Средняя кишка* — в виде прямой трубки, *задняя кишка* — короткая и заканчивается *порошицей на анальной лопасти*.

Кровеносная система имеет такое же строение, как и у олигохет.

Органы дыхания. Помимо дыхания всей поверхностью тела, у большинства полихет функцию дыхания *выполняют параподии*. Спинной усик параподий превращается в *жабру*, в которую заходят кровеносные сосуды.

Выделительная система полихет разнообразна. Представители данного класса имеют выделительную систему в виде *протонефридиев*, *метанефридиев* и *нефридиев*. Протонефридии по-

лихет отличаются от протонефридиев червей: вместо звездчатых клеток у полихет присутствуют *соленоциты*.

Нервная система по строению ничем не отличается от нервной системы олигохет.

Органы чувств лучше всего развиты у свободноплавающих полихет. Полихеты имеют *эпителиальные чувствительные клетки*, рассеянные по всему телу в коже. Имеются *органы осязания* и *химического чувства*, представленные *антеннами*, *пальпами*, *ресничными ямками*, располагающимися на простомиуме, а также *чувствительными усиками* параподий. У всех

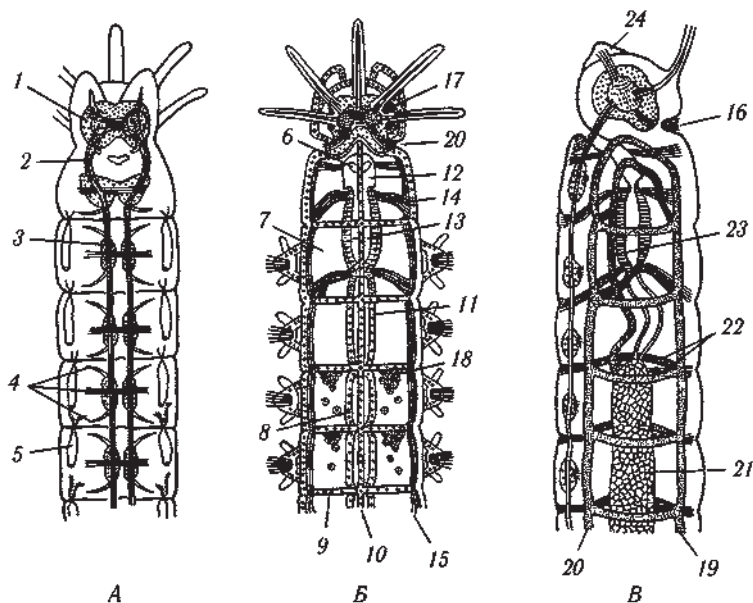


Рис. 77. Схема организации полихет. А — нервная система и нефридии с брюшной стороны; Б — кишечник и целом со спинной стороны; В — нервная система, кишечник и кровеносная система, вид сбоку:

1 — головной мозг; 2 — окологлоточный коннектив; 3 — ганглий брюшной нервной лестницы; 4 — нервы сегмента; 5 — нефридий; 6 — рот; 7 — целом; 8 — кишка; 9 — диссепимент; 10 — мезентерий; 11 — пищевод; 12 — ротовая полость; 13 — глотка; 14 — мускулы — ретракторы глотки; 15 — кольцевая и продольная мускулатура; 16 — обонятельный орган; 17 — глаз; 18 — яичник; 19 и 20 — спинной и брюшной кровеносные сосуды; 21 — сплетение сосудов на кишечнике; 22 — кольцевой сосуд; 23 — сосуд глотки; 24 — пальп

полихет имеются органы зрения — *глаза*. Глаза, от 2 до 4, располагаются чаще всего на спинной стороне простомуума.

Половая система. Полихеты *раздельнополы*. Полового *диморфизма нет*. Оплодотворение *наружное*.

Развитие с метаморфозом. Из яйца выходит личинка — *трохофора*.

К многощетинковым относятся нереиды, пескожил.

Класс Пиявки

Отличительной особенностью пиявок является наличие присосок и отсутствие пароподий и щетинок. Пиявки являются эктопаразитами, питающимися кровью. Средняя кишка имеет несколько боковых карманов, в которых может скапливаться большое количество крови при сосании. В отличие от олигохет и полихет, у пиявок сильно редуцирован целом и все пространство между органами заполнено паренхимой. Пиявки, как и большинство кольчатых червей, гермафродиты.

ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ

Это наиболее богатый представителями тип животных. Основными характерными признаками членистоногих являются:

- появление *членистых конечностей*, представляющих собой многоколенный рычаг;
- *наружный хитинизированный скелет*;
- появление *поперечнополосатой мускулатуры*;
- *полость тела* — *миксоцель*, образующаяся в результате слияния первичной и вторичной полостей тела;
- появление пульсирующего органа — *сердца*, мускулистого мешковидного органа с отверстиями (*остиями*), расположенного на спинной стороне;
- *незамкнутая кровеносная система*;
- наличие *гемолимфы* — жидкости, получающейся при слиянии крови и целомической жидкости;
- подразделение тела на *голову, грудь и брюшко* в различной степени разобщенности.

Тип членистоногих делится на три подтипа: *Жабродышащие, Хелицеровые, Трахейные*.

ПОДТИП ЖАБРОДЫШАЩИЕ

К жабродышащим относятся первичноводные членистоногие. К этому подтипу принадлежит только один класс — Ракообразные.

Класс Ракообразные

Ракообразные населяют главным образом моря и пресноводные водоемы различного типа, в том числе и подземные воды. Некоторые раки ведут сидячий образ жизни, известны также паразитические формы. Кроме высших раков к этому классу относятся ветвистоусые (дафнии) и веслоногие (циклопы) рачки.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение тела	Тело ракообразных разделяется на головогрудь и брюшко
Покровы тела	Головогрудь покрыта хитиновым щитом — карапаксом. Кутикула выполняет функцию наружного скелета
Конечности	Головогрудь: 1 пара антеннул, 1 пара антенн, 3 пары ротовых конечностей, 1—3 пары ногочелюстей, ходильные и плавательные ноги. Брюшко: плавательные, дыхательные, для спаривания и вынашивания яиц
Полость тела	Смешанная полость тела
Пищеварительная система	Кишечный канал состоит из передней и задней кишок. Печень. Желудок разделен на два отдела: жевательный и фильтрующий
Органы дыхания	Жабры расположены на грудных конечностях
Кровеносная система	Незамкнутая
Выделительная система	Органами выделения служат одна или две пары видоизмененных метанефридий — «зеленые железы»
Нервная система	Состоит из парного надглоточного ганглия, подглоточного ганглия, окологлоточного кольца и брюшной нервной цепочки с парным ганглием в каждом сегменте

Органы чувств	Органы осязания хорошо развиты на поверхности антеннул и антенн. Органы равновесия встречаются редко. Пара сложных или фасеточных глаз, часто сидящих на специальных выростах головы — стельках
Половая система и развитие	Большинство раков раздельнополы. Развитие с метаморфозом

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение и покровы. Среди всех членистоногих ракообразные характеризуются наибольшей *сегментацией*. Тело разделено на *голову, грудь и брюшко*. В *головном отделе* постоянное количество сегментов: *акрон* (первый сегмент) и еще 4 сегмента. Акрон и первый из четырех сегментов — *антеннальный* несут по паре усиков. Остальные три сегмента снабжены конечностями для захвата и перетирания пищи. Очень часто задний сегмент головы сильно разрастается, образуя головной щит, или *карапакс*. Во многих случаях карапакс, сильно разрастаясь назад, может закрывать со спинной стороны и с боков сегменты туловища. У высших ракообразных карапакс срастается с сегментами груди. В таком случае его иногда называют *головогрудью*. У высших раков на карапаксе заметна *граница между головой и грудью*. Количество сегментов в составе груди и брюшка у разных форм неодинаковое. Постоянное число сегментов наблюдается только у высших раков, у которых в состав *груди входит 8 сегментов*, а в состав *брюшка 6 сегментов*. Брюшко заканчивается *анальной лопастью*, или *тельсоном*, несущим *анальное отверстие*.

Покровы ракообразных состоят из *кутикулы*, выделяемой клетками гиподермы, *гиподермального эпителия*, или *гиподермы*, и *базальной мембраны*. Кутикула состоит из нескольких слоев. Во внешних слоях откладывается *известь*, поэтому покровы становятся *жесткими и прочными*. Внутренний слой состоит из *мягкого и эластичного хитина*. В отличие от других членистоногих у ракообразных кутикула *проницаема для воды*. Кутикула выполняет функцию *внешнего скелета (эктоскелет)*, защищает от внешних воздействий и дает точки опоры для прикрепления мышц.

Мускулатура ракообразных образована *поперечнополосатой мышечной тканью*, которая не образует сплошного кожно-мускульного мешка, а распадается на отдельные мышечные пучки.

Конечности ракообразных разделяются на три группы — конечности головы, груди и брюшка (рис. 78). Голова несет еще ряд *придатков*, которые не причисляются к конечностям. Парные придатки головы представлены *антеннулами*, или *антеннами I*. Они находятся на головной лопасти — *акроне*. На остальных головных сегментах находятся настоящие конечности. На первом головном сегменте находятся *антенны II*, или просто *антенны*. Вторая пара головных конечностей представлена *жвалами*, или *мандибулами*, играющими главную роль в размельчении пищи. На последних двух головных сегментах располагаются *две пары нижних челюстей* — *максиллы первые* и *максиллы вторые*.

Грудные конечности очень разнообразны и выполняют различные функции. Чаще всего они служат *органами передвижения* — плавания или передвижения по твердому субстрату.

Брюшные конечности имеются *только у высших раков* и чаще всего выполняют не двигательную функцию, а например, *дыхательную* или являются *органами совокупления*. Последняя пара брюшных конечностей может превращаться в мощные *пластинчатые плавательные ножки*. Они вместе с тельсоном играют важную роль при плавании задом наперед, как, например, у десятиногих раков.

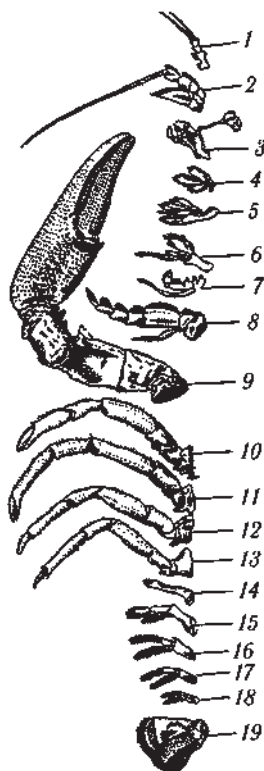


Рис. 78. Конечности речного рака:

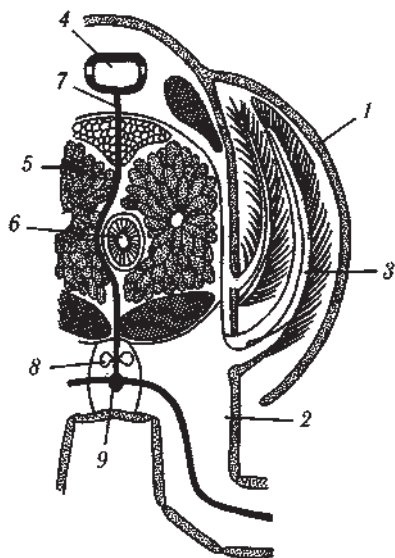
1, 2 — конечности, несущие органы чувств: антеннулы (1) и антенны (2); 3—8 — ротовые конечности: мандибулы (3), максиллы (4 и 5), ногочелюсти (6—8); 9—13 — ходильные ноги (пять пар); 14, 15 — половые ножки самца; 16—18 — плавательные ноги брюшка; 19 — последняя пара ног брюшка, входящая в состав хвостового плавника рака

Пищеварительная система. Кишечный канал ракообразных имеет вид трубки и состоит из трех отделов — *передней, средней и задней кишок*. Стенки передней кишки выстланы *кутикулой*, которая может образовывать в пищеводе *утолщения для перетирания пищи*. В конечной части передней кишки образуется *желудок*, состоящий из двух отделов — *кардиального*, или *жевательного*, и *пилорического*. В жевательном желудке кутикула образует *жевательные пластинки*. В пилорической части образуется *фильтр*, через который проходит только сильно измельченная пища. Средняя кишка образует *выросты*, которые могут выделять пищеварительные ферменты

и переваривать жидкую пищевую кашу. Эти выросты называются *печеночными придатками*. Задняя кишка имеет вид прямой трубки.

Рис. 79. Схема поперечного разреза речного рака в области сердца:

1 — жаберная крышка — боковой край карапакса; 2 — основание ноги; 3 — жабра; 4 — сердце; 5 — печень; 6 — кишка; 7 — нисходящая артерия; 8 — нервная цепочка; 9 — поднервная продольная артерия



Дыхательная система. У мелких ракообразных дыхание осуществляется через *всю поверхность тела*. Остальные ракообразные имеют специализированные органы дыхания — *жабры* (рис. 79). Жабры ракообразных *кожные*, являются *выростами грудных конечностей*. Иногда жабры располагаются на брюшных конечностях.

Кровеносная система незамкнута. Гемолимфа частично движется по сосудам, частично в полости тела. Надо отметить, что у ракообразных, у которых дыхание осуществляется через всю поверхность тела, кровеносная система исчезает или остается только сердце. Сердце имеет *метамерное строение*. Оно представляет собой трубку, которая тянется вдоль тела по спинной стороне

и в каждом сегменте снабжена *парой остий*. Кровеносная система зависит от дыхательной: если жабры располагаются на грудных конечностях, сердце располагается в груди, а если жабры на брюшных конечностях — сердце в брюшке. Гемолимфа может быть *бесцветной*, а может быть окрашена в красный цвет *гемоглобином*, растворенным в плазме. У некоторых крабов *гемолимфа синеватая* из-за присутствия дыхательного пигмента *гемоцианина, содержащего медь*.

Выделительная система представлена *двумя парами железистых органов* и *мочевым пузырем*. Одна пара открывается у основания антенн — *антеннальные железы*. Другая пара открывается у основания вторых максилл — *максиллярные железы*. В учебной литературе эти железы иногда называют зелеными железами. Как правило, во взрослом состоянии присутствует только одна пара желез, хотя на личиночной стадии развиваются обе пары.

Нервная система ракообразных по общему плану напоминает нервную систему кольчатых червей и состоит из *парного головного мозга, окологлоточных коннективов и пары брюшных нервных стволов с ганглиями* в каждом сегменте. Однако у ракообразных произошло и изменение нервной системы. Во-первых, это отмечается в *слиянии двух брюшных стволов и их слиянии*, при этом сливались и ганглии в каждом сегменте. Во-вторых, — в *концентрации нервной цепочки* — уменьшилось количество ганглиев. Так, например, у крабов имеются только две нервные массы — головной мозг и грудная, образовавшаяся в результате слияния всех нервных ганглиев брюшной цепочки. Ракообразные имеют хорошо развитую *симпатическую нервную систему*, которая иннервирует кишечник.

Органы чувств. Органы осязания представлены *волосками и щетинками на поверхности антеннул, антенн и других конечностей* (рис. 80). Органы равновесия, хотя и редки, находятся в антеннах и представлены *статоцистами*. Органы зрения у ракообразных представлены двумя видами глаз. Имеется *непарный лобный глаз* и *пара сложных фасеточных глаз*. Фасеточные глаза состоят из множества мелких глазков — *омматидиев* и часто сидят на подвижных выростах головы — *стебельках*.

Половая система. Большинство ракообразных *раздельнополы*. Очень часто наблюдается *половой диморфизм*. Половые же-

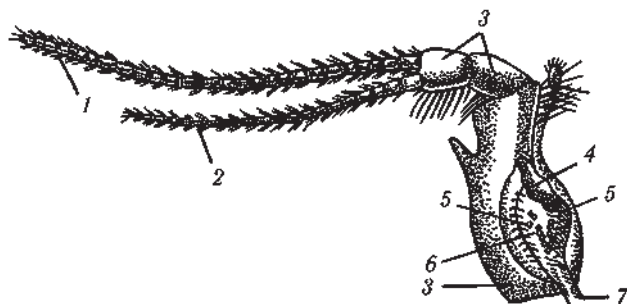


Рис. 80. Антеннула речного рака:

1 и 2 — два жгута усика; 3 — основные членики; 4 — отверстие ямкистатоциста; 5 — чувствительные волоски на днестатоциста; 6 — песчинки внутристатоциста; 7 — нерв. Оба жгута усажены осязательными и обонятельными волосками

лезы непарные, но половые протоки парные. Половые железы располагаются в грудной области. Положение половых отверстий разное. У высших раков они находятся на 6-м грудном сегменте у самок и на 8-м грудном сегменте у самцов. Конечности рядом с половыми отверстиями могут превращаться в копулятивные органы.

Развитие происходит с метаморфозом. Правда, у высших раков весь метаморфоз может происходить в яйцевых оболочках, тогда развитие становится прямым и сводится к постепенному росту. Рост протекает с помощью линьки, поэтому его называют ступенчатым. Процесс линьки находится под контролем гормональной системы. Большинство раков обнаруживает заботу о потомстве.

ПОДТИП ХЕЛИЦЕРОВЫЕ

Класс Паукообразные

К данному классу относятся членистоногие, приспособленные к обитанию на суше, дышащие посредством легких и трахей. Класс объединяет отряды пауков, клещей, скорпионов, сенокосцев.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение тела	Тело состоит из головогруды и брюшка
Покровы тела	Тело покрыто хитинизированной кутикулой
Конечности	На головогруды — 6 пар конечностей: 2 пары челюстей, 4 пары ходильных ног. Антенн и антеннул нет
Полость тела	Смешанная полость тела, в которой и располагаются внутренние органы
Пищеварительная система	Передняя кишка. Глотка. Средняя кишка. Задняя кишка. Печень. У пауков частично внешнее пищеварение
Органы дыхания	Легкие или трахеи
Кровеносная система	Сердце в виде трубки с боковыми щелевидными отростками — остиями. Кровеносная система незамкнутая. Гемолимфа содержит дыхательный пигмент гемоцианин
Выделительная система	Мальпигиевы сосуды
Нервная система	Состоит из головного мозга — надглоточного узла, окологлоточного кольца, брюшной нервной цепочки
Органы чувств	Чувствительные волоски, которые особенно многочисленны на педипальпах. Органы зрения представлены простыми глазами от 2 до 12
Половая система и развитие	Паукообразные раздельнополы. Оплодотворение внутреннее. Резко выражен половой диморфизм

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение и покровы. Для паукообразных характерной особенностью является тенденция к слиянию члеников тела, образующих *головогрудь* и *брюшко*. Скорпионы имеют слитную головогрудь и сегментированное брюшко. У пауков и головогрудь, и брюшко представляют сплошные нерасчлененные отделы тела, между которыми имеется короткий стебелек, соединяющий эти два отдела. Максимальная степень слияния сегментов тела наблюдается у клещей, которые утратили даже деление тела на головогрудь и брюшко. Тело у клещей становится цельным без границ между сегментами и без перетяжек.

Покровы паукообразных состоят из *кутикулы*, *гиподермы* и *базальной мембраны*. Внешний слой кутикулы представляет собой *липопротеиновый слой*. Данный слой очень хорошо *предохраняет от потери влаги* при испарении. В связи с этим паукообразные смогли стать *настоящей наземной группой* и *рассесться в самых засушливых районах земли*. В состав кутикулы входят еще *белки*, *задубленные фенолами* и *инкрустирующие хитин*, что придает кутикуле *прочность*. Производными гиподермы являются *паутинные* и *ядовитые железы*.

Конечности. Головные конечности, кроме *двух пар челюстей*, у паукообразных *отсутствуют*. *Челюсти* же, как правило, *относят к конечностям головогруди*. Головогрудь паукообразных несет *6 пар конечностей*, что является *отличительной чертой* данного класса. Две передние пары приспособлены

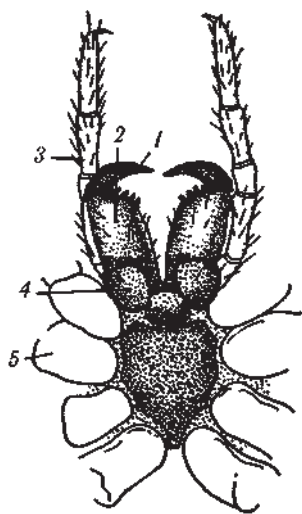


Рис. 81. Ротовые органы паука крестовика:

1 — конечный когтевидный членик хелицеры; 2 — основной членик хелицеры; 3 — педипальпа; 4 — жевательный вырост основного членика педипальпы; 5 — основной членик ходильной ноги

к захвату и размельчению пищи — *хелицеры* и *педипальпы* (рис. 81). Хелицеры, имеющие вид коротких клешней, располагаются впереди рта. У пауков хелицеры заканчиваются коготком, близ вершины которого находится отверстие *ядовитой железы*. Вторая пара — *педипальпы*, на основном членике имеют *жевательный вырост*, с помощью которого размельчается и разминается пища. У некоторых видов педипальпы превращаются в *мощные клешни* (например, у скорпионов) или *похожи на ходильные ноги*, а у некоторых форм пауков на конце педипальп может находиться *совокупительный орган*. Остальные 4 пары конечностей головогруди выполняют функцию передвижения — это *ходильные ножки*. На брюшке во время эмбрионального развития закладывается большое число конечностей, но у взрослых хелицеровых брюшко лишено типичных конечностей. Если брюшные конечности сохраняются во взрослом состоянии, то они, как правило, модифицируются в *половые крышечки*, *осязательные*

придатки (скорпионы), легочные мешки или паутинные бородавки.

Пищеварительная система (рис. 82) имеет особенности, связанные со своеобразным способом питания паукообразных — *внекишечным, или внешним, пищеварением. Паукообразные не могут принимать твердую пищу кусками.* Пищеварительные ферменты вводятся в тело жертвы и превращают ее содержимое в состояние жидкой кашицы, которая всасывается. В связи с этим *глотка имеет сильные мышцы и служит своеобразным насосом, втягивающим полужидкую пищу.* Средняя кишка у большинства паукообразных имеет *боковые слепозамкнутые выпячивания* для увеличения всасывательной поверхности. В брюшке в кишку открываются протоки *парной печени.* Печень выполняет не только пищеварительные функции, выделяя пищеварительные ферменты, но и всасывательную функцию. В клетках печени происходит *внутриклеточное пищеварение.* Задняя кишка заканчивается *анусом.*

Дыхательная система паукообразных представлена *легочными мешками и трахеями.* При этом у одних видов имеются *только легочные мешки (скорпионы, примитивные пауки).* У других органы дыхания представлены *только трахеями*

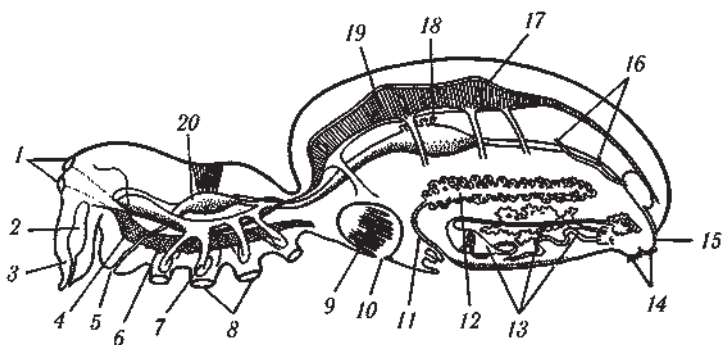


Рис. 82. Схема организации паука:

1 — глаза; 2 — ядовитая железа; 3 — хелицера; 4 — мозг; 5 — рот; 6 — подглоточный нервный узел; 7 — железистый вырост кишечника; 8 — основания ходильных ног; 9 — легкое; 10 — легочное отверстие — дыхальце; 11 — яйцевод; 12 — яичник; 13 — паутинные железы; 14 — паутинные бородавки; 15 — анус; 16 — мальпигиевы сосуды; 17 — остии; 18 — протоки печени; 19 — сердце; 20 — глотка, связанная со стенкой тела мускулатурой

(сольпуги, сенокосцы, часть клещей). У пауков два вида органов дыхания встречаются одновременно. Есть *четырёхлегочные пауки*, у которых 2 пары легочных мешков и отсутствуют трахеи; *двулегочные пауки* — одна пара легочных мешков и пара трахейных пучков и *безлегочные пауки* — только трахеи. У некоторых мелких пауков и части клещей органы дыхания отсутствуют и дыхание осуществляется через тонкие покровы тела.

Кровеносная система, как у всех членистоногих, *незамкнутая*. Гемолимфа содержит дыхательный фермент *гемоцианин*.

Строение сердца зависит от степени сегментации — чем больше сегментов, тем больше остий (рис. 83). У клещей, у которых отсутствует сегментация, сердце может совершенно исчезнуть.

Выделительная система у взрослых паукообразных представлена *парой ветвящихся мальпигиевых сосудов*, открывающихся на границе средней и задней кишок в пищеварительную систему.

Нервная система паукообразных, как и кровеносная, зависит от сегментации тела. Наименее сконцентрирована нервная цепочка у скорпионов. У паукообразных головной мозг, в отличие от ракообразных и насекомых, *состоит из двух отделов — переднего и заднего*, средний отдел головного мозга отсутствует, так как у паукообразных нет головных конечностей, антеннул

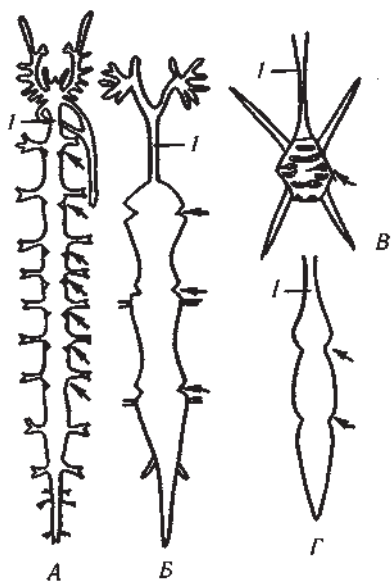


Рис. 83. Строение сердца у паукообразных. А — скорпион; Б — паук; В — клещ; Г — сенокосец:

І — аорта (стрелками показаны остии)

или усиков, которые этот отдел должен контролировать. Имеется большая *ганглиозная масса в головогрудь* и *ганглии брюшной цепочки*. С уменьшением сегментации исчезает брюшная цепочка. Так, у пауков вся брюшная цепочка сливается в голо-

вогрудной ганглий. А у сенокосцев и клещей головной мозг и головогрудной ганглий образуют сплошное *ганглиозное кольцо вокруг пищевода*.

Органы чувств в основном представлены *специальными волосками*, которые располагаются на *педипальпах, ногах и поверхности туловища* и реагируют на колебания воздуха. На педипальпах располагаются также органы чувств, воспринимающие *механические и осязательные раздражения*. Органы зрения представлены *простыми глазами*. Количество глаз может быть 12, 8, 6, реже 2.

Развитие. Большинство паукообразных *откладывает яйца*, но наблюдается и *живорождение*. Развитие *прямое*, но у клещей имеется *метаморфоз*.

Клещи — паразиты человека (рис. 84) и переносчики возбудителей трансмиссивных болезней (рис. 85).

Чесоточный зудень — внутрикожный паразит, обитающий в роговом слое эпидермиса. Вызывает чесотку.

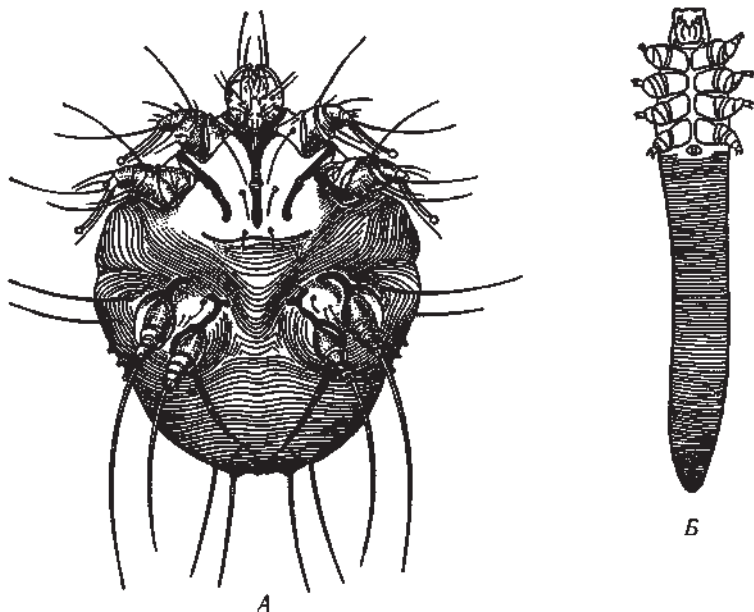


Рис. 84. Клещи — паразиты человека:

А — чесоточный зудень; *Б* — железница угревая

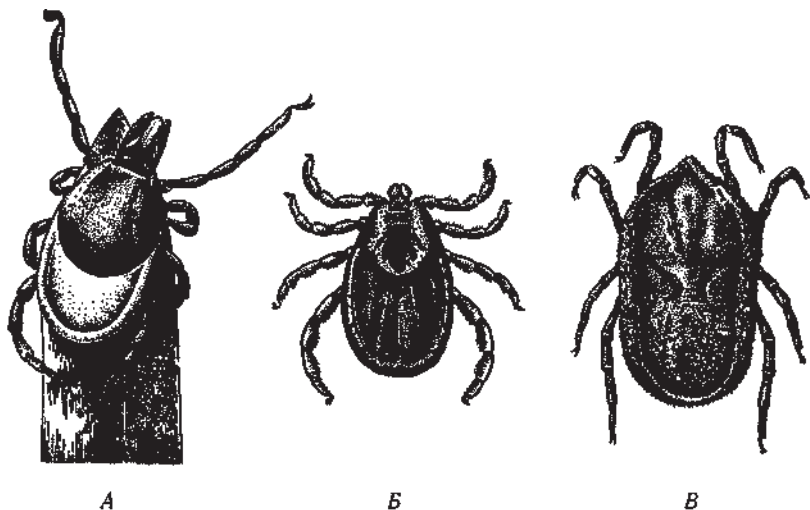


Рис. 85. Клещи — переносчики заболеваний:

А — самка таежного клеща; *Б* — самка иксодового клеща; *В* — самка аргазового клеща

Железница угревая обитает у человека в сальных железах кожи и волосяных сумках, вызывая появление гнойных прыщей — угрей.

Таежный клещ — переносчик тяжелого вирусного заболевания — таежного энцефалита.

Собачий клещ поддерживает в природе очаги туляремии среди грызунов и передает человеку и домашним животным возбудителя этой болезни.

Поселковый клещ — переносчик возбудителей клещевого возвратного тифа.

ПОДТИП ТРАХЕЙНЫЕ

Класс Насекомые

К этому классу относят всех трахейнодышащих членистоногих, обладающих тремя парами ног. Им присуща способность к полету.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение тела	Тело разделено на голову, грудь и брюшко. Голова состоит из 6 сегментов, грудь всегда из 3, брюшко содержит 6—12 сегментов. Грудь делится на переднегрудь, среднегрудь и заднегрудь
Покровы тела	Хитиновый покров, различные волоски, чешуйки, щетинки. Кожные железы: пахучие, восковые, личиночные
Конечности	Каждый сегмент груди несет пару ног, а средне- и заднегрудь несут на спинной стороне одну или две пары крыльев
Полость тела	Смешанная полость тела
Пищеварительная система	Ротовая полость. Слюнные железы. Глотка и пищеварительный канал. Пищевод и зоб
Органы дыхания	Развитая система трахей или легочные мешки
Кровеносная система	Не замкнута. Сердце трубчатое, разделено на камеры, снабженные клапанами. Кровь в сердце поступает через остии. Кровь бесцветная
Выделительная система	Мальпигиевы сосуды. Жировое тело
Нервная система	Головной мозг, подглоточный ганглий, брюшная нервная цепочка
Органы чувств	Способны воспринимать механические, химические, звуковые, зрительные раздражения, температуру. Водные насекомые могут регистрировать давление
Половая система и развитие	Раздельнополые животные с выраженным половым диморфизмом и внутренним оплодотворением. Развитие с метаморфозом и без него

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение и покровы. Тело разделено на *голову*, *грудь* и *брюшко*. Сегменты головы слиты между собой, а сегменты груди и брюшка более или менее хорошо различимы (рис. 86).

Голова покрыта общей *хитиновой капсулой*, отделена от груди резким *перешейком*, или *шейкой*. Голова соединена с гру-

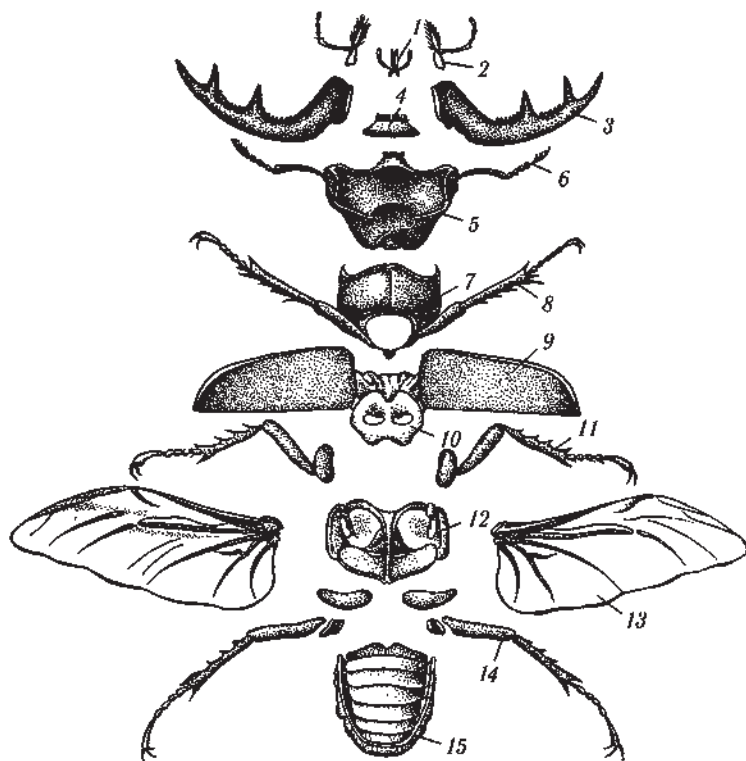


Рис. 86. Строение жука-олени:

1 — нижняя губа; 2 — нижняя челюсть; 3 — мандибула; 4 — верхняя губа; 5 — голова; 6 — сяжки; 7 — переднегрудь; 8 — первая пара грудных конечностей; 9 — передняя пара крыльев — надкрылья; 10 — среднегрудь; 11 — вторая пара грудных конечностей; 12 — заднегрудь; 13 — задние крылья; 14 — третья пара грудных конечностей; 15 — брюшко

дью подвижно. Голова несет 4 пары придатков. Первая пара представляет собой пару антенн — сяжки, или усики. Остальные три пары придатков представлены конечностями головных сегментов (рис. 87). Данные конечности располагаются вокруг ротового отверстия и формируют ротовой аппарат насекомых. Ротовой аппарат довольно разнообразен по строению, что связано с разнообразием способов питания у насекомых. Однако все виды ротового аппарата насекомых — это видоизменение

единой исходной формы: ротового аппарата *грызущего типа*. Этот аппарат устроен следующим образом. Спереди рот прикрывают «*верхняя губа*», образованная складкой покровов головы и потому не являющаяся гомологом конечностей. Далее следуют три пары челюстей, которые являются видоизмененными конечностями. *Первая пара* — *верхние челюсти* — *жвалы*, или *мандибулы*. Они играют важную роль в размельчении пищи. Далее идут *две пары нижних челюстей*, или *максилл*. *Вторая пара максилл* у насекомых сливается в единую непарную пластинку — *нижнюю губу*. В зависимости от характера пищи составные части данной исходной формы модифицируются в более специализированные виды ротового аппарата (рис. 88, 89, 90). Так, *лакающий ротовой аппарат* перепончатокрылых приспособлен к употреблению как твердой пищи, так и жидкой. Переход многих насекомых к питанию только жидкой пищей привел к появлению таких ротовых аппаратов, как *колюще-сосущий* (комары, клопы), *сосущий* (чешуекрылые), *лизущий* (мухи).

Грудь насекомых, состоящая из *трех сегментов*, делится на *передне-, средне- и заднегрудь*. На каждом сегменте находится *пара двигательных конечностей*. В конечности всегда выделяют следующие части: *тазик*, или *ляжку* (первый от тела

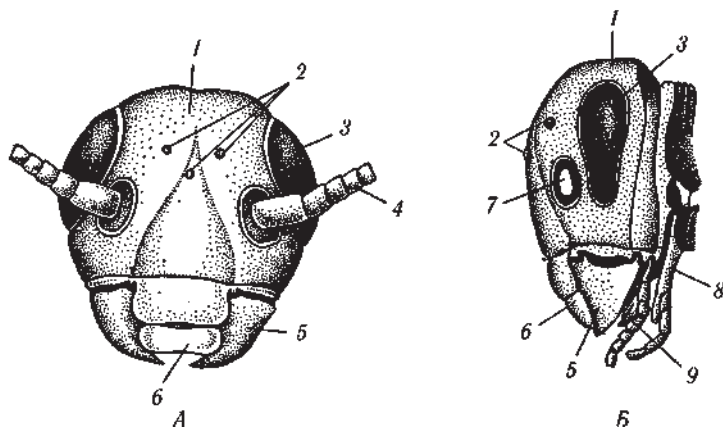


Рис. 87. Голова насекомого спереди (А) и сбоку (Б):

1 — головная капсула; 2 — простые глазки; 3 — фасеточный глаз; 4 — антенна (сяжка); 5 — мандибула; 6 — верхняя губа; 7 — место прикрепления сяжки; 8 — нижняя губа; 9 — нижняя челюсть

широкий основной членик); *вертлуг*; *бедро* (самый толстый членик конечности); *голень* (обычно самый длинный из члеников); *лапку* (которая состоит из нескольких мелких члеников, последний из которых несет один или два коготка). Грудные конечности модифицированы в зависимости от способа передвижения. Различают следующие типы ног (рис. 91): *бегательные* — наиболее распространенный тип у насекомых; *плавательные* (жук-плавунец); *прыгательные* (кузнечики); *роющие* (медведка).

Характерной особенностью насекомых является их *способность к полету*. Крылья представляют собой мощные складки стенки тела, располагающиеся на *средне- и заднегруди* (II и III грудные сегменты). Полностью сформированные крылья имеют вид тонкой *двухслойной цельной пластинки*, слои которой разделены тончайшей щелью, являющейся продолжением полости тела. Поэтому в крыло, как и во все участки тела, заходят трахеи и нервы. В местах их залегания на крыльях образуются утолщения — *жилки*. Жилки у каждого вида распо-

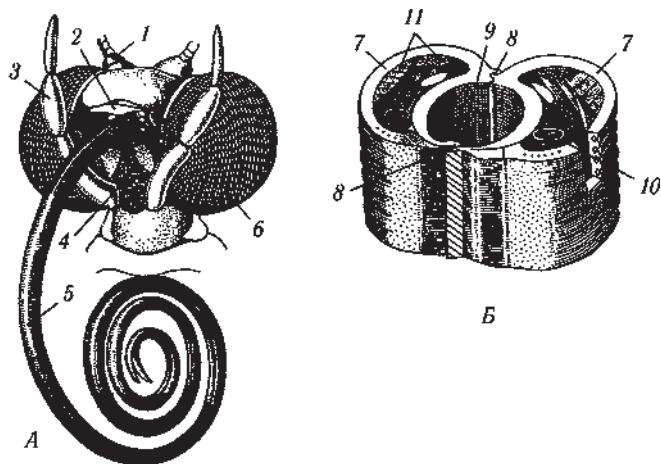


Рис. 88. Сосущий ротовой аппарат бабочки с расправленным хоботком (А) и при большом увеличении (Б):

1 — основание усиков; 2 — верхняя губа; 3 — нижнегубной шупик; 4 — нижняя губа; 5 — нижние челюсти — хоботок; 6 — фасеточный глаз; 7 — правая и левая нижние челюсти; 8 — места соединения челюстей; 9 — полость хоботка; 10 — трахеи; 11 — мускулатура хоботка

Рис. 89. Лижущий ротовой аппарат мухи:

1 — нижнечелюстной щупик; 2 — верхняя губа; 3 — гипофаринкс; 4 — каналы фильтрующего аппарата; 5 — ротовое отверстие; 6 — лопасти нижней губы; 7 — нижняя губа

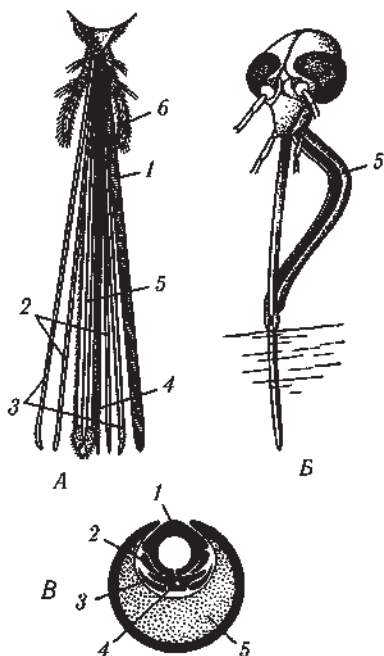
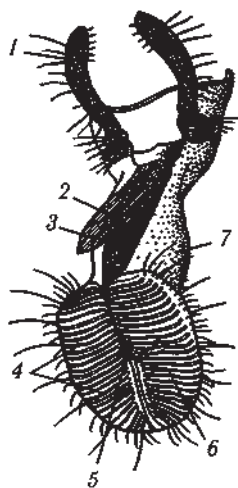


Рис. 90. Колющие ротовые органы комара в расправленном виде (А), во время сосания крови (Б), поперечный разрез (В):

1 — верхняя губа; 2 — мандибула; 3 — нижняя челюсть; 4 — гипофаринкс; 5 — нижняя губа

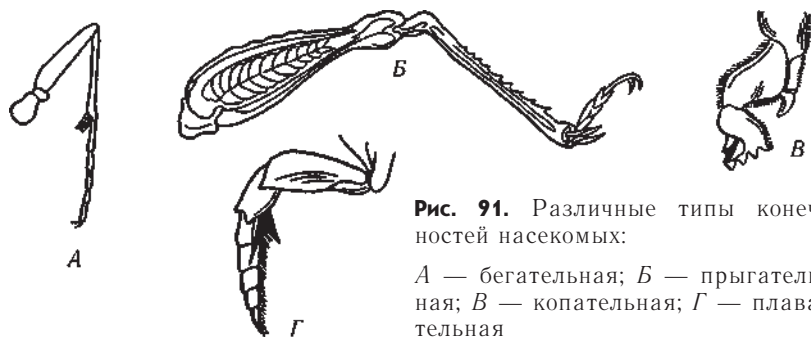


Рис. 91. Различные типы конечностей насекомых:

А — бегательная; Б — прыгательная; В — копательная; Г — плавательная

лагаются строго определенным образом, образуя своеобразный рисунок — *жилкование* (рис. 92). Крылья присутствуют не у всех насекомых. У одних они отсутствуют изначально, у других утрачиваются вследствие паразитического образа жизни. У крылатых насекомых передние и задние крылья развиваются по-разному, что является одним из главных факторов классификации насекомых по отрядам (см. ниже). Более или менее одинаковое развитие двух пар крыльев наблюдается у более примитивных насекомых, например у стрекоз. У жуков передние крылья превращаются в твердые надкрылья — *элитры*, которые не участвуют в полете, а служат для защиты спинной стороны тела. В отличие от жуков, у клопов твердеет только половина передней пары крыльев. У некоторых крылатых насекомых остается только одна, передняя, пара крыльев, а вторая существует в виде рудиментарных остатков — *жуужалец*.

Брюшко насекомых лишено типичных конечностей, но на брюшке могут находиться рудименты конечностей или конечности, изменившие свою первоначальную функцию. Например, у тараканов на заднем конце тела сохраняются рудименты конечностей в виде пары особых придатков — *грифельки*, на которых брюшко может скользить по субстрату. Видоизмененными конечностями брюшка, по-видимому, являются и *яйцеклады*.

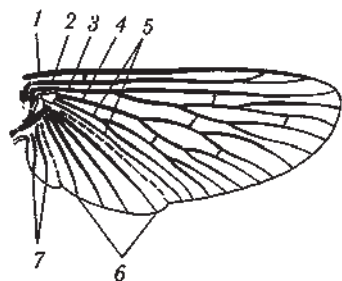


Рис. 92. Схема жилкования крыла насекомого:

1 — костальная жилка; 2 — субкостальная жилка; 3 — радиальная жилка; 4 — медиальная жилка; 5 — кубитальная жилка; 6 — анальные жилки; 7 — югальные жилки

Как у всех членистоногих, *покровы насекомых* состоят из трех основных элементов — *кутикулы*, *гиподермы* и *базальной мембраны*. Наружный слой кутикулы, как и у паукообразных, имеет *липопротеиновый слой*, *препятствующий испарению воды* из организма. Но надо отметить, что у водных и почвенных форм, обитающих в насыщенной парами воды атмосфере, наружный слой выражен слабо или отсутствует. В гиподерме или в кутикуле у большинства насекомых присутствуют особые красящие вещества — *пигменты*, которые определяют окраску насекомых. Покро-

вы насекомых имеют разнообразные по функциям *одноклеточные* или *многоклеточные железы*.

Мышечная система насекомых представлена *поперечнополосатыми мышцами* и отличается большой сложностью и степенью дифференциации. Количество мышечных пучков может достигать 2 тыс. Мышцы насекомых обеспечивают подвижность организма и отдельных его частей относительно друг друга. Можно выделить группы *мышц конечностей*, ходильных и ротовых, и *крыловые мышцы*, отвечающие за движение крыльев.

Пищеварительная система (рис. 93) начинается *ротовой полостью*, стенки которой образованы *верхней губой* и *совокупностью ротовых конечностей*. У насекомых, питающихся жидкой пищей, ротовая полость заменена *каналами*, которые образуются в *хоботке*. У основания вторых максилл в ротовую полость открываются протоки *слюнных желез*. Слюнные железы могут выделять не только *пищеварительные ферменты*, но и специальные вещества — *антикоагулянты*, которые препятствуют свертыванию крови, как, например, у кровососущих насекомых. Слюнные железы могут и видоизменяться. Так, у гусениц бабочек они превращаются в *прядильные железы*, выделяющие шелковидную нить для образования кокона. *Глотка* насекомых и следующий за ней *пищевод* очень часто *покрыты кутикулой*, особенно у насекомых, питающихся твердой пищей. Задняя часть пищевода образует расширение — *зоб*. У хищных насекомых за зобом может образовываться *жевательный желудок* с многочисленными твердыми выростами для дополнительного перетирания пищи. В *средней кишке*, которая имеет вид трубки, происходит *окончательное переваривание* и *всасывание пищи*. Для увеличения всасывательной поверхности в начале средней кишки в нее впадают *слепозамкнутые выпячивания кишечника*, или *пилорические придатки*. Средняя кишка переходит в *заднюю кишку*, которая отличается значительной длиной. Задняя кишка заканчивается *анальным отверстием*. У многих растительноядных насекомых в кишечнике обитают *симбиотические микроорганизмы*, обеспечивающие переваривание клетчатки.

Дыхательная система. Органами дыхания у насекомых являются *трахеи*. Воздух попадает в систему трахей через специальные отверстия — *дыхальца*, или *стигмы*, — расположенные с боку на средне-, заднегруди и на брюшных сегментах

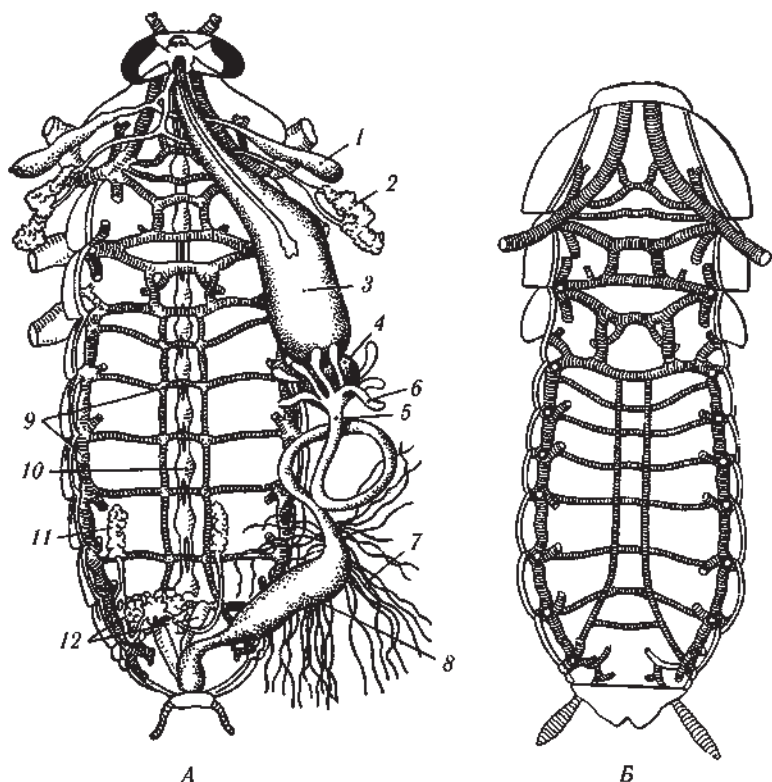


Рис. 93. Органы пищеварения, выделения и дыхания таракана. *А* — вскрытый таракан; *Б* — органы дыхания (главные трахеи брюшной стороны):

1 — резервуар слюнной железы; 2 — слюнная железа; 3 — зоб; 4 — мускулистый желудок; 5 — средняя кишка; 6 — пилорические выросты; 7 — мальпигиевы сосуды; 8 — задняя кишка; 9 — трахеи; 10 — брюшная нервная цепочка; 11 — семенники; 12 — придаточные железы половой системы

(рис. 93, *Б*). Стигмы часто снабжены специальными *крышечками*, которые препятствуют потере воды. Трахеи заканчиваются *концевой клеткой*, которая имеет радиально расходящиеся отростки с конечными канальцами трахей. Трахеи имеют *спиральные утолщения*, которые препятствуют спадению их стенок. Газообмен происходит путем *диффузии*. Трахеи, доставляя кисло-

род прямо к месту его потребления, выполняют функцию кровеносной системы, как бы заменяя ее собой.

Выделительная система. Основными органами выделения у насекомых являются *мальпигиевы сосуды*, которых может быть от 2 до 200. Основным продуктом выделения являются *кристаллы солей мочевой кислоты*. Образующаяся при кристаллизации вода интенсивно всасывается обратно в организм, происходит *реабсорбция воды*. Данный процесс очень активен у насекомых, питающихся твердой пищей, и отсутствует у насекомых, питающихся жидкой пищей. Основной процесс реабсорбции происходит в задней кишке в специальных *ректальных железах*. Кроме мальпигиевых сосудов у насекомых выделительную функцию может выполнять *жировое тело*, которое относится к «*почкам накопления*». Надо отметить, что основная функция жирового тела не выделение, а отложение запасных питательных веществ.

Кровеносная система у насекомых *развита* сравнительно слабо. Это объясняется тем, что имеется хорошо разветвленная трахейная система. Кровеносная система *незамкнутая*. Гемолимфа *бесцветная* или *желтоватая*. Основная функция гемолимфы — *перенос питательных веществ и продуктов обмена к органам выделения*. Сердце располагается в брюшке над кишечником. Имеет вид *трубки*, задний конец которой слепо замкнут (рис. 94). Сердце поделено на *камеры*, каждая из которых имеет пару *боковых отверстий — остий*. В стенках залегают мышечные волокна, обеспечивающие ее сокращение. Сердце окружено *перикардальным синусом* — полостью, отделенной от другой полости тела специальной перегородкой — *диафрагмой*. Диафрагма соединена с крыловидными мышцами, которые во время полета опускают и поднимают диафрагму, что помогает сердцу осуществлять циркуляцию гемолимфы.

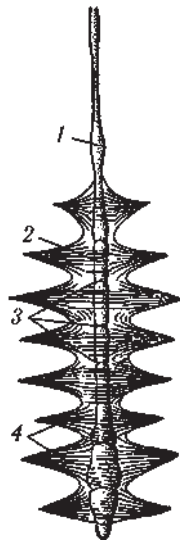


Рис. 94. Строение сердца жука-плавунца:

1 — аорта; 2 — сердце; 3 — остии; 4 — крыловидные мышцы

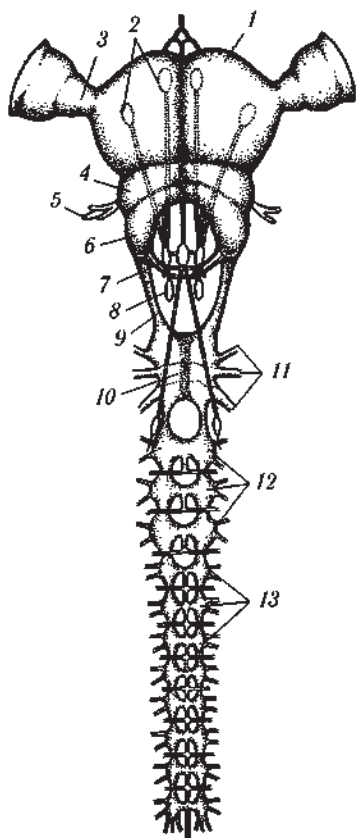


Рис. 95. Схема строения нервной системы насекомого:

1 — протоцеребрум; 2 — нейросекреторные клетки; 3 — оптическая область мозга; 4 — дейтоцеребрум; 5 — антеннальный нерв; 6 — тритоцеребрум; 7 — кардиальные тела; 8 — прилежащие тела; 9 — окологлоточные коннективы; 10 — подглоточный ганглий; 11 — нервы, идущие к ротовым конечностям; 12 — ганглии грудных сегментов; 13 — ганглии брюшных сегментов

Нервная система по общему плану строения мало отличается от нервной системы других членистоногих (рис. 95). **Центральная нервная система** включает головной мозг, подглоточный ганглий и сегментарные ганглии брюшной нервной цепочки. Головной мозг, как и у ракообразных, состоит из трех отделов: переднего, среднего, заднего. Особо надо отметить «грибовидные тела» переднего мозга, которые являются важными ассоциативными центрами головного мозга. Они очень хорошо развиты у общественных насекомых: муравьев, пчел, термитов. От головного мозга отходят *симпатические нервы*, которые регулируют работу внутренних органов и мышечной системы. Брюшная нервная цепочка состоит из подглоточного ганглия, трех крупных обособленных грудных ганглиев и брюшных ганглиев. Во всех отделах центральной нервной системы имеются специализированные *нейросекреторные клетки*, которые синтезируют *нейросекрет*. Он транспортируется по аксонам в особые образования — *прилежащие* и *кардиальные тела*, откуда поступает в гемолимфу. Нейросекреторные клетки таким образом выполняют функцию *желез внутренней секреции*, играя важную роль в гормональной системе насекомых. Нейросекреты регулируют работу всех остальных эндокринных органов.

Органы чувств у насекомых достигают большой сложности и многообразия. У насекомых имеются специализированные органы восприятия *механических, световых, химических и звуковых раздражений* и, соответственно, *органы осязания, зрения* (рис. 96), *обоняния, слуха*. Помимо этого насекомые могут воспринимать *температуру* окружающей среды и *влажность*. Водные насекомые способны регистрировать *изменение давления*. Насекомые обладают *цветовым зрением*, которое, по сравнению с человеческим, сдвинуто в *ультрафиолетовую область*.

Половая система и развитие. Насекомые *раздельнополы* и нередко обладают *половым диморфизмом*. Половые железы *парные*. У самок нередко развиваются особые придатки — *яйцеклады*, а у самцов — *совокупительные органы*. Самки некоторых насекомых имеют особый мешочек — *семяприемник*, в котором семя может храниться несколько лет (например, у царицы пчел семя хранится 4—5 лет).

В развитии насекомых, в отличие от других членистоногих, выделяют два этапа: *эмбриональный* и *постэмбриональный*. *Эмбриональный этап* — это развитие *от образования зиготы до рождения или выхода из яйцевых оболочек*. *Постэмбриональное развитие* насекомых может происходить *по-разному*. У наиболее примитивных форм рост и развитие молодого организма не сопровождается особенными изменениями строения. У таких насекомых *развитие происходит без личиночной стадии и метаморфоза*. Такое развитие можно назвать *прямым*. Второй вариант — *развитие с метаморфозом*. По характеру превращений можно выделить две группы: *с неполным превра-*

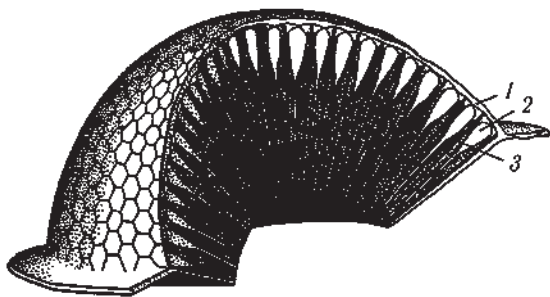


Рис. 96. Схема строения сложного глаза насекомого:

1 — роговица (прозрачная кутикула); 2 — хрустальный конус; 3 — пигмент между омматидиями

щением и с полным превращением (рис. 97). Неполный метаморфоз характерен тем, что вылупляющаяся из яйца *личинка* по внешнему виду во многом похожа на взрослый организм. Основные отличия заключаются в размерах, зачаточном состоянии крыльев и недоразвитии некоторых органов. В результате нескольких линек личинка все больше становится похожа на взрослую особь, или *имаго*. При развитии с полным метаморфозом личинка резко отличается от взрослого животного. Различия касаются не только внешнего или внутреннего строения, но и среды обитания, пищи, образа жизни. Во время личиночной стадии может происходить несколько личиночных линек. Во время последней личиночной линьки личинка переходит в стадию *куколки*. Различают три стадии куколок. *Свободные куколки* — зачатки крыльев и конечностей взрослого насекомого хорошо видны и свободно выдаются над поверхностью тела. *Покрытые куколки* — зачатки крыльев и конечностей тесно приложены к телу и заметны лишь неясные контуры. Куколки этих двух типов могут обладать некоторой подвижностью. Третий тип — *совершенно неподвижные куколки*. Во время стадии куколки большая часть органов и тканей перестраивается: сначала подвергается разрушению — гистолизу, а затем формируются новые ткани и органы. Разрушению, или гистолизу, не подвергаются только нервная система и трахеи. После окончания перестройки происходит последняя линька: покровы куколки лопаются, и из нее выходит взрослое насекомое. Метаморфоз насекомых целиком находится под контролем гормональной системы.

Размножение насекомых происходит *только половым способом*. У насекомых известен особый вид полового размножения — *партеногенез* (пчелы, тли).

Классификация насекомых

Основными признаками классификации насекомых является *характер метаморфоза, устройство ротового аппарата и строение крыльев*. Мы приведем лишь наиболее распространенные и важные отряды.

С неполным превращением

Отряд Прямокрылые. Надкрылья кожистые, в покое выпрямлены на спине. Задние ноги прыгательные. Грызущий ро-

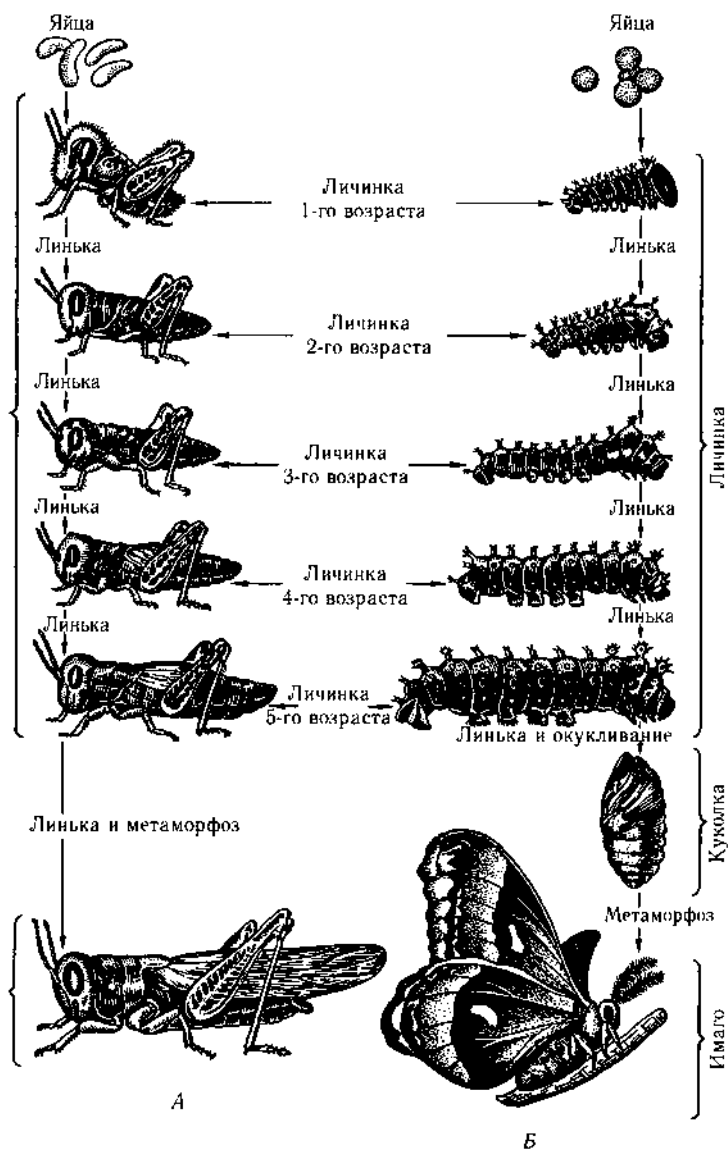


Рис. 97. Метаморфоз у насекомых:

А — неполный метаморфоз у кобылки; Б — полный метаморфоз у бабочки

товой аппарат. *Представители:* кузнечики, саранча, сверчки, медведки.

Отряд Термиты. Крылья опадают, имеются только у половых особей. Общественные насекомые. Имеется несколько каст: рабочие, солдаты, половые особи. Грызущий ротовой аппарат.

Отряд Тараканы. Кожистые надкрылья и нежные крылья. На конце брюшка видоизмененные брюшные конечности — *церки*. Грызущий ротовой аппарат.

Отряд Стрекозы. Две пары крыльев одинакового строения. Грызущий ротовой аппарат. Личинки ведут водный образ жизни.

Отряд Клопы, или Полужесткокрылые. Передние крылья наполовину жесткие. Колюще-сосущий ротовой аппарат.

Отряд Вши. Крыльев нет. Ротовой аппарат колющий. Паразиты млекопитающих. Головная вошь и платяная вошь — паразиты человека, переносят опасные заболевания — сыпной и возвратный тифы.

С полным превращением

Отряд Чешуекрылые, или Бабочки. Две пары крыльев, покрытых видоизмененными волосками — чешуйками, иногда ярко окрашенными. Сосущий ротовой аппарат, преобразованный в хоботок. Личинки называются гусеницами, имеют 5 пар ложных брюшных ножек и грызущий ротовой аппарат. Куколки покрытого типа.

Отряд Жесткокрылые, или Жуки. Две пары крыльев. Передние превращены в твердые надкрылья и выполняют защитную роль. Грызущий ротовой аппарат. У личинок три пары грудных конечностей. Куколки свободные.

Отряд Блохи. Крыльев нет. Тело сжато с боков. Ротовой аппарат сосущий. Паразиты, переносят опасное заболевание — чуму.

Отряд Перепончатокрылые. Две пары перепончатых, прозрачных крыльев. Задние крылья меньше передних. Грызущий или лакающий ротовой аппарат. Куколки свободные. *Основные представители:* осы, муравьи, пчелы, шмели, наездники.

Отряд Двукрылые. Самый высокоорганизованный отряд. Имеется одна пара перепончатых прозрачных или окрашенных крыльев. Задние крылья рудиментарны или превращены в

жужжальца. Колющий или лижущий ротовой аппарат. Личинки некоторых двукрылых обитают в воде или являются паразитами. Куколки свободные или бочковидные (неподвижные). *Основные представители*: комары, мошки, москиты, слепни, мухи, оводы.

ТИП МЯГКОТЕЛЫЕ, ИЛИ МОЛЛЮСКИ

Самые характерные признаки моллюсков:

- имеется кожная складка — *мантия*;
- целом представлен *околосердечной сумкой и полостью гонад*;
- *отсутствие сегментации*;
- тело подразделяется на *голову, туловище и ногу*;
- у большинства в глотке имеется *радула (терка)* — аппарат для размельчения пищи.

Тип Мягкотелые включает следующие классы: *Брюхоногие, Двустворчатые, Головоногие*.

Класс Брюхоногие

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Брюхоногие, или улитки, самый богатый представителями класс моллюсков. Первично брюхоногие моллюски — обитатели моря, но многие виды приспособились к жизни в пресных водоемах и на суше.

Строение	Размеры от нескольких миллиметров до десятков сантиметров. Тело подразделяется на голову, туловище и ногу. Голова несет 1—2 щупальца и пару глаз. Нога хорошо развита. Асимметрия тела. Мантия
Пищеварительная система	Характерно наличие в глотке особого образования — терки, или радулы. Имеются слюнные железы. Протоки печени открываются в среднюю кишку. Пищевод. Желудок. Тонкая и задняя кишка
Органы дыхания	Кожные жабры. У наземных стенки мантии выполняют функцию легких

Кровеносная система	Незамкнутая. Сердце состоит из желудочка и одного предсердия. Сердце находится в околосердечной сумке — перикардии
Выделительная система	Представлена почками, видоизмененными метанефридиями
Нервная система	Построена по разбросанно-узловому типу. Имеются 5 пар ганглиев, соединенных перемычками
Органы чувств	Одна пара глаз. Органы осязания, химического чувства
Половая система	Встречаются как раздельнополые, так и гермафродиты. Оплодотворение внутреннее, редко внешнее
Развитие	Развитие может происходить с метаморфозом и без него. Личинки — трохофора и парусник

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение и покровы. Форма тела брюхоногих разнообразна, но большей частью тело состоит из *головы, туловища* и *ноги*. Голова хорошо развита. На ней располагаются *рот, 1—2 пары щупалец* и *пара глаз*. Нога представляет собой *мускулистый брюшной вырост* с плоской ползательной подошвой. За счет сокращения ноги животное передвигается по субстрату. *Туловище* у большинства брюхоногих выдается над ногой в виде большого более или менее спирально закрученного мешка. На туловище по направлению книзу образуется складка покровов — *мантийная складка*. Между мантией и телом находится *мантийная полость*, в которой располагаются органы, образующие *мантийный комплекс органов* (рис. 98). В этот комплекс входят: *жабры, некоторые органы чувств* и *половые органы*. Сюда же включают *почки* и *сердце*, которые располагаются в близком соседстве с мантийной полостью. Мантия выделяет *раковину*, которая в большинстве случаев *закручена спирально*. В связи с тем что раковина имеет спиральную форму, у брюхоногих моллюсков *нарушается билатеральная симметрия тела*, тело у них *асимметрично*: имеется только одна почка, одна жабра, одна половая железа, расположенные на одной стороне тела. У *плавающих и паразитических брюхоногих раковина исчезает*.

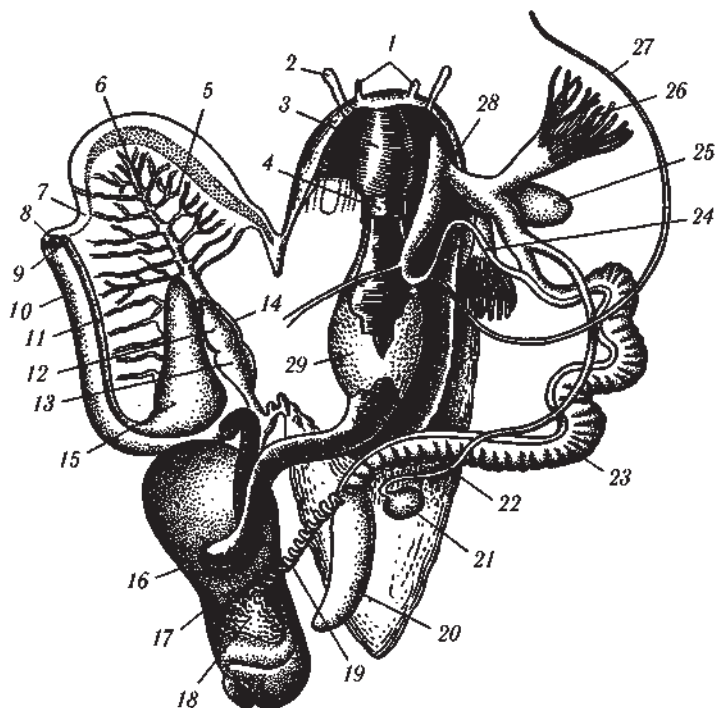


Рис. 98. Вскрытая виноградная улитка:

1 — губные щупальца; 2 — глазное щупальце; 3 — глотка; 4 — церебральный ганглий; 5 — легкое; 6 — легочная вена; 7 — перерезанное легочное отверстие; 8 — анальное отверстие; 9 — отверстие мочеточника; 10 — прямая кишка; 11 — мочеточник; 12 — предсердие; 13 — желудок сердца; 14 — перикардий; 15 — почка; 16 — желудок; 17 — печень; 18 — гермафродитная железа; 19 — гермафродитный проток; 20 — белковая железа; 21 — семяприемник; 22 — канал семяприемника; 23 — яйцесемяпровод; 24 — семяпровод; 25 — мешок любовных стрел; 26 — пальцевидные железы; 27 — бич; 28 — пенис; 29 — слюнные железы

Пищеварительная система. Рот ведет в ротовую полость, которая переходит в мускулистую глотку (рис. 99). В глотке имеется мускулистый валик — язык, покрытый тонкой кутикулой и несущий твердые зубцы, расположенные поперечными рядами. Кутикула и зубцы образуют радулу, или терку. В глотку открываются протоки одной пары слюнных

желез. У хищных брюхоногих, питающихся другими моллюсками или иглокожими, секреты слюнных желез содержат *свободную серную кислоту* для растворения раковин. За глоткой находится довольно длинный *пищевод* с *зобом*. В начале *средней кишки* образуется *желудок*, в который впадают протоки *печени*. Печень может выполнять функции пищеварения, всасывания и отложения жира и гликогена. Интересно, что у брюхоногих, которые употребляют в пищу гидроидные полипы, в печени собираются их стрекательные клетки, сохраняющие способность функционировать. За желудком следует *тонкая кишка*, переходящая в *заднюю кишку*, которая заканчивается *анальным отверстием* над головой или где-нибудь на правой стороне тела.

Дыхательная система. Большинство брюхоногих дышит *жабрами*, которые образуются как *выросты в мантийную полость*. У наземных и вторичноводных брюхоногих часть мантийной полости обособляется и открывается наружу самостоятельно-

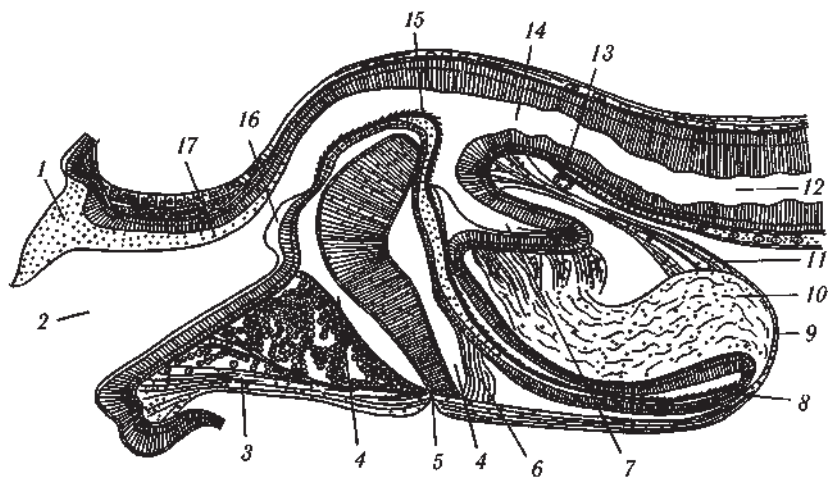


Рис. 99. Продольный разрез через глотку виноградной улитки:

1 — челюсть; 2 — ротовая полость; 3 — мускульная стенка глотки; 4 — кровеносные полости языка; 5 — радулярный хрящ; 6 — внутренняя глоточная мышца; 7 — складка глоточного эпителия; 8 — образующий радулу эпителий; 9 — радулярное влагалище; 10 — соединительная ткань радулярного влагалища; 11 — мускул, поддерживающий радулярное влагалище; 12 — пищевод; 13 — буккальная комиссура; 14 — полость глотки; 15 — радула; 16 — язык; 17 — кутикула

ным отверстием. Данная обособленная полость называется *легочной полостью*.

Выделительная система представлена *парой почек*, из которых чаще сохраняется одна левая почка. Одним концом с помощью ресничной воронки почки сообщаются с перикардием. Противоположным — открываются в мантийную полость.

Кровеносная система незамкнута. Строение *сердца* зависит от систематической группы. У наиболее примитивных брюхоногих сердце состоит из *желудочка* и *двух предсердий*. При этом желудочек пронизан задней кишкой. С развитием асимметрии изменяется и правое предсердие: от слепозамкнутого и уменьшенного до полного исчезновения. Таким образом, у большинства брюхоногих *сердце двухкамерное* и состоит из *желудочка* и *одного, левого, предсердия*. *Кровь* чаще всего *бесцветна*.

Нервная система построена по *разбросанно-узловому типу* (рис. 100). Имеется *5 крупных скоплений ганглиев*. *Церебральные ганглии* расположены над глоткой и иннервируют глаза,статоцисты (органы равновесия), глотку и головные щупальца. В ноге расположены *педальные ганглии*, иннервирующие мускулатуру ноги. Рядом с педальными ганглиями располагаются *плевральные ганглии*, которые иннервируют мантию. *Парие-тальными ганглиями* иннервируются ктенидии (жабры) и органы химического чувства. Под задней кишкой располагаются *висцеральные ганглии*, которые осуществляют иннервацию внутренних органов.

Органы чувств. Органами осязания служат *головные щупальца* и *края мантии*. *Передняя пара головных щупалец* выполняет роль *органов вкуса* и *обоняния*. У всех брюхоногих имеется одна *пара глаз*, расположенных у основания или на вершине задней пары щупалец. Строение глаз варьирует от простых глаз-

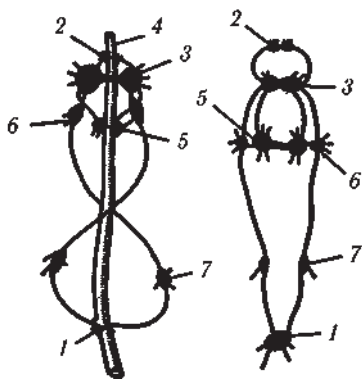


Рис. 100. Строение нервной системы разных видов брюхоногих моллюсков:

1 — висцеральный ганглий; 2 — буккальный ганглий; 3 — церебральный ганглий; 4 — кишечный ганглий; 5 — педальный ганглий; 6 — плевральный ганглий; 7 — парие-тальный ганглий

ных ямок до глазных пузырей с хрусталиком и стекловидным телом.

Половая системы и развитие. Половая железа всегда одна. У раздельнополых брюхоногих она представлена яичником или семенником. У гермафродитных форм — гермафродитная железа, в которой образуются и сперматозоиды, и яйца. Оплодотворение внутреннее, перекрестное, но встречается и наружное оплодотворение. Развитие с метаморфозом. Личинка — парусник.

Класс Пластинчатожаберные, или Двустворчатые

Образуют большой класс морских и пресноводных моллюсков с двустворчатой раковиной, одевающей тело с боков. Характерная особенность — редукция головы.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение	Обладают билатеральной симметрией. Голова редуцирована. Тело состоит из туловища и ноги, покрыто мантией и раковиной
Пищеварительная система	Рот, короткий пищевод, желудок. Далее идет средняя кишка, переходящая в заднюю. Питание фильтрацией
Органы дыхания	В мантийной полости лежат пластинчатые жабры
Кровеносная система	Незамкнутая. Сердце лежит на спинной стороне в околосердечной сумке и состоит из желудочка и двух предсердий
Выделительная система	Состоит из пары почек, имеющих вид трубчатых мешков
Нервная система	Состоит из трех пар ганглиев, расположенных в передней части тела, в ноге и в задней части тела
Органы чувств	Развиты слабо. Имеются органы осязания и равновесия
Половая система	В большинстве случаев раздельнополые. Половые железы парные. Оплодотворение наружное
Развитие	Развитие связано с временным паразитизмом — личинка паразитирует на рыбах

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение. В связи с *редукцией головы* тело состоит из *туловища* и *ноги*. Тело чаще всего *сплющено с боков* и *билатерально симметрично*, покрыто *мантией*. Мантия сшивается с боков, образуя *мантийную полость*, в которой находятся *нога* и *жабры*. Обычно края мантии срастаются на заднем краю в двух участках. Таким образом образуются *три отверстия*: одно большое на переднем краю и в брюшной части и два маленьких задних. *Нижнее заднее отверстие* называется *вводным сифоном* и служит для введения в мантийную полость воды с пищевыми частицами и для дыхания. *Верхнее отверстие* называется *выводным сифоном*, из которого выводится вода и экскременты. Через большое *переднебрюшное* отверстие из мантийной полости высовывается *нога*. *Нога* чаще всего сильно сплюснута с боков и заострена, образуя подобие *киля*. Такая нога служит для рытья песка или ила, а иногда для закрепления моллюска в субстрате. У некоторых неподвижных форм пластинчатожаберных нога редуцируется или совсем исчезает. Представляет интерес наличие в ноге специальной *биссусовой железы*, которая выделяет тягучие нити *быстротвердеющего секрета* — *биссуса*. При помощи данных нитей моллюски прикрепляются к подводным предметам. *Раковина* образована *наружным эпителием мантийных складок* и состоит из *двух створок*, прикрывающих тело с боков. На спинной стороне створки связаны между собой при помощи *эластичной связки* — *лигамента* и с помощью *замка*, образованного зубовидными отростками каждой створки, входящими в углубления противоположной створки. Для захлопывания створок раковины служат специальные *мышцы-замыкатели*, имеющие вид толстых мускульных пучков, идущих от одной створки к другой.

Пищеварительная система. *Рот* находится на переднем конце туловища (рис. 101). Так как голова редуцирована, то атрофируются и те части кишечника, которые помещаются в голове: *глотка*, *челюсти*, *радула* и *слюнные железы*. Пища заглатывается с помощью *ротовых лопастей*, *покрытых ресничками*. Рот сразу ведет в *пищевод*, за которым следует мешковидный желудок. По бокам желудка находится *парная печень*, чьи протоки впадают в желудок. Затем следует *средняя кишка*, которая располагается в ноге и в заднем конце переходит в зад-

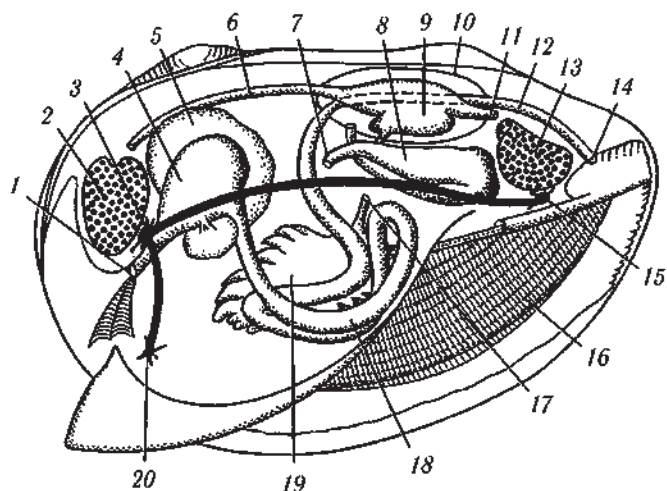


Рис. 101. Схема внутреннего строения пластинчатожаберного моллюска:

1 — рот; 2 — передний мускул-замыкатель; 3 — цереброплевральный ганглий; 4 — желудок; 5 — печень; 6 — передняя аорта; 7 — наружное отверстие почки; 8 — почка, открывающаяся в перикардий; 9 — сердце; 10 — перикардий; 11 — задняя аорта; 12 — задняя кишка; 13 — задний мускул-замыкатель; 14 — анальное отверстие; 15 — висцеропариетальный ганглий; 16 — жабры; 17 — отверстие гонады; 18 — средняя кишка; 19 — гонада; 20 — педальный ганглий

нюю кишку. Задняя кишка проходит через желудочек сердца и заканчивается *анальным отверстием*. В связи с тем что пластинчатожаберные ведут малоподвижный или неподвижный образ жизни, они *питаются пассивно, отфильтровывая* из воды, проходящей через мантийную полость, детрит или планктонные организмы.

Дыхательная система представлена *жабрами*.

Выделительная система. В задней половине тела лежат две *V-образные почки*, направленные вершиной к заднему концу. Одна из ветвей открывается в перикардий, другая — в мантийную полость.

Кровеносная система пластинчатожаберных интересна строением *сердца*. В процессе развития у пластинчатожаберных закладываются *два зачатка сердца*. У некоторых низших форм

два сердца остаются и во взрослом состоянии. У большинства же зачатки сливаются и образуют одно непарное сердце с одним желудочком и двумя предсердиями. При слиянии левого и правого зачатков желудочки сливаются над и под кишкой, поэтому кишечник и пронизывает желудочек, что характерно для пластиножаберных. В остальном кровеносная система мало отличается от рассмотренной у брюхоногих.

Нервная система. В связи с редукцией головы количество ганглиев уменьшается до трех пар: цереброплевральный ганглий представляет собой слияние церебрального и плеврального ганглиев и находится над пищеводом; в ноге располагается пара pedalных ганглиев; под задним мускулом-замыкателем лежит пара висцеропариетальных ганглиев (рис. 102).

Органы чувств по причине малоподвижного образа жизни развиты слабо. Органами осязания обычно служат околоротовые лопасти или различные щупальцевидные придатки, образующиеся по краю мантии.

Половая система и развитие. В большинстве случаев пластиножаберные раздельнополы. Половые железы парные. У одних форм половые железы не имеют собственных протоков и открываются в почки, у других — яйцеводы и семяпроводы открываются наружу у основания ноги. Оплодотворение чаще всего наружное. У морских форм развитие напоминает развитие брюхоногих: имеется плавающая личинка, парусник. У пресноводных форм, например у беззубки, развитие связано с метаморфозом и временным паразитизмом. Личинка беззубки, глохидия, некоторое время развивается в эпителии рыбы, за счет которой и питается. Временный паразитизм выгоден в смысле питания и расселения медлительных ракушек.

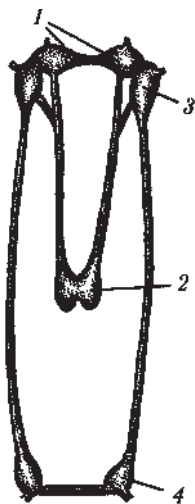


Рис. 102. Схема нервной системы пластиножаберных:

1 — церебральные ганглии; 2 — pedalные ганглии; 3 — плевральный ганглий; 4 — висцеропариетальный ганглий

Класс Головоногие

Класс наиболее сложно организованных, крупных, а иногда очень крупных свободноживущих моллюсков.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение	Тело билатерально симметрично с резким разделением на голову и туловище. Нога превращена в щупальца, или руки. Раковина рудиментарна. Туловище со всех сторон одето мантией
Пищеварительная система	Рот, мускулистая глотка. Язык с радулой. Пищевод, мускулистый желудок. Тонкая кишка заканчивается порошицей. Печень
Органы дыхания	Жабры
Кровеносная система	Сердце состоит из одного желудочка и двух или четырех предсердий. Кровеносная система незамкнутая. Кровь содержит гемоцианин, поэтому на воздухе синее
Выделительная система	Состоит из двух или четырех почек. Внутреннее отверстие почек открывается в перикардий, наружное — в мантийную полость
Нервная система	Окологлоточные ганглии велики и образуют общую окологлоточную массу, от которой отходят два крупных мантийных нерва
Органы чувств	Органы обоняния. Развита органы зрения
Половая система	Головоногие раздельнополы, иногда с резким половым диморфизмом. Оплодотворение внутреннее, происходит в мантийной полости самки
Развитие	Все развитие протекает внутри оболочки яйца

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Строение. Тело состоит из головы, ноги и туловища. Голова и туловище, в отличие от брюхоногих, не имеют четкого разграничения. На спинной стороне туловища мантия образует покровы самого туловища, а на брюшной — отделена от туловища мантийной полостью. На месте перехода тулови-

ща в голову мантийная полость имеет *брюшное отверстие* для сообщения с внешней средой. В мантийной полости имеется *воронка*, которая прирастает к туловищу (рис. 103). Одним концом воронка открывается в мантийную полость, другим выходит наружу через брюшное отверстие. С помощью *мантийных мышц* мантия плотно прилегает к туловищу, и вода с силой выталкивается через воронку из мантийной полости наружу. Затем мышцы расслабляются, и полость снова заполняется водой. За счет таких ритмичных сокращений мантийных мышц совершаются *плавательные движения* и моллюски передвигаются задним концом вперед. Нога у головоногих очень сильно видоиз-

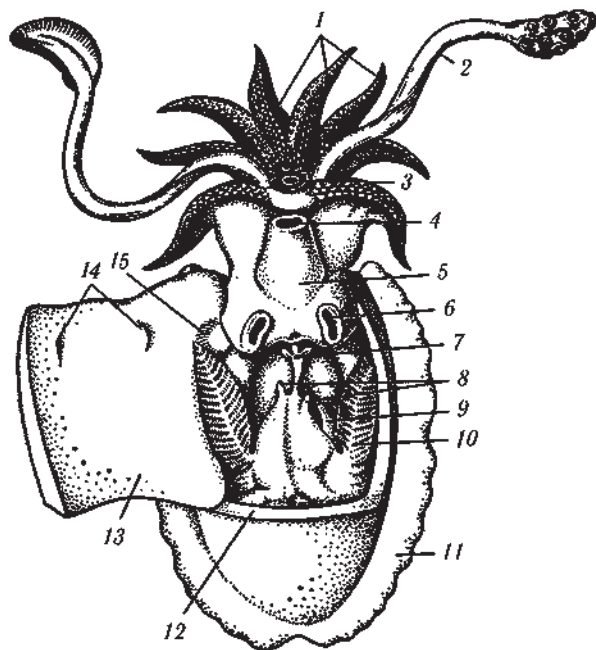


Рис. 103. Каракатица со вскрытой мантийной полостью (вид с брюшной стороны):

1 — руки с присосками; 2 — ловчая рука; 3 — рот; 4 — отверстие воронки; 5 — воронка; 6 — хрящевые ямки запонок; 7 — анальный сосочек с анальным отверстием; 8 — почечные сосочки; 9 — непарный половой сосочек; 10 — жабры; 11 — плавник; 12 — линия отреза мантии; 13 — отогнутая мантия; 14 — хрящевые бугорки запонок; 15 — мантийный звездчатый ганглий

меняется: ей *соответствуют воронка и щупальца*. Щупальца образуют *околоротовой венец*. У низших форм (*кораблик*) — неопределенное количество одинаковых щупалец. У одних высших головоногих (*осьминоги*) имеется 8 *хорошо развитых одинаковых по размеру крупных щупалец*. У других (*каракатицы, кальмары*) кроме этого есть еще 2 *гораздо более длинных ловчих щупальца с расширением на концах*. Щупальца высших головоногих несут многочисленные *крупные дисковидные присоски*, служащие для захвата добычи или прикрепления ко дну. Раковина присутствует только у древних форм. У большинства головоногих *раковина рудиментарна*. В соединительнотканном слое кожи присутствуют многочисленные *пигментные клетки*, или *хроматофоры*, с помощью которых под контролем нервной системы моллюски *могут менять окраску тела*. У головоногих, в отличие от других моллюсков, можно выделить особый *внутренний скелет* — *хрящевую головную капсулу*, которая защищает центральную нервную систему и в физиологическом отношении соответствует черепу позвоночных.

Пищеварительная система (рис.

104). Рот лежит в центре венца щупалец. Далее идет глотка с радулой. В глотке появляются две *толстые роговые челюсти*, похожие на клюв попугая, которые в основном участвуют в захвате и размельчении пищи. В глотку впадают *протоки двух пар слюнных желез* (секрет одной пары

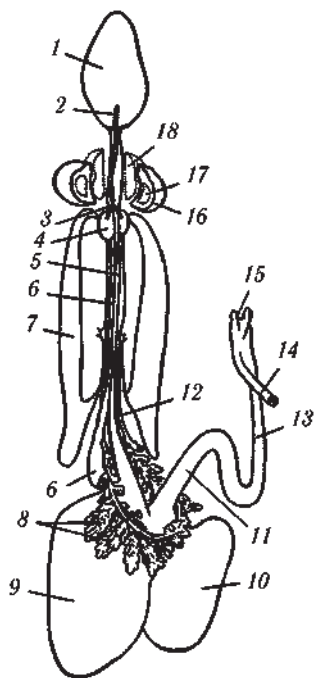


Рис. 104. Пищеварительная система каракатицы (с брюшной стороны):

1 — глотка; 2 — общий слюнный проток; 3 — слюнный проток; 4 — задняя слюнная железа; 5 — пищевод; 6 — головная аорта; 7 — печень; 8 — поджелудочная железа; 9 — желудок; 10 — слепой мешок желудка; 11 — тонкая кишка; 12 — печеночный проток; 13 — прямая кишка; 14 — проток чернильного мешка; 15 — анус; 16 — головная хрящевая капсула (разрезана); 17 — полость капсулы статоктиста; 18 — нервное кольцо (разрезано)

желез ядовит). Глотка продолжается в *пищевод*, который нередко образует *зоб*, и далее в *мешковидный желудок*. После желудка идет *тонкая кишка*, заканчивающаяся *задней кишкой* и *анальным отверстием*. В желудок впадают *протоки печени*, усаженные многочисленными *железистыми придатками*, которые часто называют *поджелудочной железой*.

Дыхательная система. Органы дыхания, как у всех моллюсков, находятся в *мантийной полости*. *Жабры* располагаются симметрично по бокам туловища. Обмен воды в мантийной полости осуществляется за счет деятельности *мантимальных мышц* и *воронки*.

Кровеносная система. Сердце головоногих состоит из одного *желудочка* и *двух или четырех предсердий*. От желудочка отходят *две крупные аорты*: *головная* (несет кровь к голове и щупальцам) и *внутренностная* (снабжает кровью кишечник и половые органы). Кровь головоногих содержит *гемоцианин*, поэтому на воздухе *синее*.

Выделительная система. Почки представляют собой *мешки*, *передние отверстия* которых *открываются около порошицы*, а *внутренние* — в *перикардальный отдел целома*. В стенки почек вдаются слепые выпячивания полых вен — *венозные придатки*, которые облегчают извлечение продуктов обмена веществ из крови. Почек, как и жабр, может быть 2 или 4.

Нервная система головоногих достигает наибольшей сложности строения по сравнению с остальными моллюсками. *Ганглии* довольно велики и образуют *единую окологлоточную нервную массу* (рис. 105).

Органы чувств. Органы обоняния расположены у основания жабр либо под глазами. Органы зрения могут быть представлены крупными *глазными ямками*, полость которых маленьким отверстием сообщается с внешней средой, или *глазами*, по строению напоминающими глаза млекопитающих. Сложные глаза головоногих обладают *аккомодацией* за счет *приближения или удаления хрусталика от сетчатки*. Также имеются *приспособления к видению при сильном и слабом освещении*.

У глубоководных головоногих моллюсков имеются специальные органы *свечения*.

Половая система. Головоногие моллюски *раздельнополы*. У некоторых видов наблюдается *половой диморфизм*. Оплодо-

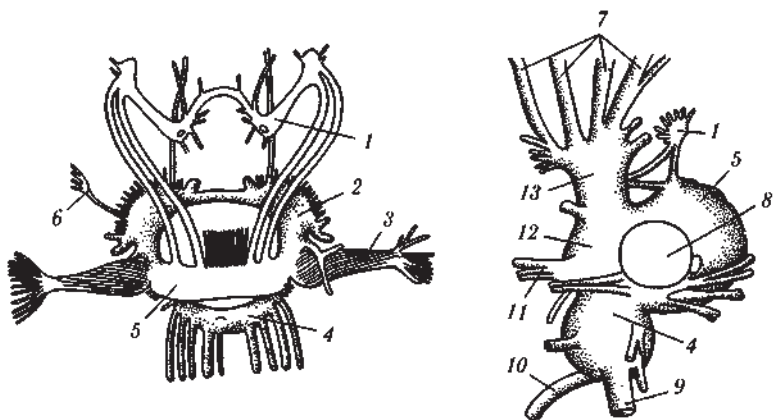


Рис. 105. Центральная нервная система головоногих:

1 — буккальный ганглий; 2 — pedalный ганглий; 3 — оптический нерв; 4 — висцеральный ганглий; 5 — церебральный ганглий; 6 — нерв, идущий к капюшону и щупальцам; 7 — нервы рук; 8 — место отхождения оптического нерва; 9 — мантийный нерв; 10 — нерв, идущий к внутренностям; 11 — нерв воронки; 12 — инфундибулярный ганглий; 13 — брахиальный ганглий (12 и 13 — производные pedalного ганглия)

творение чаще всего происходит в мантийной полости самки, где образуются и яйцевые оболочки. Все развитие протекает внутри оболочек яйца и без метаморфоза.

ТИП ХОРДОВЫЕ

Тип Хордовые объединяет *вторичноротых двусторонне симметричных целомических животных с метамерией*, выраженной преимущественно на ранних стадиях зародышевого развития. Хордовые имеют *внутренний скелет в виде хорды с лежащей над ней нервной трубкой*, а под ней — *пищеварительной*.

Передний конец пищеварительной трубки — *глотка* — пронизан открывающимися наружу *жаберными щелями*. Сердце лежит на *брюшной стороне тела под пищеварительной трубкой*. У высших хордовых хорда замещается *позвоночным столбом*. У наземных классов развиваются новые органы дыхания — *легкие*.

ПОДТИП БЕСЧЕРЕПНЫЕ

Бесчерепные — немногочисленная группа наиболее примитивных, исключительно морских хордовых животных. Все основные признаки типа хордовых *сохраняются у них пожизненно*. Организация бесчерепных представляет как бы упрощенную схему строения хордовых. *Нервная трубка не дифференцирована* на спинной и головной мозг. *Черепной коробки нет*. *Органы чувств примитивны*. *Кровеносная система замкнутая, но сердца нет*. Скелет представлен лишь хордой. Глотка прободена отверстиями и служит органом дыхания. Питаются бесчерепные, *процеживая воду* со взвешенными в ней мелкими животными и растительными организмами. В пищеварительной системе имеется *печеночный вырост*. *Парных конечностей нет*. Большинство современных видов обитает в прибрежных мелководных участках морей. Поведение их весьма несложное. Большую часть времени бесчерепные проводят зарывшись в песчаный грунт дна. В этом подтипе всего один класс.

Класс Головохордовые

Внешний вид. Ланцетник — полупрозрачное животное длиной 5—8 см, с телом *рыбообразной формы*, сжатым с боков. По спинной стороне тянется складка — *спинной плавник*. Эта же складка, продолжаясь на хвостовой отдел тела, образует *ланцетовидный хвостовой плавник*. От *предротовой воронки* по бокам брюшка тянется правая и левая *метаплевральные складки*, сливающиеся с *подхвостовым плавником* в районе *атриального отверстия (атриопор)*.

Кожные покровы ланцетника состоят из *двух слоев*: *наружного — однослойного эпителия (эпидермиса) и внутреннего (кутиса), подстилающего эпидермис тонким слоем студенистой соединительной ткани — кориумом*. Большинство клеток эпидермиса *цилиндрические*. Имеются *бокаловидные железистые клетки*, выделения которых образуют тонкую поверхностную пленку — *кутикулу*, предохраняющую нежную кожу от повреждения частицами грунта.

Скелет. От переднего до заднего конца тела тянется *хорда*, у ланцетника представленная уникальным образованием, не

встречающимся у других хордовых (рис. 106). Хорда образуется из энтодермы, отшнуровываясь от спинной стороны первичной кишки, и представляет собой сложную систему *поперечных мышечных пластинок*, окруженных соединительнотканной оболочкой.

Пластинки на большом протяжении изолированы друг от друга и только местами соединяются тонкими поперечными выростами. Хорда действует как мускульный орган: сокращение мышц увеличивает его жесткость — хорда ведет себя как гидростатический скелет.

Мускулатура ланцетника (рис. 107) *мало дифференцирована* и обеспечивает лишь несложные движения животного при плавании и

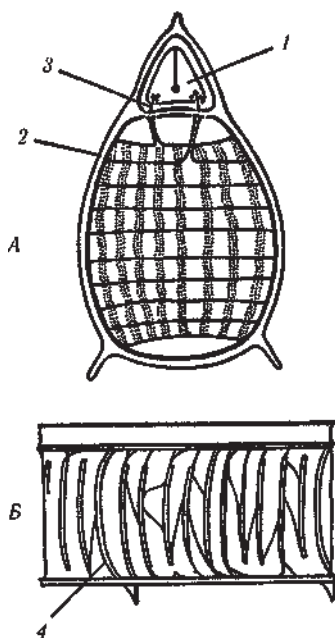


Рис. 106. Поперечный (А) и продольный (Б) разрезы хорды ланцетника:

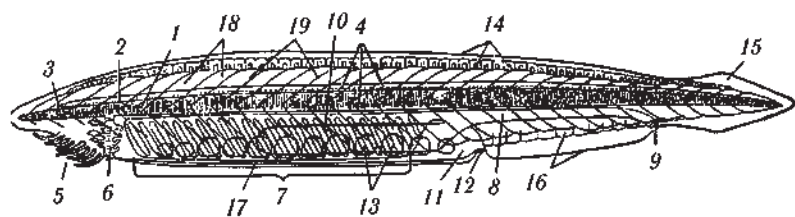
1 — нервная трубка; 2 — оболочка; 3 — мотонейрон; 4 — мышечная пластинка

Рис. 107. Ланцетник:

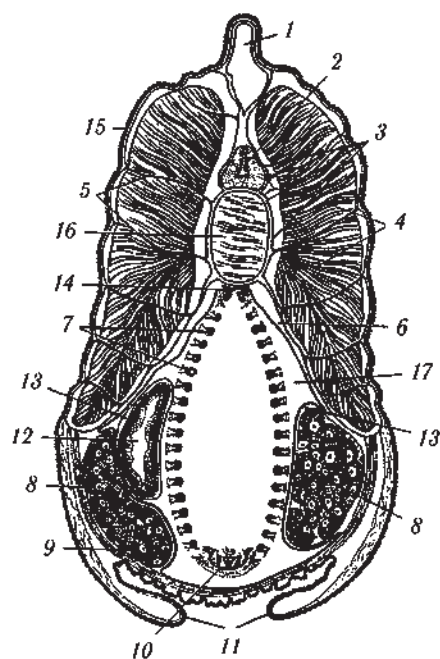
А — общий вид: 1 — хорда; 2 — нервная трубка; 3 — непарный глаз; 4 — глазки Гессе; 5 — околоротовые щупальцы; 6 — парус; 7 — глотки с жаберными щелями; 8 — кишка; 9 — заднепроходное отверстие; 10 — печеночный вырост; 11 — околожаберная полость; 12 — атриопор; 13 — гонады; 14 — спинной плавник; 15 — хвостовой плавник; 16 — брюшной плавник; 17 — метаплевральные складки; 18 — миомеры; 19 — миоसेпты;

Б — поперечный разрез в области жаберного отдела кишечника: 1 — спинной плавник; 2 — нервная трубка с невроцелем, окруженным глазками Гессе; 3 — скелетогенный слой; 4 — миомеры; 5 — миоसेпты; 6 — субкордальный целом; 7 — межжаберные перегородки; 8 — гонада (яичник); 9 — поперечный мускул; 10 — эндостиль; 11 — метаплевральные складки; 12 — печеночный вырост; 13 — участки целома; 14 — наджаберная борозда; 15 — эпидермис; 16 — хорда; 17 — атриальная полость;

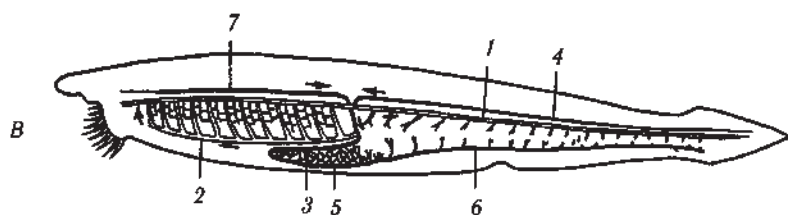
В — схема кровообращения: 1 — спинная аорта; 2 — брюшная аорта; 3 — печеночная вена; 4 — задняя кардинальная вена; 5 — воротная вена печени; 6 — подкишечная вена; 7 — передняя кардинальная вена



A



Б



В

зарывании в песок. К хорде прилегают 50—80 мышечных сегментов — *миомеров*, разделенных соединительными перегородками — *миосептами*. Миосепты изогнуты под острыми углами, вершины которых направлены к переднему концу тела. В этой связи миомеры имеют форму половины конуса с вершиной, входящей в выемку впереди лежащего миомера. Миомеры левой и правой сторон тела расположены таким образом, что миомеры одной стороны смещены на половину сегмента по отношению к миомерам другой стороны. Миомеры состоят из поперечнополосатых мышц. Сокращение миомеров последовательно изгибает тело в горизонтальной плоскости. Упругие лопасти хвоста при таком движении, изгибаясь, работают как гребной винт, толкая тело вперед.

Пищеварительная система. Питание в значительной степени *пассивное* — *фильтрацией*. Пища попадает через *рот* в *глотку* вместе с током воды, возникающим при движении *предротовой воронки венчиком щупалец*. В ней находится *ротовое отверстие*, окруженное *парусом* — мускулистой перегородкой. По средней линии брюшной стороны глотки тянется *желобок*, выстланный *железистыми* и *мерцательными* клетками, — *эндостиль*. Железистые клетки выделяют слизь, которая обволакивает осаждающиеся из воды пищевые частицы. Движением ресничек эпителия эндостиля возбуждается ток, который увлекает слизь и пищевые комочки вперед к ротовому отверстию. Резко сужаясь на заднем конце, *глотка* переходит в относительно *короткую кишку*, заканчивающуюся *анальным отверстием*. От начальной части кишки, сразу же за глоткой, отходит направленный вперед *печеночный вырост*. Переваривание пищевых частиц происходит как по всей длине кишечника, так и в полости печеночного выроста, стенки которого выделяют пищеварительные ферменты.

Дыхательная система. Стенки глотки пронизаны многочисленными (около 100 пар) косорасположенными *жаберными щелями*. Они отделены друг от друга тонкими *межжаберными перегородками*, покрытыми реснитчатым эпителием. Вода через рот поступает в голову, проходит через жаберные щели в окружающую глотку *околожаберную полость*, которая защищает дыхательный аппарат от засорения частичками грунта. Ток воды создается движением *выростов мерцательного органа* и колебанием ресничек, покрывающих межжаберные перегородки.

Кровеносная система ланцетника замкнутая. Представлена двумя крупными сосудами — спинным и брюшным — и капиллярами. Сердца нет. Течение крови осуществляется за счет сокращений брюшного сосуда. Гемоглобина нет, кровь бесцветна.

Выделительная система представлена многочисленными (до 90 пар) нефридиями, расположенными над глоткой. Почти вся нефридиальная трубка находится в полости тела — целоме, а конец открывается в околожаберную полость.

Нервная система. Центральная нервная система представлена продольной трубкой, внутренняя полость которой называется невроцелем. При развитии ланцетника полость нервной трубки сообщается с наружной средой посредством отверстия — невропора. У взрослых особей этого сообщения нет, а на месте невропора остается углубление, носящее название обонятельной ямки.

В стенках головного отдела есть скопления особых ганглионарных клеток, а в передней части расположено пигментное пятно (непарный «глазок»). Его функция не выяснена.

Периферическая нервная система представлена нервами, отходящими от нервной трубки в каждом сегменте двумя парами (левая и правая) — спинным и брюшным. Спинные нервы в функциональном отношении являются смешанными — двигательно-чувствительными. Брюшные — чисто двигательные. Спинные и брюшные ветви нервов у ланцетника не связаны между собой.

Органы чувств ланцетника просты. Механические (тактильные) ощущения воспринимаются нервными окончаниями в поверхностном слое кожи. Там же располагаются нервные клетки, воспринимающие химические раздражения. В нервной трубке расположены светочувствительные клетки — глазки Гессе.

ПОДТИП ПОЗВОНОЧНЫЕ, ИЛИ ЧЕРЕПНЫЕ

Позвоночные, или Черепные, наиболее высокоорганизованная группа типа хордовых (рис. 108).

Покровы тела. Различают два слоя кожи: наружный — многослойный эпидермис, внутренний — кориум.

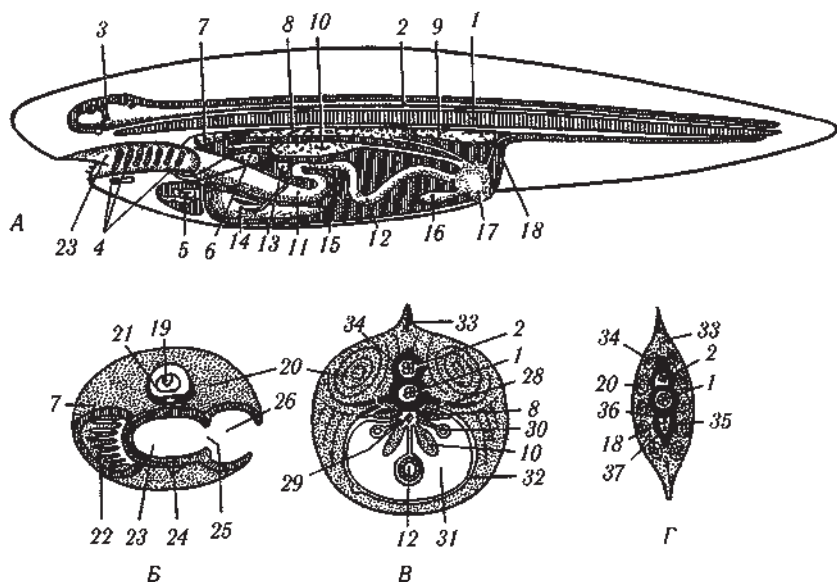


Рис. 108. Схема строения позвоночного. А — продольный разрез; поперечные разрез головы (Б), туловища (В) и хвостового отдела (Г):

1 — хорда; 2 — спинной мозг; 3 — головной мозг; 4 — жаберные щели; 5 — сердце; 6 — легкое; 7 — головная почка, или пронефрос; 8 — туловищная почка, или мезонефрос; 9 — тазовая почка, или метанефрос; 10 — половая железа; 11 — желудок; 12 — кишка; 13 — поджелудочная железа; 14 — печень; 15 — селезенка; 16 — мочевой пузырь; 17 — клоака; 18 — постанальная кишка; 19 — продолговатый мозг; 20 — мышцы; 21 — черепная коробка; 22 — жаберные лепестки; 23 — ротоглотка; 24 — брюшная аорта; 25 — внутреннее жаберное отверстие; 26 — наружное жаберное отверстие; 27 — жаберный мешок; 28 — правая задняя кардинальная вена; 29 — спинная аорта; 30 — проток головной почки; 31 — вторичная полость тела, или целом; 32 — правая боковая вена; 33 — плавниковый луч; 34 — верхняя дуга позвонка; 35 — нижняя дуга позвонка; 36 — хвостовая артерия; 37 — хвостовая вена

Эпидермис дает начало *роговым производным* в виде *роговых чешуй, перьев, волос, когтей, копыт, полых рогов*. В эпидермисе развиваются *разнообразные железы*. Корнум, или *собственно кожа*, составляет основную часть кожи. В этом слое кожи развиваются *разнообразные окостенения* в виде *чешуй рыб, покровных костей, костных рогов оленей*.

Скелет позвоночных *внутренний*. Может быть *хрящевым* или *костным*. Выделяют следующие скелеты: *скелет головы*, или *череп*, *осевой скелет* (позвоночник), *висцеральный скелет*, *скелет конечностей* и *их поясов*.

Мускулатура позвоночных подразделяется на *соматическую* — *мускулатуру тела*, образованную *поперечнополосатыми мышцами*, и *висцеральную* — *внутренних органов*, образованную *гладкими* и *поперечнополосатыми мышцами*.

Пищеварительная система. Пищеварительный тракт включает *ротовую полость*, *глотку*, *пищевод*, *желудок*, *кишечник*, подразделяющийся на *передний*, или *тонкий*, *средний*, или *толстый*, *задний*, или *прямой*, отделы. Морфологически усложнение кишечного тракта у позвоночных идет по пути его удлинения и дифференцировки. Две основные *пищеварительные железы* — *печень* и *поджелудочная железа*.

Дыхательная система. Органы дыхания позвоночных бывают двух типов: *жабры* и *легкие*. У некоторых существенное значение имеет *кожное дыхание*.

Кровеносная система замкнутая. У рыб *один круг кровообращения*, у остальных — *два круга кровообращения*. Появляется специальный пульсирующий орган — *сердце*. Основные отделы сердца — *предсердие* и *желудочек*. От сердца кровь движется *по артериям*, к сердцу — *по венам*.

Кроме кровеносной системы у позвоночных имеется незамкнутая *лимфатическая система*.

Выделительная система (рис. 109). Органы выделения представлены парными *почками*, которые снабжены выводными протоками — *мочеточниками*. Выделяют *первичные почки*, или *туловищные*, и *вторичные почки*, или *тазовые*.

Нервная система делится на *центральную* и *периферическую*. К центральной нервной системе относятся *головной* и *спинной мозг*. Головной мозг состоит из пяти отделов: *передний*, *промежуточный*, *средний*, *продолговатый* и *мозжечок* (рис. 110). От головного мозга отходят *10* или *12 пар черепно-мозговых нервов*. От спинного мозга метамерно отходят *спинно-мозговые нервы*.

Половая система. Все позвоночные *раздельнополы* (за исключением нескольких видов низших позвоночных). *Половые железы парные*. Оплодотворение *внешнее* или *внутреннее*. *Половой диморфизм хорошо выражен*.

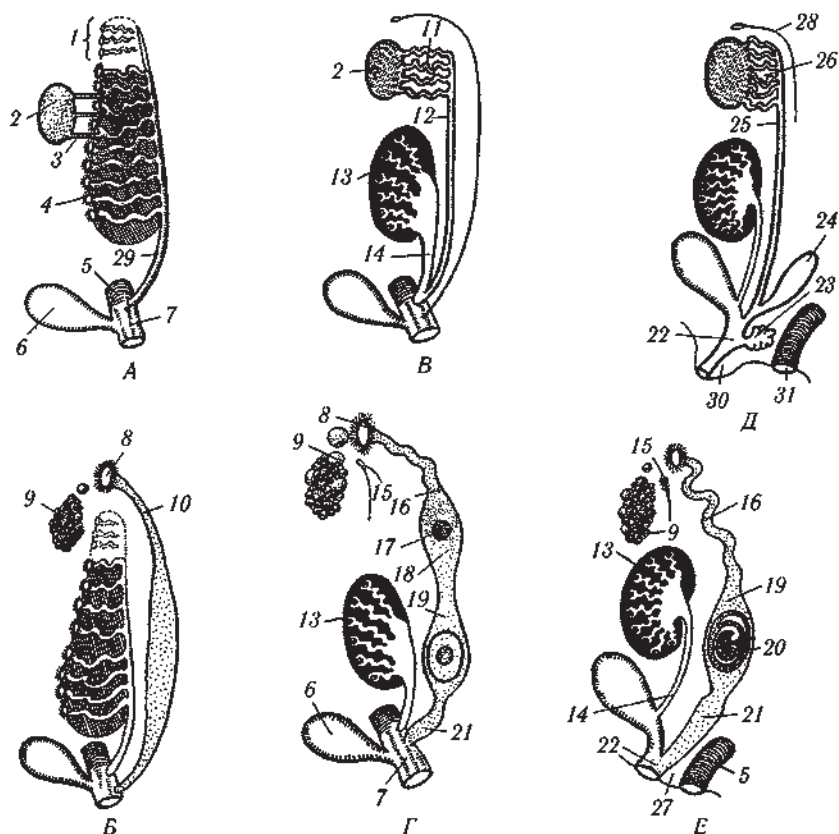


Рис. 109. Схема мочеполовой системы позвоночных. А (самец) и Б (самка) — акуловые и амфибии; В (самец) и Г (самка) — рептилии и птицы; Д (самец) и Е (самка) — млекопитающие:

1 — пронефрос (предпочка); 2 — семенник; 3 — семявыносящий проток; 4 — мезонефрос (первичная почка); 5 — задняя кишка; 6 — мочевой пузырь; 7 — клоака; 8 — воронка; 9 — яичник; 10 — мюллеров канал; 11 — придаток семенника (остаток передней части мезонефроса); 12 — семяпровод; 13 — метанефрос (вторичная почка); 14 — вторичный мочеточник; 15 — рудимент мезонефроса; 16 — яйцевод; 17 — яйцеклетка; 18 — белок, выделяемый железами стенки яйцевода; 19 — матка; 20 — зародыш в матке; 21 — влагалище; 22 — половой синус; 23 — предстательные железы; 24 — семенной пузырек; 25 — семяпровод; 26 — придаток семенника; 27 — промежность; 28 — рудимент мюллерова канала; 29 — канал мезонефроса (первичной почки); 30 — копулятивный орган (пенис); 31 — анальное отверстие

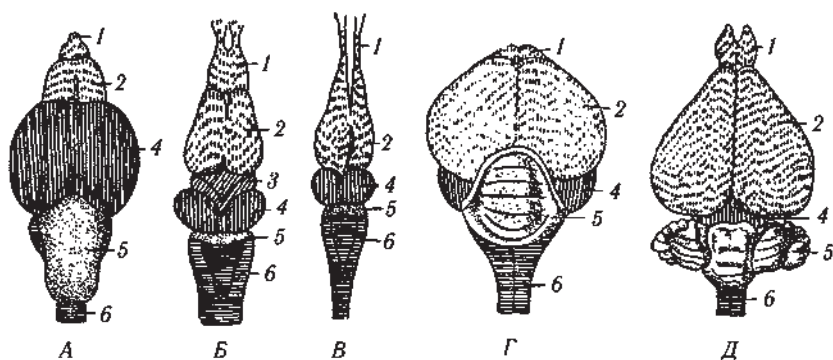


Рис. 110. Головной мозг различных позвоночных. А — костистой рыбы; Б — амфибии; В — рептилии; Г — птицы; Д — млекопитающего (кролика):

1 — обонятельные доли; 2 — конечный мозг (большие полушария); 3 — промежуточный мозг; 4 — средний мозг; 5 — мозжечок; 6 — продолговатый мозг

Подтип позвоночных включает 6 классов: *Круглоротые*, *Рыбы*, *Земноводные* — низшие позвоночные; *Пресмыкающиеся*, *Птицы*, *Млекопитающие* — высшие позвоночные.

Класс Рыбы

Рыбы являются первичноводными позвоночными, в связи с этим все особенности их строения связаны с водной средой.

Костные рыбы

Данная группа включает наибольшее количество видов. Костные рыбы распространены в самых разнообразных водоемах.

Покровы рыб образованы многослойным эпидермисом и дермой. В эпидермисе располагаются одноклеточные слизистые железы. Тело покрыто костной чешуей, производной дермы (рис. 111, А, Б).

Скелет представлен скелетами головы, туловища, парных и непарных конечностей. Череп содержит мозговой и висцер-

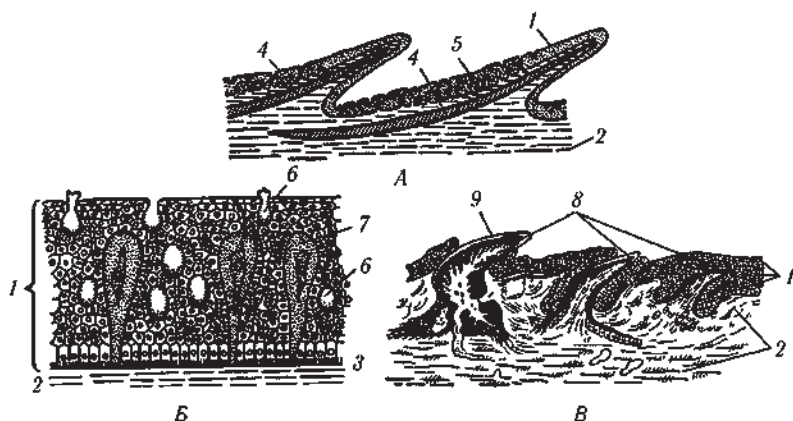


Рис. 111. Продольный разрез через кожу костистой рыбы (А и Б — увеличено) и хрящевой рыбы (В):

1 — эпидермис; 2 — кориум; 3 — базальный слой эпидермиса; 4 — костная чешуя; 5 — чувствующая концевая почка; 6 — слизеотделительная одноклеточная железа; 7 — колбовидная одноклеточная железа; 8 — плакоидные чешуи на разных стадиях развития (черным — дентин, белым — внутренняя полость чешуи, заполненная мякотью); 9 — слой эмали

ральный отделы. Висцеральный отдел состоит из *челюстной* и *подъязычной дуг*, которые образуют *челюстной аппарат* рыб. *Жаберные дуги* являются опорой для жаберного аппарата.

Осевой скелет представлен *позвоночником*, имеющим два отдела: *туловищный* и *хвостовой*. Почти полностью окостеневает. Позвоночник состоит из *позвонков*. Между позвонками сохраняются *остатки хорды*. Над телами позвонков верхние дуги срастаются, образуя *спинномозговой канал*. От нижних дуг отходят поперечные отростки, к которым прикрепляются *ребра*.

Скелет каждого из парных плавников — *грудных* и *брюшных* — состоит из *пояса* и *скелета свободной конечности*. Различают *плечевой* и *тазовый пояса*. Пояс служит опорой для лучей плавников и лежит в корпусе тела. Грудные плавники сочленяются с плечевым поясом, брюшные — с тазовым.

Мышечная система сохраняет *сегментарное строение*, но в отличие от ланцетника более разнообразна. Хорошо развиты мышцы челюстей, плавников, жаберных дуг.

Пищеварительная система (рис. 112) характеризуется большой дифференцировкой на отделы и удлинением всего пи-

щеварительного тракта. Появление *челюстей* и *зубов* обеспечивает активный захват и удержание добычи. Зубы имеют одинаковое строение и сменяются в течение жизни. Для улучшения пищеварения имеются *пилорические придатки*, находящиеся после желудка. Хорошо развита *печень*.

Дыхательная система. Органы дыхания — *жабры* — находятся непосредственно на *жаберных дугах*. *Жаберные щели* прикрыты *жаберной крышкой*, что позволяет осуществлять дыхание в неподвижном состоянии (рис. 113, А). У некоторых костных рыб, живущих в илистых водоемах, дополнительным орга-

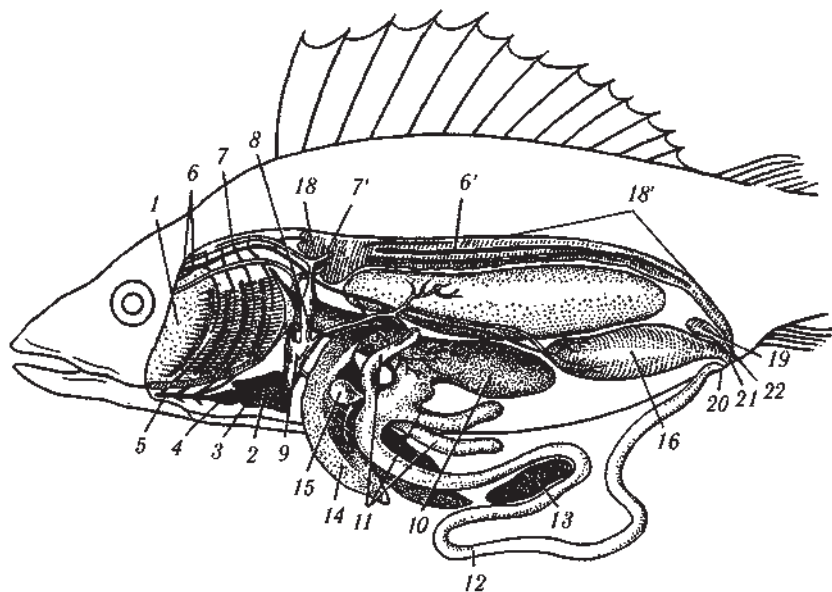


Рис. 112. Строение костистой рыбы:

1 — жабры; 2 — предсердие; 3 — желудочек; 4 — луковица аорты; 5 — брюшная аорта; 6 — корни спинной аорты; 6' — спинная аорта; 7 — передняя кардинальная вена; 7' — задняя кардинальная вена; 8 — кювьеров проток; 9 — венозный синус; 10 — желудок; 11 — пилорические придатки; 12 — кишка; 13 — селезенка; 14 — печень; 15 — желчный пузырь; 16 — половая железа (яичник); 17 — плавательный пузырь; 18 — рудимент головной почки; 18' — туловищная почка; 19 — мочевой пузырь; 20 — анальное отверстие; 21 — половое отверстие; 22 — мочевое отверстие

ном дыхания может служить *кожа*. Поверхностные рыбы могут *заглатывать атмосферный кислород*.

Кровеносная система. Впервые появляется специализированный орган — *сердце*. Оно состоит из *предсердия* и *желудочка*. В сердце рыб только *венозная кровь*. Кровеносная система *замкнутая*. Один *круг кровообращения* (рис. 114, А). У двоякодышащих и кистеперых рыб в связи с появлением легочного дыхания формируется второй круг кровообращения.

Выделительная система представлена *первичными, или туловищными, почками* — парным органом, имеющим вид лент, которые лежат вдоль тела под позвоночником. Имеется *мочевой пузырь*.

Половая система. Рыбы являются *раздельнополыми животными*, у которых наблюдается *половой диморфизм*. Встречаются и *гермафродитные* формы. Половые железы располагаются рядом с почками и имеют обычно парное строение. *Семенни-*

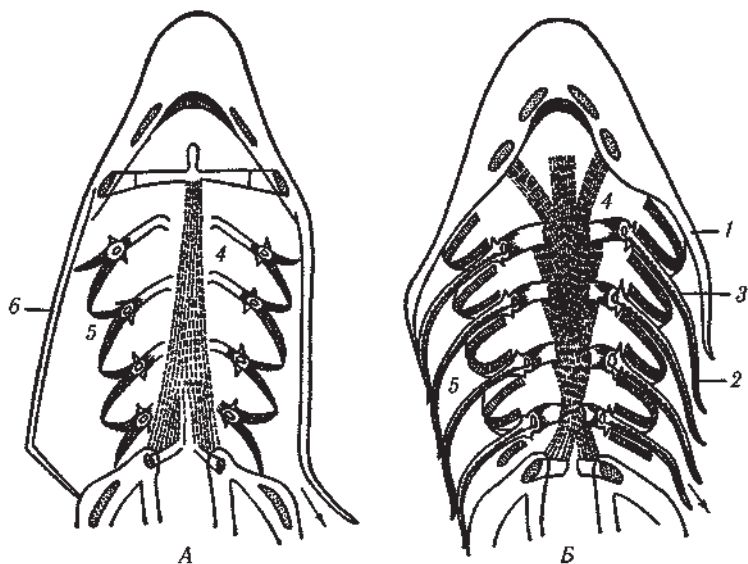


Рис. 113. Горизонтальный разрез через голову костистой рыбы (А) и акулы (Б) (схема); слева — положение клапанов при вдохе, справа — при выдохе:

1 — гиоидный клапан; 2 — клапаны межжаберных перегородок; 3 — жаберные лепестки; 4 — ротовая полость; 5 — наружные жаберные полости; 6 — жаберная крышка; стрелками показан ток воды

ки лентовидной формы, а ички имеют зернистое строение. Оплодотворение наружное — икрометание.

Нервная система. Центральная нервная система рыб состоит из головного и спинного мозга. Большие полушария развиты слабо и служат в основном высшим обонятельным центром. Наиболее крупных размеров достигает средний мозг. Хорошо развит мозжечок. Имеются 10 пар головных нервов (рис. 115, А, Б).

Органы чувств. У рыб развиты: боковая линия, органы зрения, слуха, обоняния, равновесия и вкуса.

Орган обоняния состоит из парных обонятельных мешков, которые сообщаются с окружающей средой через ноздри.

Глаза рыб приспособлены для видения на близком расстоянии. Они имеют плоскую роговицу, круглый хрусталик.

Органы слуха и равновесия состоят только из внутреннего уха, которое представлено перепончатым лабиринтом, состоящим из трех полукружных каналов, овального и круглого мешочков.

Органы осязания имеют вид чувствительных клеток, которые расположены по всему телу, в особенности на плавниках и губах. Вкусовые клетки находятся в ротовой полости.

Особое значение имеет боковая линия, которая воспринимает перемещение частиц воды и очень тонкие звуковые колебания. Благодаря этому органу рыбы определяют направление течений, приближение других обитателей воды, не сталкиваются с подводными препятствиями.

Гидростатический аппарат — плавательный пузырь (вырост пищевода), регулирует содержание газов, с его помощью изменяется плотность тела и тем самым плавучесть. Плавательный пузырь может выполнять дыхательную функцию. У двоя-

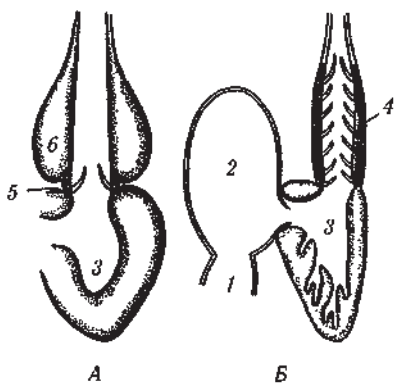


Рис. 114. Строение сердца костистой рыбы (А) и акулы (Б):

1 — венозная пазуха; 2 — предсердие; 3 — желудочек; 4 — артериальный конус; 5 — рудимент артериального конуса; 6 — луковца аорты

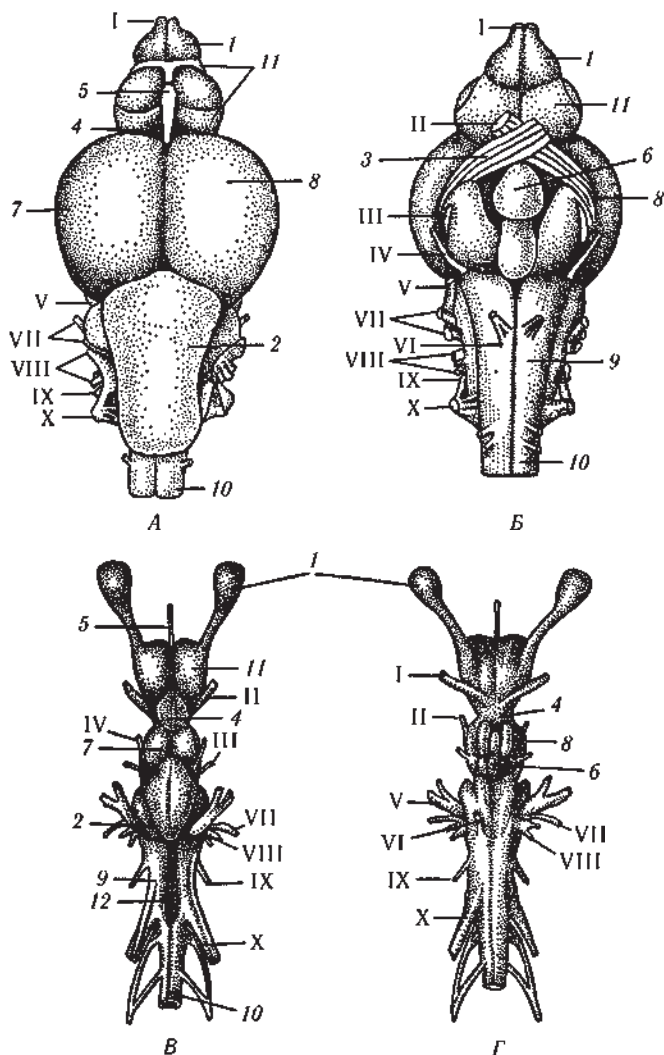


Рис. 115. Головной мозг костистой рыбы (А — сверху, Б — снизу) и акулы (В — сверху, Г — снизу):

1 — обонятельная луковица; 2 — мозжечок; 3 — перекрест зрительных нервов; 4 — промежуточный мозг; 5 — эпифиз; 6 — гипофиз; 7 — зрительные доли среднего мозга; 8 — средний мозг; 9 — продолговатый мозг; 10 — спинной мозг; 11 — передний мозг; 12 — полость четвертого желудочка; I—X — головные нервы

кодышащих и кистеперых рыб плавательный пузырь имеет ячеистое строение и по существу функционирует как легкие. Плавательный пузырь может принимать участие в *улавливании и издавании звуков*.

Хрящевые рыбы

Наиболее примитивные современные рыбы. Основными характерными признаками хрящевых рыб являются: *хрящевой скелет*, сохраняющийся всю жизнь, *жаберные отверстия разделены широкими перегородками*, *отсутствие жаберной крышки*, *плакоидная чешуя* и *отсутствие плавательного пузыря*. Характерными представителями хрящевых рыб являются *акулы и скаты*.

Внешний вид. У большинства акул тело имеет *удлиненную, веретенообразную* форму. Спереди голова имеет *роstrum*. По бокам головы видны *5*, у некоторых *6—7 жаберных щелей*, не прикрытых жаберной крышкой. Позади глаз видны два отверстия — *брызгальца*, ведущие в глотку. Хвостовой плавник *неравнолопастной* — верхняя лопасть больше, чем нижняя. *Парные конечности* представлены *грудными* и *брюшными плавниками*, расположенными *горизонтально*.

Кожные покровы. Кожа состоит из *многослойного эпидермиса* с многочисленными *железистыми клетками* и *кориума* (см. рис. 111, В на с. 160). В кориуме образуется *вещество, близкое к дентину зубов* млекопитающих, которое является основой для чешуи. Зубец чешуи, находящийся на поверхности, покрыт *эмалью*, которую образует *одноименная железа эпидермиса*. Чешуя покрывает все тело. По краям ротовой полости чешуя заходит на челюсти. Здесь она крупнее и выполняет функции *зубов*.

Скелет. Осевой скелет состоит из *позвоночника* и *мозговой части черепа*. Позвоночник делится на *два отдела: туловищный и хвостовой*. Позвоночник образован хрящевыми позвонками. Они состоят из тела позвонка, от которого отходят пара верхних и пара нижних дуг. Верхние дуги образуют арку, ограничивающую спинномозговой канал. Нижние дуги образуют канал в хвостовом отделе, а в туловищном к ним присоединяются ребра. *Между позвонками имеется полость, в которой сохраняется хорда*. Хорда также сохраняется в телах позвонков. Помимо осевого скелета имеется *висцеральный скелет*, образованный *жаберными дугами, подъязычной дугой и челюстной дугой*.

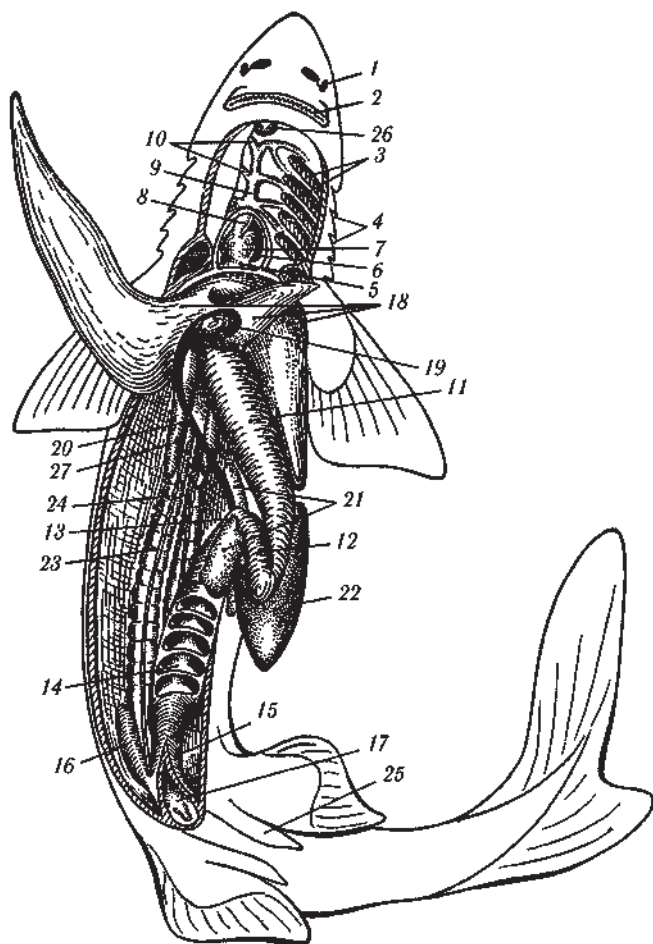


Рис. 116. Строение хрящевой рыбы:

1 — ноздря; 2 — ротовая щель; 3 — жабры; 4 — наружные отверстия жаберных щелей; 5 — венозная пазуха; 6 — предсердие; 7 — желудочек; 8 — артериальный конус; 9 — брюшная аорта; 10 — приносящие жаберные артерии; 11 — кардиальная часть желудка; 12 — пилорическая часть желудка; 13 — тонкая кишка; 14 — вскрытая толстая кишка со спиральным клапаном; 15 — прямая кишка; 16 — ректальная железа; 17 — клоака; 18 — печень; 19 — желчный пузырь; 20 — желчный проток; 21 — поджелудочная железа; 22 — селезенка; 23 — почка; 24 — семяпровод; 25 — копулятивный отросток брюшного плавника; 26 — щитовидная железа; 27 — семенник

Скелет парных конечностей состоит из *пояса конечностей*, лежащего в корпусе тела, и *неприкрепленного к позвоночнику скелета свободных конечностей*. Скелет непарных конечностей не имеет поясов конечностей.

Пищеварительная система (рис. 116). *Ротовая полость* ограничена челюстями, которые несут довольно *крупные зубы*, расположенные в *несколько рядов*. Ротовая полость переходит в *глотку*, *прободенную жаберными щелями*. Короткий *пищевод* соединяет глотку с *дугообразно изогнутым желудком*, от которого отходит *короткая тонкая кишка*. Толстая кишка характеризуется значительным диаметром и наличием *спирального клапана*, который увеличивает время нахождения пищи в кишечнике, что улучшает ее переваривание. Имеются *поджелудочная железа*, *печень* и *селезенка*.

Дыхательная система. Между *жаберными щелями* имеются *межаберные перегородки*, в которых располагаются *хрящевые жаберные дуги*. *Жабры* располагаются на передней и задней стенках жаберных щелей (см. рис. 113, Б на с. 162). В связи с данным строением жаберного аппарата хрящевые рыбы называются *пластинчатожаберными*.

Кровеносная система. Сердце хрящевых рыб *двухкамерное*, но состоит из *четырех отделов* (см. рис. 114, Б на с. 163). К *предсердию* прилегает *венозный синус*, в котором собирается венозная кровь. К *желудочку* прилегает *артериальный конус*, от него берет начало *брюшная аорта*, несущая кровь к жабрам.

Выделительная система. Органами выделения являются *первичные почки — мезонефрос*. Выводным протоком является *парный вольфов канал*, впадающий в *клоаку*.

Половая система. Хрящевые рыбы *раздельнополые*. У большинства имеются *парные яичники* и *парные семенники*. *Оплодотворение внутреннее*. Хрящевые рыбы *живородящие*, но есть виды, *откладывающие яйца*. При развитии эмбриона развивается *«плацента»* (рис. 117).

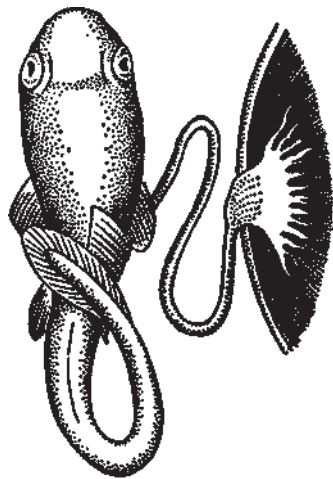


Рис. 117. Зародыш куньей акулы с желточной «плацентой»

Нервная система (см. рис. 115, В, Г на с. 164) и **органы чувств** функционально не отличаются от таковых у костистых рыб. Отсутствует плавательный пузырь.

Костнохрящевые рыбы

Немногочисленная древняя группа примитивных рыб, имеющих ряд общих черт как с хрящевыми, так и с костными рыбами. В настоящее время костнохрящевые рыбы представлены *только осетровыми*.

По внешнему виду костнохрящевые рыбы похожи на акул: *имеется рострум, хвостовой плавник неравнолопастный, гетероцеркальный, парные плавники располагаются горизонтально*. Так же, как и у хрящевых рыб, в кишечнике костнохрящевых имеется *спиральный клапан*. Сохраняется *артериальный конус* и *межжаберные перегородки* (хотя и частично редуцированные). Основу осевого скелета составляет *пожизненно сохраняющаяся хорда*.

С костными рыбами костнохрящевых объединяет *наличие жаберной крышки и плавательного пузыря, костные части черепа, наружное оплодотворение*.

Костнохрящевые рыбы имеют и специфические признаки. Имеется своеобразная чешуя в виде *костных блях*, так называемых *жучек*, располагающихся на теле *пятью рядами*. *Тела позвонков не развиваются*, но имеются хрящевые верхние и нижние дуги.

Класс Земноводные, или Амфибии

Земноводные являются наиболее примитивными наземными позвоночными, занимающими промежуточное положение между собственно водными и настоящими наземными животными. Подавляющее большинство амфибий обитает в зависимости от стадий жизненного цикла то в воде, то на суше. Распространены менее широко, чем другие позвоночные. Наибольшее число видов обитает в тропиках. В умеренных широтах амфибий мало, а в Арктике и Антарктиде нет вовсе. В пустынных областях и в высокогорных странах амфибии отсутствуют или очень малочисленны.

Класс амфибий составляют три отряда: *Безногие, Хвостатые, Бесхвостые*.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Покровы	Кожа голая. Эпидермис очень богат многоклеточными железами
Скелет	Позвоночник состоит из шейного, туловищного, крестцового и хвостового отделов. Шейный и крестцовый отделы представлены одним позвонком. Суставные конечности
Мышечная система	Мышечная система хорошо дифференцирована и в значительной степени утрачивает характерную для мускулатуры рыб сегментацию
Пищеварительная система	Ротовая полость, короткий пищевод, желудок, тонкий кишечник, толстый кишечник, хорошо обособленная прямая кишка, клоака
Дыхательная система	Дышат легкими и через кожу. Личинки амфибий дышат с помощью наружных жабр
Кровеносная система	Сердце трехкамерное, состоящее из двух предсердий и одного желудочка. Появляется второй, легочный, круг кровообращения. Органы тела снабжаются смешанной кровью
Выделительная система	Пара туловищных почек. От почек по мочеточникам моча выводится в клоаку. В клоаку открывается и мочевой пузырь
Нервная система	Средний мозг и мозжечок сравнительно небольших размеров
Органы чувств	Появляются подвижные веки, защищающие глаза от высыхания и загрязнений, имеется третье веко. Органы слуха — внутреннее и среднее ухо. Орган вкуса представлен вкусовыми почками на языке, нёбе и челюстях
Размножение	Амфибии раздельнополые. Половые органы парные, состоят из семенников у самцов и яичников у самок

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Кожные покровы. Кожа всех амфибий голая, лишенная наружного покрова из костных или роговых чешуй. Эпидермис очень богат многоклеточными железами (рис. 118). Секрет желез предохраняет кожу от высыхания и принимает

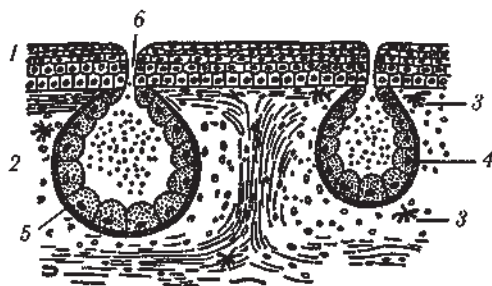


Рис. 118. Строение кожи земноводных:

1 — эпидермис; 2 — корium; 3 — пигментные клетки; 4 — железистые клетки; 5 — мускульная оболочка кожной железы; 6 — выводной проток железы

участие в кожном дыхании. Многие виды имеют ядовитые железы.

Скелет. Позвоночник амфибий состоит из шейного, туловищного, крестцового и хвостового отделов (рис. 119). В шейном и крестцовом отделах по одному позвонку. С появлением шейного позвонка у земноводных появилась возможность поднимать и опускать голову. Крестцовый позвонок появляется вследствие наземного образа жизни — появилась необходимость прикрепления задних конечностей к позвоночнику, что способствовало распределению веса тела. Хвостовой отдел наиболее типично выражен у хвостатых, у безногих он очень мал, а у бесхвостых представлен косточкой — *уростилем*.

Скелет свободных суставных пятипалых конечностей типичен для наземных позвоночных.

Мышечная система амфибий хорошо дифференцирована и в значительной степени утрачивает характерную для мускулатуры рыб сегментацию. Мускулатура разделяется на мускулатуру головы, туловища, конечностей.

Пищеварительная система. Для амфибий характерен протяженный и дифференцированный пищеварительный тракт (рис. 120): ротовая полость, короткий пищевод, желудок, тонкий кишечник, толстый кишечник, хорошо обособленная прямая кишка, клоака. В ротовой полости у большинства видов на челюстях имеются мелкие зубы, способствующие захвату и удерживанию добычи. В ротовую полость открываются парные ноздри, протоки слюнных желез. В кишечнике появляется двенадцатиперстная кишка. Крупная печень имеет желчный пузырь, ее проток впадает в двенадцатиперстную кишку. В желчный проток впадают протоки поджелудочной железы, таким образом, самостоятельного сообщения с кишечником поджелудочная железа не имеет.

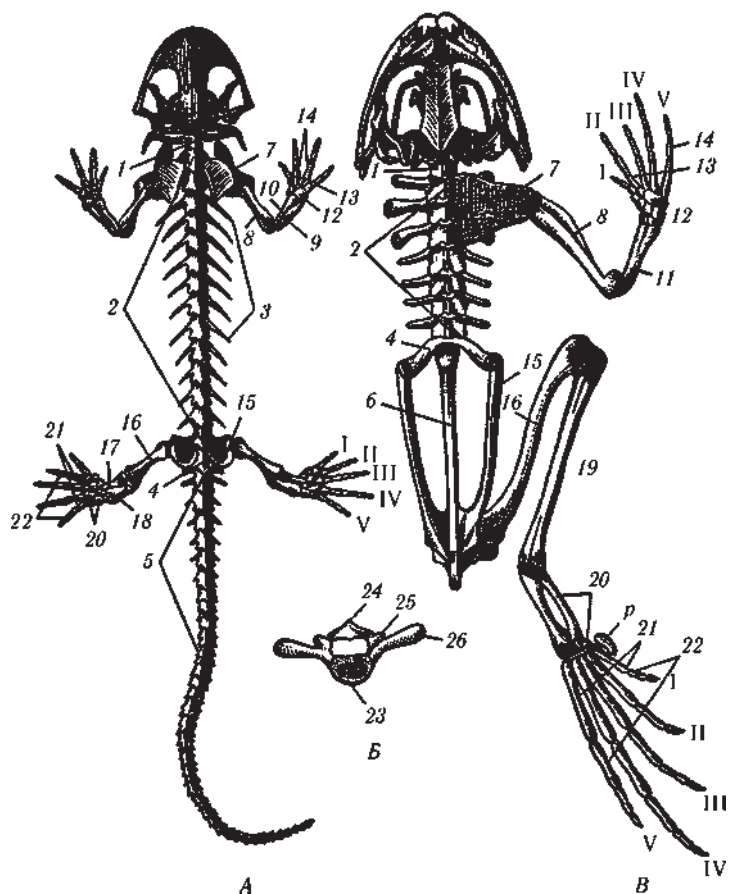


Рис. 119. Скелет саламандры (А) и лягушки (В); Б — туловищный позвонок лягушки:

1 — шейный позвонок; 2 — туловищные позвонки; 3 — ребра; 4 — крестцовый позвонок; 5 — хвостовые позвонки; 6 — уrostиль; 7 — пояс передних конечностей; 8 — плечо; 9 — локтевая кость; 10 — лучевая кость; 11 — сросшиеся лучевая и локтевая кости; 12 — запястье; 13 — пясть; 14 — фаланги пальцев; 15 — подвздошные кости тазового пояса; 16 — бедро; 17 — большая берцовая кость; 18 — малая берцовая кость; 19 — сросшиеся малая и большая берцовые кости; 20 — предплюсна; 21 — плюсна; 22 — фаланги пальцев; 23 — тело позвонка; 24 — верхняя дуга с остистым отростком; 25 — сочленовный отросток; 26 — поперечный отросток; I—V — нумерация пальцев, *p* — рудимент предпальца

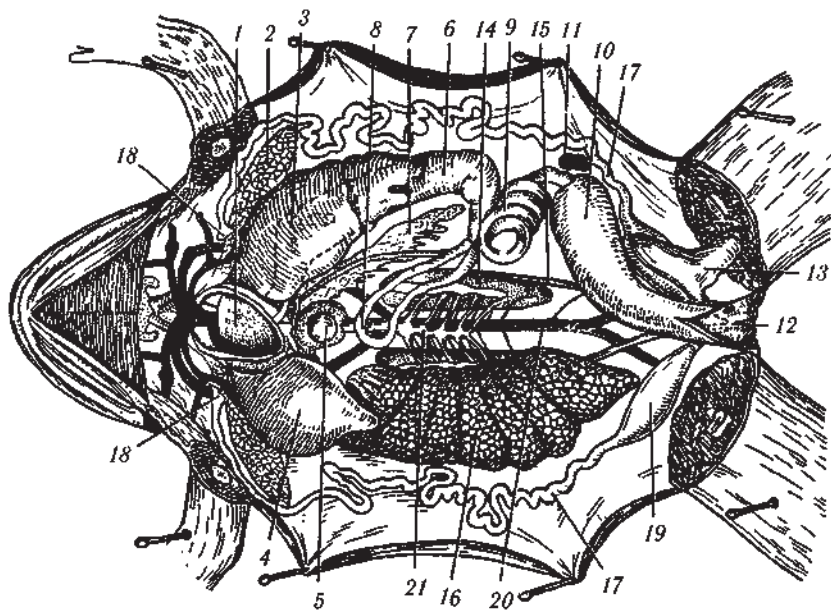


Рис. 120. Вскрытая лягушка (самка):

1 — сердце; 2 — легкое; 3, 4 — печень; 5 — желчный пузырь; 6 — желудок; 7 — поджелудочная железа; 8 — двенадцатиперстная кишка; 9 — тонкая кишка; 10 — толстая кишка; 11 — селезенка; 12 — клоака; 13 — мочевого пузыря; 14 — левая почка; 15 — мочеточник; 16 — правый яичник (левый удален); 17 — яйцевод; 18 — воронка яйцевода; 19 — матка; 20 — спинная аорта; 21 — задняя полая вена

Дыхательная система. Во взрослом состоянии большинство амфибий дышат *легкими и через кожу*. Во время длительного нахождения в воде у амфибий осуществляется *только кожное дыхание*. Личинки амфибий дышат при помощи *ветвистых наружных жабр*. Механизм легочного дыхания в связи с *отсутствием грудной клетки* весьма своеобразен. Ротоглоточная плоскость работает как насос — *нагнетательный тип легочного дыхания*.

Кровеносная система. Сердце *трехкамерное*, состоящее из *двух предсердий и одного желудочка* (рис. 121). В связи с легочным дыханием у амфибий появляется *второй, легочный, круг кровообращения*. У амфибий *нет полного разделения* венозной и артериальной крови, поэтому органы тела в большей или мень-

шей степени снабжаются *смешанной кровью*. При этом в сонные артерии, несущие кровь к головному мозгу, попадает чистая артериальная кровь.

Эндокринная система образована *гипофизом, надпочечниками, щитовидной, поджелудочной и половыми железами*.

Нервная система. Средний мозг и мозжечок сравнительно небольших размеров (рис. 122), а у некоторых хвостатых он практически не заметен. Это связано с крайне однообразными, несложными движениями. От головного мозга отходят 10 пар головных нервов.

Органы чувств. Органы зрения амфибий имеют ряд особенностей, связанных с полуназемным образом жизни. Появляются *подвижные веки*, защищающие глаза от высыхания и загрязнений, имеется *третье веко*. *Роговица становится выпуклой* (правда, при нахождении в воде она делается плоской, как у рыб). *Хрусталик становится линзообразным*, что определяет *дальнозоркое зрение*. Совершенствуется *аккомодация зрения*.

Органы слуха. Кроме *внутреннего уха*, представленного *перепончатым лабиринтом*, появляется *среднее ухо* — полость, ограниченная снаружи *барабанной перепонкой* и содержащая *одну слуховую косточку — стремя*. Среднее ухо сообщается с глоткой при помощи *евстахиевой трубы*, что позволяет уравнивать давление воздуха в нем с давлением внешней среды. У хвостатых и безногих барабанная перепонка и барабанная полость отсутствуют.

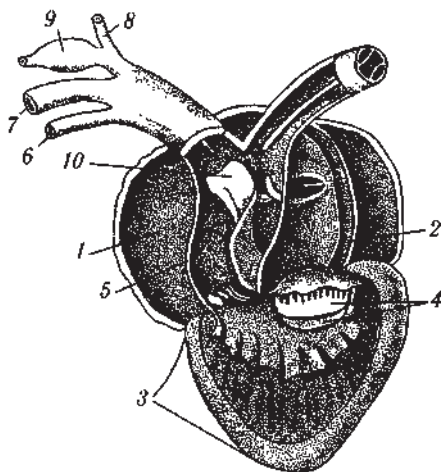


Рис. 121. Схема вскрытого сердца лягушки:

1 — правое предсердие; 2 — левое предсердие; 3 — желудочек; 4 — клапаны, закрывающие общее отверстие, ведущее из обоих предсердий в желудочек; 5 — артериальный конус; 6 — кожно-легочная артерия; 7 — дуга аорты; 8 — общая сонная артерия; 9 — сонная «железа»; 10 — спиральный клапан артериального конуса

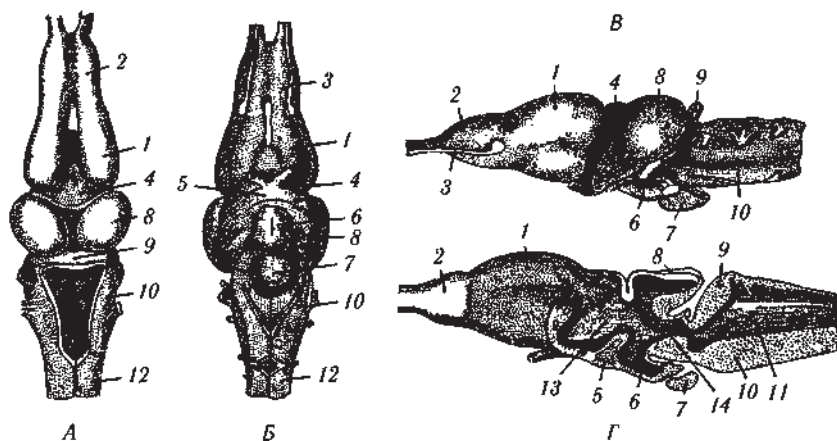


Рис. 122. Головной мозг лягушки. А — сверху; Б — снизу; В — сбоку; Г — в продольном разрезе:

1 — полушария переднего мозга; 2 — обонятельная доля; 3 — обонятельный нерв; 4 — промежуточный мозг; 5 — зрительная хиазма; 6 — воронка; 7 — гипофиз; 8 — средний мозг; 9 — мозжечок; 10 — продолговатый мозг; 11 — четвертый желудочек; 12 — спинной мозг; 13 — третий желудочек; 14 — силвиев водопровод

Органы обоняния представлены парными обонятельными капсулами, открывающимися наружу ноздрями.

Личинкам всех амфибий свойственна боковая линия. Во взрослом состоянии она сохраняется только у водных форм хвостатых амфибий и бесхвостых.

Орган вкуса представлен вкусовыми почками на языке, нёбе и челюстях.

Выделительная система. Продукты диссимиляции выводятся через кожу и легкие, но большая часть выделяется парой туловищных почек. От почек по мочеточникам моча выводится в клоаку. В клоаку открывается и мочевой пузырь.

Размножение. Амфибии раздельнополые. Половые органы парные, состоят из семенников у самцов и яичников у самок. От семенников отходят выносящие протоки, которые соединяются с мочевыми канальцами и открываются в мочеточник, выполняющий одновременно функцию семяпровода и открывающийся в клоаку. Яйца из яичников выпадают в полость тела, откуда че-

рез *яйцеводы*, открывающиеся в *клоаку*, выводятся наружу. Оплодотворение *наружное*, происходит в *воде*, куда самки выметывают яйцеклетки — *икру*. У амфибий хорошо развит *половой диморфизм*. Развитие происходит с *метаморфозом* (рис. 123).

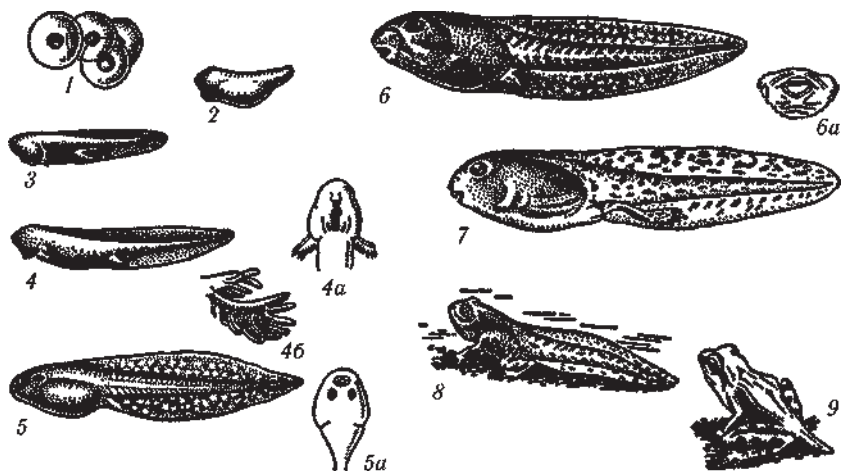


Рис. 123. Развитие остромордой лягушки:

1 — икринки; 2 — личинки в момент вылупления; 3 и 4 — увеличение наружных жабр и разрастание плавниковой складки; 4а — тот же головастики снизу (видна присоска); 4б — строение наружной жабры; 5 — развитие жаберной крышки, прикрывшей наружные жабры; 5а — тот же головастик снизу (виден прорвавшийся рот); 6 — появление конечностей; 6а — ротовой аппарат головастика; 7 — полностью сформированные конечности; 8 — прорыв наружу передних конечностей, начало резорбции хвоста; 9 — стадия выхода на сушу

Класс Пресмыкающиеся, или Рептилии

Рептилии обитают преимущественно на суше, в том числе в условиях пустыни, — это первый класс *настоящих наземных животных*. Обитающие в воде являются *вторичноводными*. Преимуществу рептилий в конкуренции с амфибиями и их биологическому прогрессу способствовал ряд признаков: *оболочка вокруг зародыша* и *прочная оболочка вокруг яйца* — *скорлупа*, защищающая его от высыхания и дающая возмож-

ность размножения на суше; усовершенствование строения кровеносной системы; появление *коры больших полушарий*; появление механизма *обратного всасывания воды*.

Современные рептилии представлены четырьмя отрядами: *Клювоголовые*, *Чешуйчатые*, *Крокодилы*, *Черепахи*.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Покровы	Кожа сухая, лишена кожных желез, покрыта роговыми чешуйками, щитками или пластинками
Скелет	Позвоночник состоит из следующих отделов: шейный, грудной, поясничный, крестцовый. Суставные конечности
Мышечная система	Мускулатура развита значительно лучше, чем у амфибий. Большое значение имеет появление межреберных мышц, с помощью которых осуществляется легочное дыхание
Пищеварительная система	Мало отличается от пищеварительной системы амфибий. У рептилий на границе тонкого и толстого кишечника появляется зачаток слепой кишки
Дыхательная система	Появляются верхние дыхательные пути: гортань, длинная трахея, разветвляющаяся на два бронха. Легкие имеют ячеистое строение
Кровеносная система	Сердце трехкамерное, но в желудочке имеется неполная перегородка. Головной мозг и передние конечности снабжаются артериальной кровью, все остальное тело — смешанной. У крокодила сердце четырехкамерное, но кровь смешанная
Выделительная система	Представлена вторичными (тазовыми) почками и мочеточниками, впадающими в клоаку
Нервная система	Головной мозг рептилий отличается от мозга амфибий лучшим развитием больших полушарий. Крупный мозжечок. Из головного мозга отходит 12 пар черепномозговых нервов
Органы чувств	Органы зрения. Глаза снабжены подвижными веками. Имеется третье веко — мигательная перепонка. Органы слуха, как у амфибий. Боковая линия исчезает
Размножение	Рептилии раздельнополые животные. Половые железы парные. Внутреннее оплодотворение. Размножение происходит только на суше за счет формирования защитных оболочек у яйца. Развитие прямое без метаморфоза

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Покровы тела. Кожа сухая, лишена кожных желез, покрыта роговыми чешуйками, щитками или пластинками (рис. 124).

Скелет. Позвоночник состоит из следующих отделов: шейный; впервые выделяется грудной отдел, что связано с появлением грудной клетки, образованной ребрами и грудиной, а также поясничный отдел; крестцовый отдел состоит из двух позвонков. Происходит дальнейшее развитие свободных конечностей, которые приспособляются к активному передвижению по суше, чему способствует отличное от амфибий прикрепление конечностей к туловищу. У змей свободные конечности вторично исчезли в связи с ползающим способом передвижения, хотя рудименты конечностей можно обнаружить.

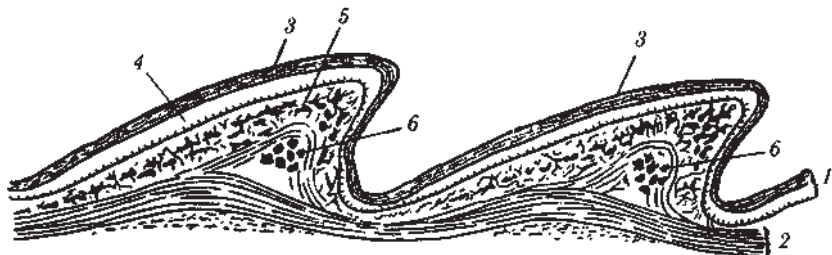
Мускулатура развита значительно лучше, чем у амфибий. Большое значение имеет появление межреберных мышц, с помощью которых осуществляется легочное дыхание.

Пищеварительная система (рис. 125) мало отличается от таковой у амфибий. У рептилий на границе тонкого и толстого кишечника появляется зачаток слепой кишки.

Органы дыхания. Появляются верхние дыхательные пути: гортань, длинная трахея (в связи с удлинением шейного отдела), которая разветвляется на два бронха. Легкие имеют ячеистое строение с большим количеством внутренних перегородок (рис. 126). У рептилий появляется реберное дыхание, или всасы-

Рис. 124. Продольный разрез кожи ящерицы:

1 — эпидермис; 2 — собственно кожа (кориум); 3 — роговой слой; 4 — мальпигиев слой; 5 — пигментные клетки; 6 — кожные окостенения



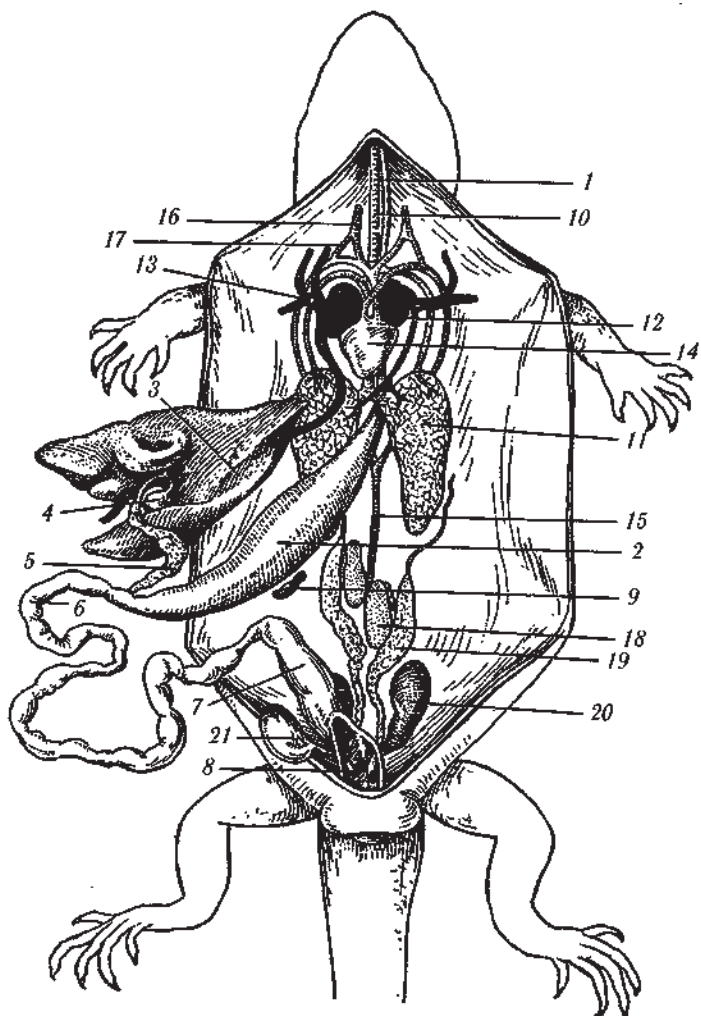


Рис. 125. Вскрытая ящерица (самец):

1 — пищевод; 2 — желудок; 3 — печень; 4 — желчный пузырь; 5 — поджелудочная железа; 6 — двенадцатиперстная кишка; 7 — толстая кишка; 8 — клоака; 9 — селезенка; 10 — трахея; 11 — легкие; 12 — левое предсердие; 13 — правое предсердие; 14 — желудочек; 15 — спинная аорта; 16 — правая сонная артерия; 17 — сонный проток; 18 — семенник; 19 — эпидидимис (придаток семенника); 20 — почка; 21 — мочевой пузырь

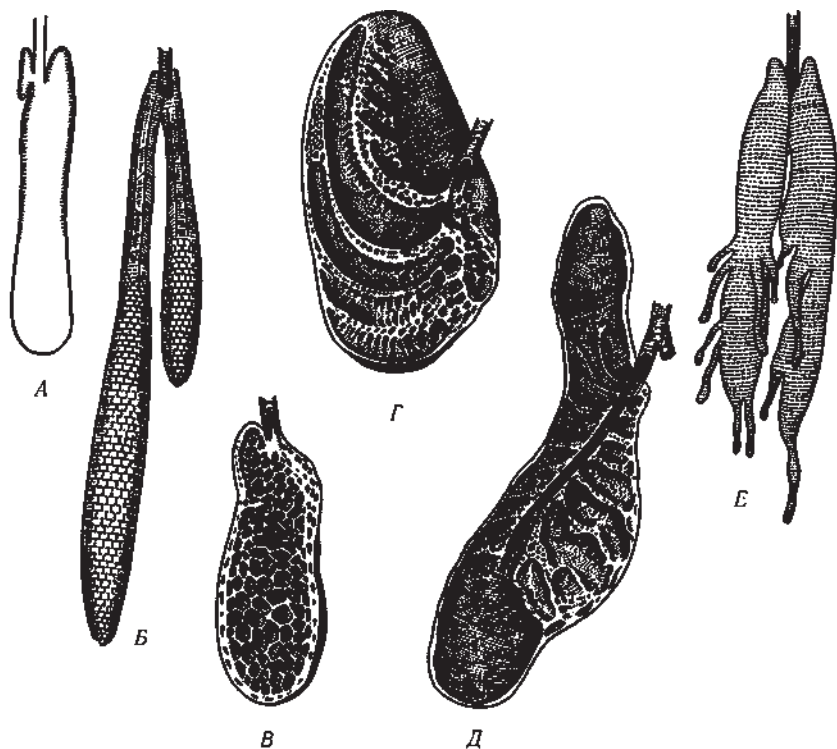


Рис. 126. Легкие пресмыкающихся:

А — амфисбены (разрез); Б — анаконды (вид сверху); В — гаттерии (разрез); Г — варана (разрез); Д — аллигатора (разрез); Е — хамелеона (вид снизу; отростки — подобие воздушных мешков)

вающий тип легочного дыхания. Кожное дыхание отсутствует.

Кровеносная система. Сердце трехкамерное, но в желудочке имеется неполная перегородка (рис. 127). Появление данной перегородки позволяет разделить в сердце венозную и артериальную кровь. Смешение происходит в спинной аорте. В связи с этим передняя часть, головной мозг и передние конечности рептилий снабжаются артериальной кровью, а задняя — смешанной. У крокодила сердце четырехкамерное, так как перегородка морфологически полная.

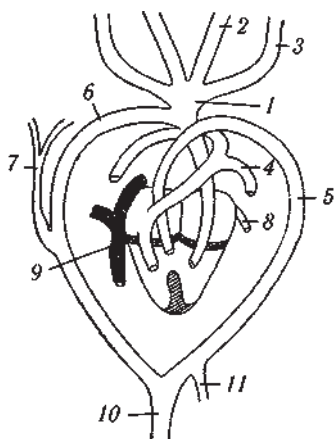


Рис. 127. Сердце ящерицы:

1 — общий ствол сонных артерий; 2 — внутренняя сонная артерия; 3 — наружная сонная артерия; 4 — легочная артерия; 5 — левая дуга аорты; 6 — правая дуга аорты; 7 — подключичная артерия; 8 — легочная вена; 9 — полая вена (нижняя) и две яремные вены (верхние); 10 — спинная аорта; 11 — желудочно-кишечная артерия (к внутренним органам)

Выделительная система рептилий представлена *вторичными*, или *тазовыми*, почками и мочеточниками, впадающими в клоаку. В нее открывается и *мочевой пузырь*. В почках рептилий существует механизм *обратного всасывания воды*.

Эндокринная система. У рептилий имеются все типичные для высших позвоночных *эндокринные железы*.

Нервная система. Головной мозг рептилий отличается от мозга амфибий *лучшим развитием больших полушарий* (рис. 128). Крупный *мозжечок* позволяет осуществлять хорошую координацию движения. Из головного мозга отходит *12 пар черепно-мозговых нервов*.

Органы чувств рептилий соответствуют наземному образу жизни.

Органы зрения. Глаза снабжены *подвижными веками*. Имеется *третье веко* — *мигательная перепонка*. *Аккомодация*

осуществляется не только за счет *перемещения хрусталика*, но и за счет *изменения его формы*.

Органы слуха, как у амфибий. В перепончатом лабиринте наблюдается *обособление улитки*.

Боковая линия исчезает.

Размножение. Рептилии *раздельнополые* животные с выраженным *половым диморфизмом*. Половые железы *парные*. *Внутреннее оплодотворение*. Рептилии *яйцекладущие* или *яйцеживородящие*. Размножение происходит *только на суше* за счет формирования *защитных оболочек у яйца*. Вторичноводные рептилии для размножения также выходят на сушу. Развитие *прямое, без метаморфоза*.

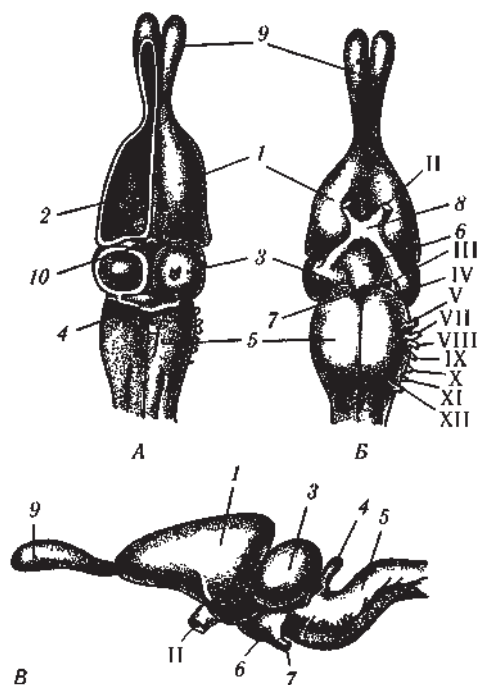


Рис. 128. Головной мозг ящерицы. *А* — сверху; *Б* — снизу; *В* — сбоку:
 1 — передний мозг; 2 — полосатое тело; 3 — средний мозг; 4 — мозжечок; 5 — продолговатый мозг; 6 — воронка; 7 — гипофиз; 8 — хиазма;
 9 — обонятельные доли; 10 — эпифиз; II—XII — черепномозговые нервы

Класс Птицы

Прогрессивные черты организации птиц, принципиально отличающие их от рептилий, заключаются:

- в более высоком уровне развития нервной системы, а в связи с этим и в более разнообразном и совершенном приспособительном поведении;

- в высокой и *постоянной температуре тела*;

- в *способности к полету*;

- в значительном более совершенном размножении — высиживании и выкармливании птенцов.

Морфологически птицы характеризуются тем, что тело их покрыто *перьями*, *передние конечности превращены в крылья*, кости *пневматические (воздушные)*, *сердце четырехкамерное с одной правой дугой аорты*, *зубы отсутствуют* и функционально замещаются *роговым клювом*.

Современные птицы представлены тремя надотрядами: *Бескилевые*, *Пингвины*, *Килевые*.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Покровы	Кожа тонкая. Кожных желез нет, кроме копчиковой железы. Характерно наличие разнообразных роговых образований — производных эпидермиса: роговые чехлы на клюве, роговые чешуи на задних конечностях, когти на пальцах, перья. Периодическая смена перьев называется линькой
Скелет	Кости — пневматические (воздушные) и отличаются легкостью. На грудиने имеется киль для прикрепления мышц, приводящих крылья в движение. Все позвонки срастаются и неподвижны, кроме шейных. Кости черепа срастаются без швов. Зубы отсутствуют. Пояс верхних конечностей представлен парными костями: лопатками, ключицами, вороньими костями. Кости плюсны и предплюсны образуют цевку (покрыта роговыми чешуями)
Мышечная система	Мускулатура хорошо развита. Характерно наличие огромных грудных мышц (отвечают за опускание крыльев) и хорошо развитых подключных мышц (отвечают за подъем крыльев). Хорошо развита мускулатура шеи и конечностей
Пищеварительная система	Зубов нет. Желудок состоит из двух отделов: мускульный, или мышечный, и железистый. Имеется зоб. В тонком кишечнике слизистая оболочка образует ворсинки. Задний отдел кишечника не дифференцирован на толстую и прямую кишку и значительно укорочен. Непереваренные остатки выводятся через клоаку
Дыхательная система	Легкие имеют губчатое строение. Двойное дыхание. Хорошо развиты воздушные мешки
Кровеносная система	Сердце четырехкамерное. Сохраняется одна дуга аорты — правая артериальная. Теплокровные

Выделительная система	Тазовые почки с мочеточниками, открывающимися в клоаку. Мочевой пузырь отсутствует
Нервная система	Головной мозг имеет относительно большие полушария и зрительные доли. Промежуточный мозг слабо развит. Мозжечок очень большой. Имеются 12 пар черепномозговых нервов. Формы поведения птиц — гнездостроение, забота о потомстве, миграции
Органы чувств	Внутреннее и среднее ухо. Слуховая косточка одна. Зрение развито очень хорошо. Хорошо развита аккомодация. Имеются верхние и нижние веки, а также третье веко. Органы обоняния развиты слабо
Половая система	У самцов парные половые органы. У самок только левый яичник и левый яйцевод, открывающийся в клоаку. Копулятивные органы есть только у некоторых видов. Оплодотворение внутреннее

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Покровы. Кожа птиц тонкая со слабо развитым эпидермисом. Кожных желез нет, кроме копчиковой железы, расположенной над корнем хвоста, секрет которой служит для смачивания перьев и для придания перьевому покрову водонепроницаемости. Характерно наличие разнообразных роговых образований производных эпидермиса: роговые чехлы на клюве, роговые чешуи на задних конечностях, когти на пальцах. Производными кожи являются и перья. Перья двух видов: контурные (рис. 129) и пуховые. Контурные делятся на три вида: маховые (на крыльях, служат для полета), покровные (на туловище, служат для образования обтекаемой формы), рулевые (на хвосте). Основная роль пуховых перьев — уменьшение теплоотдачи. Периодическая смена перьев называется линькой.

Скелет. Все особенности строения скелета птиц (рис. 130) связаны с полетом и направлены на облегчение и укрепление скелета. Кости скелета наполнены воздухом — пневматические (воздушные) кости и отличаются легкостью. На груди имеется киль для прикрепления мышц, приводящих крылья в движение. Для укрепления скелета все позвонки срастаются и неподвижны, кроме шейных. В результате сращения крестцового, поясничного и частично хвостового отделов с тазовыми костями образуется сложный крестец, служащий опорой для задних

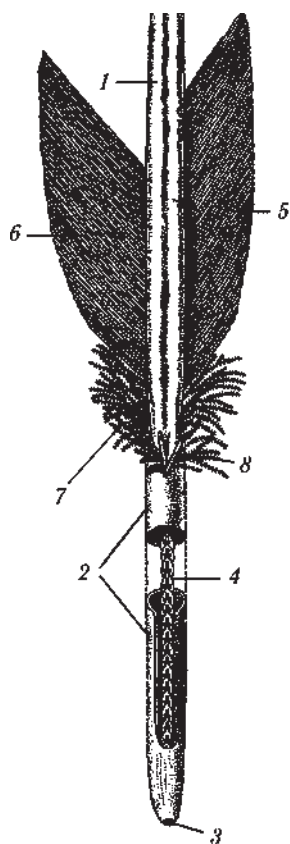


Рис. 129. Контурное перо:

1 — ствол (стержень); 2 — очин (на рисунке частично вскрыт); 3 — отверстие очина; 4 — душка; 5 — наружное опахало; 6 — внутреннее опахало; 7 — пуховая часть опахала; 8 — добавочный стержень

конечностей. Кости черепа *срастаются без швов*. Зубы *отсутствуют*. Пояс верхних конечностей представлен парными костями: *лопатками, ключицами, вороньими костями*. Срастаясь, ключицы образуют *вилочку*. Передние конечности *трехпалые*, задние — *четырепалые*. Кости плюсны и предплюсны образуют *цевку* (покрыта роговыми чешуями), малая и большая берцовые кости *срастаются*.

Мышечная система хорошо развита. В связи с приспособлением к полету для птиц характерно наличие *огромных грудных мышц* (отвечающих за опускание крыльев) и хорошо развитых *подключичных мышц* (отвечающих за подъем крыльев). Хорошо развита мускулатура шеи и конечностей.

Пищеварительная система.

В связи с *отсутствием зубов* функция размельчения и перетирания пищи перешла к желудку, который состоит из двух отделов: *мускульного, или мышечного* (в нем находятся камешки для механического перетирания пищи), и *железистого* (служит для ферментативной обработки пищи). Типичным для многих птиц является *зоб* — *расширение пищевода* для раз-

мельчения и хранения пищи. В *тонком кишечнике* слизистая оболочка образует *ворсинки*. Задний отдел кишечника не дифференцирован на толстую и прямую кишку и значительно укорочен. Непереваренные остатки выводятся через *клоаку*.

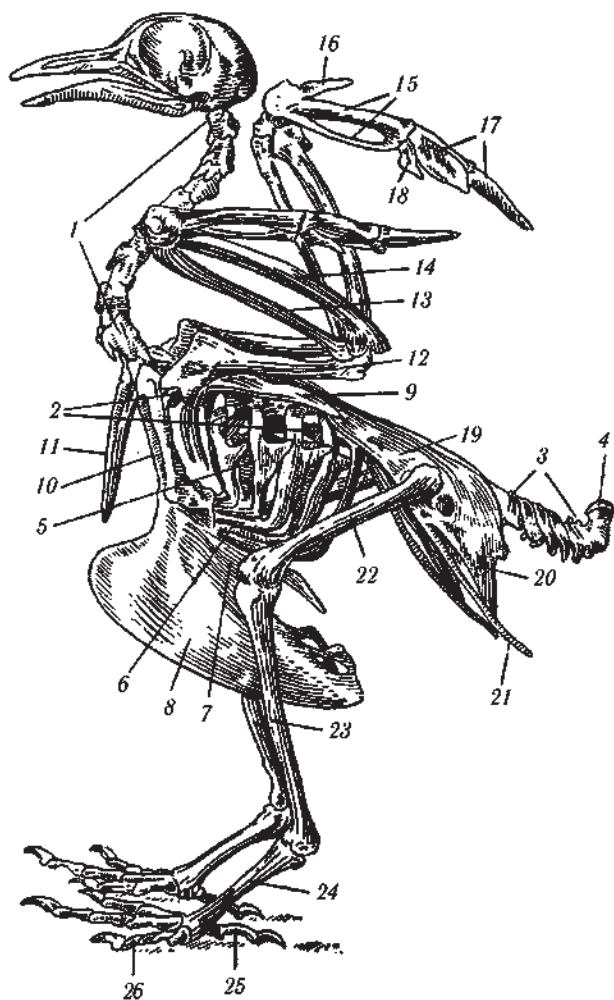


Рис. 130. Скелет голубя:

1 — шейные позвонки; 2 — грудные позвонки; 3 — хвостовые позвонки; 4 — пигостиль; 5 — спинная часть ребра с крючковидным отростком; 6 — брюшная часть ребра; 7 — грудина; 8 — киль грудины; 9 — лопатка; 10 — коракоид; 11 — вилочка; 12 — плечо; 13 — лучевая кость; 14 — локтевая кость; 15 — пястно-запястная кость (пряжка); 16 — первый палец; 17 — второй палец; 18 — третий палец; 19 — подвздошная кость; 20 — седалищная кость; 21 — лобковая кость; 22 — бедро; 23 — голень; 24 — цевка; 25 — первый палец; 26 — четвертый палец

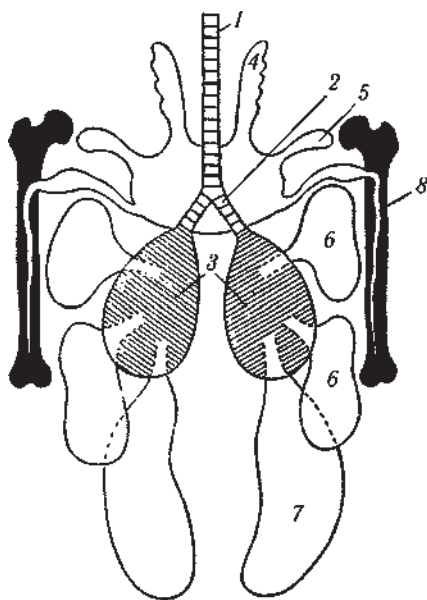


Рис. 131. Органы дыхания птицы (схема):

1 — трахея; 2 — бронх; 3 — легкое; 4—7 — воздушные мешки; 8 — отросток воздушного мешка в плечевой кости

Дыхательная система. Интенсивный газообмен в легких птиц (рис. 131) достигается путем «двойного дыхания». Легкие имеют губчатое строение.

Выделительная система. Вторичные (тазовые) почки с мочеточниками открываются в клоаку. Мочевой пузырь отсутствует. Вторичное всасывание воды происходит в клоаке. Основной компонент мочи, как и у рептилий, — мочевая кислота.

Кровеносная система. У птиц происходит полное разделение венозной и артериальной крови, что приводит к усилению обмена веществ и обуславливает весьма высокую и постоянную температуру тела (примерно 42°C). Сердце четырехкамерное. Сохраняется одна дуга аорты — правая артериальная.

Нервная система. Головной мозг имеет относительно большие полушария и зрительные доли (рис. 132). Обонятельные доли малы в связи с недоразвитием органов обоняния. Промежуточный мозг также слабо развит. Мозжечок очень большой, что связано со сложными движениями во время полета. Имеются 12 пар черепноспинных нервов. С прогрессивным развитием мозга связаны элементы высшей нервной деятельности, в частности память, обучаемость, рассудочная деятельность, а также сложные формы поведения птиц — гнездование, забота о потомстве, миграции.

Органы чувств. Орган слуха состоит из внутреннего и среднего уха. Слуховая косточка одна. Барабанная перепонка лежит в небольшом углублении — зачатке наружного уха.

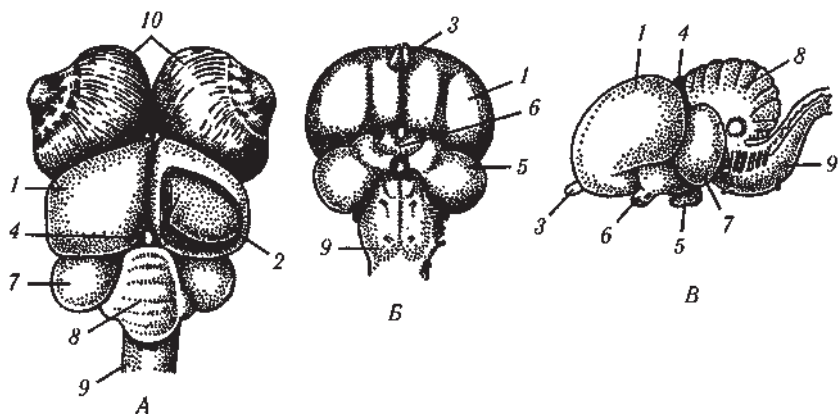


Рис. 132. Головной мозг голубя: *A* — сверху с глазными яблоками, вскрыта крышка правого полушария; *Б* — снизу; *В* — сбоку:

1 — большие полушария; *2* — полосатое тело правого полушария; *3* — обонятельные доли; *4* — эпифиз; *5* — гипофиз; *6* — хиазма и зрительные нервы; *7* — зрительные доли среднего мозга; *8* — мозжечок; *9* — продолговатый мозг; *10* — глаза

Органы зрения. Зрение у птиц развито очень хорошо. Аккомодация достигается двойным путем: изменением формы хрусталика и изменением расстояния между хрусталиком и сетчаткой. Имеются верхние и нижние веки, а также третье веко. Многие птицы обладают цветовым зрением.

Класс Млекопитающие, или Звери

Млекопитающие — наиболее высокоорганизованный класс позвоночных животных. Основные прогрессивные черты млекопитающих:

- высокое развитие центральной нервной системы, особенно *коры больших полушарий* — центра высшей нервной деятельности;
- *живорождение и вскармливание детенышей молоком*, продуктом млечных желез;
- *теплокровность и высокая способность к терморегуляции.*

Морфологически млекопитающие характеризуются следующими признаками. Тело покрыто *шерстью*. Кожа богата *железами*. Особо должны быть отмечены *млечные железы*. Нижняя

челюсть — единственная *подвижная кость черепа*. Зубы дифференцированы на резцы, клыки и коренные. Зубы сидят в альвеолах. Сердце четырехкамерное, сохраняется одна дуга аорты — левая. Эритроциты безъядерные. Появляются диафрагма и наружное ухо.

Современные млекопитающие делятся на три подкласса: *Первозвери* (Клоачные, или Однопроходные), *Сумчатые* и *Плацентарные*.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Покровы	Кожа состоит из многослойного эпидермиса и корiumа, богата кожными железами. Основные типы желез: сальные, потовые, пахучие и млечные
Скелет	В позвоночнике имеются: шейный, грудной, поясничный, крестцовый и хвостовой отделы. Характерно постоянное число шейных позвонков — 7. Скелет конечностей и их поясов
Мышечная система	Очень дифференцирована и характеризуется большим числом разнообразно расположенных мускулов
Пищеварительная система	Ротовая полость, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник. В зависимости от пищи разнообразное строение слепой кишки и набор зубов. Печень, слюнные железы, поджелудочная железа
Дыхательная система	Альвеолярные легкие. Трахеи делятся на бронхи, которые затем образуют бронхиальное дерево. Появляются гортанные хрящи. Дыхание осуществляется при участии межреберных мышц и диафрагмы
Кровеносная система	Кровеносная система близка к кровеносной системе птиц, но имеется не правая, как у птиц, а левая дуга аорты. Эритроциты лишены ядер
Выделительная система	Мочевой пузырь открывается в мочеиспускательный канал. Почки парные бобовидные вторичные, тазовые. Два мочеточника
Нервная система	В головном мозге особенно развиты полушария переднего мозга. Хорошо развита кора головного мозга. Сильно прогрессирует мозжечок
Органы чувств	Органы слуха состоят из внутреннего, среднего и наружного уха со слуховым проходом. В полости среднего уха находятся три слуховые косточки: молоточек, наковальня и стремечко. Органы обоняния. Аккомодация достигается только путем изменения формы хрусталика. Наличие осязательных волос, или вибрисс

Половая система	У самцов имеются парные семенники. Сперматозоиды выводятся по семяпроводам через копулятивный орган. Самки имеют парные яичники. Выводящие каналы делятся на три отдела: яйцевод, матку, влагалище. Для млекопитающих (кроме ехидны и утконоса) во время эмбрионального развития характерно образование детского места, или плаценты

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Покровы тела. Кожа млекопитающих состоит из многослойного эпидермиса и кориума (рис. 133). Из роговых производных кожи имеются следующие образования эпидермиса: волосы, ногти, когти, копыта, рога (кроме оленьих).

Кожа богата кожными железами. Основные типы желез: сальные, потовые, пахучие и млечные. Жирный секрет сальных желез служит для смазывания волос и поверхностного слоя эпидермиса кожи. Потовые железы выделяют пот, состоящий из воды, мочевины и солей. Функция потовых желез заключается в охлаждении тела и выделении продуктов распада. Секрет пахучих желез служит для защиты от преследующих врагов, мечения территории, привлечения особей противоположного пола.

Скелет. В скелете млекопитающих отмечается четкое расчленение позвоночника на шейный, грудной, поясничный, крестцовый и хвостовой отделы (рис. 134). Характерно постоянное число шейных позвонков — 7. У копытных и

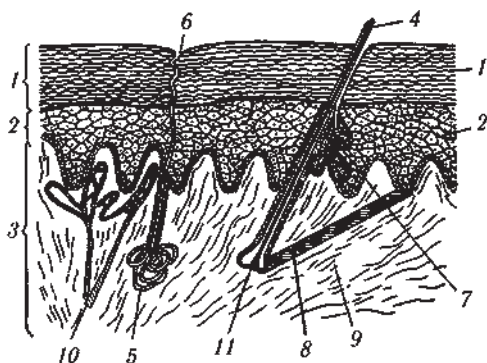


Рис. 133. Строение кожи млекопитающего:

1 — наружный слой рогового эпидермиса, клетки которого время от времени отшелушиваются; 2 — глубокий слой эпидермиса с живыми клетками (мальпигиев слой); 3 — собственно кожа (кутис); 4 — волос; 5 — потовая железа; 6 — отверстие ее протока; 7 — сальная железа; 8 — мышцы волоса; 9 — соединительнотканьные волокна кожи; 10 — кровеносный сосуд; 11 — сосочек в основании волоса

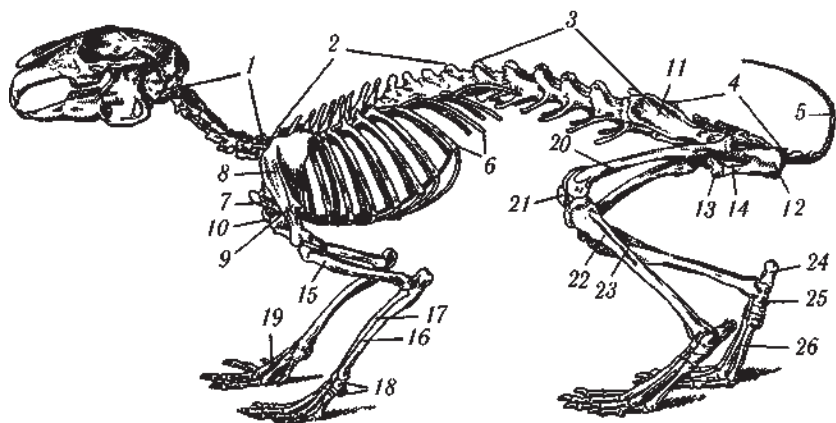


Рис. 134. Скелет кролика:

1 — шейные позвонки; 2 — грудные позвонки; 3 — поясничные позвонки; 4 — крестец; 5 — хвостовые позвонки; 6 — ребра; 7 — рукоятка грудины; 8 — лопатка; 9 — акромиальный отросток лопатки; 10 — коракондальный отросток лопатки; 11 — подвздошный отдел безымянной кости; 12 — седалищный отдел той же кости; 13 — лобковый отдел той же кости; 14 — запирающее отверстие; 15 — плечо; 16 — локтевая кость; 17 — лучевая кость; 18 — запястье; 19 — пясть; 20 — бедро; 21 — коленная чашечка; 22 — большая берцовая кость; 23 — малая берцовая кость; 24 — пяточная кость; 25 — таранная кость; 26 — плюсна

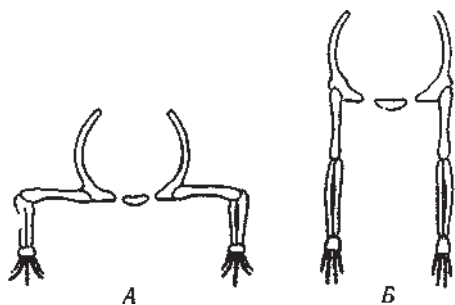


Рис. 135. Положение туловища и конечностей у примитивного наземного позвоночного (А) и у млекопитающего (Б)

быстробегущих млекопитающих *отсутствует* ключица. В отличие от рептилий, у млекопитающих изменяется взаимное расположение туловища и конечностей (рис. 135).

Пищеварительная система (рис. 136) характеризуется общим удлинением пищеварительного тракта и большей его дифференцировкой. У млекопитающих имеется несколько

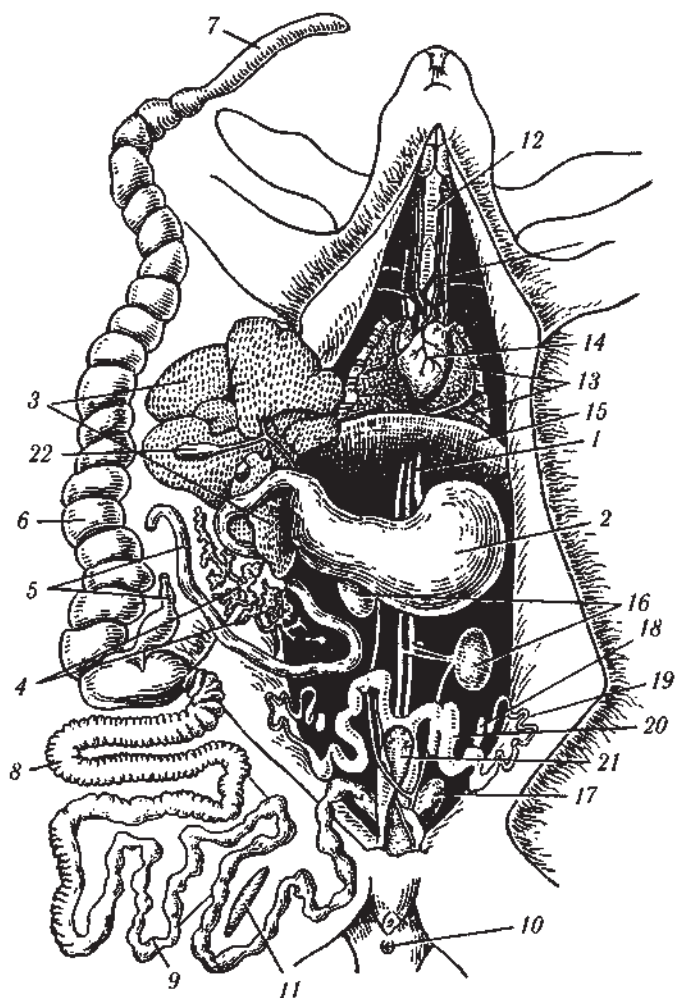


Рис. 136. Вскрытый кролик (самка):

1 — пищевод; 2 — желудок; 3 — печень; 4 — поджелудочная железа; 5 — тонкая кишка; 6 — слепая кишка; 7 — червеобразный отросток; 8 — толстая кишка; 9 — прямая кишка; 10 — заднепроходное отверстие; 11 — селезенка; 12 — трахея; 13 — легкое; 14 — сердце; 15 — диафрагма; 16 — почка; 17 — мочевой пузырь; 18 — яичник; 19 — фаллопиева труба; 20 — матка; 21 — влагалище; 22 — желчный пузырь

пар слюнных желез. Строение желудка, состоящего из кардиального и пилорического отделов, разнообразно, что связано с характером пищи.

В кишечнике имеются слепая кишка и червеобразный отросток. Пищеварительный тракт заканчивается самостоятельным заднепроходным отверстием.

Дыхательная система представлена альвеолярными легкими. Трахеи делятся на бронхи, которые ветвятся на более мелкие бронхи различных порядков до самых мелких бронхиол, образуя бронхиальное дерево. Последние оканчиваются пузырьками с ячеистым строением — альвеолами, или легочными пузырьками (рис. 137), в которых происходит газообмен. Появляются гортанные хрящи. Дыхание осуществляется при участии межреберных мышц и диафрагмы.

Кровеносная система (рис. 138) близка к кровеносной системе птиц, но имеется не правая, как у птиц, а левая дуга аорты. Красные кровяные тельца — эритроциты — в сформированном состоянии лишены ядер.

Нервная система. В головном мозге (рис. 139) особенно развиты полушария переднего мозга. Хорошо развита кора головного мозга, площадь которой увеличивается за счет извилин и борозд. Сильно прогрессирует мозжечок.

Органы чувств. Органы слуха состоят из внутреннего, среднего и наружного уха со слуховым проходом. В полости среднего уха находятся три слуховые косточки: молоточек, наковальня и стремечко. Во внутреннем ухе обращает на себя внимание сильное развитие улитки и кортиева органа.

Органы обоняния. Прогрессивное развитие органов обоняния выражается в увеличении объема обонятельной капсулы и в ее усложнении путем образования системы обонятельных раковин.

Органы зрения у млекопитающих не имеют существенных особенностей, так как значение их в жизни млекопитающих значительно меньше, чем у птиц. Аккомодация достигается только путем изменения формы хрусталика. У подземных видов глаза редуцируются.

Органы осязания. Характерной особенностью этих органов у млекопитающих является наличие осязательных волос, или вибрисс. Это очень длинные жесткие волосы, расположены

Рис. 137. Схема строения легочных пузырьков млекопитающего (на левом осталась только сеть капиллярных сосудов, на правом — вскрытый пузырек без сосудов):

1 — бронх; 2 — артерия; 3 — вена

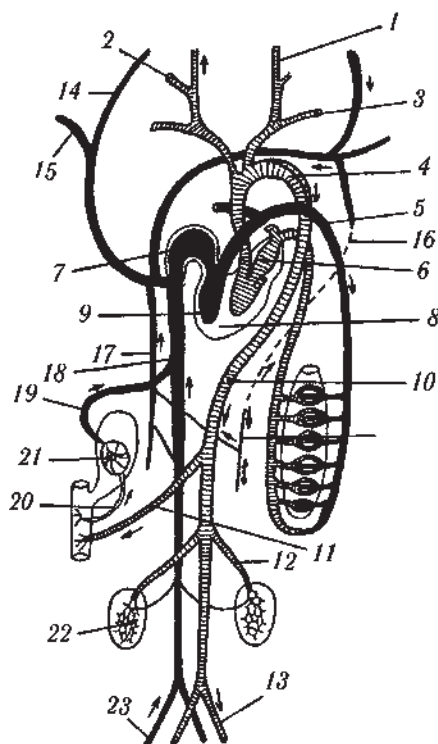
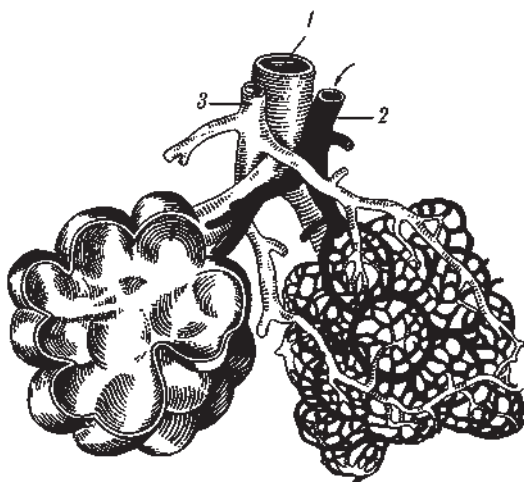


Рис. 138. Схема строения кровеносной системы млекопитающих:

1 — внешняя сонная артерия; 2 — внутренняя сонная артерия; 3 — подключичная артерия; 4 — дуга аорты; 5 — легочная артерия; 6 — левое предсердие; 7 — правое предсердие; 8 — левый желудочек; 9 — правый желудочек; 10 — спинная аорта; 11 — внутренностная артерия; 12 — почечная артерия; 13 — подвздошная артерия; 14 — яремная вена; 15 — подключичная вена; 16 — левая непарная вена; 17 — правая непарная вена; 18 — задняя полая вена; 19 — печеночная вена; 20 — воротная вена печени; 21 — печень; 22 — почка; 23 — подвздошная вена

обычно на голове (так называемые «усы»), на нижней части шеи, на груди и у некоторых на брюхе.

Выделительная система характеризуется *отсутствием клоаки*. Мочевой пузырь открывается в мочеиспускательный канал. Почки парные бобовидные вторичные, или тазовые,

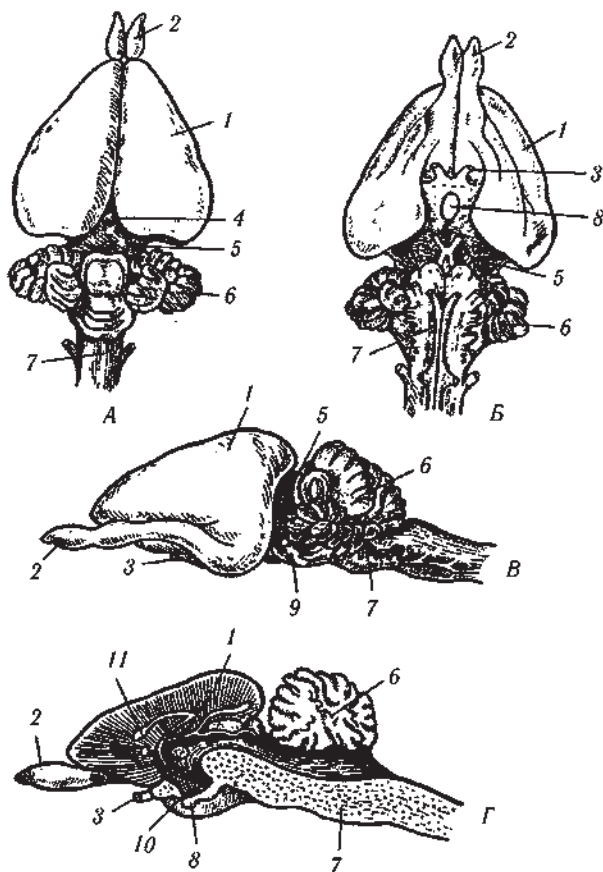


Рис. 139. Мозг кролика. А — сверху; Б — снизу; В — сбоку; Г — продольный разрез:

1 — большие полушария; 2 — обонятельные доли; 3 — зрительный нерв; 4 — эпифиз; 5 — средний мозг; 6 — мозжечок; 7 — продолговатый мозг; 8 — гипофиз; 9 — варолиев мост; 10 — мозговая воронка; 11 — мозолистое тело

расположены в поясничной области под позвоночником. *Два мочеточника*. Основной компонент мочи — мочеви́на.

Половая система. У самцов имеются *парные семенники*, расположенные в полости тела или *в мошонке*. *Сперматозоиды* выводятся по *семяпроводам* через *копулятивный орган*. Самки имеют *парные яичники*. Выводящие каналы делятся на три отдела: *яйцевод, матку, влагалище*.

Для млекопитающих (кроме ехидны и утконоса) во время эмбрионального развития характерно образование *детского места, или плаценты*. Через плаценту осуществляется связь кровеносного русла эмбриона и родителя. В результате этого обеспечивается газообмен в теле зародыша, его питание и удаление продуктов распада.

ТКАНЬ. ОРГАН. СИСТЕМЫ ОРГАНОВ

Ткань — это сложившаяся в процессе эволюции совокупность клеток и межклеточного вещества, имеющих общее происхождение, строение, функции. По морфологическим и физиологическим признакам в организме человека выделяют четыре типа тканей: эпителиальную, соединительную, мышечную и нервную (рис. 140). Правда, в некоторых учебных пособиях кровь и лимфу выделяют в отдельный тип тканей, не включая их в состав соединительной ткани.

Орган — это часть тела, занимающая определенное место в организме, имеющая свойственные ей строение и функцию.

Органы, имеющие общее происхождение, единый план строения, выполняющие общую функцию, образуют **систему органов**.

Эпителиальная ткань

Эпителий образует поверхностные слои кожи, покрывает слизистую оболочку полых внутренних органов, поверхности серозных оболочек, а также образует железы.

Эпителий обеспечивает обмен веществ между внешней средой и организмом, секрецию и выделение, функции всасывания и защиты. Эпителий способен к восстановлению — *регенерации*. Эпителиальные клетки могут иметь специальные структуры в зависимости от места нахождения эпителия и выполняемых им функций: *микроворсинки, всасывающие и щеточные каемки, реснички*.

Эпителий подразделяется на два вида: *покровный* и *железистый*. *Покровный эпителий* отделяет внутреннюю среду от внешней, защищает организм от внешних воздействий, выполняет функции обмена веществ между организмом и внешней сре-

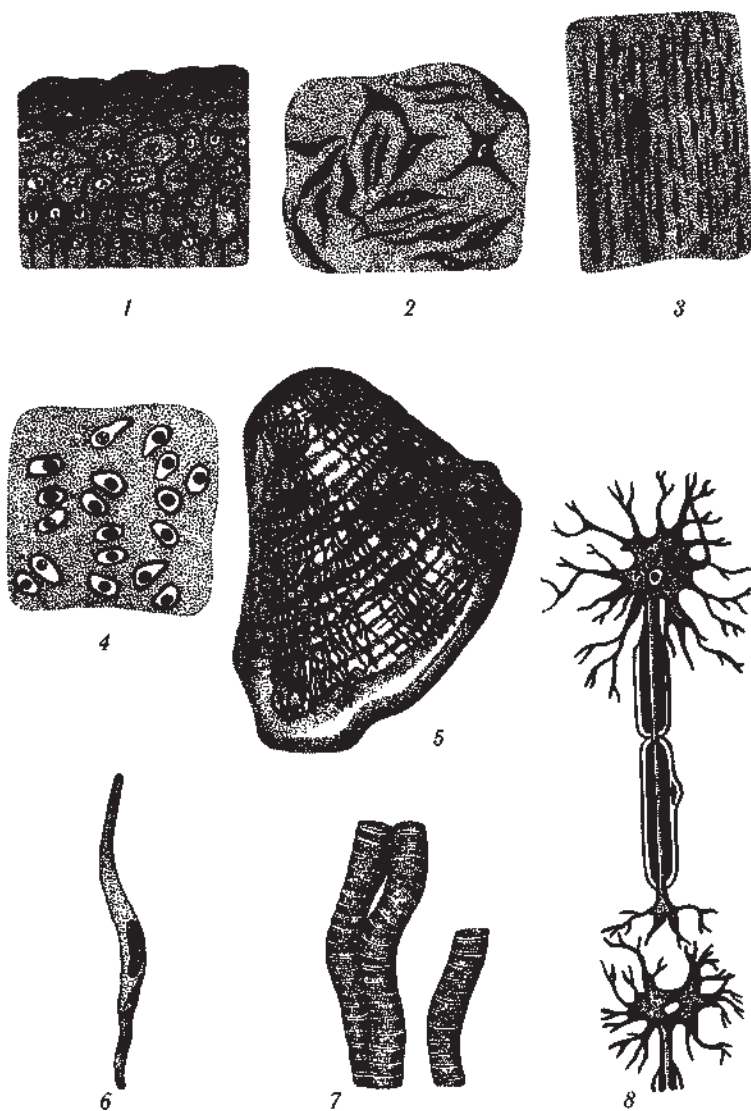


Рис. 140. Типы тканей:

1 — эпителий; 2 — рыхлая волокнистая соединительная ткань; 3 — эластическая волокнистая соединительная ткань; 4 — хрящевая ткань; 5 — костная ткань; 6 — гладкая мышечная клетка; 7 — поперечнополосатые мышечные волокна; 8 — нервные клетки

дой. Клетки в покровном эпителии образуют сплошной пласт, состоящий из плотно расположенных клеток.

Эпителий может быть *однослойным* и *многослойным* (рис. 141). Многослойный эпителий в свою очередь подразделяется на *ороговевающий* и *неороговевающий*. У ороговевающего эпителия верхние слои клеток, отмирая, превращаются в *роговые чешуйки*. В зависимости от формы клеток эпителий подразделяется на *плоский*, *кубический*, *столбчатый*. Если клетки

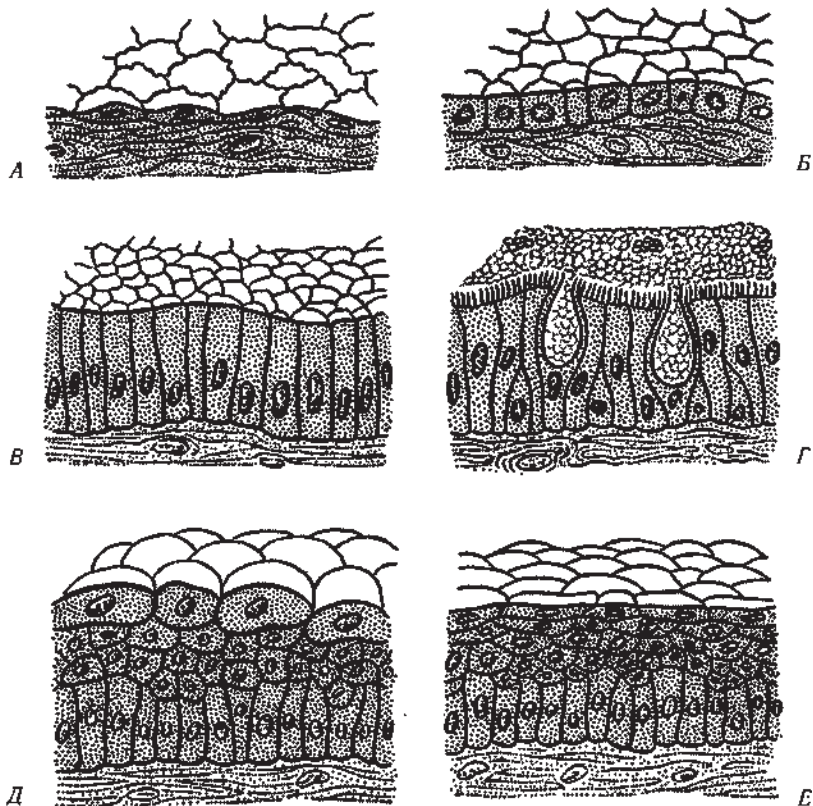


Рис. 141. Схема строения эпителиальной ткани:

А — простой эпителий (мезотелий); Б — простой кубический эпителий; В — простой столбчатый эпителий; Г — мерцательный эпителий; Д — переходный эпителий; Е — неороговевающий многослойный (плоский) эпителий

эпителия обладают ресничками, такой эпителий называют *ресничным*, или *мерцательным*.

Железистый эпителий образует *железы*, различные по форме, расположению и функциям. Выделяемые клетками железистого эпителия секреты участвуют в различных функциях организма.

Соединительная ткань

Виды соединительной ткани

Костная	Кости скелета	
Хрящевая	Кости скелета на ранних стадиях развития, хрящи гортани и трахеи, носа и ушных раковин, суставные хрящи, межпозвоночные диски	
Собственно соединительная	<i>Плотная</i>	Участвует в образовании собственно кожи, сухожилий, связок, стенок сосудов
	<i>Рыхлая</i>	Образует строму внутренних органов, проводящие пути нервной системы (рис. 142)

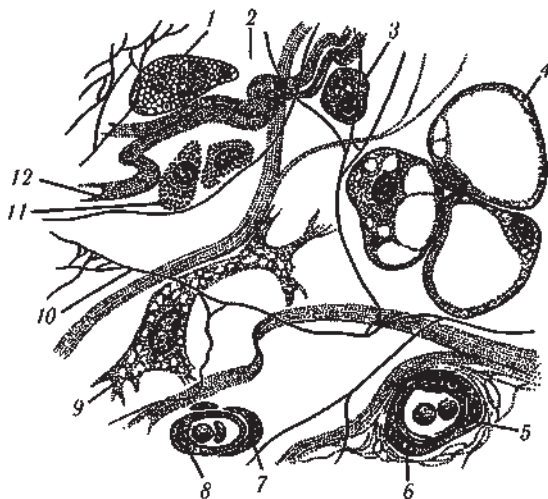


Рис. 142. Строение рыхлой волокнистой соединительной ткани:

1 — макрофаг; 2 — аморфное межклеточное (основное) вещество; 3 — плазмоцит (плазматическая клетка); 4 — липоцит (жировая клетка); 5 — кровеносный сосуд; 6 — миоцит; 7 — перицит; 8 — эндотелиоцит; 9 — фибробласт; 10 — эластическое волокно; 11 — тканевый базофил; 12 — коллагеновое волокно

Соединительная ткань образована клетками и межклеточным веществом, богатым соединительнотканнвыми волокнами. Соединительная ткань является полифункциональной структурой. Она выполняет *трофическую функцию*, обеспечивая регуляцию питания клеток и участие в фагоцитозе; *механическую функцию*; *защитную*, участвуя в процессе заживления ран.

Хрящевая ткань состоит из клеток и гелеобразного межклеточного вещества. Клетками хрящевой ткани являются *хондроциты*, вырабатывающие все компоненты межклеточного вещества, и *хондробласты*, активно синтезирующие межклеточное вещество и способные к размножению. За счет хондробластов происходит рост хряща.

Костная ткань построена из костных клеток и межклеточного вещества, содержащего различные соли и соединительнотканнвые волокна. Органические вещества, входящие в состав костной ткани, придают ей эластичность. Неорганические вещества (соли кальция, фосфора, магния) придают прочность костной ткани.

Клетками костной ткани являются: *остеоциты* — зрелые, не способные к делению клетки; *остеобласты* — молодые клетки костной ткани; *остеокласты* — крупные многоядерные клетки, участвующие в разрушении костной ткани.

Мышечная ткань

Мышечная ткань объединяет структуры, имеющие сократительный аппарат и способные изменять длину и форму органа при сокращении. Мышечная ткань образована мышечными клетками — *миоцитами*, способными к сокращению, и *опорным аппаратом*, представленным *коллагеновыми* и *эластичными волокнами*, обеспечивающими связь групп клеток и создающими упругий каркас вокруг них. В зависимости от строения, размеров, скорости возбуждения, сокращения и утомления миоцитов различают три вида мышечных тканей: *гладкую*, *поперечнополосатую* и *поперечнополосатую сердечную*.

Основные различия между гладкой и поперечнополосатой мышечными тканями приведены в таблице.

Гладкая мышечная ткань	Поперечнополосатая мышечная ткань
1. Образует мышцы внутренних органов и кожи	1. Образуют скелетные мышцы
2. Клетки одноядерные, веретенообразные, короткие	2. Клетки многоядерные, вытянутые, имеют поперечную исчерченность
3. Мышцы медленно сокращаются и медленно утомляются	3. Мышцы быстро сокращаются и быстро утомляются
4. Мышцы иннервируются вегетативной нервной системой	4. Мышцы иннервируются в основном головным мозгом. Могут сокращаться по желанию человека (произвольно)

Нервная ткань

Нервная ткань является основным структурным компонентом органов нервной системы. Она состоит из *нервных клеток* — *нейронов* и *клеток нейроглии*. Основной функцией нервной ткани является осуществление связи организма с окружающей средой и взаимосвязь органов в организме. Эти функции нервная ткань может осуществлять благодаря способности нейронов воспринимать раздражения, приходить в состояние возбуждения, вырабатывать и передавать нервные импульсы.

Клетки нейроглии выполняют разграничительную, опорную, защитную, трофическую функции, способствующие нормальной жизнедеятельности и функционированию нейронов.

Кровь и лимфа

Данные ткани отличаются от всех остальных тем, что имеют *жидкое межклеточное вещество*. Они формируют внутреннюю среду организма, обеспечивая нормальное функционирование организма как целого.

Опорно-двигательный аппарат

В опорно-двигательном аппарате выделяют две части: *пассивную* и *активную*. Пассивная часть представляет собой скелет, образованный *костями и их соединениями*. Активная часть представлена *скелетными мышцами*, образованными поперечнополосатой мышечной тканью, *диафрагмой, стенками внутренних органов*.

Скелет человека

Скелет выполняет две основные функции: *механическую* и *биологическую*.

Механическая функция включает в себя:

— *опорную функцию* — кости вместе с их соединениями составляют опору тела, к которой прикрепляются мягкие ткани и органы;

— *функцию передвижения* (хотя и косвенно, так как скелет служит для прикрепления скелетных мышц);

— *рессорную функцию* — за счет суставных хрящей и других конструкций скелета (свод стопы, изгибы позвоночника), смягчающих толчки и сотрясения;

— *защитную функцию* — формирование костных образований для защиты важных органов: головного и спинного мозга; сердца, легких. В полости таза располагаются половые органы. В самих костях находится красный костный мозг.

Под **биологической функцией** понимают:

— *кроветворную функцию* — красный костный мозг, находящийся в костях, является источником клеток крови;

— *запасающую функцию* — кости служат депо для многих неорганических соединений: фосфора, кальция, железа, магния и поэтому участвуют в поддержании постоянного минерального состава внутренней среды организма.

Скелет человека образован разного вида костями (рис. 143). По форме и строению кости делятся на:

— *трубчатые кости* (длинные и короткие) — это кости скелета свободных конечностей (рис. 144, 145);

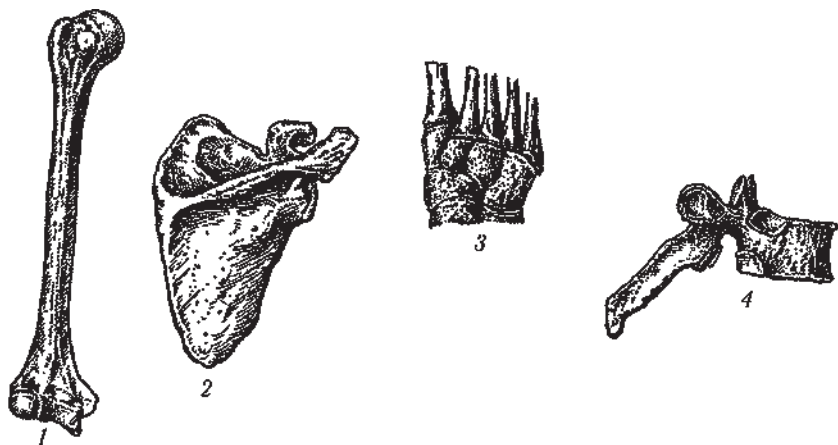


Рис. 143. Различные виды костей:

1 — длинная (трубчатая) кость; 2 — плоская кость; 3 — губчатые (короткие) кости; 4 — смешанная кость

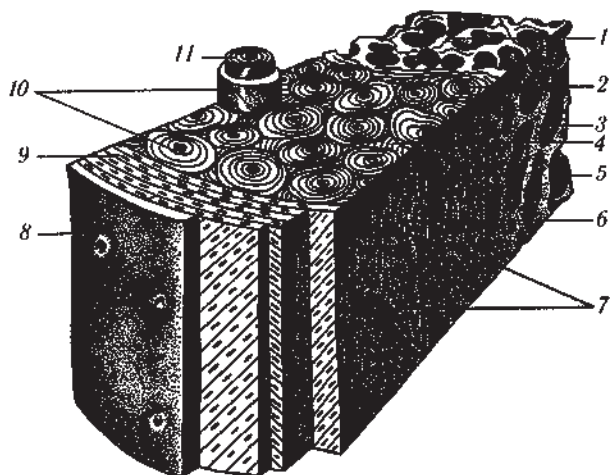


Рис. 144. Общее строение кости (схема):

1 — губчатое вещество; 2 — центральный канал; 3 — перекаладина губчатого вещества; 4 — интерстициальные пластинки; 5 — ячейка губчатого вещества; 6 — компактное вещество; 7 — прободающие каналы; 8 — надкостница; 9 — наружные окружающие пластинки; 10 — остеоны; 11 — пластинки остеона

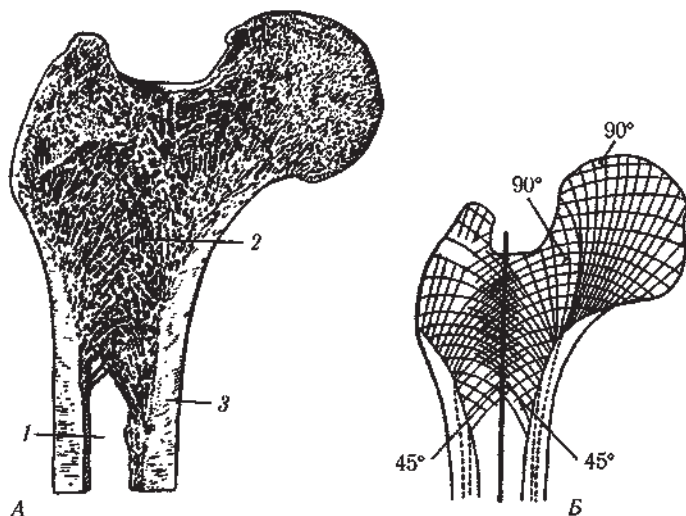


Рис. 145. Проксимальный конец бедренной кости:

А — фронтальный распил: 1 — костномозговая полость; 2 — губчатое вещество; 3 — компактное вещество; Б — схема расположения перекладин в губчатом веществе

— *губчатые кости*: длинные — ребра и грудина; короткие — позвонки, кости запястья, предплюсны;

— *плоские кости* — кости крыши черепа, лопатка, тазовая кость, построенные из губчатого вещества, окруженного пластинкой компактного вещества;

— *смешанные кости* — височные и основания черепа.

Кости скелета могут соединяться двумя способами.

Первый способ заключается в соединении костей, когда между ними *отсутствует щель*. Такие соединения называются *непрерывными* (рис. 146). Непрерывные соединения могут быть образованы *соединительной тканью* (например, связки между дужками позвонков), *хрящевой тканью* (соединение ребер с грудной) и *срастанием костей между собой* (кости черепа срастаются с образованием шва, а тазовые кости — без образования шва).

Второй способ соединения называется *прерывистым соединением* — между костями остается щель. Такие соединения называются *суставами* (рис. 147). В зависимости от формы сус-

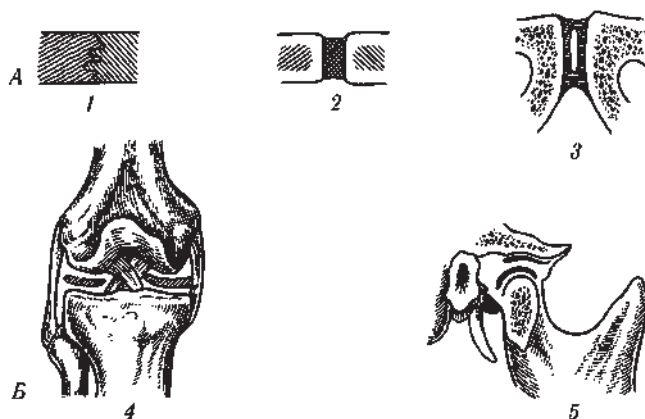


Рис. 146. Виды соединения костей (схема). *А* — непрерывные соединения; *Б* — суставы:

1 — срастание костей; *2* — при помощи хряща; *3* — при помощи соединительной ткани; *4* — с внутрисуставными связками и менисками; *5* — с внутрисуставным диском

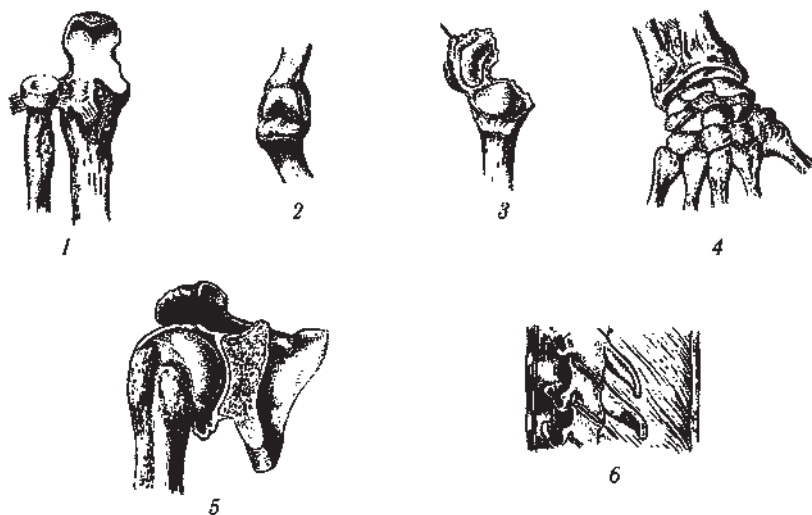


Рис. 147. Виды суставов:

1 — цилиндрический (лучелоктевой); *2* — блоковидный; *3* — седловидный; *4* — эллипсоидный (лучезапястный); *5* — шаровидный; *6* — плоский (между суставными отростками позвонков)

тавных поверхностей и степени подвижности сустава (количество осей, по которым происходит движение в суставе) различают следующие виды суставов.

Одноосные	<i>Плоские</i>	Суставы между суставными отростками позвонков
	<i>Цилиндрические</i>	Сочленение между локтевой и лучевой костями
	<i>Блоковидные</i>	Межфаланговые суставы
Двуосные	<i>Седловидные</i>	Запястнопястный сустав
	<i>Эллипсоидные</i>	Между затылочной костью и первым шейным позвонком; лучезапястный
Трехосные	<i>Шаровидные</i>	Плечевой сустав
	<i>Ореховидные</i>	Тазобедренный сустав

Соединение костей можно разделить еще по *степени подвижности соединений*. Так, суставы будут относиться к *подвижным соединениям*, а соединение путем срастания костей — к *неподвижным соединениям* (кости черепа, соединение костей таза с крестцом).

Соединения костей с помощью хрящевой и плотной соединительной ткани относятся к *подвижным соединениям* (соединение тел шейных, грудных, поясничных позвонков).

Скелет человека состоит из *скелета головы*, или *черепа* (рис. 148), *скелета туловища*, которое подразделяется на *позвоночник* и *грудную клетку*, состоящую из *ребер* и *грудины*, (рис. 149, 150), и *скелета конечностей* (рис. 151, 152). Скелет конечностей подразделяется на *скелет свободных конечностей* и *скелет пояса конечности*.

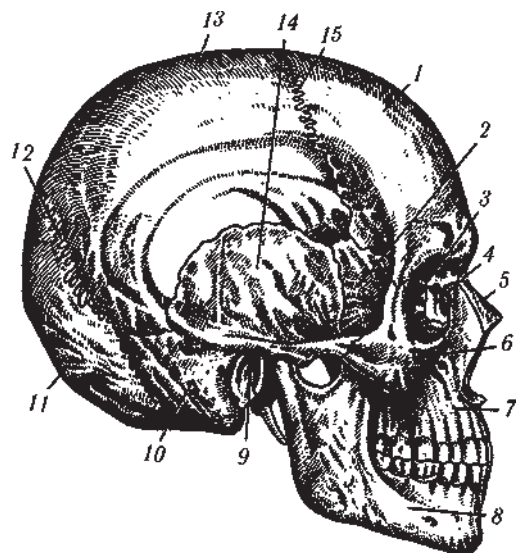


Рис. 148. Череп (вид сбоку):

1 — лобная кость; 2 — большое крыло клиновидной кости; 3 — глазничная пластинка решетчатой кости; 4 — слезная кость; 5 — носовая кость; 6 — скуловая кость; 7 — верхняя челюсть; 8 — нижняя челюсть; 9 — наружное слуховое отверстие; 10, 14 — височная кость; 11 — затылочная кость; 12 — лямбдовидный шов; 13 — теменная кость; 15 — венечный шов

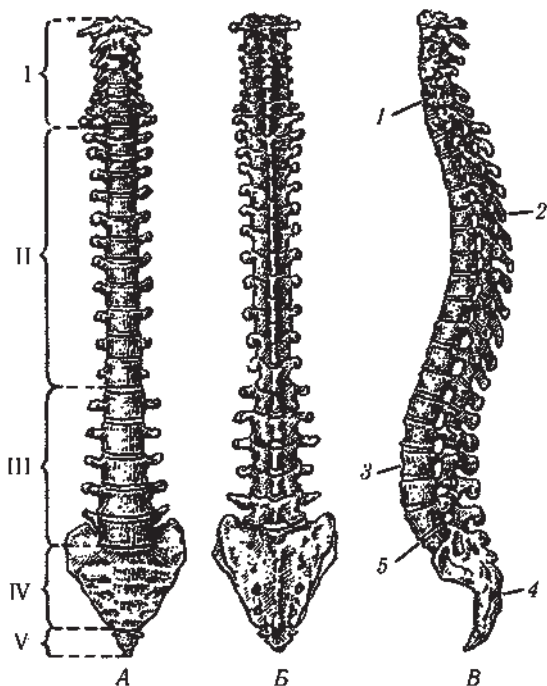


Рис. 149. Позвоночный столб. Вид спереди (А), сзади (Б) и сбоку (В):

отделы: I — шейный; II — грудной; III — поясничный; IV — крестцовый; V — копчиковый; 1, 3 — шейный и поясничный лордозы; 2, 4 — грудной и крестцовый кифозы; 5 — мыс

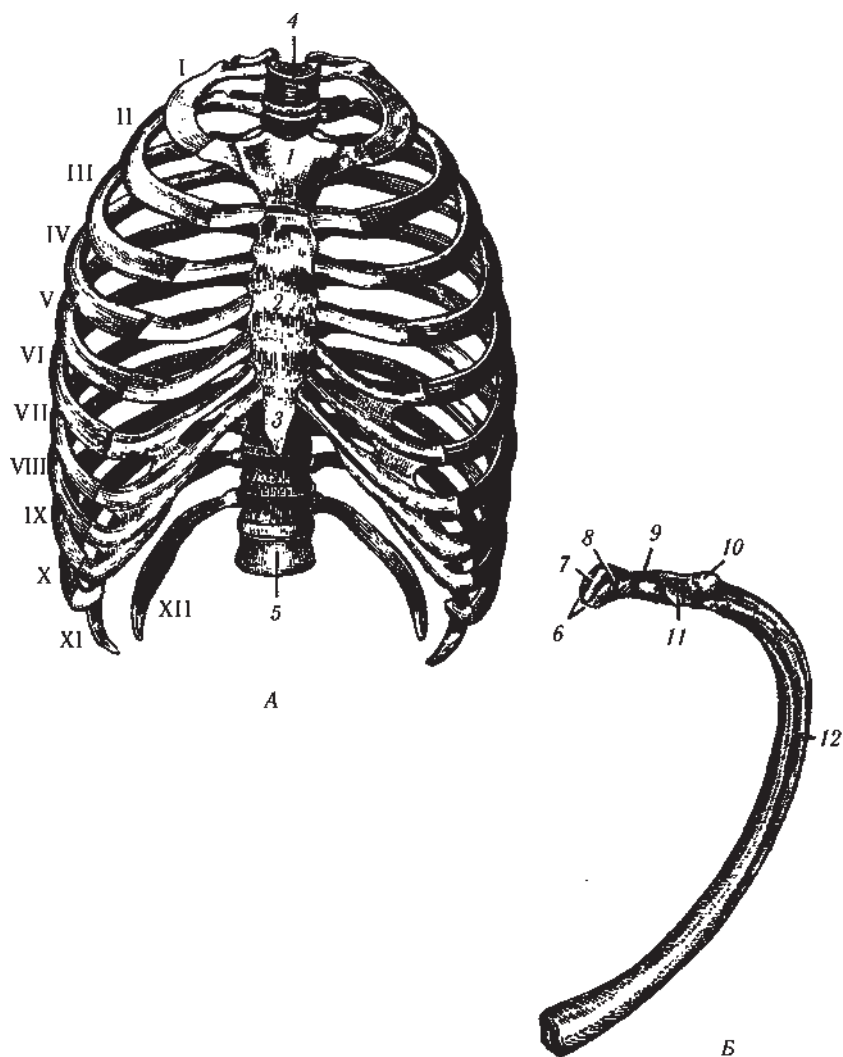


Рис. 150. Грудная клетка спереди (А) и правое VII ребро снизу (Б):

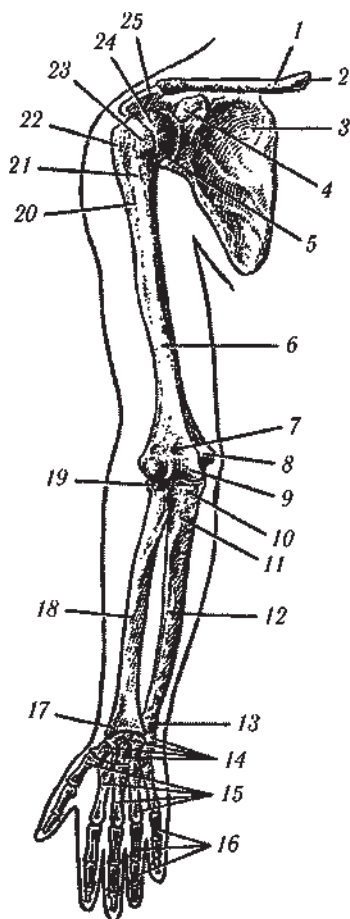
I—XII — ребра; 1 — рукоятка; 2 — тело и 3 — мечевидный отросток грудины; 4 — первый грудной позвонок; 5 — первый поясничный позвонок; 6 — суставные поверхности, разделенные гребнем (7) на головке ребра (8); 9 — шейка; 10 — бугорок ребра; 11 — суставная поверхность, с которой сочленяется поперечный отросток позвонка; 12 — нижний край

Активная часть опорно-двигательного аппарата представлена *мышцами*. У мышц различают *центральную часть*, или *сократительную (брюшко)*, построенную из поперечнополосатой мышечной ткани, и *концевые части*, или *несократимые*, — *сухожилия*, образованные плотной волокнистой соединительной тканью. С помощью сухожилий мышцы прикрепляются к костям скелета, поэтому их называют *скелетными*. Форма мышц зависит от расположения мышечных волокон относительно оси сухожилия (рис. 153).

По выполняемой функции различают дыхательные, жевательные, мимические мышцы, а по действию на суставы: *сгибатели*, *разгибатели*, *отводящие*, *приводящие*, *вращательные*, *сжиматели*. Если две мышцы в суставе выполняют *одно действие*, такие мышцы называются *синергистами*, если мышцы выполняют *противоположные действия* — *антагонистами*.

Рис. 151. Кости верхней конечности:

1 — ключица; 2 — грудной конец; 3 — лопатка; 4 — клювовидный отросток лопатки; 5 — суставная впадина лопатки; 6 — плечевая кость; 7 — венечная ямка плечевой кости; 8 — медиальный надмыщелок плечевой кости; 9 — блок плечевой кости; 10 — венечный отросток локтевой кости; 11 — бугристость локтевой кости; 12 — локтевая кость; 13 — головка локтевой кости; 14 — кости запястья; 15 — 1—5-я пястные кости; 16 — фаланги пальцев; 17 — шиловидный отросток лучевой кости; 18 — лучевая кость; 19 — головка лучевой кости; 20 — гребень большого бугорка; 21 — межбугорковая борозда; 22 — большой бугорок; 23 — малый бугорок; 24 — головка плечевой кости; 25 — акромион



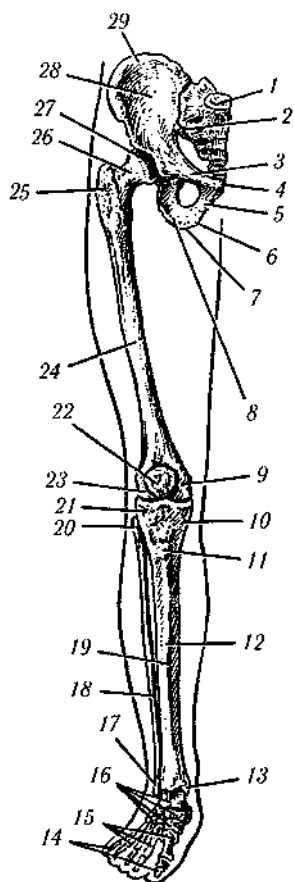
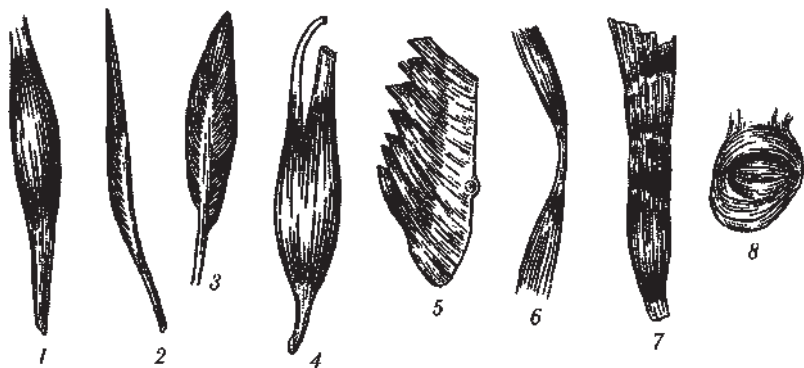


Рис. 152. Кости нижней конечности:

1 — крестец; 2 — крестцово-подвздошный сустав; 3 — верхняя ветвь лобковой кости; 4 — симфизиальная поверхность лобковой кости; 5 — нижняя ветвь лобковой кости; 6 — ветвь седалищной кости; 7 — седалищный бугор; 8 — тело седалищной кости; 9 — медиальный надмыщелок бедренной кости; 10 — медиальный мыщелок большеберцовой кости; 11 — бугристость большеберцовой кости; 12 — тело большеберцовой кости; 13 — медиальная лодыжка; 14 — фаланги пальцев; 15 — кости плюсны; 16 — кости предплюсны; 17 — латеральная лодыжка; 18 — малоберцовая кость; 19 — передний край большеберцовой кости; 20 — головка малоберцовой кости; 21 — латеральный мыщелок большеберцовой кости; 22 — надколенник; 23 — латеральный надмыщелок бедренной кости; 24 — бедренная кость; 25 — большой вертел бедренной кости; 26 — шейка бедренной кости; 27 — головка бедренной кости; 28 — крыло подвздошной кости; 29 — подвздошный гребень

Рис. 153. Форма мышц:

1 — веретенообразная; 2 — лентовидная; 3 — двубрюшная; 4 — двуглавая; 5 — одноперистая; 6 — двуперистая; 7 — широкая; 8 — сжиматель (сфинктер)



Пищеварительная система

Пищеварительная система выполняет ряд функций:

— *механическая функция*, или размельчение пищи, осуществляется с помощью зубов в ротовой полости и за счет перемешивания в желудке и тонком кишечнике, а также транспортировка пищевого комка по пищеварительному тракту за счет сокращения мышечной оболочки (перистальтика);

— *секреторная функция* заключается в синтезе и выделении пищеварительных ферментов пищеварительными железами;

— *химическая функция* заключается в химической обработке пищи (пищеварение) с помощью пищеварительных ферментов. Первичная химическая обработка пищи начинается в ротовой полости и заканчивается в тонком кишечнике, где осуществляется окончательная химическая обработка. В толстом кишечнике и на границе толстого и тонкого кишечника *обитает кишечная микрофлора* — симбиотические микроорганизмы, помогающие нам переваривать растительную и молочную пищу;

— *всасывательная функция* обеспечивает всасывание продуктов пищеварения в кровь и лимфу. Частичное всасывание углеводов начинается в ротовой полости, продолжается в желудке, где начинают всасываться продукты расщепления белков. Основное всасывание происходит в тонком кишечнике. Надо отметить, что продукты переваривания липидов всасываются в лимфу;

— *экскреторная функция* — выделение переваренных остатков пищи и продуктов жизнедеятельности;

— *инкреторная* — выделение пищеварительных гормонов.

Полость рта, или ротовая полость

(рис. 154)

Зубы (рис. 155). Главная функция — захват и первичная механическая обработка пищи (размельчение).

У человека выделяют два вида зубов в зависимости от времени появления:

— *молочные зубы* (временные). У ребенка 20 молочных зубов, функционируют до замены их постоянными зубами в возрасте от 7 до 13—14 лет. На каждой половине челюсти различают 2 резца, 1 клык, 2 больших коренных зуба;

— *постоянные зубы*. У человека 32 постоянных зуба: в каждой половине челюсти 2 резца, 1 клык, 2 малых коренных и 3 больших коренных зуба.

Язык. Подвижный мышечный орган, одетый слизистой оболочкой, богато снабженный сосудами и нервами.

Слизистая богата вкусовыми рецепторами — *сосочками* (рис. 156). Различают: *нитевидные* и *грибовидные сосочки* — разбросаны по всей верхней поверхности языка; сосочки, *окруженные валиком*, — в количестве 7—11 располагаются на границе тела и корня языка; *листовидные сосочки* — хорошо видны по краям языка. На нижней стороне языка сосочков нет.

Язык участвует в процессе сосания, глотания, артикуляции речи, является органом вкуса (грибовидные и листовидные сосочки воспринимают кислый, сладкий и соленый вкус, а сосочки с валиком — горький).

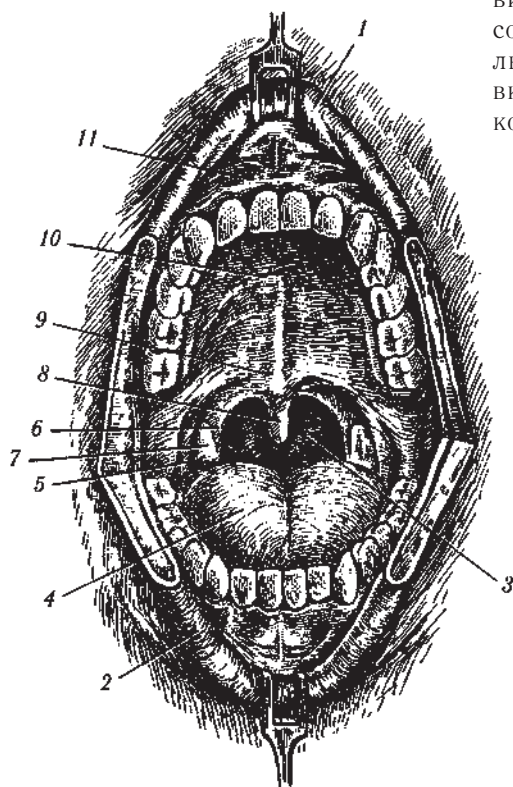


Рис. 154. Ротовая полость и зев:

1 — верхняя и 2 — нижняя губы; 3 — зев; 4 — язык; 5 — нёбно-язычная и 6 — нёбно-глоточная дужки; 7 — нёбная миндалина; 8 — язычок; 9 — мягкое и 10 — твердое нёбо; 11 — десны

Рис. 155. Схема строения зуба:

I — эмаль; 2 — дентин; 3 — пульпа зуба; 4 — десна; 5 — цемент; 6 — периодонт; 7 — кость; *I* — коронка зуба; *II* — шейка зуба; *III* — корень зуба; *IV* — канал корня зуба

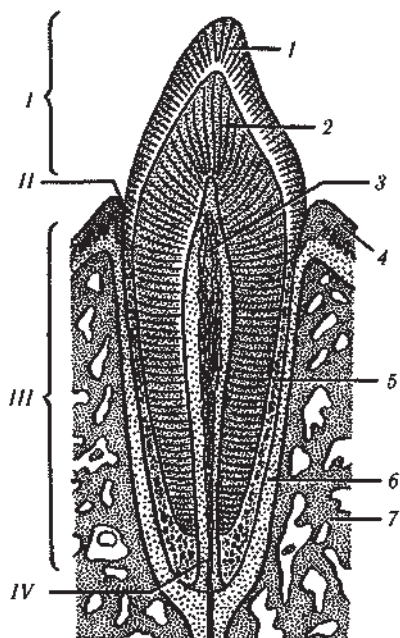
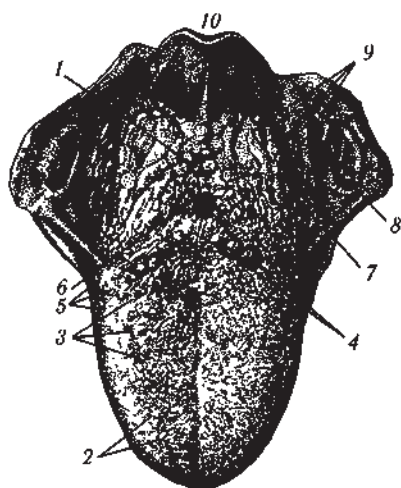


Рис. 156. Язык:

I — корень языка; 2 — нитевидные, 3 — грибовидные, 4 — окруженные валиком и 5 — листовидные сосочки; 6 — слепая ямка; 7 — нёбно-язычная складка; 8 — нёбная и 9 — язычная миндалины; 10 — надгортанник

Глотка

Мышечный орган, соединяющий ротовую полость с пищеводом и носовую полость с гортанью, т. е. в глотке *пересекаются пищеварительные и дыхательные пути*. Глотка де-

лится на три части: *носоглотку, ротоглотку и гортанную часть*. В глотке располагаются *шесть миндалин*. Носоглотка через *хоаны* сообщается с *носовой полостью*. На боковых стенках находятся *отверстия слуховых (евстахиевых) труб*, которые связывают ее с полостью *среднего уха*, способствуя уравниванию давления в среднем ухе с внешним давлением. *Миндалины* выполняют важную защитную и отчасти кроветворную функции. Резкое увеличение миндалин — первый признак ангины, скарлатины, дифтерии.

Пищевод

Представляет собой мышечную трубку длиной около 25 см (рис. 157). Начинается без резких границ от глотки на уровне VI шейного позвонка и на уровне XI грудного позвонка открывается в желудок. Мышечная оболочка имеет особенности: *в верхней трети она состоит из поперечнополосатых мышц, а в нижней трети — только из гладких мышц*. Основная функция пищевода — проведение пищевого комка в желудок. Частично пищевод выполняет защитную функцию при по-

мощи трех сужений (именно в этих сужениях очень часто застревают нечаянно проглоченные инородные предметы). Не имеет собственных пищеварительных желез, пищеварение осуществляют ферменты слюны. В нем щелочная среда.

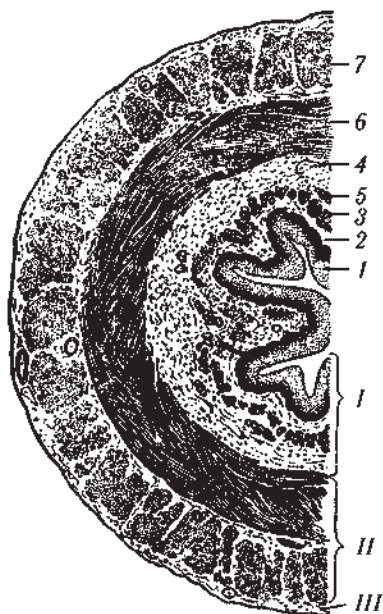


Рис. 157. Строение стенки пищевода. Слизистая (I), мышечная (II) и серозная (III) оболочки:

I — многослойный плоский эпителий; 2 — собственный и 3 — мышечный слои слизистой оболочки; 4 — подслизистый слой; 5 — слизистая железа; 6 — слой круговых и продольных (7) мышц

Желудок

Единственная расширенная часть пищеварительной трубки объемом до 5 литров (рис. 158). Различают *вход* (кардиальная часть), *дно*, *тело* и *выход* (привратник). При входе и выходе имеются *кольцевые мышцы-замыкатели* (сфинктеры). Мышечная оболочка имеет *три вида мышц*: *продольные*, *кольцевые* и *косые*.

Желудок осуществляет несколько функций: механическая обработка пищи за счет перемешивания, временное хранение и химическая обработка пищи и частичное всасывание. Химическая обработка пищи осуществляется желудочным соком, выделяемым *собственными железами*. Желудочный сок имеет *кислую среду* (рН 2). Железы состоят из трех видов клеток: *главные*, выделяющие пищеварительные ферменты, *обкладочные*, выделяющие соляную кислоту, и *добавочные*, выделяющие слизь.

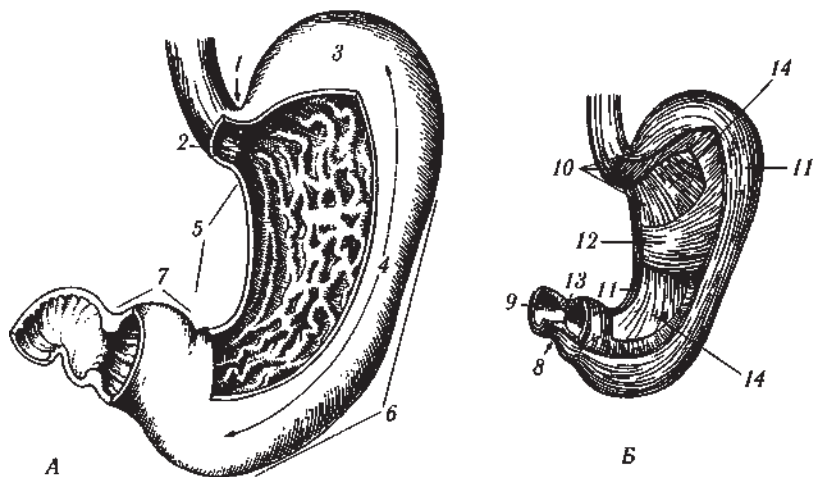


Рис. 158. Желудок со вскрытой передней стенкой (А) и его мышечная оболочка (Б):

1 — кардиальная часть; 2 — кардиальное отверстие; 3 — дно желудка; 4 — тело желудка; 5 — малая и 6 — большая кривизна желудка; 7 — привратникова (пилорическая) часть; 8 — привратник; 9 — отверстие привратника; 10 — мышечная оболочка; 11 — продольный (наружный) слой; 12 — круговой слой; 13 — сфинктер привратника; 14 — косые волокна

Тонкий кишечник

Самая длинная часть пищеварительного тракта (до 5 м) делится на три части: *двенадцатиперстную кишку*, *тощую* и *подвздошную кишку*. Характерной особенностью является наличие *ворсинок*, образованных слизистой оболочкой (рис. 159, 160). Ворсинки имеют *микроворсинки*, образованные *эпителием ворсинок*. На границе с желудком и толстым кишечником имеются *сфинктеры*. В двенадцатиперстную кишку открываются протоки *поджелудочной железы* и *желчного пузыря*.

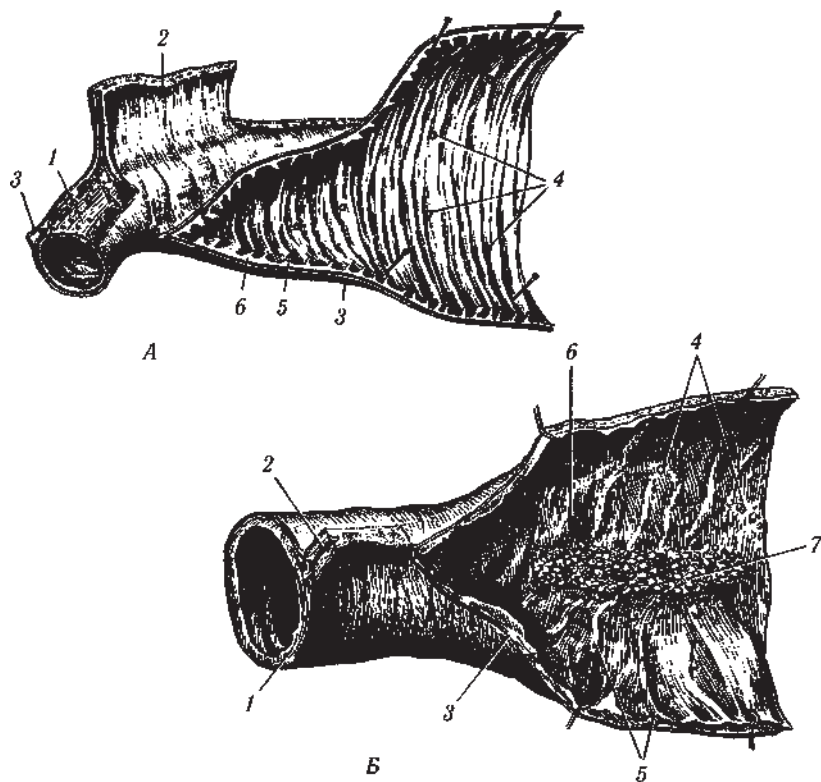


Рис. 159. Слизистая оболочка тонких кишок. А — тощей; Б — подвздошной:

1 — мышечная оболочка; 2 — брыжейка; 3 — серозная оболочка; 4 — одиночные фолликулы; 5 — круговые складки; 6 — слизистая оболочка; 7 — групповые фолликулы

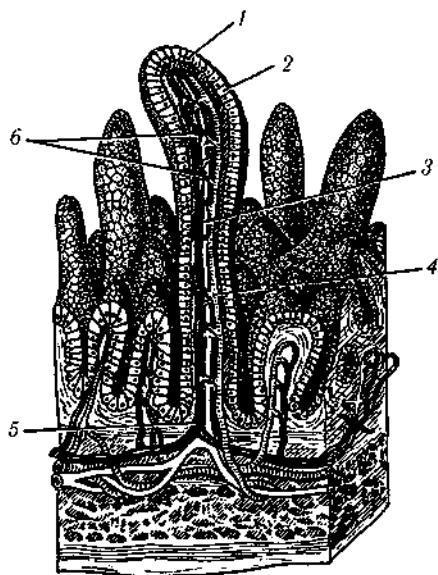


Рис. 160. Схема строения ворсинок тонкой кишки:

1 — кишечные эпителиоциты; 2 — бокаловидные клетки; 3 — центральный лимфатический синус; 4 — артериола; 5 — венула; 6 — кровеносные капилляры

Тонкий кишечник — это орган, в котором окончательно завершается расщепление белков, жиров и углеводов и происходит всасывание продуктов их расщепления, а также солей и воды. Переваривание происходит под действием кишечного сока, выделяемого железами кишечника, панкреатического сока, выделяемого поджелудочной железой, и желчи. Имеется *полостное и пристеночное пищеварение*.

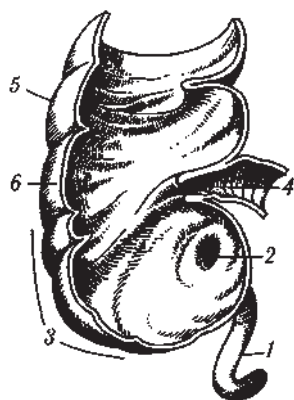
Толстый кишечник

Имеет длину до 2 м и диаметр до 5—7 см. Состоит из трех отделов: *слепая кишка с червеобразным отростком* (рис. 161), *ободочная* и *прямая кишка*. Здесь находится большое количество *симбиотических бактерий*.

Основные функции, которые выполняет толстый кишечник, — всасывание

Рис. 161. Слепая кишка с червеобразным отростком (аппендикс):

1 — червеобразный отросток (аппендикс); 2 — отверстие аппендикса; 3 — слепая кишка; 4 — отверстие тонкого кишечника; 5 — толстый кишечник; 6 — ободочная кишка



воды и формирование каловых масс. За счет наличия бактерий здесь происходит *брожение клетчатки* и *гниение белков*, ряд бактерий синтезируют *витамины*.

Пищеварительные железы

Слюнные железы. Слюнные железы выделяют слюну, состоящую из *белкового секрета* (серозного) и *слизистого компонента*. Белковый секрет выделяют *околоушные железы*, слизистый — *нёбные* и *задние язычные*; *поднижнечелюстные* и *подъязычные* — смешанный секрет. Основными компонентами слюны являются: *муцин* — слизистое белковое вещество, *лизоцим* — бактерицидное вещество, *ферменты амилаза* и *мальтаза*.

Различают *малые* и *большие слюнные железы*. К малым относятся *губные, щечные, зубные, язычные, нёбные*. Эти железы расположены в соответствующих участках слизистой оболочки рта. Больших слюнных желез три пары: *околоушные, поднижнечелюстные* и *подъязычные*; они лежат вне слизистой оболочки рта, но выводные протоки открываются в полость рта.

Печень — самая крупная железа (масса до 1,5 кг). Большая часть находится в правом подреберье, меньшая заходит в левую сторону брюшной полости. Основной секрет, который печень выделяет в пищеварительную систему, — *желчь*. Желчь эмульгирует жиры, активизирует жирорасщепляющие ферменты поджелудочной железы, но сама ферменты не содержит. В печени углеводы превращаются в гликоген. Печень также осуществляет барьерную функцию, обезвреживая ядовитые вещества, появляющиеся в организме в процессе обмена веществ. Вне процесса пищеварения желчь собирается в желчном пузыре.

Поджелудочная железа — пищеварительная железа 20 см в длину и 4 см в ширину, расположена позади желудка. Поджелудочная железа относится к *железам смешанного типа*. Эндокринная часть вырабатывает *панкреатический сок*, содержащий *трипсиноген, амилазу, мальтазу, лактазу, липазу, нуклеазу*. Эндокринная часть вырабатывает *гормоны: инсулин и глюкагон*.

Пищеварительные ферменты

Основную функцию пищеварительной системы — пищеварительную — выполняют специализированные белки — *пищевари-*

тельные ферменты. В каждом отделе пищеварительного тракта функционируют специфические ферменты, которые способствуют перевариванию определенных веществ.

Пищеварительные ферменты

Железы	Ферменты	Что расщепляется	Конечный продукт
Слюнные	Амилаза	Крахмал. Гликоген	Мальтоза
	Мальтаза	Мальтоза	Две молекулы глюкозы
Железы желудка	Пепсин	Белок	Пептиды
	Химозин	Молочный белок	Денатурация — створаживание
Поджелудочная	Трипсин	Белок. Пептиды	Дипептиды. Аминокислоты
	Амилаза	Крахмал	Мальтоза
	Липаза	Жиры	Жирные кислоты. Глицерол
Печень и желчный пузырь	Желчные соли и щелочи желчи не содержат пищеварительные ферменты	Активация пищеварительных ферментов, эмульгация жиров, всасывание жирных кислот	
Железы тонкого кишечника	Сахараза	Сахароза	Фруктоза. Глюкоза
	Мальтаза	Мальтоза	Глюкоза
	Лактаза	Лактоза	Глюкоза. Галактоза
	Фосфатаза	Органические фосфаты	Свободный фосфат

Витамины

Витаминами называют группу биологически активных органических соединений различной химической природы, поступающих в организм с пищей растительного и животного происхождения. Некоторые витамины синтезируются *микроб-*

ной флорой кишечника. Витамины присутствуют в пище в ничтожно малых количествах, и организму они нужны также в малых количествах, но при этом играют очень важную роль в процессах обмена, часто являясь составной частью ферментов. При отсутствии какого-либо витамина или его предшественника в организме возникает болезнь — *авитаминоз*. Но, хотя витамины важны для организма, передозировка (интоксикация) их вследствие приема в повышенных дозах тоже приводит к болезненным проявлениям и называется *гипервитаминозом*.

Витамины делятся на две группы в зависимости от растворителей, в которых они растворяются: *жирорастворимые* (витамины А, D, Е, К) и *водорастворимые* (витамины группы В, РР, С и др.).

Дыхательная система

Дыхание — это процесс газообмена между организмом и внешней средой. Из внешней среды в организм поступает кислород, а во внешнюю среду выделяется углекислый газ, частично вода, в виде водяного пара.

Газообмен состоит из трех этапов: внешнего дыхания, транспорта газов кровью, внутреннего (тканевого и клеточного) дыхания.

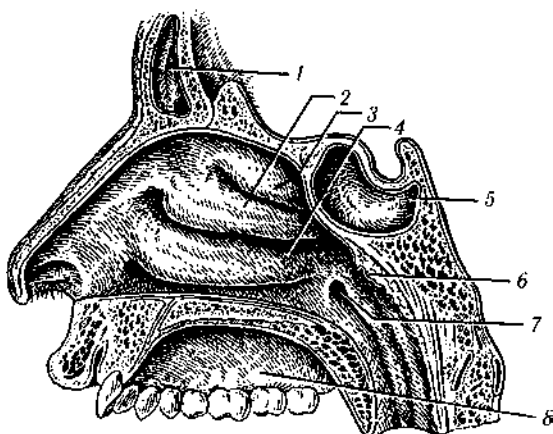
Внешнее дыхание осуществляет *дыхательная система*. В результате внешнего дыхания кислород поступает в капилляры альвеол, а углекислый газ из капилляров поступает в полости альвеол. На втором этапе кислород с помощью кровеносной системы транспортируется по всему телу, в обратном направлении кровь транспортирует углекислый газ к легким. Внутреннее дыхание представляет сначала газообмен между капиллярами и межтканевой жидкостью, а затем газообмен между межтканевой жидкостью и клетками. Газообмен осуществляется за счет диффузии *по градиенту концентраций*. Для газов используют понятие *парциальное давление*.

Строение дыхательной системы

Носовая полость. Разделена перегородкой на *правую и левую половины* (рис. 162). Сзади сообщается с носоглоткой через *хоаны*. Между раковинами находятся *носовые хо-*

Рис. 162. Латеральная стенка полости носа;

1 — лобная пазуха; 2 — средняя носовая раковина; 3 — верхняя носовая раковина; 4 — нижняя носовая раковина; 5 — клиновидная пазуха; 6 — глоточная миндалина; 7 — глоточное отверстие слуховой трубы; 8 — твердое небо



ды: *верхний, средний и нижний*. В слизистой оболочке верхних носовых ходов располагаются *обонятельные рецепторы* — *обонятельная область*. Средние и нижние носовые ходы называют *дыхательной областью*. В носовую полость открываются воздухоносные *придаточные полости (пазухи) носа*: *лобная и верхнечелюстные* (гайморовы пазухи). В носовой полости имеется *волосной покров*. В связи с тем что слизистая оболочка богата кровеносными сосудами, в ней происходит нагрев или охлаждение воздуха. Волосной покров обеспечивает очистку воздуха от пыли. В обонятельной области с помощью хеморецепторов происходит анализ поступающего воздуха.

Гортань. Располагается в передней части шеи (рис. 163). Вверху сообщается с глоткой, внизу переходит в трахею. Имеет *хрящевой скелет*. Спереди и с боков к гортани прилегает *щитовидная железа*. В средней части находятся *голосовые связки*. Выполняет несколько функций: при глотании закрывает вход в трахею (*надгортанник*), голосовые связки принимают участие в формировании звуков различной высоты.

Трахея. Имеет вид трубки с *хрящевым скелетом* в виде хрящевых полуколец. Задняя стенка, прилежащая к пищеводу, перепончатая для лучшего прохождения пищевого комка. *Слизистая оболочка* покрыта *мерцательным эпителием*, содержит много *желез*, выделяющих слизь.

Осуществляет транспорт воздуха к бронхам. Продолжается очистка воздуха от взвешенных частиц, которые прилипают к

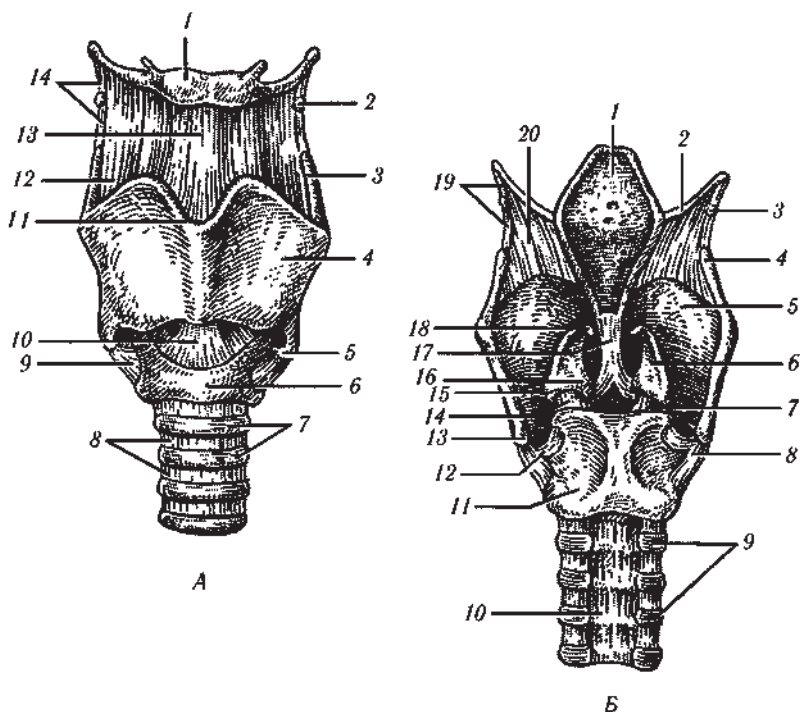


Рис. 163. Хрящи, связки и суставы гортани:

А — вид спереди: 1 — тело подъязычной кости; 2 — зерновидный хрящ; 3 — верхний рог щитовидного хряща; 4 — пластинка щитовидного хряща; 5 — нижний рог щитовидного хряща; 6 — дуга перстневидного хряща; 7 — хрящи трахеи; 8 — кольцевые связки; 9 — перстнещитовидный сустав; 10 — перстнещитовидная связка; 11 — верхняя щитовидная вырезка; 12 — щитоподъязычная мембрана; 13 — срединная щитоподъязычная связка; 14 — латеральная щитоподъязычная связка;

Б — вид сзади: 1 — надгортанник; 2 — большой рог подъязычной кости; 3 — зерновидный хрящ; 4 — верхний рог щитовидного хряща; 5 — пластинка щитовидного хряща; 6 — черпаловидный хрящ; 7 — правый перстнечерпаловидный сустав; 8 — правый перстнещитовидный сустав; 9 — хрящи трахеи; 10 — перепончатая стенка трахеи; 11 — пластинка перстневидного хряща; 12 — левый перстнещитовидный сустав; 13 — нижний рог щитовидного хряща; 14 — левый перстнечерпаловидный сустав; 15 — мышечный отросток черпаловидного хряща; 16 — голосовой отросток черпаловидного хряща; 17 — щитонадгортанная связка; 18 — рожковидный хрящ; 19 — латеральная щитоподъязычная связка; 20 — щитоподъязычная мембрана

слизи и выносятся мерцательным эпителием в носоглотку. Продолжается нагрев воздуха.

Бронхи. На уровне V грудного позвонка трахея разделяется на два бронха. Правый главный бронх короче и выше левого, является как бы продолжением трахеи. Стенки имеют хрящевой скелет, как у трахеи. При вхождении в легкие делятся на долевые бронхи: в правом — на три, в левом — на два. Долевые бронхи делятся на сегментарные бронхи меньшего диаметра — бронхиолы. Разветвление бронхов в легком называется бронхиальным деревом. С уменьшением диаметра у бронхов исчезают хрящевые кольца. Выполняют в основном транспортную функцию — доставка воздуха в легкие. Происходит частичный нагрев воздуха.

Легкие. Парный паренхимный орган. Правое и левое легкое располагаются в грудной полости, справа и слева от сердца. В связи с этим левое легкое меньше правого (рис. 164). Покрывают легкие серозной оболочкой — плеврой, образующей вокруг легкого замкнутый плевральный мешок — плевральную полость. Каждое легкое разделено на доли: правое на три (верхнее, среднее, нижнее), левое на два (верхнее и нижнее). Каждая доля делится на бронхо-легочные сегменты. Сегменты — на дольки (рис. 165). Дольки — на ацинусы, в состав которых входят альвеолы и альвеолярные ходы. Ацинус является структурно-функциональной единицей легкого. Главная функция легких — газообмен между кровью и воздухом, в результате чего в кровь поступает кислород, а из крови выделяется углекислый газ.

Легочные объемы. У человека выделяют следующие легочные объемы:

— *дыхательный объем* — количество воздуха, вдыхаемое и выдыхаемое человеком при спокойном дыхании (объем 500 мл);

— *резервный объем вдоха* — количество воздуха, которое человек вдыхает при глубоком вдохе, после спокойного вдоха (объем 1500 мл);

— *резервный объем выдоха* — количество воздуха, которое человек выдыхает при глубоком выдохе, после спокойного выдоха (объем 1500 мл);

— *жизненная емкость легких* — объем воздуха, складывающийся из дыхательного и резервного объема вдоха и выдоха (объем 3500 мл);

— *мертвый объем* — воздух, который остается в воздухоносных путях и не участвует в газообмене (объем не определен);

— *остаточный объем* — количество воздуха, которое всегда остается в легких после самого глубокого выдоха. Предохраняет легкие от спадания (объем около 1200 мл).

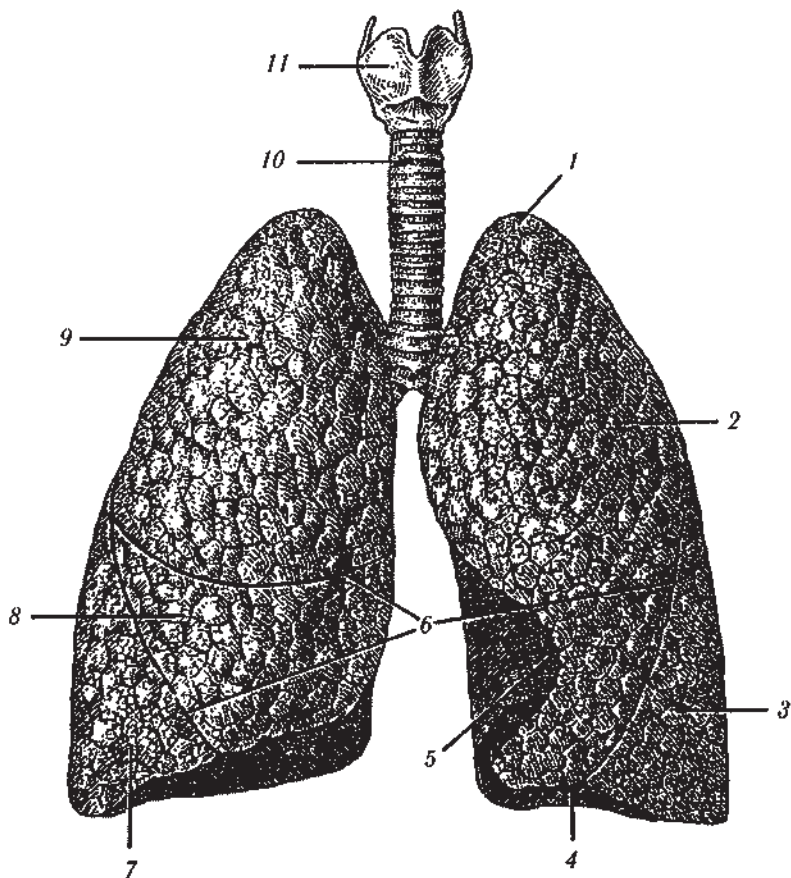


Рис. 164. Легкие. Вид спереди:

1 — верхушка легкого; 2 — верхняя доля левого легкого; 3 — нижняя доля левого легкого; 4 — основание легкого; 5 — сердечная вырезка; 6 — междольевые щели; 7 — нижняя доля правого легкого; 8 — средняя доля правого легкого; 9 — верхняя доля правого легкого; 10 — трахея; 11 — гортань

Выделяют еще *минутный объем дыхания* — количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает в течение 1 минуты (объем 5—8 л).

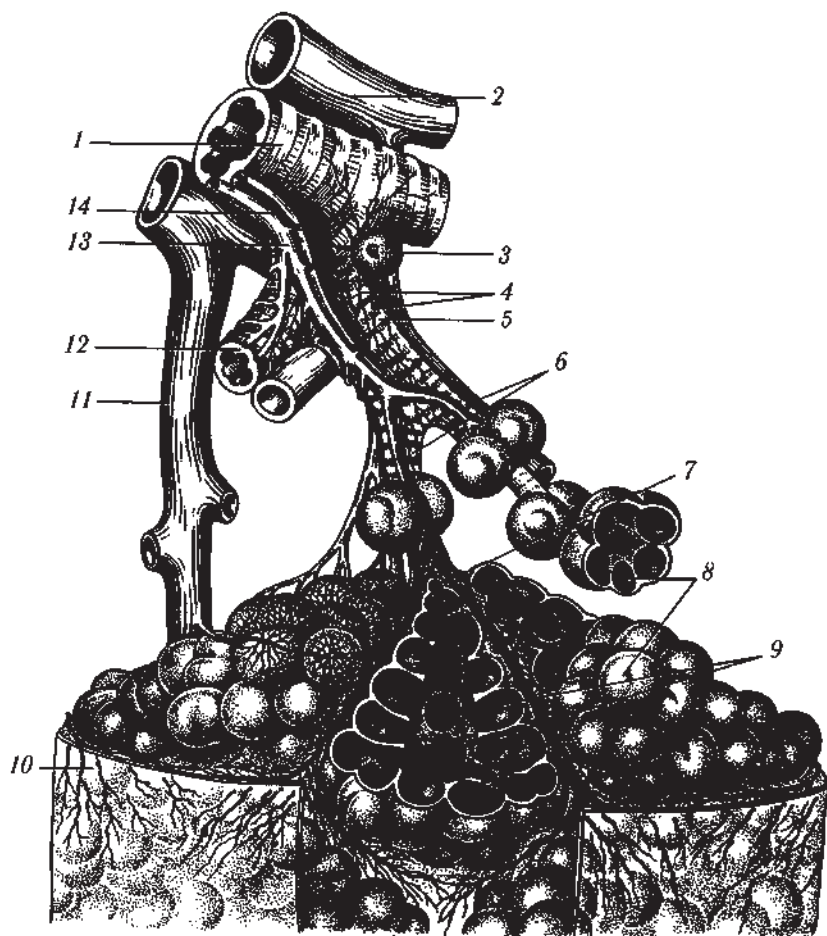


Рис. 165. Структура доли легкого:

1 — долевой бронх; 2 — ветвь легочной артерии; 3 — легочный лимфатический узел; 4 — лимфатические сосуды; 5, 12 — терминальные бронхиолы; 6 — дыхательные бронхиолы; 7 — альвеолярные ходы; 8, 9 — альвеолы легкого; 10 — плевра; 11 — приток легочной вены; 13 — ветвь бронхиальной артерии; 14 — приток бронхиальной вены

Кровеносная система

Кровеносная система является частью сосудистой системы организма, в которую еще входит лимфатическая система.

Кровеносная система осуществляет ряд важных функций в организме:

— *газовая функция* — транспорт кислорода и углекислого газа;

— *трофическая* (питательная) — транспорт питательных веществ от органов пищеварительной системы ко всем органам и тканям организма;

— *экскреторная* (выделительная) — транспорт вредных веществ и продуктов метаболизма от органов и тканей к органам выделения;

— *регуляторная* — транспорт физиологически активных веществ (гормонов), за счет которых осуществляется гуморальная регуляция деятельности организма;

— *защитная* — наличие в крови защитных белков (иммуноглобулинов) и транспорт антител. Защитную функцию осуществляют и клетки крови — лейкоциты и тромбоциты.

Сердце — полый мышечный орган, состоящий из левой (артериальной) и правой (венозной) половинки. Каждая половинка состоит из одного предсердия и одного желудочка (рис. 166). Сердце имеют три оболочки:

эндокард — внутренняя, слизистая;

миокард — средняя, мышечная (рис. 167);

эпикард — внешняя, серозная оболочка, является внутренним листом *околосердечной сумки* — *перикарда*, эластичная. Внешний листок перикарда неэластичный и предохраняет сердце от переполнения кровью.

Работа сердца происходит циклически. Полный цикл называется *сердечным циклом*, который длится 0,8 с и подразделяется на этапы (см. табл. на с. 228).

Кровеносные сосуды подразделяются на три вида: *артерии*, *вены* и *капилляры*.

Артерии — кровеносные сосуды, по которым кровь течет *от сердца*. Стенки артерий состоят из *трех оболочек*: *внутренняя* — *эндотелиальные клетки*, *средняя* — *гладкая мышечная ткань*, *наружная* — *рыхлая соединительная ткань*.

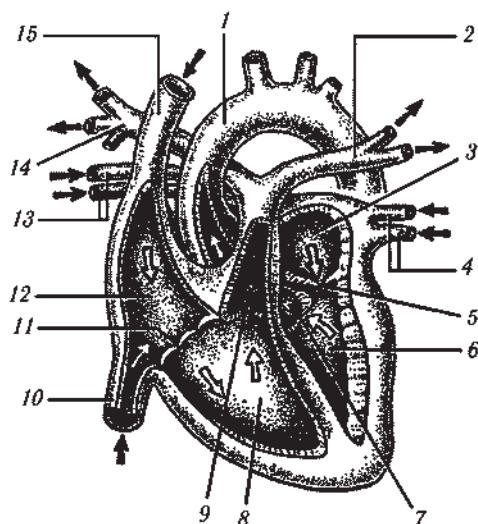


Рис. 166. Строение сердца. Схема продольного (фронтального) разреза:

1 — аорта; 2 — левая легочная артерия; 3 — левое предсердие; 4 — левые легочные вены; 5 — правое предсердножелудочковое отверстие; 6 — левый желудочек; 7 — клапан аорты; 8 — правый желудочек; 9 — клапан легочного ствола; 10 — нижняя полая вена; 11 — правое предсердножелудочковое отверстие; 12 — правое предсердие; 13 — правые легочные вены; 14 — правая легочная артерия; 15 — верхняя полая вена.

Стрелки — направление тока крови в камерах сердца

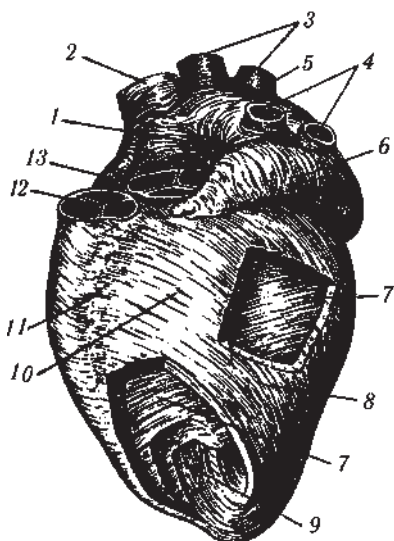


Рис. 167. Мышцы сердца с левой стороны:

1 — правое предсердие; 2 — верхняя полая вена; 3 — правые и 4 — левые легочные вены; 5 — левое предсердие; 6 — левое ушко; 7 — круговой, 8 — наружный продольный и 9 — внутренний продольный мышечные слои; 10 — левый желудочек; 11 — передняя продольная борозда; 12 — полулунные клапаны легочной артерии и 13 — аорты

Этапы сердечного цикла	Продолжитель- ность цикла	Движение крови во время этапа
Диастола (расслабление) предсердий	0,7 с	Артериальная кровь поступает от легких по легочным венам в левое предсердие (заканчивается малый, или легочный, круг кровообращения). Венозная кровь поступает по полым венам от всех органов тела в правое предсердие (заканчивается большой круг кровообращения)
Систола (сокращение) предсердий	0,1 с	Кровь за счет сокращения мышц предсердий поступает в соответствующие желудочки
Диастола желудочков	0,5 с	Кровь поступает из предсердий
Систола желудочков	0,3 с	Левый желудочек. Во время сокращения кровь поступает в большой круг кровообращения (аорту). Чтобы кровь не поступала обратно в левое предсердие, имеется двустворчатый клапан. Между аортой и желудочком имеются полулунные клапаны. Правый желудочек. Во время сокращения кровь поступает в малый (легочный) круг кровообращения (в легочную артерию). Между желудочком и легочной артерией располагаются полулунные клапаны. Между правым предсердием и желудочком имеется трехстворчатый клапан
Общая диастола	0,4 с	В это время и предсердия, и желудочки расслаблены

В зависимости от развития того или иного слоя артерии подразделяются на следующие виды:

— *эластичные* (*аорта и легочный ствол*) — в средней оболочке содержится огромное количество эластичных волокон, которые уменьшают давление крови при сокращении желудочков. Во время расслабления желудочков стенки в силу большой эластичности суживаются до исходных размеров, давят на поступившую в них кровь, обеспечивая непрерывность ее тока;

— *мышечно-эластичные* — эластичных элементов меньше, так как давление крови падает, и силы сокращения желудочков не хватает для продвижения крови;

— *мышечные* — эластичные элементы исчезают (рис. 168, А), движение крови в основном происходит за счет сокращения мышечной оболочки сосудов.

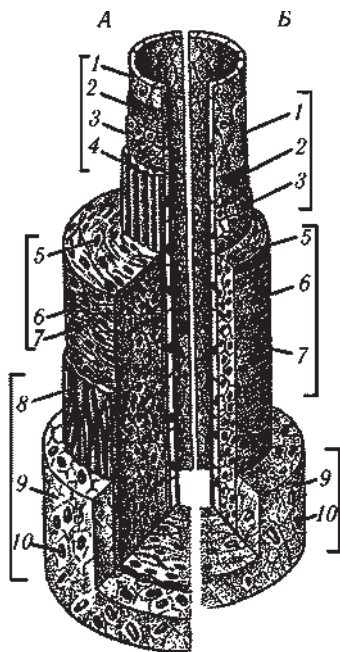
Вены — кровеносные сосуды, по которым кровь течет к сердцу. Вены делятся на две группы:

— *безмышечные* — не имеют мышечной оболочки. Это связано с тем, что данные сосуды находятся на голове и по ним кровь течет естественным образом (сверху вниз). Просвет сосудов поддерживается за счет сращения сосудов с кожей;

— *мышечные* — так как кровь по венам течет к сердцу, необходимо затратить много энергии для продвижения крови вверх от нижних конечностей. Стенки вен нижних конечностей имеют хорошо развитый мышечный слой (рис. 168, Б).

Рис. 168. Схема строения стенок артерии (А) и вены (Б) мышечного типа среднего калибра:

1 — эндотелий; 2 — базальная мембрана; 3 — подэндотелиальный слой; 4 — внутренняя эластическая мембрана; 5 — миоциты; 6 — эластические волокна; 7 — коллагеновые волокна; 8 — наружная эластическая мембрана; 9 — волокнистая (соединительная рыхлая) ткань; 10 — кровеносные сосуды



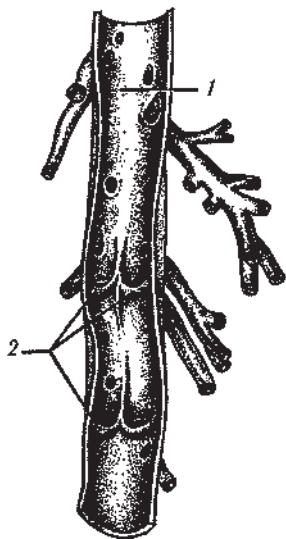


Рис. 169. Полулунные клапаны вены:

1 — просвет вены; 2 — створки клапанов

Для предотвращения обратного тока крови в венах имеются полулунные клапаны (рис. 169). Ближе к сердцу мышечная оболочка уменьшается, а клапаны исчезают.

Капилляры — сосуды, образующие связь между артериальной и венозной системами (рис. 170). Стенки однослойные, состоят из одного слоя клеток — *эндотелия*. В капиллярах происходит основной обмен между кровью и внутренней средой организма, тканями и органами.

Кровь — жидкая ткань, входящая в состав *внутренней среды организма*. Именно кровь выполняет основные функции кровеносной системы. Кровь подразделяется на две составляющие: *плазму* и *форменные элементы*.

Плазма представляет собой жидкое межклеточное вещество крови. Состоит из воды на 90—93%, до 8% — различ-

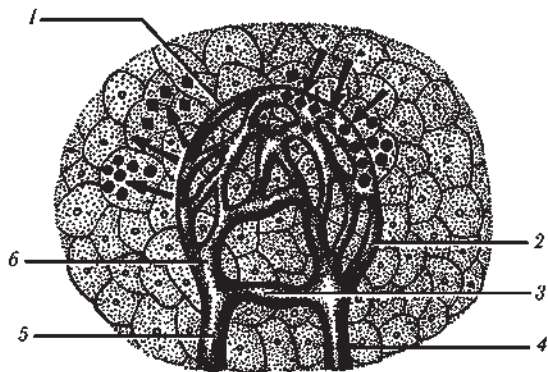


Рис. 170. Микроциркуляторное русло:

1 — капиллярная сеть (капилляры); 2 — посткапилляр (посткапиллярная венула); 3 — артериоло-венулярный анастомоз; 4 — венула; 5 — артериола; 6 — прекапилляр (прекапиллярная артериола).

Стрелки от капилляров — поступление в ткани питательных веществ, стрелки к капиллярам — выведение из тканей продуктов обмена

ные белки крови: альбумины, глобулины; 0,1% — глюкозы, до 1% — солей.

Форменные элементы, или клетки крови, бывают трех видов: *эритроциты*, *лейкоциты*, *тромбоциты*.

Эритроциты — красные кровяные тельца, в зрелом состоянии не имеют ядра и не способны к делению, имеют форму вогнутого с обеих сторон диска, содержат гемоглобин, продолжительность жизни до 120 суток, разрушаются в селезенке, основная функция — перенос кислорода и углекислого газа.

Лейкоциты — белые клетки крови, имеют разнообразную форму, обладают амёбовидным движением и фагоцитозом, основная функция — защитная.

Тромбоциты — кровяные пластинки, не имеющие ядра, участвуют в процессе свертывания крови, функционируют до 8 дней.

В специализированных кроветворных органах (*красный костный мозг*, *селезенка*, *печень*) образуются и развиваются форменные элементы крови, депонируется кровь и происходит разрушение клеток крови.

Красный костный мозг находится в губчатых костях и в диафизах трубчатых костей. Из стволовых клеток красного костного мозга образуются форменные элементы крови.

Селезенка осуществляет контроль крови. В селезенке происходит выявление и уничтожение отслуживших клеток крови (эритроцитов и лейкоцитов). Частично выполняет функции депо крови.

Печень во время эмбрионального развития продуцирует эритроциты. У взрослого человека в ней синтезируются белки, участвующие в свертывании крови. Выделяет продукты распада гемоглобина и накапливает железо, является депо крови (до 60% всей крови).

Лимфатическая система

Лимфатическая система является составной частью сосудистой системы (рис. 171). Ее функции многообразны:

— образование и транспорт лимфы по лимфатическим сосудам;

— обеспечение постоянства состава и объема жидкости в тканях;

— гуморальная связь между тканевой жидкостью, лимфоидными образованиями и кровью;

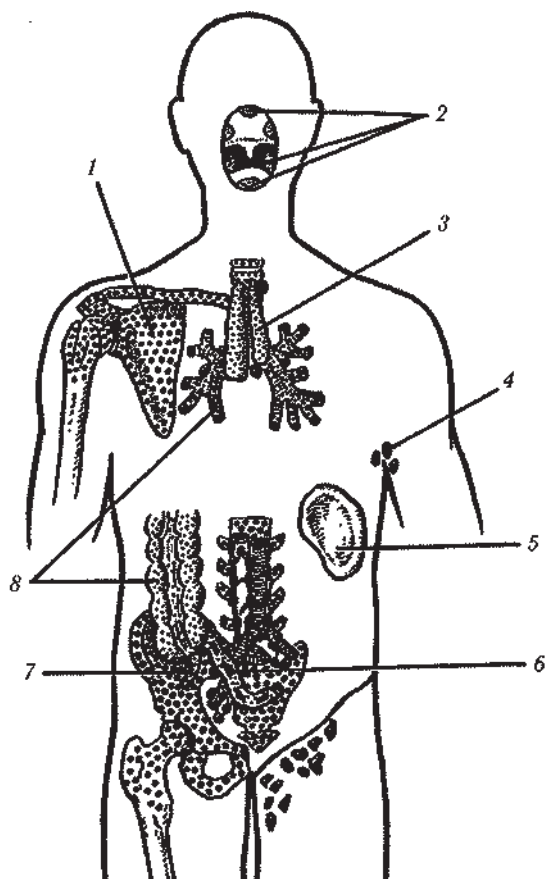


Рис. 171. Схема расположения центральных и периферических органов иммунной системы у человека:

1 — костный мозг; 2 — миндалины лимфоидного глоточного кольца; 3 — тимус; 4 — лимфатические узлы (подмышечные); 5 — селезенка; 6 — лимфоидная (пейерова) бляшка; 7 — аппендикс; 8 — лимфоидные узелки

- всасывание продуктов расщепления пищи (в основном жиров) из кишечника и доставка их в венозную систему;
- всасывание жидкости из серозных полостей;
- барьерная функция;
- выработка лимфоцитов и иммунокомпетентных клеток.

В состав лимфатической системы входят: *лимфатические капилляры, лимфатические сосуды, стволы и протоки, лимфатические узлы* (рис. 172).

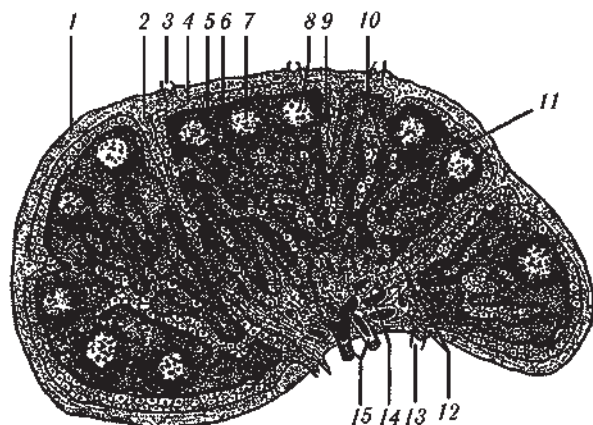


Рис. 172. Строение лимфатического узла:

1 — капсула; 2 — капсулярная трабекула; 3 — приносящий лимфатический сосуд; 4 — подкапсулярный (краевой) синус; 5 — корковое вещество; 6 — паракортикальная (тимусзависимая) зона (околокорковое вещество); 7 — лимфоидный узелок; 8 — центр размножения; 9 — во-
кругузелковый корковый синус; 10 — мякотный тяж; 11 — мозговой синус; 12 — воротный синус; 13 — выносящий лимфатический сосуд; 14 — воротное утолщение; 15 — кровеносный сосуд

Выделительная система

Функции выделения из организма продуктов обмена веществ выполняют несколько систем органов, которые объединяют в единую функциональную выделительную систему. В нее входят:

— *пищеварительная система* — участвует в выделении непереваренных остатков пищи, продуктов метаболизма, некоторых лекарств, желчных пигментов, тяжелых металлов;

— *дыхательная система* — участвует в выделении углекислого газа, паров воды;

— *кожа* — через сальные и потовые железы выводятся вода, углекислый газ, продукты азотистого обмена (мочевина);

— *мочевыделительная система* — через нее удаляется до 75% выводимых из организма жидких продуктов обмена веществ.

В состав мочевыделительной системы входят: *парные бобовидные почки, мочеточники, мочевого пузырь, мочеиспускательный канал.*

Основной структурной единицей почки является *нефрон* (рис. 173), функцией которого является образование мочи.

Образование мочи

В процессе образования мочи выделяют две фазы: *филтрационную и реабсорбционную.*

Первая фаза — филтрационная — это образование первичной мочи в *клубочках нефрона*. Из почечных капилляров в полость капсулы профильтровывается из крови вода и растворенные в ней вещества. В первичной моче содержатся все компоненты плазмы крови, кроме высокомолекулярных белков, которые не могут профильтровываться через стенки капсулы и капилляров. Первичная моча также содержит аминокислоты, глюкозу, витамины и соли, продукты обмена — мочевины, моче-

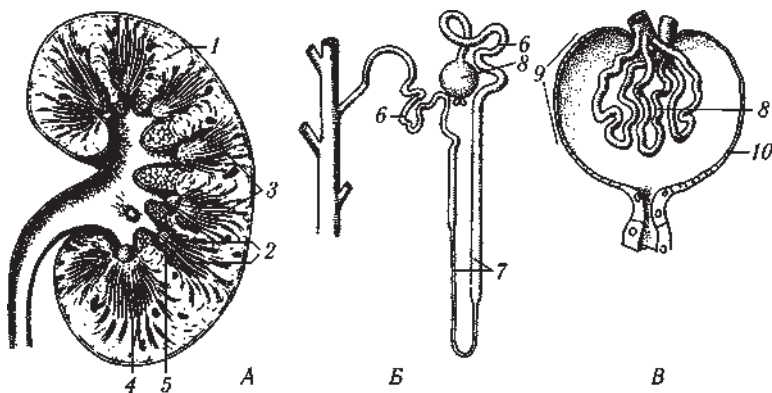


Рис. 173. Строение органов и структурных элементов выделительной системы. А — левая почка в разрезе; Б — нефрон; В — клубочек:

1 — корковое вещество; 2 — мозговое вещество; 3 — почечные пирамиды; 4 — основание пирамиды; 5 — почечные сосочки; 6 — извитые почечные канальцы; 7 — петля Генле; 8 — клубочек; 9 — почечное тельце; 10 — капсула клубочка (Боумана)

вую кислоту. За сутки у человека образуется 150—180 л первичной мочи.

Во второй фазе — реабсорбции, которая происходит в *канальцах нефрона*, осуществляется обратное всасывание из первичной мочи в кровь нужных для организма веществ: аминокислот, глюкозы, витаминов. В канальцах всасывается 99% воды, содержащейся в первичной моче. В связи с этим во вторичной моче резко повышается концентрация сульфатов, фосфатов, мочевины, мочевой кислоты и других веществ, которые не всасываются в кровь, — происходит концентрирование мочи. В конечном счете в течение суток из 150—180 л первичной мочи образуется около 2 л вторичной мочи.

В канальцах нефрона наблюдается также *выделение (секреция)* веществ в мочу. В основном это вещества, которые не могут пройти из кровеносных капилляров в капсулу клубочков, например многие лекарственные препараты.

Железы внутренней секреции

К железам внутренней секреции относятся железы, не имеющие специализированных выводящих протоков и выделяющие свои секреты непосредственно в кровь. Секретом желез внутренней секреции являются физиологически активные вещества — *гормоны*. За счет гормонов осуществляется *гуморальная регуляция физиологического состояния организма*. Но среди эндокринных желез есть железы, которые выполняют *двойную функцию* — являются железами внутренней секреции и внешней секреции, так как имеют специализированные выводные протоки. К *смешанным железам* относятся *поджелудочная железа* (синтезирует пищевые ферменты, которые в составе панкреатического сока поступают в двенадцатиперстную кишку) и *половые железы*.

Состав эндокринной системы

Гипоталамус располагается под полостью промежуточного мозга. В состав гипоталамуса входят три группы ядер: *передняя, средняя и задняя*. Наличие обширных нервных и сосудистых связей с *гипофизом* является базой существования *гипоталамо-гипофизарной системы*. В ядрах гипоталамуса располагаются *подкорковые центры*, контролирующие деятельность вегетативной нервной системы. Гипоталамус является

высшим центром регуляции эндокринных функций (рис. 174). Он объединяет нервные и эндокринные регуляторные механизмы в единую *нейроэндокринную систему*, оказывая непосредственное влияние на эндокринные железы по нервным путям либо через гипофиз (рис. 175).

Гормоны гипофиза

Передняя доля	Фоллитропин (фолликулостимулирующий)	Вызывает созревание фолликулов в яичниках у самок и сперматогенез у самцов
	Лютропин (лютеинизирующий)	У самок стимулирует секрецию эстрогенов и прогестерона, образование желтого тела, а у самцов — секрецию тестостерона
	Пролактин	Стимулирует развитие молочных желез и лактации, стимулирует рост внутренних органов, секрецию желтого тела
	Тиреотропин	Контролирует развитие и функцию щитовидной железы и регулирует биосинтез и секрецию в кровь тиреоидных гормонов
	Гормон роста (соматотропин)	Обладает широким спектром биологического действия: усиливает биосинтез белка, ДНК, РНК, гликогена, способствует мобилизации жиров из депо и распаду высших жирных кислот и глюкозы в тканях. Регулирует процессы роста: при гипофункции — карликовость, при гиперфункции — гигантизм
	Адренокортикотропный	Усиливает синтез стероидных гормонов надпочечников
Задняя доля	Вазопрессин	Стимулирует сокращение гладкой мускулатуры сосудов: регулирует водный обмен, оказывая мощное антидиуретическое действие, — стимулирует обратный ток воды через мембраны почечных канальцев. Контролирует осмотическое давление плазмы крови
	Окситоцин	Основной биологический эффект у млекопитающих связан со стимуляцией сокращения гладкой мускулатуры матки при родах и сокращения мышечных волокон, расположенных вокруг альвеол молочных желез, вызывающего секрецию молока

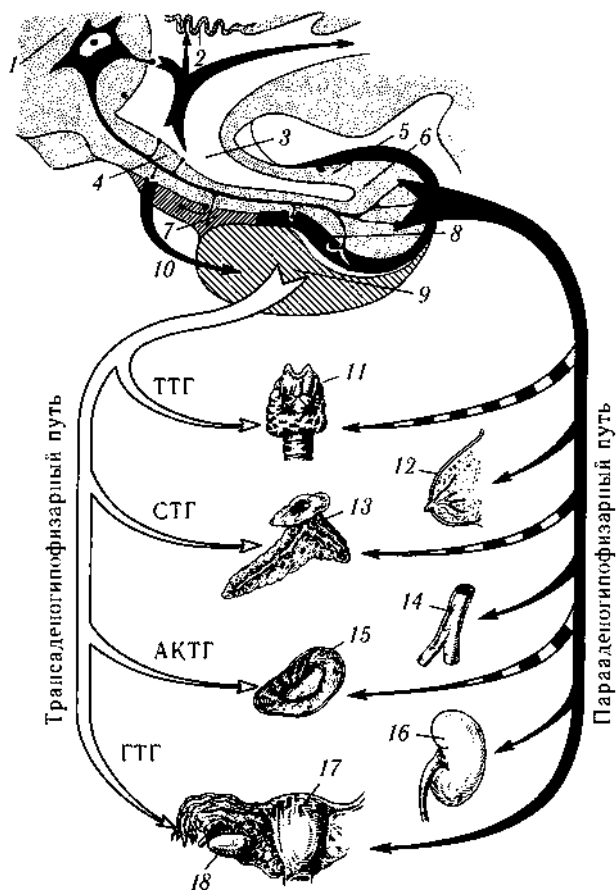


Рис. 174. Действительные (черные стрелки) и предполагаемые (прерывистые стрелки) пути распространения и направления воздействия нейрогормонов, вырабатываемых нейросекреторными клетками гипоталамуса, а также тропных гормонов (белые стрелки):

1 — нейросекреторная клетка гипоталамуса; 2 — III желудочек; 3 — бухта воронки; 4 — срединное возвышение; 5 — инфундибулярная часть нейрогипофиза; 6 — главная задняя часть нейрогипофиза; 7 — тубулярная часть передней доли гипофиза; 8 — промежуточная доля гипофиза; 9 — передняя доля гипофиза; 10 — воротные сосуды гипофиза; 11 — щитовидная железа; 12 — молочная железа; 13 — поджелудочная железа; 14 — кровеносные сосуды; 15 — надпочечник; 16 — почка; 17 — матка; 18 — яичник; ТТГ, СТГ, АКТГ и ГТГ — соответственно тирео-, сомато-, адренкортико- и гонадотропные гормоны

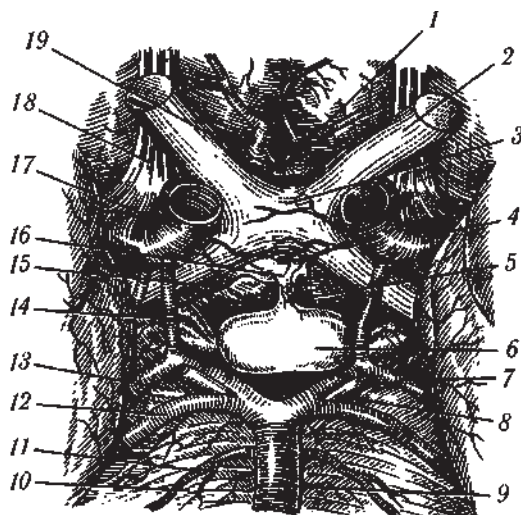


Рис. 175. Гипофиз (вид снизу):

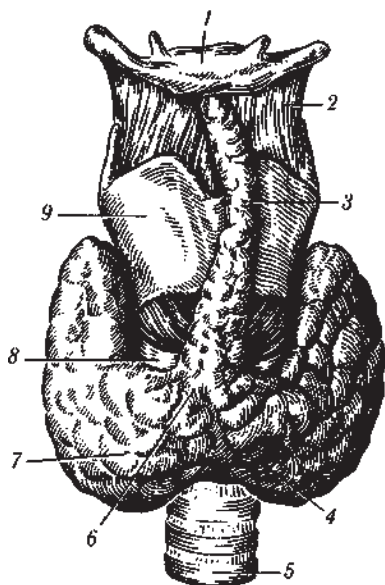
1 — передняя мозговая артерия; 2 — зрительный нерв; 3 — зрительный перекрест; 4 — средняя мозговая артерия; 5 — воронка; 6 — гипофиз; 7 — задняя мозговая артерия; 8 — глазодвигательный нерв; 9 — базилярная артерия; 10 — мост; 11 — артерия лабиринта; 12 — верхняя мозжечковая артерия; 13 — ножка мозга; 14 — задняя соединительная артерия; 15 — гипофизарная артерия; 16 — серый бугор; 17 — внутренняя сонная артерия; 18 — обонятельный тракт; 19 — передняя соединительная артерия

Вазопрессин и окситоцин к гормонам задней доли гипофиза относят условно, так как синтезируются они в *гипоталамусе*, затем поступают в заднюю долю гипофиза по аксонам и только здесь поступают в кровь. Заболевания задней доли гипофиза отражаются только на действии вазопрессина.

Щитовидная железа (рис. 176). Основной гормон *тироксин*. Основные функции: стимуляция окислительных процессов, регуляция водного, белкового, жирового, углеводного и минерального обменов, роста и развития организма, оказывает действие на функции центральной нервной системы и высшую нервную деятельность. При *недостаточной функции* в детском возрасте, возникает *кретинизм* (задержка роста, психического и полового

Рис. 176. Щитовидная железа (вид спереди):

1 — подъязычная кость; 2 — щитоподъязычная мембрана; 3 — пирамидальный отросток щитовидной железы; 4, 7 — левая и правая доли; 5 — трахея; 6 — перешеек; 8 — перстневидный хрящ; 9 — щитовидный хрящ



развития). При *гипофункции* у взрослого развивается *микседема*. При *гиперфункции* возникает *базедова болезнь* (увеличение железы, повышение возбудимости нервной системы, пучеглазие). При недостатке йода люди болеют *зобом*. Для нормальной работы требуется *йод*.

Тимус (рис. 177). Основной гормон *тимозин*, участвующий в регуляции нервно-мышечной передачи, углеводного обмена, обмена кальция.

Эпифиз вырабатывает гормон *мелатонин*, который тормозит действие гонадотропных гормонов. Секреция изменяется в зависимости от освещенности: свет подавляет синтез мелатонина. После удаления наступает преждевременное половое созревание.

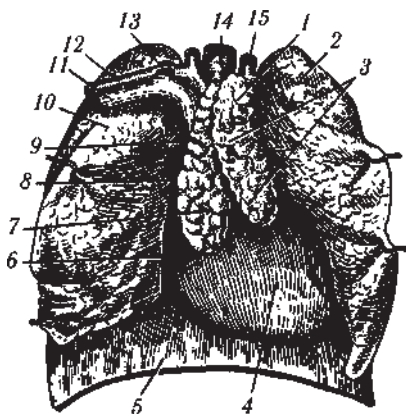


Рис. 177. Вилочковая железа, или тимус:

1 — доля вилочковой железы; 2 — левое легкое; 3 — вилочковая железа (левая доля); 4 — перикард; 5 — диафрагма; 6, 8 — линия отреза средостенной плевры; 7 — вилочковая железа (правая доля); 9 — верхняя полая вена; 10 — правое легкое; 11 — подключичная вена; 12 — подключичная артерия; 13 — внутренняя яремная вена; 14 — трахея; 15 — левая общая сонная артерия

Надпочечники (рис. 178) расположены вблизи верхнего полюса каждой почки. Состоят из коркового слоя и мозгового вещества.

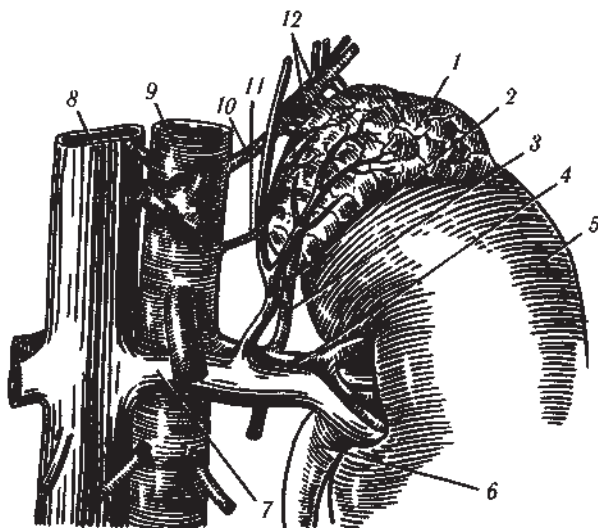


Рис. 178. Левый надпочечник (вид спереди):

1 — надпочечник; 2 — левая надпочечниковая вена; 3 — нижняя надпочечниковая артерия; 4 — почечная артерия; 5 — почка; 6 — мочеточник; 7 — почечная вена; 8 — нижняя полая вена; 9 — аорта; 10 — нижняя диафрагмальная артерия; 11 — средняя надпочечниковая артерия; 12 — верхние надпочечниковые артерии

Гормоны надпочечников

Корковый слой	Стероидные: кортизон, кортикостерон	Влияют на обмен углеводов, белков, жиров, стимулируют синтез гликогена из глюкозы, обладают способностью угнетать развитие воспалительных процессов, подавляют синтез антител
	Половые гормоны	Обуславливают развитие вторичных половых признаков. При гиперфункции увеличивается синтез гормонов, особенно половых, при этом меняются вторичные половые признаки, например у женщин появляются борода, усы

Окончание табл.

Мозговой слой	Адреналин	Повышает систолический объем, ускоряет частоту сердечных сокращений, расширяет коронарные сосуды и сужает кожные, увеличивает кровоток в печени, скелетных мышцах и мозге, повышает уровень сахара в крови, усиливает распад жиров. Его действие аналогично действию симпатической нервной системы. Воздействует на гипоталамус, вызывая образование адренокортикотропного гормона
	Норадреналин	выполняет функции медиатора при передаче возбуждения в синапсах. замедляет частоту сердечных сокращений, снижает минутный объем

Поджелудочная железа. Вырабатывает два основных гормона: *глюкагон* и *инсулин*. Глюкагон способствует превращению гликогена печени в глюкозу, в результате чего повышается уровень сахара в крови. Инсулин повышает проницаемость клеточных мембран для глюкозы, что благоприятствует ее расщеплению в тканях, отложению гликогена и уменьшению сахара в крови. При *гипофункции* развивается заболевание — *сахарный диабет*. Поджелудочная железа является железой смешанной секреции. Помимо гормонов данная железа вырабатывает панкреатический сок, который участвует в пищеварении. А так как панкреатический сок поступает в кишечник (двенадцатиперстную кишку) по специальным выводным протокам, то поджелудочная железа относится и к железам внешней секреции.

Половые железы тоже являются железами смешанной секреции.

Половые гормоны

Семенники	Тестостерон, андростерон	Стимулируют развитие полового аппарата и вторичных половых признаков. Увеличивают образование белка в мышцах. Повышают основной обмен. Необходимы для созревания сперматозоидов
Яичники	Эстрадиол, прогестерон	Эстрадиол синтезируется в фолликулах. Влияет на рост половых органов, формирование вторичных половых признаков. Прогестерон вырабатывается клетками желтого тела. Гормон беременности. Способствует имплантации яйцеклетки в матку, задерживает созревание и овуляцию фолликулов, стимулирует рост молочных желез

Нервная система

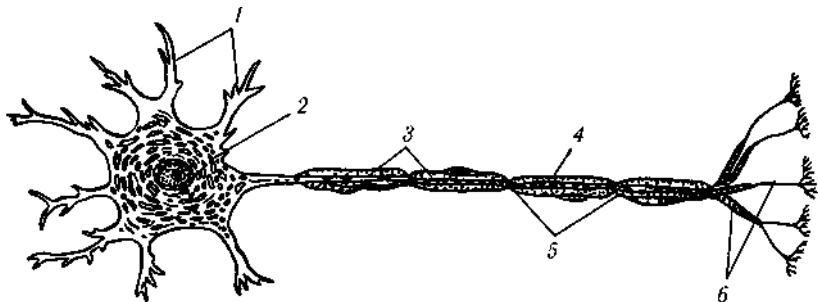
Совокупность нервной ткани, имеющейся в организме, объединяется в понятие «*нервная система*». Нервная система обеспечивает восприятие разнообразных чувствительных (афферентных) импульсов, возникающих при воздействии на рецепторные зоны различных раздражителей из внешней или внутренней среды. Преобразованные в *нервные импульсы* различные виды *раздражений* (механические, световые, звуковые, вкусовые, обонятельные, болевые и др.) достигают соответствующей зоны нервной системы, где происходит их *анализ* и *синтез*. В результате этого формируется определенный *двигательный* (*эфферентный*) импульс к рабочему органу или системе органов, которые соответственно отвечают на раздражение. Таким образом, нервная система обеспечивает регуляцию и координацию всей деятельности организма человека на основе обработки поступающей в нее информации.

Структурно-функциональной единицей нервной ткани является нервная клетка — *нейрон* (рис. 179).

Как правило, нейрон имеет несколько ветвистых *дендритов*, специализирующихся на восприятии определенных нервных импульсов и передаче их к телу нейрона. В отличие от дендритов *аксон* всегда один и достаточно длинный. По аксону информация (импульс) распространяется от тела нейрона к другим клеткам.

Рис. 179. Строение нейрона:

1 — дендриты; 2 — тело нейрона; 3 — аксон; 4 — миелиновая оболочка; 5 — перехваты узла; 6 — окончания



Контакт, посредством которого нервные импульсы передаются от одного нейрона другому или другому виду клеток, называется *синапсом* (рис. 180). Во всех видах синапсов происходит односторонняя передача информации, т. е. импульсы могут передаваться только в *одном направлении*. В зависимости от того, как передается импульс от одной клетки к другой, различают два вида синапсов: *химические* и *физические*. В химических синапсах информация передается с помощью специальных *химических веществ* — *медиаторов*. В физических синапсах информация (возбуждение) передается за счет *электромагнитного поля*.

Все нейроны можно разбить на несколько типов в зависимости от их функциональной принадлежности: *чувствительные* (сенсорные, афферентные), *двигательные* (моторные, эфферентные), *вставочные* и *нейросекреторные*. Путь, состоящий из цепи нейронов, по которому нервный импульс проходит от чувствительных нейронов через вставочные или сразу на двигательные и к рабочему органу, называется *рефлекторной дугой* (рис. 181).

Рефлекторные дуги являются структурными и функциональными единицами для осуществления *рефлекторного принципа работы* нервной системы. Рефлексы подразделяются на *безусловные* и *условные*.

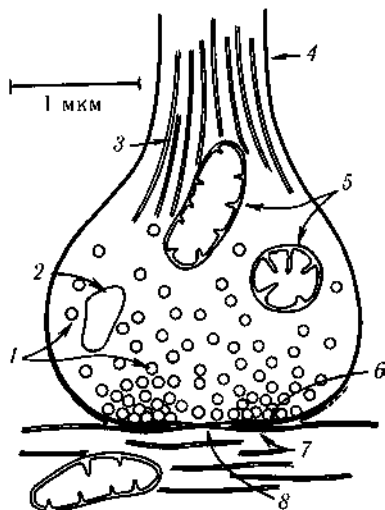


Рис. 180. Схематическое изображение синапса:

1 — синаптические пузырьки; 2 — лизосома; 3 — микрофибриллы (нейрофибриллы); 4 — аксон; 5 — митохондрии; 6 — пресинаптическое утолщение мембраны; 7 — постсинаптическое утолщение мембраны; 8 — синаптическая щель (около 20 нм)

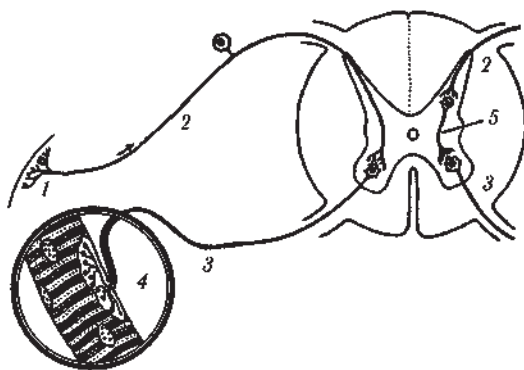


Рис. 181. Цереброспинальная рефлекторная дуга — двухнейронная (слева) и трехнейронная (справа):

1 — нервные окончания в сухожилии; 2 — чувствительное волокно рецепторного нейрона; 3 — двигательное волокно эффекторного нейрона; 4 — нервное окончание в поперечнополосатой мышце; 5 — вставочный нейрон

Виды рефлексов

Безусловные рефлексы	Условные рефлексы
1. Генетически закрепленные, передаются по наследству (врожденные)	1. Генетически не закрепленные, по наследству не передаются
2. Характерны для всех особей вида (видоспецифичны)	2. Индивидуальны, у каждой особи свой набор условных рефлексов
3. Имеют постоянные рефлекторные дуги	3. Рефлекторные дуги формируются в процессе выработки условного рефлекса
4. Мало изменяются, возникают в ответ на адекватное раздражение	4. Непостоянны, без соответствующего подкрепления или тренировки исчезают
5. Контролируются на уровне спинного мозга и ствола мозга	5. Осуществляются за счет деятельности коры головного мозга

К основным безусловным рефлексам относятся: *пищевые, питьевые, поведенческие, оборонительные, половые, родительские.*

Нервная система человека подразделяется на *центральную* и *периферическую*. К центральной нервной системе относят *головной и спинной мозг*. К периферической нервной системе относится вся *остальная нервная ткань*, объединенная в *нервные стволы, нервные узлы, нервные сплетения и нервные окончания.*

Строение головного мозга (рис. 182)

Передний	Большие полушария	Представлены правым и левым полушариями, соединенными мозолистым телом. Белое вещество представляет собой проводящие пути и находится внутри полушарий. Кора представлена серым веществом и располагается сверху полушарий. Кора имеет многочисленные складки, извилины и борозды, что значительно увеличивает ее площадь. Каждое полушарие делится на четыре доли: лобную, теменную, височную и затылочную	Различные области коры определяют разные функции. Двигательная зона коры расположена в передней центральной извилине лобной доли; зона кожно-мышечной чувствительности — в задней центральной извилине теменной доли; зрительная зона — в затылочной доле; слуховая — в височной. Центры обоняния и вкуса расположены на внутренней поверхности височной и лобных долей. Ассоциативные зоны связывают различные области коры. Деятельность этих зон лежит в основе высших психических функций человека (памяти, логического мышления, обучения, воображения). Большие полушария имеют функциональную асимметрию. Левое полушарие отвечает за абстрактное мышление (в нем находятся центры письменной и устной речи), правое полушарие отвечает за образное мышление
	Промежуточный	Расположен выше среднего мозга. Сверху к нему прилежит эпифиз, снизу — гипофиз. Включает: таламус (зрительные бугры), эпителимус (надбугорную область), гипоталамус (подбугорную область) и колленчатые тела	Таламус является подкорковым центром всех видов чувствительности, за исключением обонятельной. Регулирует и координирует внешнее проявление эмоций (мимику, жесты, изменение давления, пульса и дыхания). Ядра эпителимуса принимают участие в работе обонятельного анализатора. В состав эпителимуса входит эпифиз — железа внутренней секреции (секретирует гормон мелатонин). Гипоталамус контролирует деятельность гипофиза, обеспечивая постоянство внутренней среды и регулируя обмен веществ. С гипоталамусом связаны чувства голода, жажды и насыщения, регуляция сна и бодрствования

Окончание табл.

Средний	Четверохолмие	Располагается выше моста	В сером веществе залегают ядра III и IV пар черепных нервов. Главной функцией является формирование рефлекторной реакции в виде зрительных и слуховых ориентировочных рефлексов, центры которых располагаются в нем. Обеспечивает регуляцию тонуса скелетных мышц
Задний	Мост (варолиев мост)	Находится перед продолговатым мозгом, задняя часть прикрыта мозжечком	Проводящие пути соединяют продолговатый мозг и мозжечок с большими полушариями. В задней части моста залегают ядра VI, VII, VIII пар черепных нервов
	Мозжечок	Находится над продолговатым мозгом. Имеет два боковых полушария и среднюю непарную часть. Белое вещество находится внутри, а серое вещество (кора мозжечка) тонким слоем покрывает белое вещество	Выполняет функции координации быстрых целенаправленных произвольных движений, регуляции позы и мышечного тонуса, поддержания равновесия тела. При повреждении нарушается распределение тонуса мышц — сгибателей и разгибателей, поэтому движения становятся несовершенными, резкими, теряется способность нормально ходить и стоять, нарушается тонус мышц
	Продолговатый	Является продолжением спинного мозга. Белое вещество находится снаружи, серое — внутри. Серое вещество представлено в виде отдельных скоплений нейронов — ядер	Выполняет две главные функции: рефлекторную и проводниковую. Находятся ядра IX, X, XI, XII пар черепных нервов. В сером веществе расположены центры дыхания, сердечной деятельности, сосудодвигательный, безусловных пищевых рефлексов (сосания, глотания, отделения пищеварительных соков), защитных рефлексов (кашля, чихания, мигания, слезоотделения, рвоты). Деятельность связана с рефлексами положения тела, изменения тонуса мышц шеи и туловища

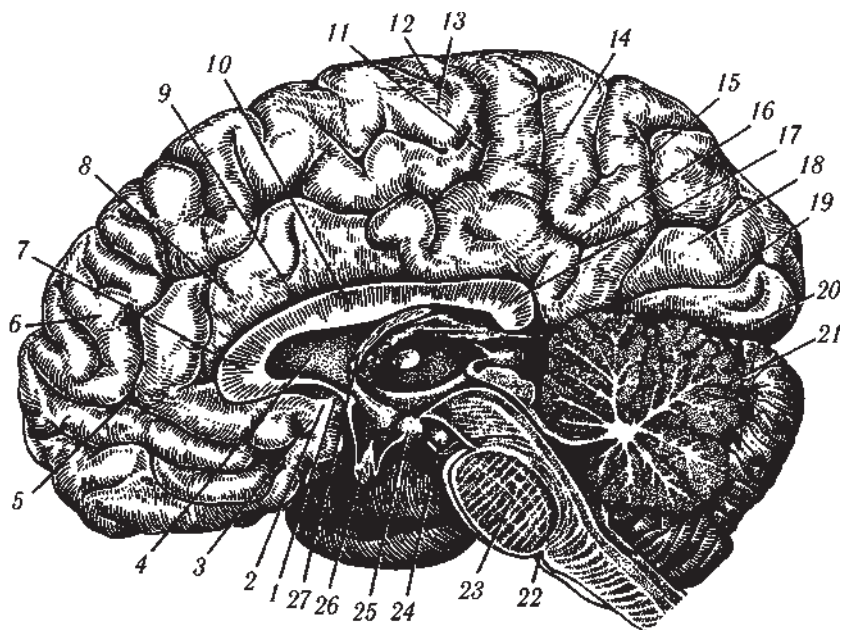


Рис. 182. Медиальная поверхность правого полушария большого мозга, мозгового ствола и мозжечка. Водопровод среднего мозга, IV желудочек:

1 — подмозолистое тело; 2 — задняя обонятельная борозда; 3 — обонятельная площадка; 4 — прозрачная перегородка; 5, 11 — поясная борозда; 6 — верхняя лобная извилина; 7 — колено мозолистого тела; 8 — поясная извилина; 9 — борозда мозолистого тела; 10 — ствол мозолистого тела; 12 — центральная борозда; 13 — околоцентральной долька; 14 — предклинье; 15 — теменно-затылочная борозда; 16 — подтеменная борозда; 17 — валик мозолистого тела; 18 — клин; 19 — шпорная борозда; 20 — медиальная затылочно-височная извилина; 21 — долька нижнего червя; 22 — задняя граница моста; 23 — мост; 24 — глазодвигательный нерв; 25 — сосцевидное тело; 26 — зрительный перекрест; 27 — свод

Спинной мозг представляет собой неравномерный по толщине цилиндрический тяж, находящийся в позвоночном канале. Спинной мозг человека состоит из 31 сегмента. На уровне каждого сегмента от спинного мозга отходит пара спинномозговых нервов (рис. 183). Спинной мозг состоит из белого и серого вещества, которое находится внутри белого вещества и образовано телами нейронов (рис. 184).

Основные функции спинного мозга — проводниковая и рефлекторная.

Нервную систему человека в зависимости от анатомической и функциональной классификации можно разделить на соматическую и вегетативную.

Соматическая нервная система обеспечивает иннервацию главным образом тела (сумы), кожи и скелетных мышц. Взаимоотношения с внешней средой устанавливаются за счет восприятия различных раздражений. Характерной особенностью соматической нервной системы является то, что она в гораздо большей степени, чем вегетативная, может произвольно контролироваться и управляться человеком.

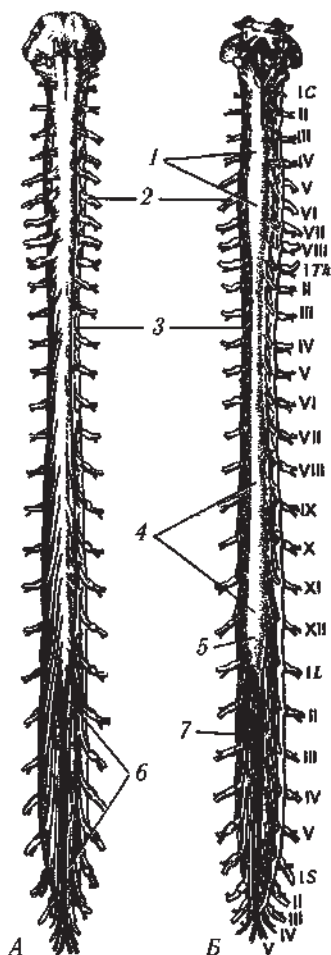


Рис. 183. Спинной мозг с отходящими нервами спереди (А) и сзади (Б):

IC—VIII — шейные; ITh—XII — грудные; IL—V — поясничные; IS—V — крестцовые спинномозговые нервы; 1 — шейное утолщение; 2 — спинномозговые узлы; 3 — твердая мозговая оболочка; 4 — поясничное утолщение; 5 — мозговой конус; 6 — конский хвост; 7 — концевая нить

Вегетативная (автономная) нервная система иннервирует кровеносные и лимфатические сосуды, внутренние органы; осуществляет «растительные» функции организма: дыхание, пищеварение, обмен веществ, выделение, размножение. Кроме того, она выполняет адаптационно-трофическую функцию, регулируя обмен веществ организма применительно к условиям внешней среды (поэтому ее называют вегетативной).

На основании строения, расположения вегетативных ядер в спинном и головном мозге, а также особенностей функции вегетативная нервная система подразделяется на *симпатическую* и *парасимпатическую* части. Обе части вегетативной нервной системы действуют на одни и те же внутренние органы, создавая более оптимальный режим их работы. В зависимости от жизненных обстоятельств, от величины функциональных нагрузок вегетативная нервная система или усиливает функцию тех или иных внутренних органов, или ослабляет их. При этом в каждый момент в соответствии с потребностями организма большую активность в регуляции внутренних органов проявляет или симпатическая, или парасимпатическая часть вегетативной

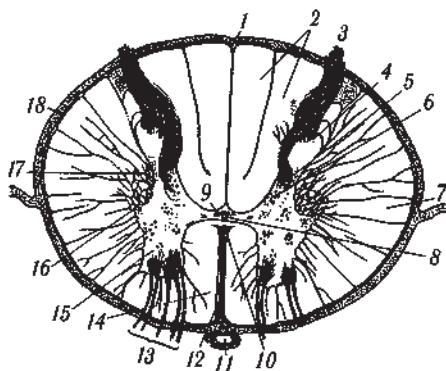


Рис. 184. Поперечный разрез спинного мозга:

1 — задняя срединная борозда; 2 — задний канатик; 3 — дорсальный корешок; 4 — задний рога; 5 — нейроны заднего рога (вставочные); 6 — дорсальное ядро; 7 — боковой канатик; 8 — центральный канал; 9 — задняя серая спайка; 10 — передняя белая спайка; 11 — передняя спинномозговая артерия; 12 — передняя срединная щель; 13 — ventральный корешок; 14 — передний канатик; 15 — нейроны переднего рога; 16 — боковой рога; 17 — ретикулярное вещество; 18 — мягкая мозговая оболочка

нервной системы. Что касается остальных органов и тканей (опорно-двигательный аппарат, кожа, стенки сосудов), то все обменные процессы в них регулирует симпатическая нервная система (рис. 185).

**Особенности симпатической
и парасимпатической нервных систем**

	Симпатическая нервная система	Парасимпатическая нервная система
Расположение центральных ядер	В боковых рогах спинного мозга от 1-го грудного до 3-го поясничного сегментов	В среднем, продолговатом мозгу и в боковых рогах спинного мозга и на уровне II—IV сегментов
Предганглионарные волокна	Короткие, заканчиваются в пограничном столбе около позвоночника	Длинные, проходят в составе III, VII, IX, X черепных нервов и крестцовых спинномозговых нервов
Постганглионарные волокна	Длинные, заканчиваются на рабочих органах	Короткие
Медиаторы	Адреналин, норадреналин	Ацетилхолин
Результат воздействия	— увеличение ритма и силы сердечных сокращений; — сужение сосудов; — расширение зрачка; — снижение секреции желез желудка и кишечника; — расслабление гладкой мускулатуры; — усиление слюноотделения	— уменьшение ритма и силы сердечных сокращений; — сужение просвета бронхов, усиление легочной вентиляции; — усиление желудочно-кишечной перистальтики; — активизация секреции желез желудка, кишечника, поджелудочной железы; — сужение зрачка

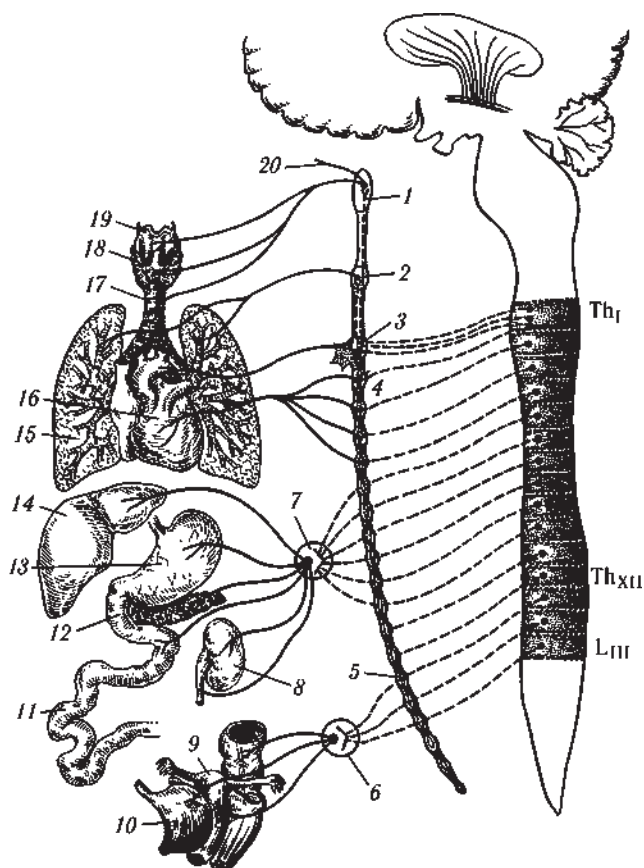


Рис. 185. Симпатический ствол (схема). Справа — спинной мозг с симпатическим центром в боковых рогах; в середине — симпатический ствол; слева — превебральные нервные сплетения (6, 7) и иннервируемые симпатическим нервом органы. Пунктиром обозначены преганглионарные нервные волокна, сплошной линией — постганглионарные;

1 — верхний шейный узел симпатического ствола; 2 — средний шейный узел; 3 — звездчатый узел; 4 — 2-й грудной узел симпатического ствола; 5 — верхний крестцовый узел симпатического ствола; 6 — тазовое нервное сплетение; 7 — чревное нервное сплетение; 8 — почка; 9 — матка; 10 — мочевого пузыря; 11 — тощая кишка; 12 — двенадцатиперстная кишка; 13 — желудок; 14 — печень; 15 — легкое; 16 — сердце; 17 — трахея; 18 — щитовидная железа; 19 — гортань; 20 — внутренний сонный нерв

Органы чувств (анализаторы)

Органы чувств — это комплекс анатомических структур, которые воспринимают внешнее раздражение, превращают его в нервный импульс и передают в соответствующие центры головного мозга. Органы чувств являются частью более крупных систем, которые воспринимают информацию из окружающей и внутренней среды организма и называются *анализаторами*. Каждый анализатор состоит из трех отделов:

— *периферический отдел* (воспринимающий, чувствительный) — представлен рецепторами, которые трансформируют внешнее раздражение в нервный импульс (нервное возбуждение) и являются *органами чувств*;

— *промежуточный отдел* (проводящий) — представлен нервными путями, соединяющими органы чувств с *центральным отделом*, куда по ним передается нервный импульс;

— *центральный* (корковый) отдел — представлен соответствующими зонами *больших полушарий и коры больших полушарий*

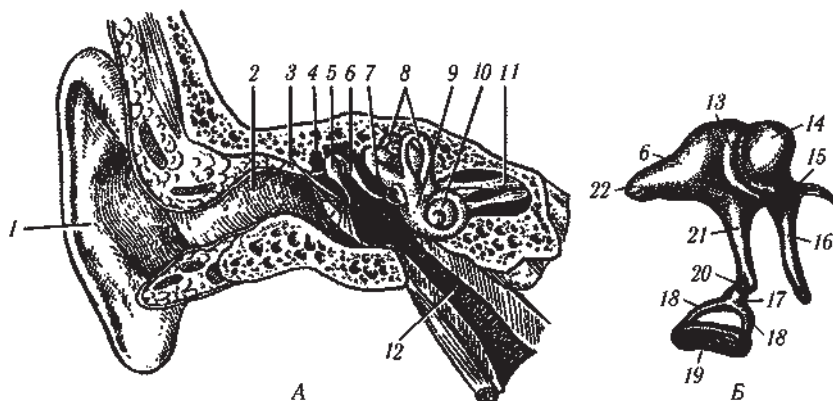


Рис. 186. Орган слуха (А) и слуховые косточки (Б):

1 — ушная раковина; 2 — наружный слуховой проход; 3 — барабанная перепонка; 4 — барабанная полость; 5 — молоточек; 6 — наковальня; 7 — стремя; 8 — полукружные протоки; 9 — преддверие; 10 — улитка; 11 — преддверно-улитковый нерв; 12 — слуховая труба; 13 — сочленение наковальни и молоточка; 14 — головка молоточка; 15 — шейка молоточка; 16 — рукоятка молоточка; 17 — головка стремени; 18 — ножки стремени; 19 — основание стремени; 20 — сочленение наковальни с головкой стремени; 21 — длинная ножка наковальни; 22 — короткая ножка наковальни

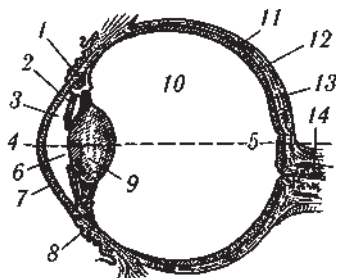


Рис. 187. Схема строения глаза:

1 — ресничная мышца; 2 — радужная оболочка; 3 — водянистая влага; 4, 5 — оптическая ось; 6 — зрачок; 7 — роговица; 8 — конъюнктура; 9 — хрусталик; 10 — стекловидное тело; 11 — белочная оболочка; 12 — сосудистая оболочка; 13 — сетчатка; 14 — зрительный нерв

рий, где происходит анализ поступающей от органов чувств информации и возникает ощущение.

Сами анализаторы достаточно хорошо описаны в школьном учебнике, поэтому мы приведем только рисунки органа слуха (рис. 186) и органа зрения (рис. 187).

Кожа

Кожа образует общий покров тела человека (рис. 188). В ней заложены чувствительные нервные окончания

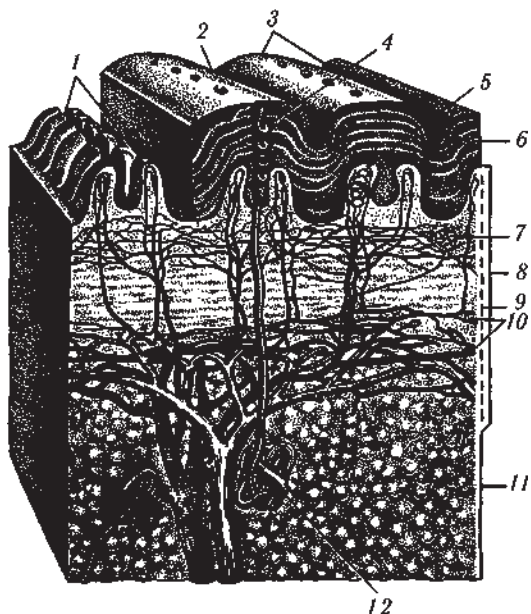


Рис. 188. Строение кожи:

1 — сосочки дермы; 2 — бороздка; 3 — осязательные валики; 4 — выводной проток потовой железы; 5 — нервное окончание; 6 — эпидермис; 7 — сосудистые и нервные подсосочковые сети; 8, 9 — дерма; 10 — глубокая дермальная сосудистая сеть; 11 — подкожная основа; 12 — потовая железа

(кожные рецепторы) и *производные кожи* (рис. 189): *потовые, сальные, молочные железы, волосы и ногти*.

Кожа выполняет ряд важных для организма функций: защитную, терморегуляционную, дыхательную, выделительную, рецепторную.

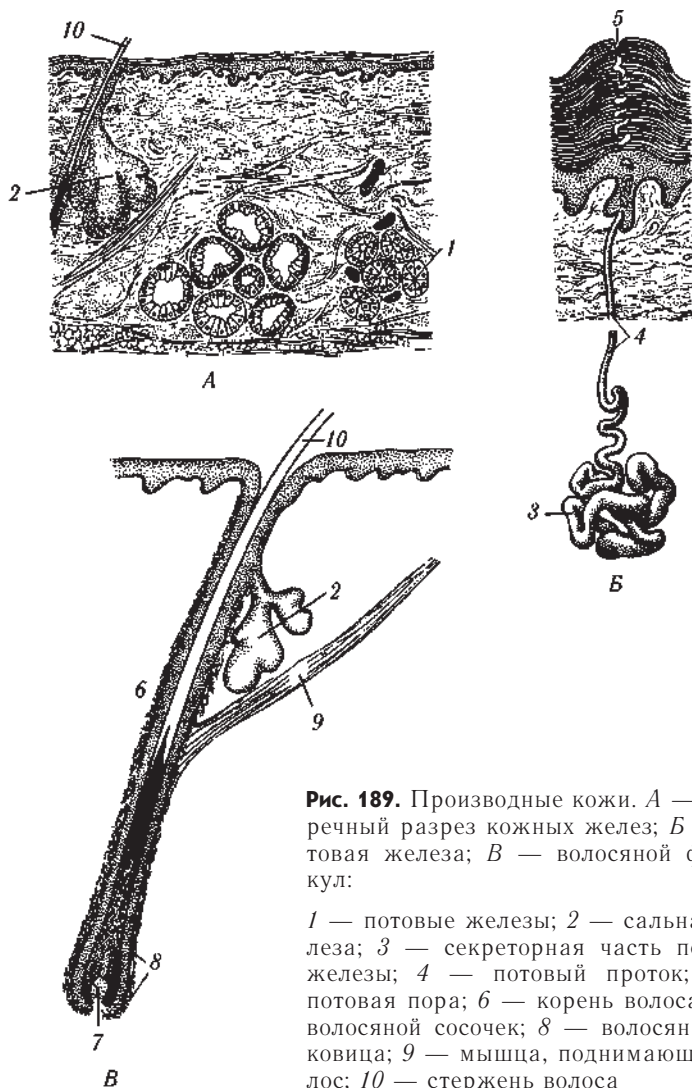


Рис. 189. Производные кожи. А — поперечный разрез кожных желез; Б — потовая железа; В — волосяной фолликул:

1 — потовые железы; 2 — сальная железа; 3 — секреторная часть потовой железы; 4 — потовый проток; 5 — потовая пора; 6 — корень волоса; 7 — волосяной сосочек; 8 — волосяная луковица; 9 — мышца, поднимающая волос; 10 — стержень волоса

Половая система

Половая система представлена мужскими (рис. 190) и женскими (рис. 191) половыми органами. Основной частью их являются половые железы: яички у мужчин и яичники у женщин. Они осуществляют генеративную функцию — вырабатывают половые клетки: сперматозоиды у мужчин, яйце-

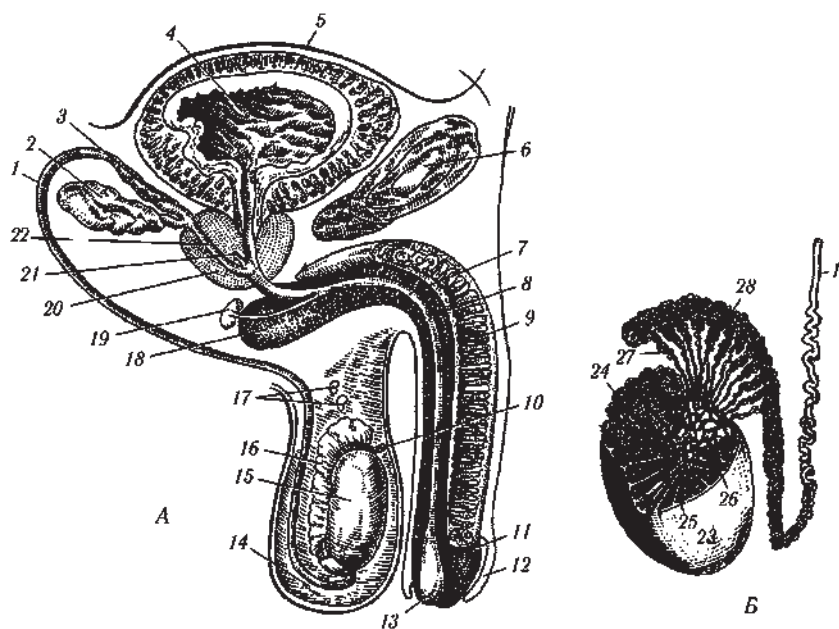


Рис. 190. Мужские половые органы (А) и вскрытая половая железа (Б):

1 — семявыносящий проток; 2 — семенной пузырек; 3 — ампула семявыносящего протока; 4 — полость мочевого пузыря; 5 — брюшина; 6 — симфиз; 7 — мочеиспускательный канал; 8 — губчатое тело полового члена; 9 — пещеристое тело полового члена; 10 — привесок яичка; 11 — головка полового члена; 12 — крайняя плоть полового члена; 13 — ладьевидная ямка мочеиспускательного канала; 14 — мошонка; 15 — яичко; 16 — придаток яичка; 17 — привесок придатка яичка; 18 — луковица полового члена; 19 — бульбоуретральная железа и ее проток; 20 — предстательная железа; 21 — предстательная маточка; 22 — семявыбрасывающий проток; 23 — белочная оболочка; 24 — извитые канальцы; 25 — долька яичка; 26 — средостение; 27 — выносящие канальцы; 28 — проток придатка яичка

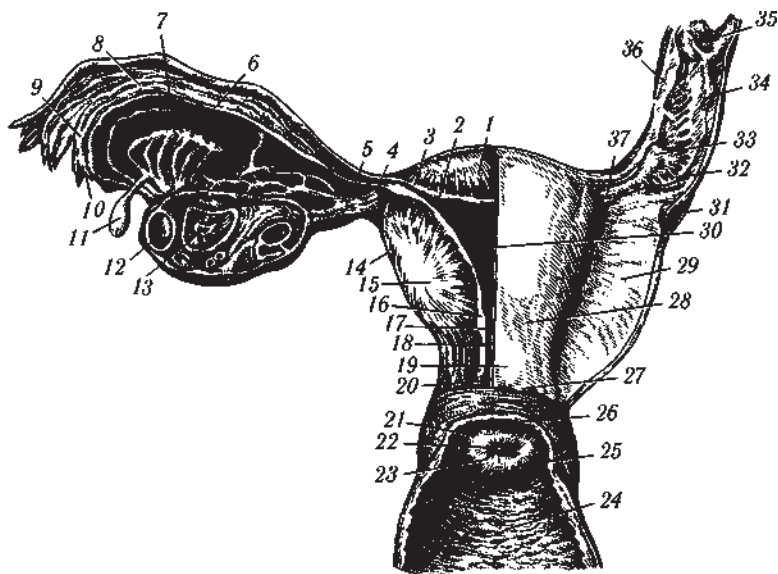


Рис. 191. Внутренние женские половые органы (вид сзади):

1 — дно матки; 2 — маточное отверстие трубы; 3 — маточная часть трубы; 4, 37 — перешейки маточных труб; 5, 32 — собственные связки яичника; 6 — mesosalpinx; 7 — придаток яичника; 8, 35 — ампула маточной трубы; 9 — воронка маточной трубы; 10, 34 — бахромки трубы; 11 — околяичник; 12 — пузырчатый яичниковый фолликул; 13 — желтое тело; 14 — серозная оболочка; 15 — мышечная оболочка; 16 — слизистая оболочка матки; 17 — край разреза мышечной оболочки; 18 — перешеек матки; 19 — шейка матки; 20 — канал шейки матки; 21 — задняя губа отверстия матки; 22 — отверстие матки; 23 — передняя губа отверстия матки; 24 — передняя стенка влагалища; 25 — влагалищная часть шейки матки; 26 — задняя часть свода влагалища; 27 — надвлагалищная часть шейки матки; 28 — задняя (кишечная) поверхность матки; 29 — широкая связка матки; 30 — полость матки; 31 — мочеточник; 32 — правый яичник; 33 — связка, подвешивающая яичник

клетки у женщин. Слияние половых клеток — *оплодотворение* — обуславливает начало развития зародыша. Кроме того, половым железам принадлежит очень важная эндокринная функция — выработка половых гормонов, участвующих в регуляции роста организма и его физиологических отправлениях.



ПРИЗНАКИ И УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО

Признаки живого

Жизнь — это одна из форм существования материи, закономерно возникшая при определенных условиях. В настоящее время живая материя представлена многочисленными формами, очень сильно отличающимися друг от друга, но обладающими рядом общих свойств.

Все живые организмы для осуществления своей жизнедеятельности должны получать энергию и питательные вещества. Все это они получают из окружающей среды в результате *обмена веществ*, возвращая в окружающую среду вещества в непригодной для потребления форме и часть энергии. Таким образом осуществляется *круговорот веществ*, обязательный для поддержания определенного количества веществ в окружающей среде и для поддержания жизни.

Живые организмы существуют в постоянно меняющихся условиях окружающей среды. Для этого они должны обладать соответствующими признаками, для приобретения которых необходимы *самовоспроизведение, изменчивость, наследственность, саморегуляция*, что является основой для поддержания постоянства внутренней среды, или *гомеостаза*. Для того чтобы реагировать на изменения окружающей среды и воздействия этих изменений, живые организмы должны реагировать на эти воздействия, т. е. обладать *раздражимостью*. Все эти свойства позволяют живому организму не просто выжить в различных условиях окружающей среды, но и оставить потомство.

Еще одно важное отличие живого от неживого — *специфический химический состав* живых организмов. Только в живых организмах встречаются и могут существовать такие органические

вещества, как *белки и нуклеиновые кислоты*. Живые организмы резко отличаются от неживых объектов еще и своей *исключительной сложностью, высокой структурной и функциональной упорядоченностью*.

Уровни организации живого

Проявления жизни на Земле чрезвычайно многообразны. Жизнь на Земле представлена ядерными и доядерными, одно- и многоклеточными организмами. Многоклеточные в свою очередь представлены грибами, растениями и животными. Любое из этих царств объединяет разнообразные типы, классы, отряды, семейства, роды, виды и индивидуумы. С другой стороны, мы наблюдаем огромное разнообразие различных группировок живых организмов: демы (локальные недолговременные популяции), группы, популяции, ценозы и биогеоценозы. Но все бесконечное многообразие живого можно разделить, разбить или сгруппировать в несколько уровней организации.

Молекулярно-генетический

Любая живая система, как бы сложно она ни была организована, проявляется на уровне функционирования биологических макромолекул биополимеров: *нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов*, а также других важных органических веществ. С этого уровня начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности организма: *обмен веществ и превращение энергии, передача наследственной информации*. Гены на этом уровне организации жизни представляют элементарные единицы. Основными элементарными явлениями, связанными с генами, можно считать способность их к *конвариантной редупликации, локальным структурным изменениям (мутациям)* и *способность передавать хранящуюся в них информацию внутриклеточным управляющим системам*.

Клеточный

Клетка — структурная и функциональная единица, а также единица размножения и развития всех живых организмов, обитающих на Земле. Неклеточных форм жизни нет, а существование *вирусов* лишь подтверждает это правило, так как они могут проявлять свойства живых систем только в клетках.

Тканевый

Ткань — совокупность клеток с одинаковым типом организации. Тканевый уровень возник вместе с появлением многоклеточных организмов, имеющих дифференцированные ткани. У многоклеточных данный уровень развивается в период онтогенеза. Большое сходство между всеми многоклеточными организмами сохраняется на тканевом уровне (кроме губок и кишечнополостных). Всего лишь 5 основных тканей входят в состав органов всех многоклеточных животных и 6 основных тканей образуют органы растений.

Организменный

Организм представляет собой целостную одноклеточную или многоклеточную систему, способную к самостоятельному существованию. Многоклеточный организм образован совокупностью тканей и органов, специализированных для выполнения различных функций.

Онтогенетический

В некоторой литературе его выделяют вместо клеточного, тканевого и организменного уровней. Это более высокая ступень организации жизни, чем клеточный уровень, так как жизнь всегда представлена в виде *дискретных индивидуумов*. Но и одноклеточные, и многоклеточные особи обладают системной организацией и регуляцией и выступают как *единое целое*. *Индивид* (индивидуум, особь) — элементарная неделимая единица жизни на Земле, поэтому на данном уровне единицей жизни служит *особь* с момента ее возникновения и до смерти. А основной процесс — *онтогенез* — развертывание, реализация наследственной информации, закодированной в управляющих структурах зародышевой клетки.

Популяционно-видовой

Объединение особей в популяции, а популяций в виды по степени генетического и экологического единства приводит к появлению новых свойств и особенностей в живой при-

роде, отличных от свойств молекулярно-генетического и онтогенетического уровней. Появляется *надорганизменная система*. *Популяция* — элементарная структура на данном уровне. Элементарное явление на этом уровне — *изменение генотипического состава популяции*. Элементарный материал — *мутации*. На данном уровне осуществляется в череде поколений процесс эволюции.

Биогеоценотический

Биогеоценоз — среда для эволюции входящих в него популяций разных видов, взаимодействующих друг с другом и с окружающей средой, осуществляя круговорот веществ и поток энергии. Жизнь биогеоценоза регулируется в основном силами, действующими внутри самой системы, т. е. можно говорить о *саморегуляции биогеоценоза*. *Автономность* и *саморегуляция биогеоценоза* определяют его ключевое положение в биосфере нашей планеты как элементарной единицы на данном уровне.

Биосферный

Самый высокий уровень организации жизни на нашей планете. В ней выделяют *живое вещество* — совокупность всех живых организмов, *неживое*, или *косное*, вещество, *биокосное* и *биогенное* вещества. На данном уровне происходит *круговорот веществ* и *превращение энергии*, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на Земле.

ЦИТОЛОГИЯ — НАУКА О КЛЕТКЕ

Клеточная теория

Клеточная теория сформулирована в 1839 г. М. Шлейденом и Т. Шванном. Основные положения клеточной теории можно сформулировать в следующих постулатах:

— все живые организмы, кроме вирусов, имеют *клеточное строение*. *Клетка* — элементарная структурная единица живого;

— клетка — наименьшая живая система, обладающая всеми признаками живых систем, — *элементарная биологическая система*, способная к *самообновлению, самовоспроизведению и развитию*. Клетка — элементарная функциональная единица живого;

— клетки всех организмов *сходны по строению и химическому составу*;

— все клетки *гомологичны* по обязательным функциям (обеспечивающим жизнедеятельность: обмен веществ, размножение и развитие) и *дифференцированы* по специальным функциям;

— клетки многоклеточных организмов *тотипотентны* — обладают одинаковым генотипом, так как все клетки многоклеточного организма образуются путем митоза из одной клетки — зиготы;

— новые клетки *образуются путем деления материнских клеток*;

— клеточное строение организма — свидетельство того, что *все живое имеет единое происхождение*.

Химическая организация клетки

Все содержащиеся в клетке химические элементы можно разделить на три группы: *макроэлементы, микроэлементы и ультрамикроэлементы*.

Макроэлементы в сумме составляют около 98% всех элементов клетки и входят в состав жизненно важных биологических веществ. Это *водород, кислород, углерод, азот*. В последнее время к макроэлементам относят следующие элементы: *калий, натрий, кальций, серу, фосфор, магний, железо и хлор*. Содержание этих элементов в клетке составляет десятые и сотые доли процента, но они необходимы. Например, железо входит в состав гемоглобина, а магний — в состав хлорофилла. Кальций и фосфор участвуют в формировании костной ткани. Кальций, кроме того, влияет на процессы свертывания крови, передачу сигналов в синапсах и сокращение скелетных мышц. Ионы натрия, калия и хлора обеспечивают проницаемость клеточной мембраны и проведение нервного импульса. Сера является необходимым компонентом аминокислот цистеина и метионина.

Микроэлементы содержатся в клетке в сотых и тысячных долях процентов. К ним относятся следующие элементы: *цинк, медь, йод, фтор, молибден, бор, марганец, кобальт*.

Элементы, содержание которых в клетке не превышает или меньше тысячных долей процента, называются **ультрамикроэлементами**. Это такие элементы, как *золото, платина, ртуть, цезий, селен*.

Несмотря на низкое содержание в живых организмах, микроэлементы и ультрамикроэлементы играют чрезвычайно важную роль. Медь является составной частью ферментов, участвующих в тканевом дыхании. Многие микроэлементы входят в состав гормонов: йод — компонент гормона щитовидной железы — тироксина, а цинк входит в состав инсулина — гормона поджелудочной железы. Фтор необходим для нормального развития эмали зубов. Недостаток селена приводит к возникновению раковых заболеваний, а недостаток бора отрицательно влияет на рост и развитие растений.

В клетке содержатся *неорганические и органические вещества*.

Из *неорганических веществ* главное значение для клетки имеют *вода, минеральные соли и кислоты*, неорганические *анионы и катионы*.

Катионы: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+

Анионы: Cl^- , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, HCO_3^- , NO_3^-

Немаловажные функции выполняют в живых организмах неорганические кислоты и соли. Соляная кислота входит в состав желудочного сока. Натриевые и калиевые соли азотистой и фосфорной кислот, кальциевая соль серной кислоты служат важными компонентами минерального питания растений. Соли кальция и фосфора входят в состав костной ткани животных. Фосфорная кислота входит в состав нуклеиновых кислот, макроэргических соединений, фосфолипидов, а ее соли играют главную роль в поддержании pH цитоплазмы, крови, лимфы и тканевой жидкости.

Клетка содержит множество разнообразных органических соединений, но ключевые роли играют четыре класса органических веществ: *углеводы, липиды, белки и нуклеиновые кислоты*.

Углеводы

Углеводы являются важнейшими химическими соединениями живых организмов и выполняют весьма важные функции.

Моносахара (рис. 192):

а) *триозы* — глицериновый альдегид участвует в образовании фосфорных эфиров триоз, промежуточных соединений при анаэробных превращениях;

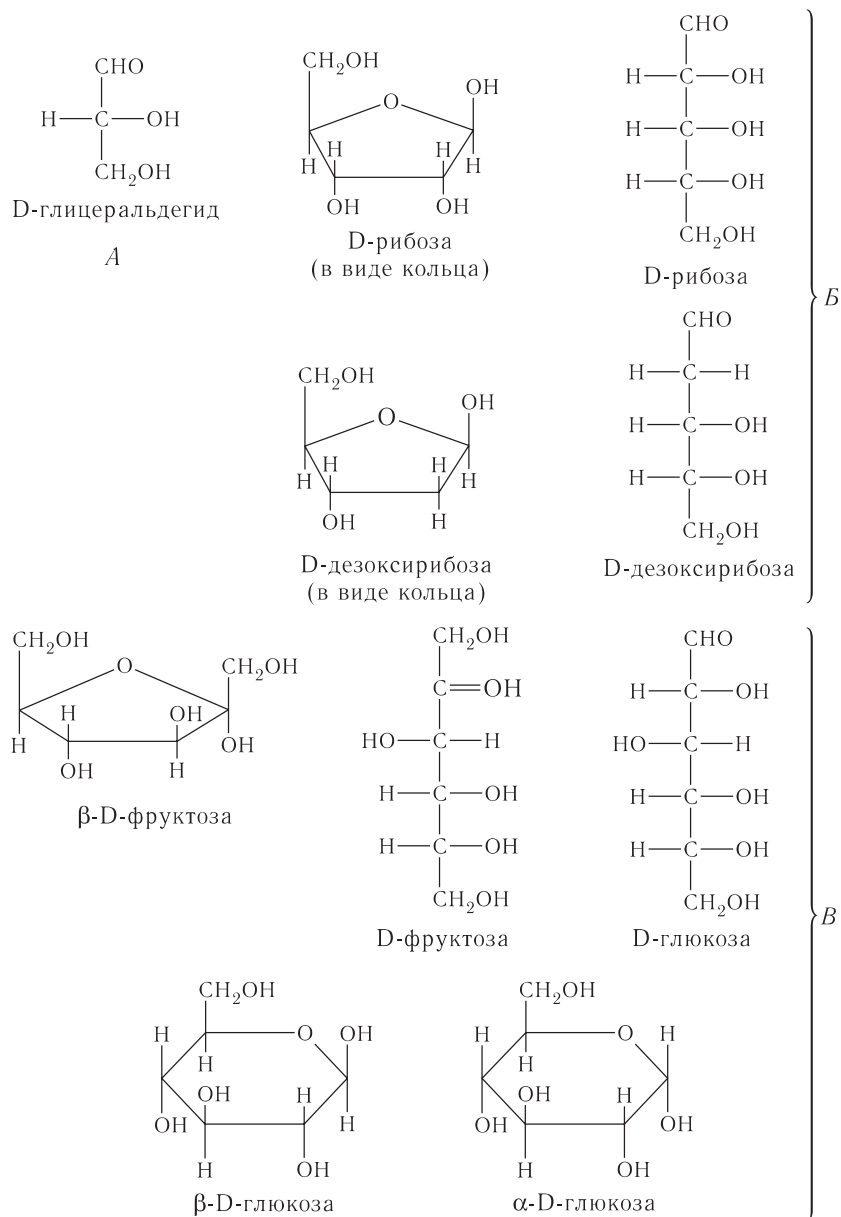
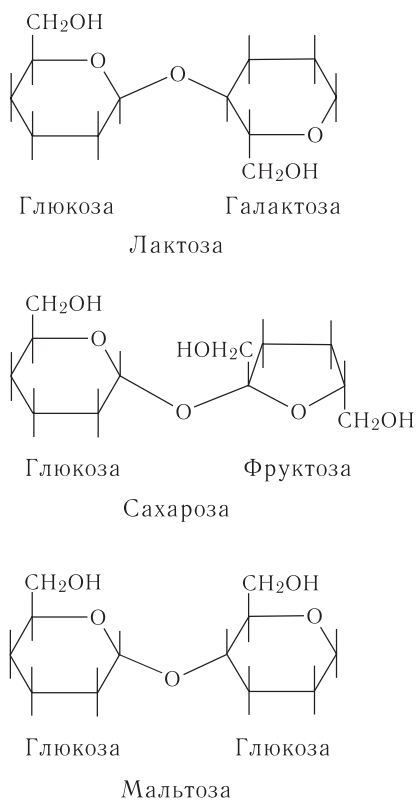


Рис. 192. Моносахара: триозы (A); пентозы (B); гексозы (B)

**Рис. 193.** Дисахара

глюкозы. В свободном виде присутствует в прорастающих семенах злаков.

Полисахара (рис. 194 на с. 266—267).

Целлюлоза (клетчатка). Мономером является D-глюкоза. Основной опорный компонент клеточной стенки у растений.

Гликоген. Разветвленный полисахарид, молекулы которого построены из остатков D-глюкозы. Резервный полисахарид животных (накапливается в печени и мышцах).

Крахмал. Мономером является глюкоза. Основной резервный углевод растений образуется в хлоропластах и амилопластах.

Хитин — структурный полисахарид грибов и беспозвоночных животных (главным образом членистоногих). Относится к аминасахарам.

б) **пентозы** — рибоза и дезоксирибоза входят в состав нуклеиновых кислот (РНК и ДНК);

в) **гексозы**:

— глюкоза (виноградный сахар) входит в состав многих дисахаров и полисахаров. В свободном состоянии находится в плодах, крови, лимфе. Основной источник энергии;

— фруктоза (фруктовый сахар) в свободном виде широко распространена в природе: в меде, плодах, зеленых частях растений.

Дисахара (рис. 193).

Сахароза (тростниковый сахар, свекловичный сахар). Молекула состоит из молекул глюкозы и фруктозы. Основная транспортная форма углеводов в растениях.

Лактоза (молочный сахар) образована из молекул D-глюкозы и D-галактозы. Образуется в молочной железе и присутствует в молоке.

Мальтоза (солодовый сахар) состоит из двух остатков

Липиды

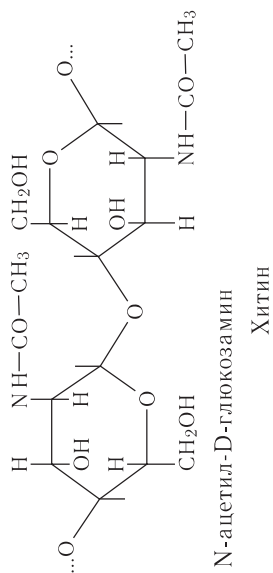
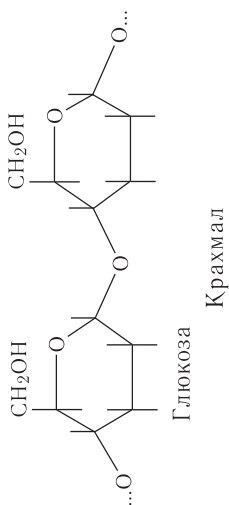
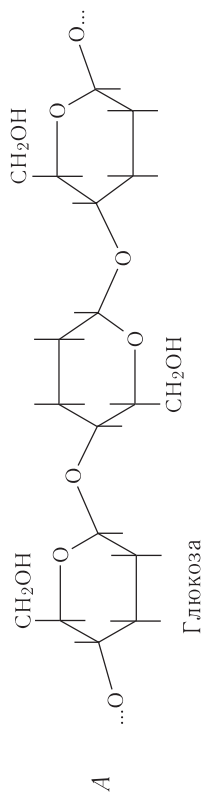
Липиды — весьма разнородные по своему химическому строению вещества, характеризующиеся различной растворимостью в органических растворителях, и, как правило, нерастворимы в воде. Они играют важную роль в процессах жизнедеятельности. Будучи одним из основных компонентов биологических мембран, липиды влияют на их проницаемость, участвуют в передаче нервного импульса, создании межклеточных контактов. Липиды образуют энергетический резерв, создают защитные водоотталкивающие и термоизоляционные покровы у животных и растений. Некоторые липиды принимают участие в регуляции физиологических процессов в организме (стероидные гормоны).

Наиболее распространенными в составе живых организмов являются *нейтральные жиры*, или *триацилглицерины*, *воска*, *фосфолипиды*, *стероиды*.

Наиболее простыми и широко распространенными в природе являются *жиры*. Они представляют собой *эфиры трехатомного спирта (глицерина) и трех молекул жирных кислот*. Жиры являются основной формой запасаания энергии. У позвоночных примерно половина энергии, потребляемой клетками, образуется за счет окисления жиров. При расщеплении 1 г жира выделяется 38 кДж энергии и синтезируется в два раза большее количество АТФ, чем при расщеплении такого же количества глюкозы. Жиры используются также в качестве источника воды. У многих млекопитающих под кожей откладывается толстый слой подкожного жира, который благодаря низкой теплопроводности защищает организм от переохлаждения.

Воска — это *сложные эфиры, образуемые жирными кислотами и многоатомными спиртами*. У позвоночных воска образуются в кожных железах, покрывая кожу и ее производные, смягчают их и предохраняют от действия воды. У растений воска покрывают листья и плоды. Некоторые насекомые, например пчелы, используют воск для постройки сотов.

Жизненно важное значение для всего живого имеет особая группа липидов — **фосфолипиды**, которые являются основными структурными компонентами биологических мембран (рис. 195). Типичная молекула фосфолипида имеет *полярную голову и два гидрофобных углеводородных хвоста*. Длина хвостов варьирует от 14 до 24 атомов углерода в цепи. Один из хвостов, как правило, содержит одну или более *цис-двойных связей* (т. е. это *ненасыщенный углеводород*), тогда как у другого (*насыщенного углеводорода*) двойных связей нет.



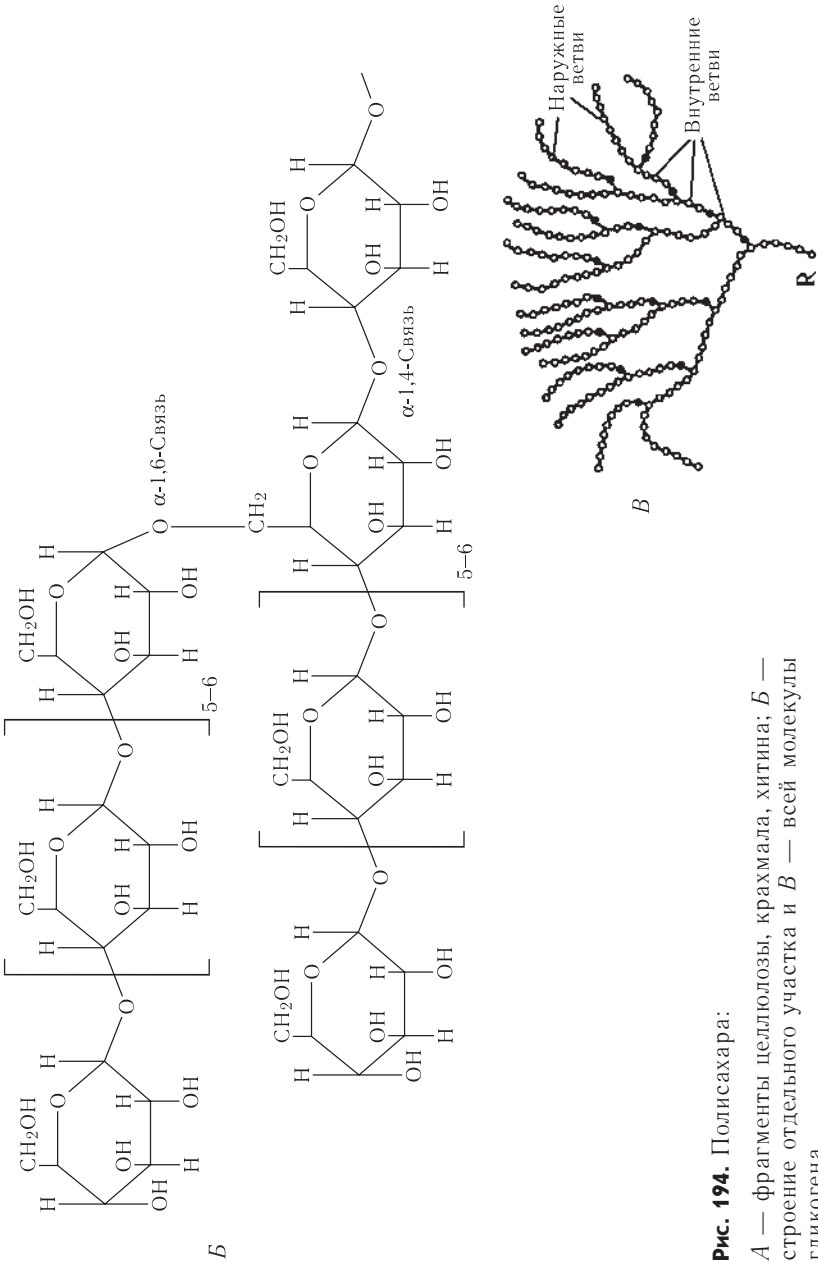


Рис. 194. Полисахара:

A — фрагменты целлюлозы, крахмала, хитина; B — строение отдельного участка и B — всей молекулы гликогена

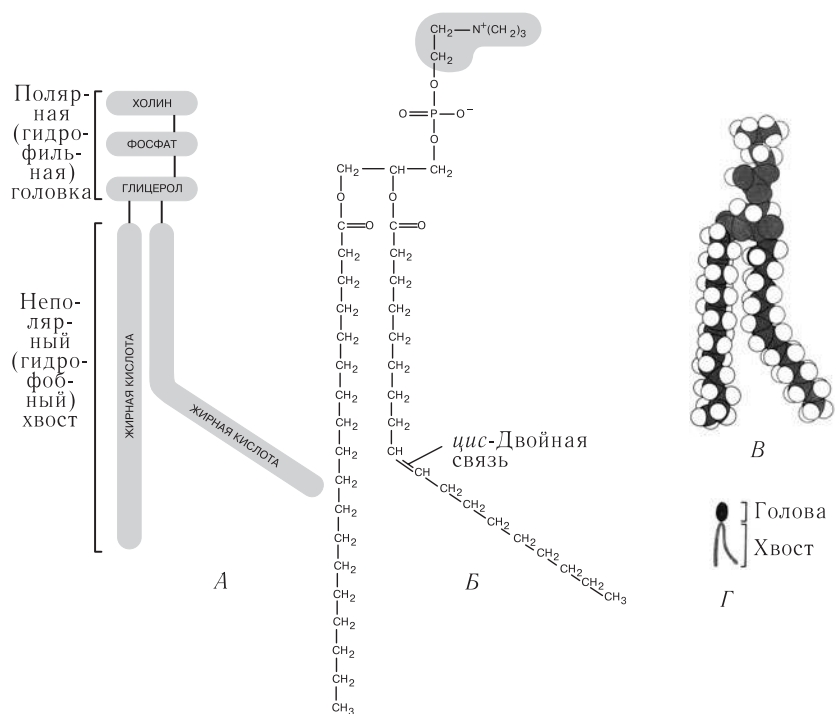


Рис. 195. Молекула фосфолипида фосфатидилхолина, представленная схематически (А), химической формулой (Б), в виде пространственной модели (В) и символа (Г)

Особое место среди липидов занимают полициклические соединения, производные спирта *холестерина* (рис. 196) — **стероиды**. Холестерин и его эфиры с жирными кислотами входят в состав биологических мембран, придавая им жесткость. Холестерин также является предшественником *стероидных гормонов*, образующихся в надпочечниках и половых железах (андроген и эстроген). В печени из холестерина образуются *желчные кислоты*, необходимые для нормального переваривания жиров.

К липидам также относятся некоторые *жирорастворимые витамины* А, Е, D, К.

Белки

Белки представляют собой самый многочисленный и наиболее разнообразный класс органических соединений

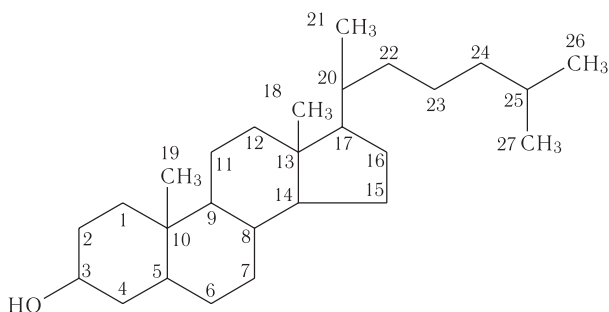


Рис. 196. Холестерин (холестерол)

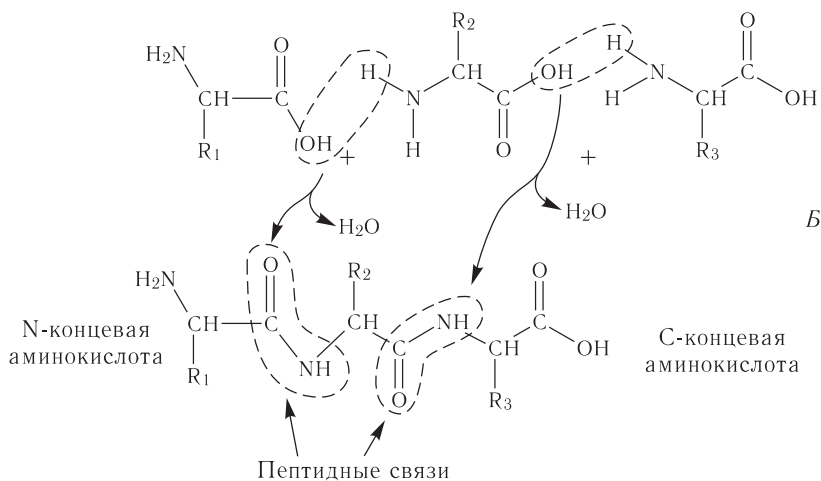
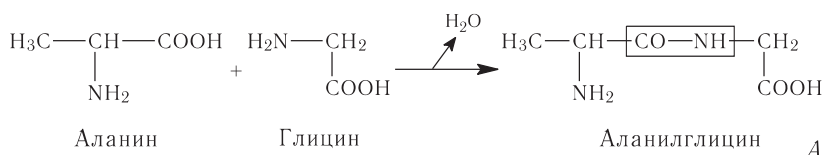
клетки. Это биологические полимеры, мономерами которых являются *аминокислоты*. Белки можно условно разделить на две группы в зависимости от количества аминокислот, входящих в их состав. Если количество аминокислот не превышает ста, то такие соединения называются *пептидами*. Пептиды существуют в свободном состоянии и имеют высокую биологическую активность. К пептидам относятся такие гормоны, как *окситоцин*, *адренорекотропный гормон*. Среди пептидов встречаются очень токсичные соединения. Некоторые *антибиотики*, производимые микроорганизмами, тоже являются пептидами. Непосредственно *белками* называют высокомолекулярные полипептиды, в состав которых входит *от ста до нескольких тысяч аминокислот*.

Структурная организация белков

Структура белка	Характеристика	Внешний вид
Первичная	Последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи. Определяет форму, свойства и функции белка	Рис. 197
Вторичная	Имеет вид спирали и возникает в результате образования водородных связей между —СО- и NH-группами разных аминокислотных остатков. Белки в данной структуре обычно называются фибриллярными. Различают α-спираль и β-складчатость	Рис. 198

Окончание табл.

Структура белка	Характеристика	Внешний вид
Третичная	Имеет вид клубка или глобулы и образуется в результате сложной пространственной укладки молекул белка. Для каждого вида белка характерна специфическая глобула. Прочность обеспечивается различными связями — дисульфидными, ионными, гидрофобными. Белки в данной структуре называются глобулярными	Рис. 199
Четвертичная	Представляет собой сложный комплекс, объединяющий несколько белков в третичной структуре. Поддержание структуры происходит за счет ионных, водородных и гидрофобных связей	Рис. 200

**Рис. 197.** Первичная структура белка:

А — образование пептидной связи; Б — образование трипептида

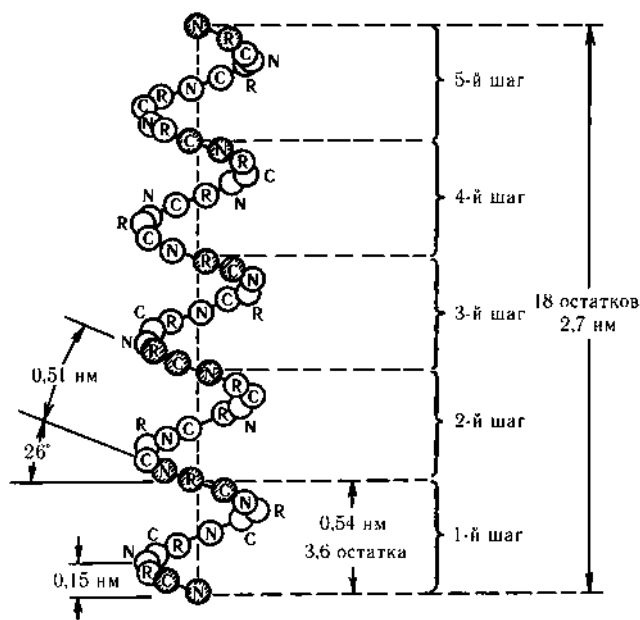


Рис. 198. Вторичная структура белка (α-спираль)

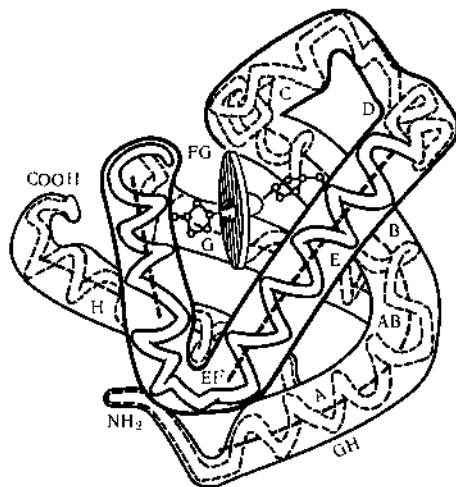


Рис. 199. Модель третичной структуры молекулы миоглобина. Латинскими буквами обозначены структурные домены

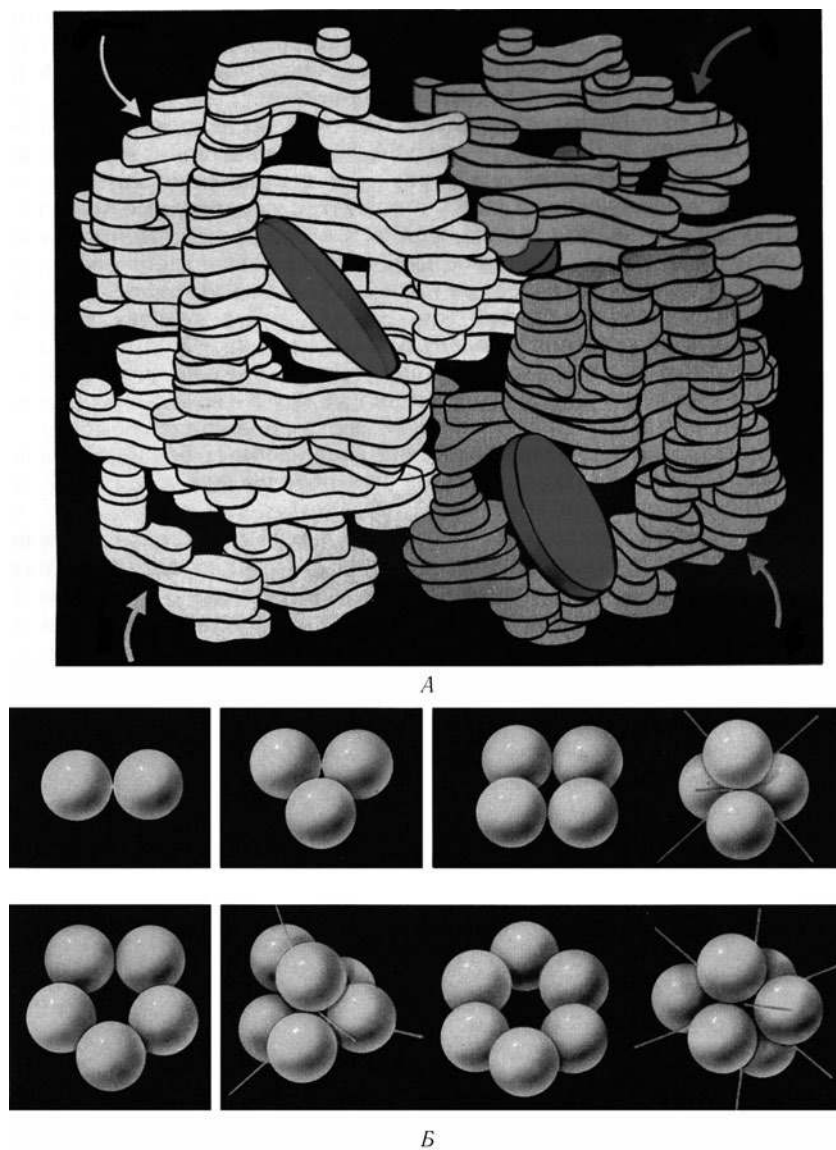


Рис. 200. Четвертичная структура оксигемоглобина (А) и пространственные формы белков, состоящих из идентичных субъединиц (Б)

При изменении условий белки могут менять или утрачивать свою природную структуру. Этот процесс называется *денатурацией* (рис. 201). При этом белок теряет свои специфические свойства и активность. Денатурация может быть *полной* (необратимой) и *неполной* (обратимой). Основное различие между этими видами заключается в том, что при полной денатурации разрушается первичная структура и невозможен обратный процесс — восстановление утраченной структуры — *ренатурация*.

Белки выполняют множество самых разнообразных функций:

— *каталитическая, или ферментативная*, определяющая скорость химических реакций в биологических системах. Все известные в настоящее время биологические катализаторы — ферменты — являются белками;

— *питательная (резервная)* — эту функцию осуществляют так называемые резервные белки, являющиеся источниками питания для развития плода, например белки яйца. Основным белком молока (казеин) также выполняет главным образом питательную функцию;

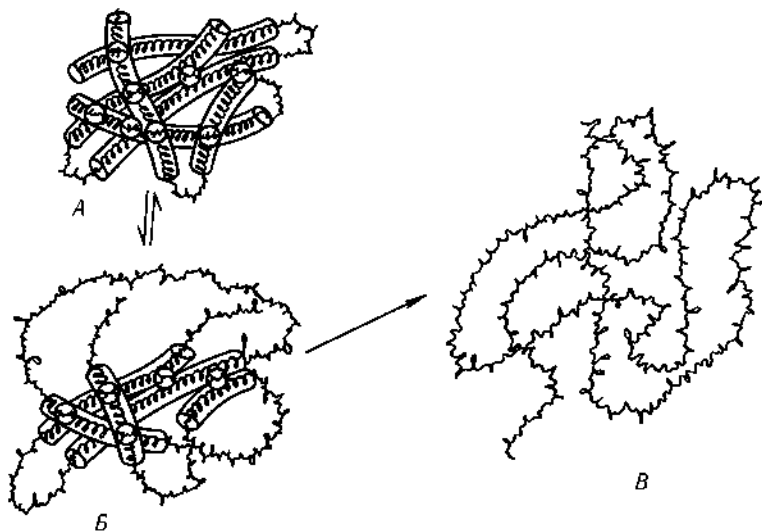


Рис. 201. Схематическое изображение денатурации белковой молекулы:

А — исходное состояние; Б — обратимое нарушение молекулярной структуры; В — необратимое развертывание полипептидной цепи

— *транспортная*, например дыхательная функция крови, в частности перенос гемоглобином кислорода. В транспорте липидов принимают участие альбумины сыворотки крови. Ряд других сывороточных белков образуют комплексы с жирами, медью, железом, тироксином, витамином А и другими соединениями, обеспечивая их доставку в соответствующие органы-мишени;

— *защитная* — основную функцию защиты в организме выполняет иммунная система, которая обеспечивает синтез специфических защитных белков — антител. Свертывание белка плазмы крови фибриногена приводит к образованию сгустка крови, что предохраняет от потери крови при ранениях;

— *сократительная* — в акте мышечного сокращения и расслабления участвует множество белковых веществ. Однако главную роль играют актин и миозин — специфические белки мышечной ткани;

— *структурная* — белки, выполняющие данную функцию, занимают по количеству первое место среди других белков тела человека. Среди них важнейшую роль играет коллаген в соединительной ткани, в волосах, ногтях, коже, эластин в сосудистой стенке. В комплексе с липидами белки участвуют в образовании биомембран клеток;

— *гормональная* — обмен веществ в организме регулируется разнообразными механизмами. В этой регуляции важное место занимают гормоны. Ряд гормонов представляют собой белки или полипептиды, например гормоны гипофиза, поджелудочной железы;

— *буферная* — поддержание физиологического значения pH внутренней среды за счет того, что некоторые аминокислоты являются амфотерными веществами.

Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты относятся к сложным высокомолекулярным соединениям, состоят из мономерных единиц, называемых нуклеотидами (рис. 202). В живых организмах, включая и вирусы, присутствует два вида нуклеиновых кислот — ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота и РНК — рибонуклеиновая кислота. ДНК и РНК различаются строением нуклеотидов, составом и выполняемыми функциями (рис. 203, А и 203, Б).

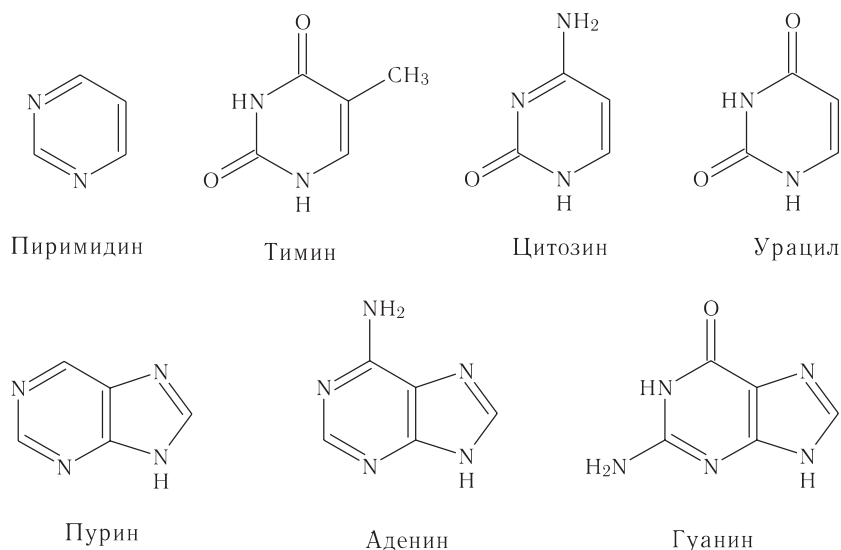


Рис. 202. Азотистые основания, входящие в состав нуклеиновых кислот, производные пиримидина и пурина

ДНК (рис. 204) обладает уникальными свойствами: способностью к *самоудвоению* (*репликация*) и способностью к *самовосстановлению* (*репарация*). Репликация (рис. 205) происходит перед делением клетки *полуконсервативным способом* — в каждой новой молекуле ДНК одна цепочка остается от материнской молекулы, а вторая синтезируется заново. Так как синтез второй цепочки происходит по *матричному принципу*, то в процессе репликации обеспечивается точное воспроизведение в дочерних молекулах той информации, которая была записана в материнской молекуле. Но, как в любом конвейерном процессе, при репликации случаются ошибки. Способность молекулы ДНК исправлять ошибки, возникающие в ее цепях, т. е. восстанавливать правильную последовательность нуклеотидов, называется *репарацией*.

Особенности химической структуры и свойства ДНК обуславливают выполняемые ею функции. ДНК записывает, хранит, воспроизводит генетическую информацию, участвует в процессах ее реализации между новыми поколениями клеток и организмов.

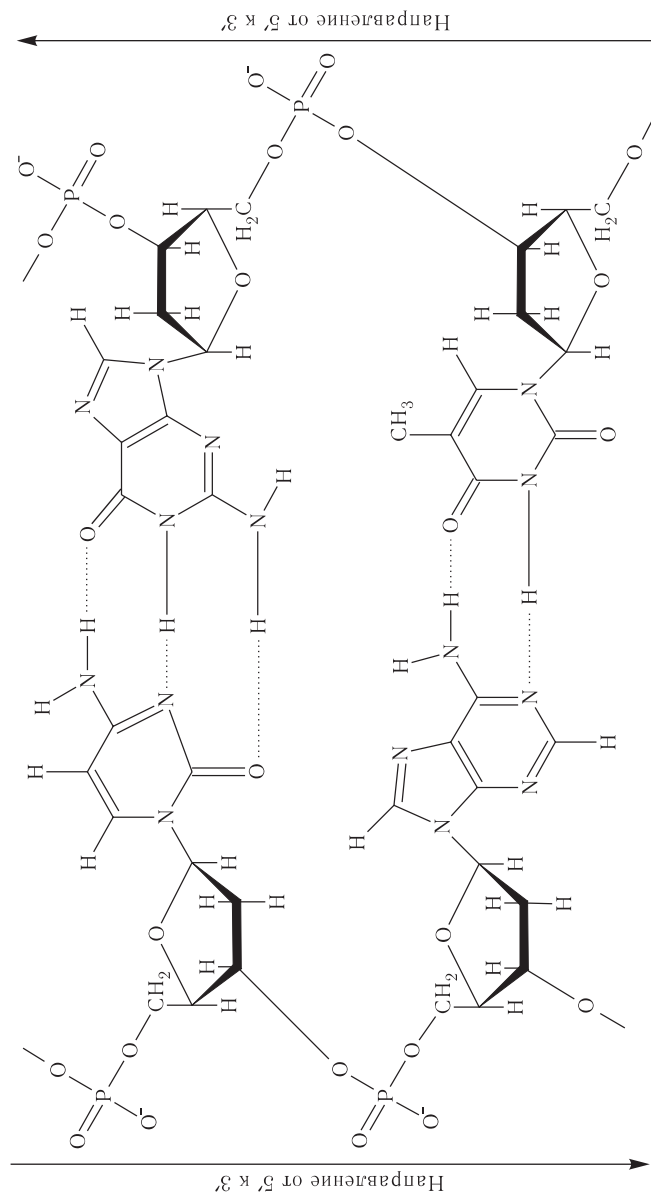


Рис. 203, А. Фрагменты двойной цепи ДНК

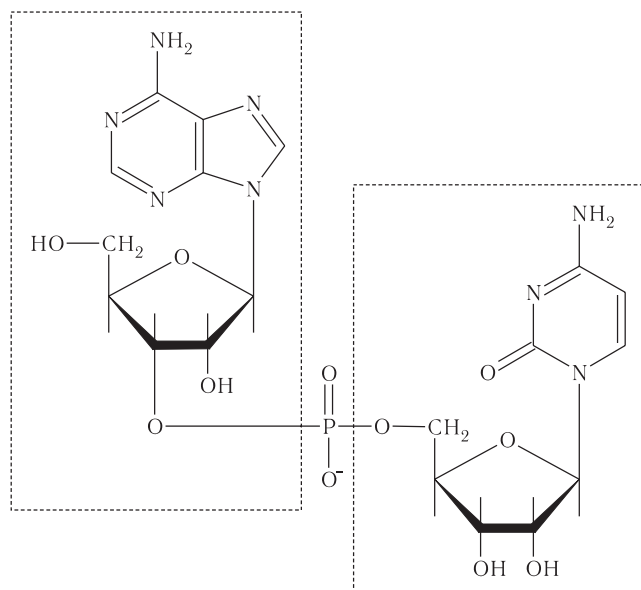


Рис. 203, Б. Фрагменты цепочки РНК

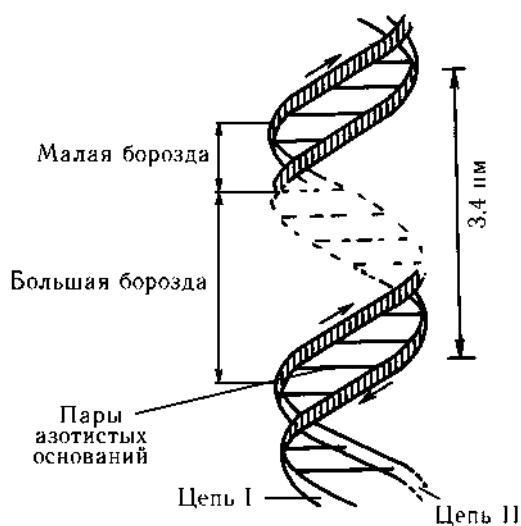


Рис. 204. Строение молекулы ДНК (α -спираль)

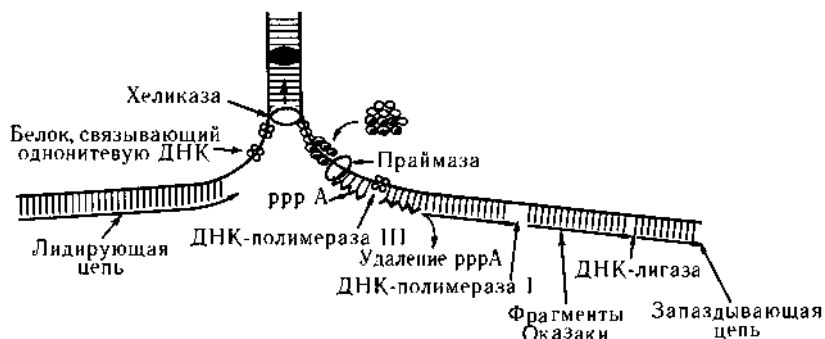


Рис. 205. Репликация ДНК

Виды и функции РНК:

— *матричная, или информационная, РНК (мРНК, иРНК)* синтезируется в ядре. Переносит генетическую информацию в цитоплазму, где на рибосомах становится матрицей для синтеза белковых молекул;

— *рибосомная РНК (рРНК)* синтезируется в основном в ядрышке, в области генов рРНК, и представлена разнообразными по молекулярной массе молекулами, входящими в состав большой и малой субъединиц рибосом;

— *транспортная РНК (тРНК)*. Существует более 40 видов тРНК. При реализации генетической информации каждая тРНК присоединяет определенную аминокислоту и транспортирует ее к месту сборки полипептида (рис. 206).

Строение клетки

Среди всего многообразия ныне существующих на Земле организмов *только вирусы не имеют клеточного строения*. Все остальные организмы представлены различными клеточными формами жизни. Все это разнообразие можно разделить на две группы живых организмов, различающихся клеточной организацией: *прокариоты и эукариоты*.

Клетки прокариотического типа устроены сравнительно просто (см. рис. 36 на с. 45). Специфической особенностью прокариотических клеток является *отсутствие мембранных структур в цитоплазме*, а их функции выполняют различные *выросты плазматической мембраны*. Единственная молекула ДНК имеет *кольцевую*

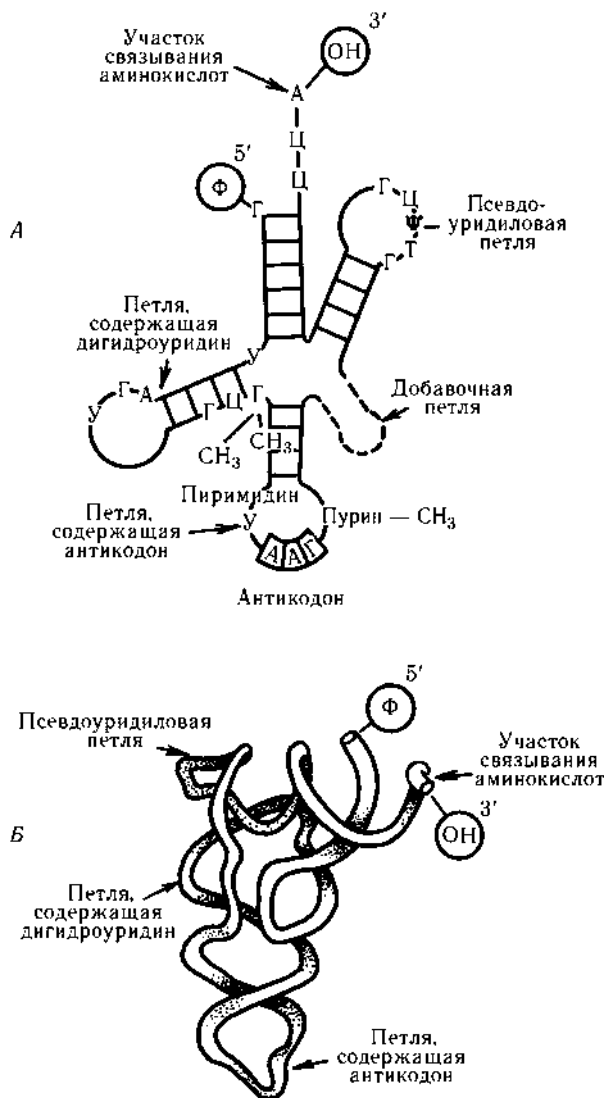


Рис. 206. Структура тРНК:

А — общая структура различных тРНК; Б — пространственная структура тРНК

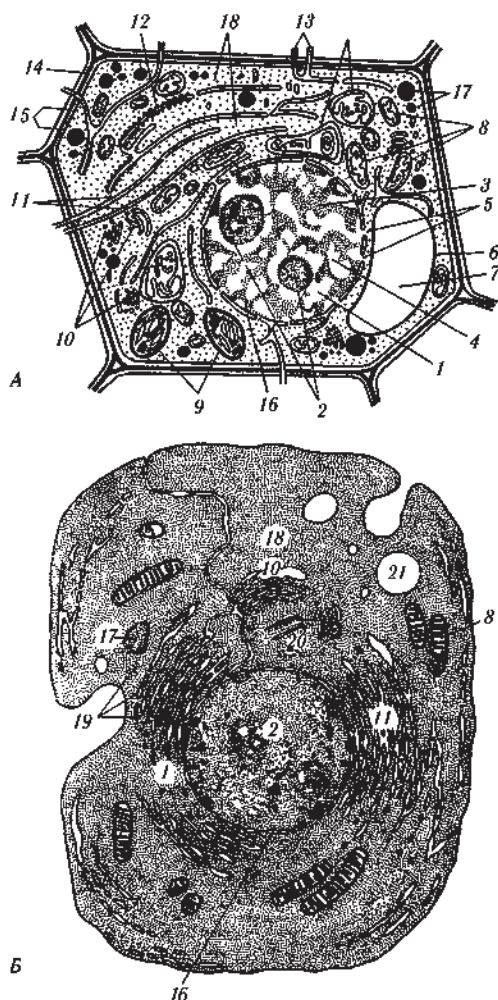


Рис. 207. Эукариотическая клетка: растения (А) и животного (Б):

1 — ядро; 2 — ядрышко; 3 — гетерохроматин; 4 — эухроматин; 5 — ядерные поры; 6 — тонопласт вокуоли; 7 — клеточный сок; 8 — митохондрии; 9 — хлоропласты; 10 — диктиосомы аппарата Гольджи; 11 — гладкий эндоплазматический ретикулум; 12 — шероховатый эндоплазматический ретикулум; 13 — плазмодесмы; 14 — срединная пластинка; 15 — клеточные стенки соседних клеток; 16 — ядерная мембрана; 17 — включения; 18 — цитоплазма; 19 — рибосомы; 20 — центриоли; 21 — вакуоли

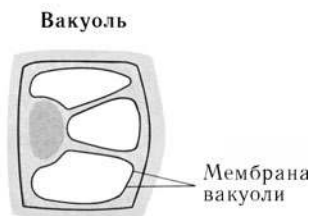
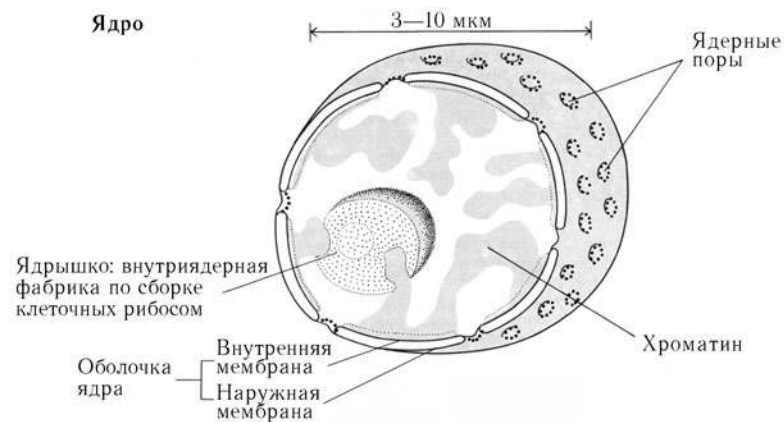
форму и находится в цитоплазме, так же как и *мелкие рибосомы*, осуществляющие синтез белка. В цитоплазме отсутствуют микротрубочки, вследствие чего цитоплазма неподвижна, а органоиды движения *реснички* и *жгутики* имеют особую структуру. Как растительная и грибная клетки, прокариотическая клетка имеет *клеточную стенку*, но основным ее компонентом является *муреин*.

Большинство современных живых организмов относятся к *эукариотам* (рис. 207), главным признаком которых является *наличие оформленного ядра и мембранных органоидов в цитоплазме*.

Основные органоиды клетки (рис. 208) и их функции

Плазматическая мембрана	Отделяет цитоплазму от наружной среды или от клеточной стенки в растительных клетках; играет важную роль в обмене веществ между клеткой и внешней средой, движении клеток и сцеплении их друг с другом; регулирует поступление веществ в клетку; полупроницаема — сквозь нее практически свободно проходит вода, скорость диффузии других веществ прямо пропорциональна их растворимости в липидах и обратно пропорциональна их молекулярной массе, для высокомолекулярных веществ практически не проницаема; образует различные типы межклеточных контактов; имеет рецепторные белки; участвует в мембранном пищеварении, пино- и фагоцитозе, выведении продуктов метаболизма из клетки	
Цитоплазма	В ней осуществляются все процессы клеточного метаболизма, кроме синтеза нуклеиновых кислот; объединяет все компоненты клетки в единую систему; может принимать участие в передаче информации — цитоплазматическая наследственность; участвует в переносе веществ и перемещении органоидов внутри клетки за счет постоянного движения; принимает участие в передвижении клетки — амёбовидное движение	
Одномембранные	Эндоплазматический ретикулум (ЭПР)	Гладкий ЭПР: синтез триглицеридов и образование большей части липидов клетки; накопление капелек липидов; обмен некоторых полисахаридов (гликоген); накопление и выделение из клетки ядовитых веществ; синтез стероидных гормонов; в мышечных волокнах участвует в их сокращении и расслаблении.

Продолжение табл. на с. 284



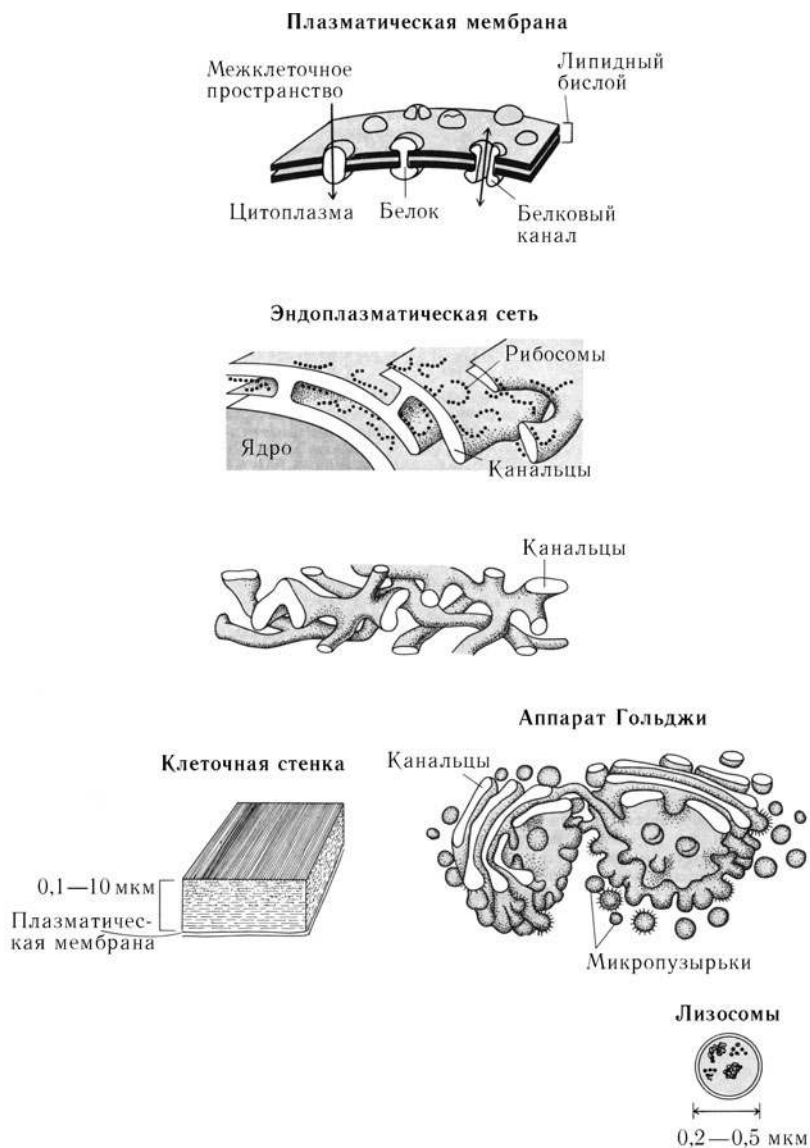


Рис. 208. Органоиды эукариотической клетки

Продолжение табл.

		Гранулированный ЭПР: синтез белков на прикрепленных к мембране снаружи рибосомах (синтезируются в основном белки, которые выводятся из клетки наружу либо трансформируются в аппарате Гольджи)
	Аппарат Гольджи	Модификация белков: упаковка секретруемых продуктов в гранулы; синтез некоторых полисахаридов; формирование клеточной мембраны; образование лизосом; у простейших участвует в образовании сократительной вакуоли; формирует акросому сперматозоидов
	Лизосомы	Осуществляют внутриклеточное пищеварение и переваривание частей самой клетки (автолиз); могут участвовать в удалении целых клеток и межклеточного вещества (исчезновение хвоста у головастика, образование кости на месте хряща); выводят непереваренные продукты и продукты метаболизма из клетки
	Вакуоли	У простейших выполняют функции пищеварения, осморегуляции и выделения; в растительной клетке — регуляция водно-солевого обмена, поддержание тургорного давления, накопление низкомолекулярных водорастворимых метаболитов, запасных веществ и выведение из обмена токсичных веществ
	Ядро	Хранение и передача генетической информации, контроль за физиологическими процессами внутри клетки
	Митохондрии	Образование энергии (синтез АТФ) в результате окислительных процессов; осуществление аэробного дыхания
	Пластиды	Хлоропласты осуществляют фотосинтез; лейкопласты осуществляют синтез и гидролиз запасных веществ (амилопласты — синтез и запас крахмала, элайопласты — масла, протеопласты — белков); хромопласты — окраска плодов и листьев

Окончание табл.

Немембранные	Рибосомы	Синтез белка
	Микротрубочки	Образуют веретено деления; входят в состав ресничек и жгутиков, базальных телец и центриолей; участвуют в расхождении хромосом при митозе и мейозе, в поддержании формы клетки (образуют цитоскелет), во внутриклеточном транспорте, перемещении органоидов, секреции, формировании клеточной стенки
	Микрофиламенты	Являются сократимыми элементами цитоскелета и непосредственно участвуют в изменении формы клетки

Деление эукариотической клетки

Деление клетки можно разделить на два этапа: *деление ядра — кариокинез* и *деление цитоплазмы — цитокинез*. В зависимости от того, как делится ядро, выделяют два вида кариокинеза: *митоз* и *мейоз*. Таким образом, митоз и мейоз представляют собой разновидности деления ядра, а не клетки.

Митоз, или митотическое деление

Представляет собой непрерывный процесс, каждая стадия которого незаметно переходит в следующую. Но для удобства описания весь митоз разделяется на четыре фазы: *профазу, метафазу, анафазу и телофазу*. Первые три фазы являются стадиями кариокинеза, телофаза представляет собой деление цитоплазмы, или цитокинез.

Процесс митоза обеспечивает строго равномерное распределение хромосом между двумя дочерними ядрами, так что в многоклеточном организме все клетки имеют совершенно одинаковые (по числу и по характеру) наборы хромосом. У одноклеточных же организмов потомство имеет такой же набор хромосом, что и материнская клетка. Регулярный, упорядоченный митотический процесс обеспечивает полную передачу генетической информации каждому дочернему ядру. Отсюда следует, что все потомство, образованное в результате митотического деления (или бесполого

размножения), будет иметь генетическую информацию, идентичную материнской клетке. В многоклеточных организмах каждая клетка будет обладать всей генетической информацией, необходимой для развития всех признаков организма, так как все клетки многоклеточного организма появляются из одной клетки — *зиготы* — в результате многократных митотических делений. На этом основывается метод получения новых организмов путем выращивания отдельных клеток на питательных средах.

Фазы и процессы митоза (рис. 209)

Профаза — происходит конденсация хроматина (комплекса ДНК и белков) и формирование хромосомных нитей, в виде которых хромосомы становятся видны в световой микроскоп, а за-

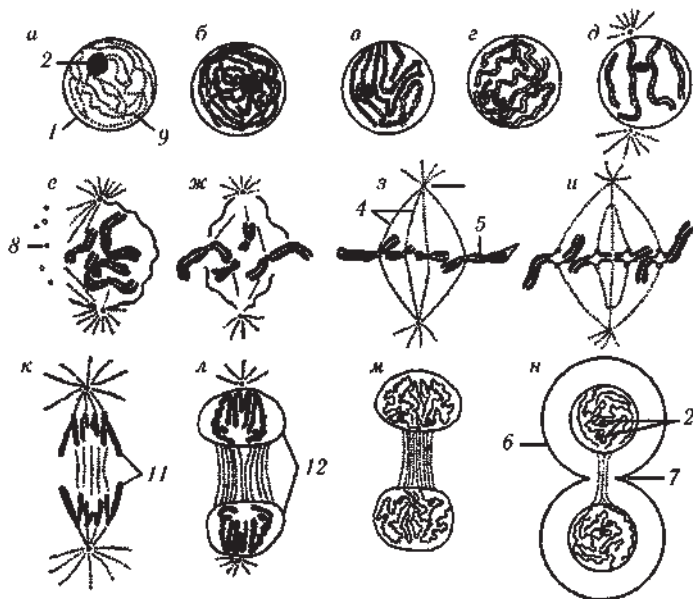


Рис. 209. Митоз животной клетки: а—ж — профаза; з — метафаза; и—к — анафаза; л—н — телофаза:

1 — ядерная оболочка исходной (материнской) клетки; 2 — ядрышко; 3 — один из двух полюсов веретена деления; 4 — микротрубочки веретена деления; 5 — метафазная хромосома; 6 — наружная плазматическая мембрана; 7 — перетяжка; 8 — пузырьки из фрагментов ядерной оболочки; 9 — хромосомные нити; 10 — две одинаковые хроматиды метафазной хромосомы; 11 — расходящиеся дочерние хромосомы; 12 — оболочки ядер дочерних клеток

тем компактных (коротких и толстых) хромосом; удвоение клеточного центра, образование микротрубочек веретена деления и формирование полюсов веретена деления. Ядерная оболочка исходной (материнской) клетки, состоящая из двух мембран, разрушается на отдельные фрагменты, которые в виде мелких пузырьков располагаются в периферических участках цитоплазмы делящейся клетки. Ядрышко (состоит из многочисленных молекул рРНК и субчастиц рибосом) уменьшается в размере и исчезает, поскольку ранее образовавшиеся его составные части — субчастицы рибосом — постепенно уходят в цитоплазму, а новые не образуются, так как во время конденсации хроматина прекращается транскрипция генов рРНК и новые молекулы рРНК, а следовательно, и субчастицы рибосом не образуются. Микротрубочки веретена деления прикрепляются к центромерам хроматид и принимают участие в перемещении хромосом в область экватора веретена деления клетки.

Метафаза — из исходного (материнского) клеточного центра образуются два новых клеточных центра: центриоли отходят друг от друга и около каждой из них из микротрубочек образуется новая центриоль; дочерние клеточные центры благодаря взаимодействию отходящих от них микротрубочек расходятся в разные стороны, в противоположные участки клетки, формируя тем самым полюса веретена деления; дочерние хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид и поэтому содержит удвоенный наследственный материал, выстраиваются в области экватора веретена деления.

Анафаза — две хроматиды каждой хромосомы при участии микротрубочек веретена деления отделяются друг от друга и расходятся в разные стороны, направляясь к противоположным полюсам веретена деления, — происходит точное разделение ранее удвоенного наследственного материала поровну по формирующимся дочерним клеткам.

Телофаза — происходит деконденсация хроматина, и хромосомы из компактных, хорошо заметных в световой микроскоп структур превращаются в длинные и тонкие нитевидные образования, не видимые в световой микроскоп; формируются ядрышки и ядерные оболочки дочерних клеток, делится цитоплазма материнской клетки. Противоположные участки наружной плазматической мембраны постепенно сближаются, что выглядит как образование перетяжки на границе между двумя формирующимися дочерними клетками.

Мейоз, или мейотическое деление

Процесс мейоза складывается из двух следующих друг за другом клеточных делений, называемых соответственно *первым и вторым мейотическими делениями*. В каждом из делений различают те же четыре фазы, что и в митозе. Но одинаковые фазы митоза и мейоза различаются происходящими в них процессами. Наибольшие различия имеют *профаза митоза и профаза первого мейотического деления*, а также *анафаза митоза и анафаза первого мейотического деления*.

В результате мейоза образуются *гаметы и споры*, в которых количество хромосом *в два раза меньше*, чем в материнской клетке. Таким образом, во время мейоза происходит *редукция хромосомного набора*, поэтому мейоз иногда называют *редукционным делением*. Редукция хромосомного набора во время мейоза позволяет сохранить постоянство числа хромосом при половом размножении. Когда при оплодотворении две гаметы сливаются, восстанавливается нормальный набор хромосом, характерный для каждого вида, при этом оплодотворенное яйцо получает ровно половину хромосом от матери и половину — от отца. Это увеличивает *генетическое разнообразие* за счет *комбинативной изменчивости*, повышает адаптивность вида, что способствует его выживаемости.

Фазы и процессы мейоза (рис. 210)

Первое мейотическое деление: после предварительного удвоения наследственного материала каждая хромосома состоит из двух хроматид, и в результате деления происходит такое перераспределение наследственного материала, что в каждой из двух образующихся дочерних клеток количество хромосом становится вдвое меньше, чем было в исходной (материнской) клетке, каждая хромосома остается состоящей из двух хроматид, для разделения которых требуется еще одно — второе мейотическое — деление.

Профаза 1 — происходит конъюгация (сближение) и кроссинговер (перекрест) гомологичных друг другу хромосом; становятся видны глыбки гетерохроматина — участки хромосом с сильно конденсированным хроматином. Из двух центриолей и свободных микротрубочек клеточного центра исходной (материнской) клетки образуются два дочерних клеточных центра, каждый из которых состоит из двух центриолей. Два дочерних

клеточных центра расходятся в разные стороны клетки, где входят в состав полюсов веретена деления.

Метафаза 1 — в области экватора веретена деления выстраиваются пары гомологичных друг другу хромосом.

Анафаза 1 — гомологичные друг другу хромосомы отходят друг от друга в разные стороны, направляясь к противоположным полюсам. Негомолгичные хромосомы по одной из каждой пары хромосом случайным образом расходятся: один набор негомолгичных хромосом — к одному полюсу, а другой — к другому полюсу веретена деления.

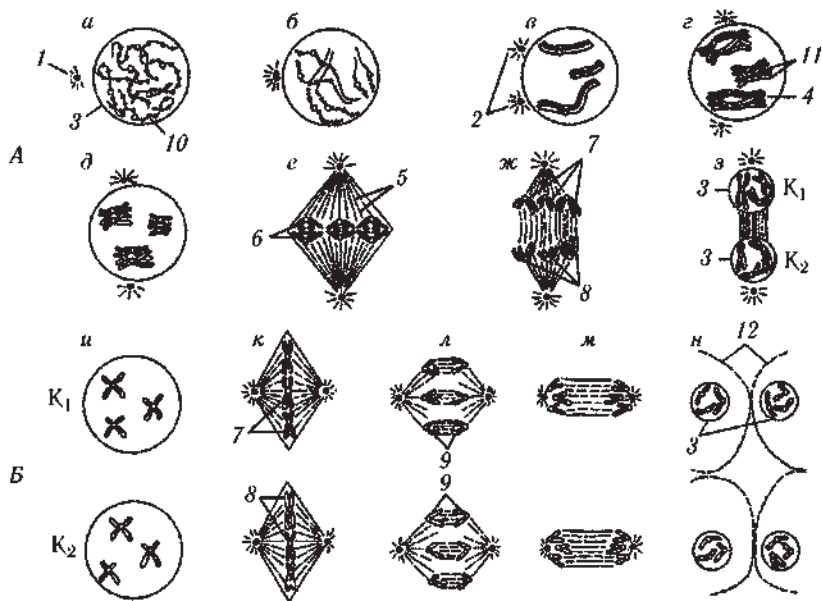


Рис. 210. Мейоз в клетках животных: первое (А) и второе (Б) мейотические деления:

a—д — профазы 1; *е* — метафаза 1; *ж* — анафаза 1; *з* — телофаза 1; *и* — профазы 2; *к* — метафаза 2; *л—м* — анафаза 2; *н* — телофаза 2; *K₁* и *K₂* — дочерние клетки; 1 — клеточный центр исходной (материнской) клетки; 2 — два дочерних клеточных центра; 3 — ядерная оболочка; 4 — конъюгированные гомологичные друг другу хромосомы; 5 — микротрубочки веретена деления; 6 — пара гомологичных хромосом; 7 и 8 — наборы негомолгичных хромосом; 9 — дочерние хромосомы; 10 — глыбка гетерохроматина; 11 — хроматиды одной хромосомы; 12 — наружные плазматические мембраны дочерних клеток

Телофаза 1 — образуются две дочерние клетки с одинарным (гаплоидным) набором хромосом в каждой из них, причем каждая хромосома по-прежнему состоит из двух хроматид.

Второе мейотическое деление: происходит расхождение хроматид оставшихся в клетке негомологичных друг другу хромосом, и количество наследственного материала в каждой хромосоме становится таким же, какое было в исходной (материнской) клетке до момента удвоения в ней наследственного материала.

Профаза 2.

Метафаза 2 — в каждой из двух клеток в области экватора веретена деления выстраиваются оставшиеся в клетке негомологичные друг другу хромосомы.

Анафаза 2 — хроматиды каждой хромосомы отходят в разные стороны, направляясь к противоположным полюсам веретена деления.

Телофаза 2 — из каждой клетки, вступившей во второе мейотическое деление, образуются две дочерние клетки с гаплоидным набором хромосом в каждой из них, причем количество наследственного материала в каждой ее хромосоме такое же, какое было в каждой такой хромосоме исходной (материнской) клетки до начала мейоза.

ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ

Организация генетической информации

Оперон — участок генетического материала, транскрипция которого осуществляется на одну молекулу иРНК под контролем белка-репрессора. Строение оперона предложено в 1961 г. Ф. Жакобом и Ж. Моно. Оперон может состоять из одного или более тесно сцепленных, *структурных генов*, кодирующих белки. Каждый оперон содержит регуляторные элементы: *промотор* (регулятор транскрипции) и *оператор* (с которым связывается репрессор), расположенные в начале оперона; *терминатор* (сигнал к прекращению транскрипции), расположенный в конце оперона (рис. 211). Ген эукариот включает в себя информативные участки — *экзоны*, между которыми расположены неинформативные участки — *интроны*. Ген содержит большое количество регуляторных элементов, расположенных

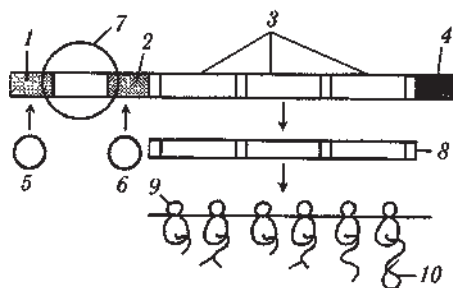


Рис. 211. Схема строения гена прокариот:

1 — регуляторный участок перед промотором; 2 — оператор — регуляторный участок гена, с которым может взаимодействовать регуляторный белок, препятствующий связыванию РНК-полимеразы с молекулой ДНК; 3 — участок гена, кодирующий белок; 4 — терминатор — участок гена, служащий сигналом о прекращении транскрипции; 5 и 6 — регуляторные белки; 7 — фермент РНК-полимераза, осуществляющий синтез иРНК; 8 — молекула иРНК; 9 — рибосома, осуществляющая транскрипцию; 10 — синтезируемый белок

слева, внутри и справа от того участка гена, который кодирует первичную структуру белка. Образующаяся в ходе транскрипции РНК преобразуется путем присоединения к ней дополнительных нуклеотидов, удаления неинформативных участков, соответствующих интронам ДНК, и превращается в зрелую иРНК (рис. 212).

Генетическая информация в генах закодирована с помощью *генетического кода*. Генетический код — это принцип записи информации о последовательности аминокислот в полипептидной цепочке в виде последовательности нуклеотидов в молекулах ДНК и РНК. Генетический код обладает рядом свойств:

— генетический код *триплетный* — каждая аминокислота кодируется тремя нуклеотидами. Один триплет, кодирующий одну аминокислоту, называется кодоном;

— генетический код *однозначен* — один триплет кодирует строго одну аминокислоту;

— генетический код *вырожден (избыточен)* — одна аминокислота может кодироваться несколькими триплетами (исключение составляет метионин и триптофан);

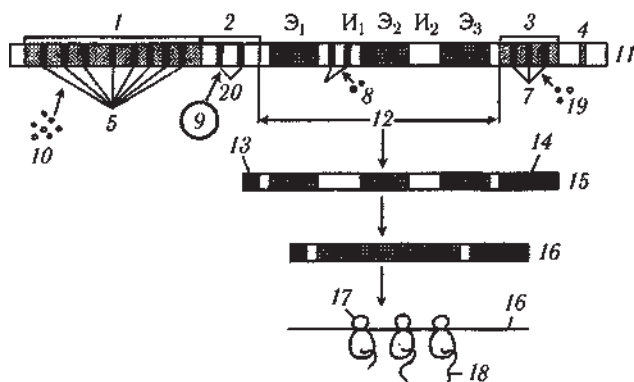


Рис. 212. Схема строения гена эукариот. Образование иРНК:

1 — регуляторный участок перед промотором, содержащий несколько регуляторных областей; 2 — промотор — регуляторный участок, к которому прикрепляется РНК-полимераза, содержащий области, с которыми связываются регуляторные белки — факторы транскрипции; 3 — энхансер — регуляторный участок, расположенный внутри гена, рядом с ним или на большом расстоянии от него и влияющий на связывание РНК-полимеразы с промотором; 4 — терминатор — регуляторный участок гена, служащий сигналом окончания транскрипции, дойдя до которого РНК-полимераза прекращает синтез предшественника иРНК; 5, 6, 7 и 20 — области регуляторных участков гена, с которыми связываются регуляторные белки; 8, 10 и 19 — регуляторные белки, которые связываются с регуляторными участками гена; 9 — фермент РНК-полимераза, осуществляющий транскрипцию, в ходе которой из свободных нуклеотидов синтезируется молекула предшественника иРНК; 11 — участок молекулы ДНК, содержащий структурный ген и регуляторные участки, которые вместе с регуляторными белками управляют работой структурного гена; 12 — транскрибируемая часть гена — та часть гена, на которой, как на матрице, синтезируется молекула предшественника иРНК; 13 — кэп («колпачок») — несколько видоизмененных нуклеотидов, которые добавляются к образовавшейся в результате транскрипции молекуле РНК и способствуют присоединению рибосомы к начальному участку молекулы иРНК; 14 — несколько десятков-сотен нуклеотидов, содержащих аденин, которые добавляются к образовавшейся в результате транскрипции молекуле РНК и влияют на продолжительность функционирования молекулы иРНК в качестве матрицы для синтеза молекул шифруемого ею белка; 15 — молекула-предшественник РНК, которая синтезируется из свободных нуклеотидов во время транскрипции ферментом РНК-полимеразой, затем преобразуется путем присоединения к ней дополнительных нуклеотидов и после удаления неинформативных участков, соответствующих интронам ДНК, превращается в иРНК; 16 — молекула иРНК, кодирующая первичную структуру белка и служащая матрицей для его синтеза; молекулы

тРНК поступают в рибосому в зависимости от комплементарности их антикодонов тем кодоном молекулы иРНК, которые в конкретный момент времени находятся в рибосоме; содержит три информативных участка, соответствующих трем экзонам молекулы ДНК, каждый из которых кодирует один из трех участков первичной структуры белка; 17 — рибосома, молекулы рРНК и белки которой осуществляют трансляцию — соединение аминокислот в той последовательности, которая закодирована в молекуле РНК последовательностью триплетов ее нуклеотидов; 18 — молекула синтезируемого белка, первичная структура которого закодирована в той молекуле иРНК, которая перемещается через находящуюся на ней рибосому; Э₁, Э₂, Э₃ — экзоны — информативные участки структурного гена, каждый из которых кодирует один из участков первичной структуры белка; И₁, И₂ — интроны — неинформативные участки структурного гена, расположенные между экзонами и удаляемые из молекулы-предшественника иРНК во время ее преобразования в иРНК

Таблица кодонов

Положение азотистого основания в кодоне					
1-е	2-е				3-е
	У	Ц	А	Г	
У	УУУ } Фен	УЦУ } Сер	УАУ } Тир	УГУ } Цис	У
	УУЦ } Фен	УЦЦ } Сер	УАЦ } Тир	УГЦ } Цис	Ц
	УУА } Лей	УЦА } Сер	УАА } Терм	УГА } Терм	А
	УУГ } Лей	УЦГ } Сер	УАГ } Терм	УГГ } Трп	Г
Ц	ЦУУ } Лей	ЦЦУ } Про	ЦАУ } Гис	ЦГУ } Арг	У
	ЦУЦ } Лей	ЦЦЦ } Про	ЦАЦ } Гис	ЦГЦ } Арг	Ц
	ЦУА } Лей	ЦЦА } Про	ЦАА } Глн	ЦГА } Арг	А
	ЦУГ } Лей	ЦЦГ } Про	ЦАГ } Глн	ЦГГ } Арг	Г
А	АУУ } Иле	АЦУ } Тре	ААУ } Асн	АГУ } Сер	У
	АУЦ } Иле	АЦЦ } Тре	ААЦ } Асн	АГЦ } Сер	Ц
	АУА } Иле	АЦА } Тре	ААА } Лиз	АГА } Арг	А
	АУГ } Мет + Иниц	АЦГ } Тре	ААГ } Лиз	АГГ } Арг	Г
Г	ГУУ } Вал	ГЦУ } Ала	ГАУ } Асп	ГГУ } Гли	У
	ГУЦ } Вал	ГЦЦ } Ала	ГАЦ } Асп	ГГЦ } Гли	Ц
	ГУА } Вал	ГЦА } Ала	ГАА } Глу	ГГА } Гли	А
	ГУГ } Вал + Иниц	ГЦГ } Ала	ГАГ } Глу	ГГГ } Гли	Г

- генетический код *универсален* — аминокислоты кодируются одними и теми же кодами у всех живых организмов;
- генетический код *неперекрывающийся* — триплеты в ДНК или РНК располагаются строго друг за другом;
- триплеты *УАА, УАГ и УГА* являются стоп-сигналами и не кодируют ни одну аминокислоту;
- триплет *АУГ* является *универсальным стартовым кодоном*, с него начинается трансляция.

Любые нарушения генетического кода и, следовательно, генетической информации называются *мутациями*. Мутации можно классифицировать по нескольким параметрам: а) по проявлению: *доминантные, рецессивные, летальные*; б) по типу клеток, в которых возникают: *соматические* (проявляются в клетках тела и не влияют на потомство, но у растений могут предаваться при вегетативном размножении) и *генеративные* (проявляются в половых клетках, безвредны для родительской особи, но могут быть опасны для потомства, так как передаются по наследству); в) по месту возникновения: *генные, хромосомные и геномные*; г) по механизму возникновения: *делеции, вставки, замены, дупликации, инверсии, транслокации*.

Мутации

Генные	Изменения молекулярной структуры гена — последовательности нуклеотидов в ДНК в результате замен, вставок или выпадения нуклеотидов. В результате нарушается считывание генетической информации или последовательность аминокислот в полипептиде		
Хромосомные	Структурные изменения хромосом вследствие перемещения или выпадения отдельных частей хромосом	Нехватка	Утрата хромосомой концевой участка
		Делеции	Утрата хромосомой промежуточного участка
		Дупликации	Удвоение участка хромосомы
		Инверсии	Поворот участка хромосомы на 180°
		Транслокации	Обмен между негомологичными хромосомами

Окончание табл.

		Транспозиции	Встраивание в определенное место хромосомы участка из другой хромосомы
Геномные	Изменение числа хромосом. При этом может произойти либо изменение числа набора хромосом, либо уменьшение или увеличение числа отдельных хромосом в обычном геноме	Эуплоидия	Число хромосом изменяется кратно гаплоидному числу
		Анеуплоидия (гетероплоидия)	Изменение числа отдельных хромосом. При этом в генотип добавляются новые хромосомы или генотип утрачивает какие-либо хромосомы

В зависимости от причин появления мутации могут быть *спонтанными* — появляются без каких-либо специальных воздействий и *индуцированными* — появляются в результате воздействия каких-либо естественных *мутагенов* (ультрафиолет, радиация) или искусственно индуцируемыми человеком (например, в селекционной работе).

Реализация генетической информации

Реализация генетической информации проявляется в появлении того или иного признака. За каждый признак отвечает конкретный белок. Следовательно, можно сказать, что реализацией генетической информации является *синтез белка*, который осуществляется в *цитоплазме клетки на рибосомах* (рис. 213). В зависимости от вида находящегося в данный момент в рибосоме триплета нуклеотидов иРНК в рибосому поступает строго определенная тРНК — та, антикодон которой комплементарен тому триплету нуклеотидов иРНК, который в данный момент находится в рибосоме. Эта тРНК приносит в рибосому ту аминокислоту, которая кодируется находящимся в этот момент в рибосоме триплетом нуклеотидов иРНК.

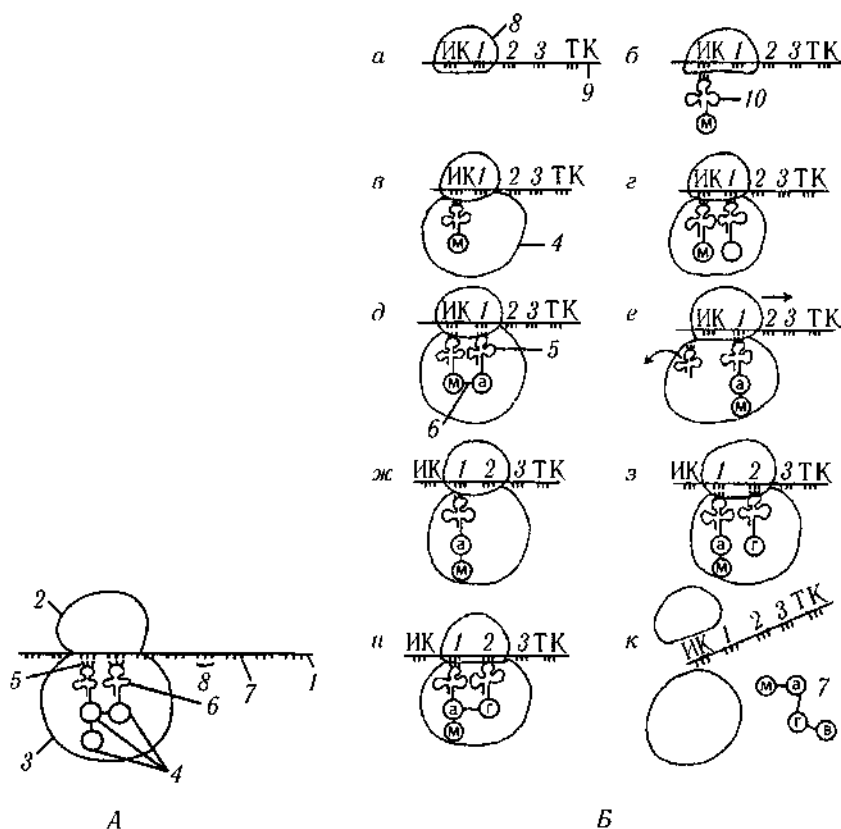


Рис. 213. Схема синтеза белка:

А — расположение в рибосоме участвующих в трансляции соединений: 1 — молекула иРНК; 2 — малая субчастица рибосомы; 3 — большая субчастица рибосомы; 4 — аминокислоты; 5 — антикодон тРНК; 6 — молекула тРНК; 7 — нуклеотид иРНК; 8 — триплет нуклеотидов — кодон — молекулы иРНК;

Б — этапы трансляции: а—в — инициация — начало трансляции; г—и — элонгация — удлинение образующейся молекулы белка; к — терминация — окончание трансляции: 1—3 — кодоны иРНК, шифрующие аминокислоты: аланин, глицин и валин; 4 — большая субчастица рибосомы; 5 — тРНК, транспортирующая аланин; 6 — пептидная связь; 7 — пептид; 8 — малая субчастица рибосомы; 9 — иРНК; 10 — тРНК, транспортирующая метионин; м — метионин; а — аланин; г — глицин; в — валин; ТК — терминирующий кодон (УАА, УАГ или УГА); ИК — иницирующий кодон (АУГ)

Закономерности реализации генетической информации

Схемы законов Менделя

I закон **AA и aa** — родители гомозиготны

Р	AA	×	aa	— гомозиготное моногибридное скрещивание
Гаметы	A A		a a	
F ₁	Aa Aa Aa Aa	— учитываются все теоретически возможные комбинации		
	единообразие 1-го поколения			

II закон **AA и aa** — родители

Р	AA	×	aa	} I закон Менделя	} II закон Менделя	
Гаметы	A	A	a			a
F ₁	Aa	Aa	Aa			Aa
Р (F ₁)	Aa	×	Aa	— родители берутся из F ₁ (из I закона Менделя); гетерозиготное моногибридное скрещивание		
Гаметы	A	a	A			a
F ₂	AA	Aa	Aa			aa
	3 1					
расщепление по фенотипу 3 : 1 расщепление по генотипу 1AA : 2Aa : 1aa						

III закон **AABB** и **aabb** — родители гомозиготны по признакам А и В, один по доминантному второй по рецессивному

Р **AABB** × **aabb** — дигибридное гомозиготное скрещивание

Гаметы **AB AB ab ab**

F₁ **AaBb AaBb AaBb AaBb** — единообразие 1-го поколения, оба признака доминантные

Р (F₁) **AaBb** × **AaBb** — дигибридное гетерозиготное скрещивание

Гаметы **AB Ab aB ab AB Ab aB ab**

F₂ — записывается в виде решетки Пеннета

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Каждый признак (**A** и **B**) наследуется независимо от другого по 2-му закону Менделя

Взаимодействие генов

Все признаки организма можно разделить на две группы, в зависимости от того, сколько генов контролируют или формируют данный признак. Если за проявление признака отвечает один ген, то такой признак называют *моногенным*. Но большинство признаков формируется в результате взаимодействия нескольких генов. Признаки, за формирование которых отвечают несколько генов, называются *полигенными*.

Взаимодействие генов может быть двух видов: *взаимодействие аллельных генов* и *взаимодействие неаллельных генов*.

Влияние взаимодействия генов на фенотип в F₂

Типы взаимодействия генов	Характер взаимодействия	Расщепление по фенотипу в F ₂	Генотипический состав фенотипических классов	Пример
<i>Взаимодействие аллельных генов</i>				
Полное доминирование	Доминантный аллель A подавляет рецессивный аллель a	3 : 1	3 A — : 1 aa	Наследование цвета семян гороха
Неполное доминирование	Признак у гетерозиготной формы выражен слабее, чем у гомозиготной	1 : 2 : 1	1 AA : 1 Aa : 1 aa	Наследование окраски цветков ночной красавицы
Кодоминование	В гетерозиготном состоянии каждый из аллельных генов вызывает развитие контролируемого им признака	1 : 2 : 1	1 IaIa : 2 IaIb : 1 IbIb	Наследование групп крови у человека
<i>Взаимодействие неаллельных генов</i>				
Комплементарность	Доминантные гены из разных пар (A , B), присутствуя в генотипе, вместе вызывают формирование нового признака	9 : 7	(9 A—B—) : (3 A—bb + 3 aaB— + 1 aabb)	Наследование цвета цветков душистого горошка

Окончание табл.

Типы взаимодействия генов	Характер взаимодействия	Расщепление по фенотипу в F ₂	Генотипический состав фенотипических классов	Пример
Эпистаз доминантный	Гены одной аллельной пары подавляют действие генов другой пары	13 : 3	(9I—C— + 3I—cc + 1iicc) : (3ccI—)	Наследование окраски оперения кур
Эпистаз рецессивный		9 : 3 : 4	9A—C— : 3aaC— : (3A—cc + 1aacc)	Наследование окраски шерсти у домашних мышей
Полимерия	Одновременное действие нескольких неаллельных генов	15 : 1	(9A ₁ —A ₂ — + 3A ₁ —a ₂ a ₂ + 3a ₁ a ₁ A ₂ —) : 1a ₁ a ₁ a ₂ a ₂	Наследование цвета кожи у человека

Методы генетики

Генетика — биологическая дисциплина, предметом изучения которой являются закономерности наследственности и изменчивости живых организмов. Основной задачей генетики является изучение проблем хранения, передачи, реализации и изменчивости наследственной информации.

Методы генетики

Гибридологический (метод скрещиваний)	Разработан Г. Менделем и является основным в генетических исследованиях. С помощью скрещивания можно установить: доминантен или рецессивен признак (ген); генотип организма; взаимодействие генов и характер этого взаимодействия; явление сцепления генов; расстояние между генами; сцепление генов с полом
Цитогенетический	Заключается в изучении количества, формы и размеров хромосом животных и растений. Используется для изучения наследственных изменений, связанных с нарушением структуры хромосом, и выявления причин ряда заболеваний у человека

Окончание табл.

Генеалогический (метод родословных)	Заключается в изучении наследования человеком какого-либо признака в ряде поколений у возможно большего числа родственников. Для этого составляется родословная. Метод позволяет установить доминантность или рецессивность признака, сцепленность его с другими признаками или с полом
Близнецовый	Заключается в выявлении наследования признаков у однойцевых близнецов для определения степени влияния внешней среды на фенотип
Биохимический	Метод позволяет выявить нарушения нормального хода обмена веществ и предрасположенность человека к некоторым наследственным заболеваниям
Медико-генетическое консультирование	Прогнозирование вероятности появления детей с той или иной наследственной аномалией
Популяционный	Широко применяется в генетике человека для изучения частоты генов и генотипов в популяциях. Дает информацию о степени гетерозиготности и полиморфизма человеческих популяций, выявляет различия частот аллелей между разными популяциями и позволяет определить адаптивную ценность конкретных генотипов

Задачи и методы селекции

Селекция разрабатывает методы создания новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов с необходимыми человеку признаками. Породы животных, сорта растений, штаммы микроорганизмов представляют собой совокупности особей, созданных человеком с помощью методов селекции, и характеризуются определенными наследственными особенностями, морфологическими и физиологическими хозяйственно ценными качествами. Поскольку свойства живых организмов обусловлены их нормой реакции на основе определенной генетической информации и подвержены модификационной и наследственной изменчивости, развитие селекции основано на закономерностях генетики. В селекционной работе используют следующие методы.

Естественный отбор

Стихийный (бессознательный). Проводился человеком для сохранения особей с наиболее ценными признаками, без стремления улучшить породу или сорт.

Методический (сознательный). Характеризуется тем, что человек осознано и систематически стремится к выведению сорта или породы с желаемыми качествами. Подразделяется на: *массовый* — проводится по фенотипу. При этом отбирается группа особей, имеющих внешнее сходство. Поскольку генотипы отобранных особей по фенотипу неоднородны, отбор время от времени повторяют; *индивидуальный* — от каждой особи получают отдельное потомство и при последующих близкородственных скрещиваниях у животных и самоопылении у растений выводят чистые линии. *Чистые линии* — группы генетически однородных (гомозиготных) организмов представляют ценный исходный материал для селекции.

Гибридизация

Внутривидовая — основу составляет направленное скрещивание особей с интересующими селекционера свойствами и последующий отбор потомков с максимальным проявлением этих свойств.

Близкородственная, или **инбридинг**, — проводится между братьями и сестрами или между родителями и потомством. В результате увеличивается доля гомозиготных организмов. В связи с переходом генов в гомозиготное состояние у потомков проявляются рецессивные мутации, что приводит к ослаблению потомства, появлению наследственных заболеваний.

Межвидовая (отдаленная, неродственная) — проводится между особями разных видов и разных родов. Ее используют как селекционный метод, позволяющий объединить в гибриде ценные хозяйственные признаки родительских форм. В силу генетических, морфологических, физиологических и иных различий организмов разных видов отдаленная гибридизация, как правило, осуществляется с большим трудом и требует применения специальных методов преодоления нескрещиваемости. Межвидовые гибриды часто оказываются бесплодными вследствие нарушения процессов гаметогенеза, так как хромосомы, полученные от разных видов, различаются между собой и не конъюгируют, поэтому мейоз не происходит.

Аутбридинг (скрещивание неродственных особей) — скрещивание особей разных линий. При данном скрещивании удается получить гетерозисные гибриды, превосходящие по своей мощности не только родительские линии, но и исходные формы,

из которых эти линии были получены. *Гетерозис* заключается в повышенной мощности гибридов первого поколения по сравнению с родительскими формами. Основной причиной эффекта гетерозиса является отсутствие проявления вредных рецессивных аллелей в гетерозиготном состоянии.

Полиплоидизация

Увеличение числа наборов хромосом под действием на делящуюся клетку ядов, разрушающих веретено деления (например, колхицином).

Индукцированный (искусственно вызванный) мутагенез

В естественных условиях частота мутирования генов сравнительно невелика. Мутагенез повышает количество мутаций под воздействием на организм различных мутагенов: ультрафиолетовых лучей, ионизирующего излучения, некоторых химических веществ. Мутации в целом не носят направленный характер, селекционер отбирает и культивирует организмы с интересующими его признаками. Чаще всего используется в селекции микроорганизмов.

В настоящее время активно развивается *биотехнология* — наука о способах получения необходимых человеку веществ с использованием живых организмов и биохимических процессов в производстве.

Основные направления биотехнологии

Микробиологическое производство	Клеточная инженерия	Генная инженерия
Использование микроорганизмов для производства ряда продуктов — белков, аминокислот, антибиотиков, витаминов, гормонов и пищевых продуктов	Основана на культивировании клеток и тканей высших организмов. Клетки помещаются на питательную среду, где они начинают делиться. Данным способом из клеток растений можно вырастить целое растение. Разработан метод слияния клеток, который позволяет получить гибриды между видами, не скрещивающимися в природе	Занимается исследованиями по перестройке генотипа. В геном микроорганизмов вводят различные гены для производства того или иного вещества

Успехи селекционной работы в определенной степени зависят от генетического разнообразия исходной группы организмов. Многолетнее изучение наследственной изменчивости растений дикой и культурной фауны пяти континентов позволило Н. И. Вавилову сформулировать представления о центрах происхождения культурных растений.

РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

Для сохранения каждого вида растений или животных необходимо, чтобы отдельные особи размножались, производя новых особей для замены тех, которые погибли от хищников, паразитов или от старости. Процессы размножения у разных живых организмов чрезвычайно разнообразны, хотя в общем существуют два основных типа размножения: *бесполое и половое*. В бесполом размножении участвует только *одна родительская особь*, которая делится или почкуется, образуя две или большее число новых особей, идентичных по своим наследственным признакам родительской особи. В половом размножении всегда участвуют *две особи* (или *два вида половых клеток*, если рассматривать гермафродитов), каждая из которых дает специализированную клетку — *гамету: яйцо или сперматозоид*, которые сливаются друг с другом, образуя *зиготу*, или *оплодотворенное яйцо*.

Бесполое размножение

Бесполое размножение широко распространено во всех группах растений, бактерий, грибов, а у животных — у простейших и кишечнополостных.

Простейшей формой бесполого размножения является *деление*. При этом способе размножения родительская особь расщепляется на две более или менее одинаковые части, каждая из которых дает новый целый организм. Встречается деление у самых простых организмов — одноклеточных растений и животных, а также у бактерий. У бактерий обычно данный способ размножения называют *простое деление надвое*, а одноклеточные растения и животные делятся митозом.

Второй способ бесполого размножения — *почкование*. Встречается у кишечнополостных и грибов (дрожжей). При почковании не-

большая часть тела родительской особи отделяется (отпочковывается) и развивается в новую особь, при этом новая особь совсем теряет связь с родительской особью и существует самостоятельно. Но часто новые особи (почки) не теряют связи с материнской особью, в этом случае образуются колонии, например коралловые полипы.

Самым прогрессивным способом бесполого размножения является **размножение спорами**, или **спорообразование**. Споры — особые клетки, обычно имеющие защитную оболочку и способные выдерживать неблагоприятные условия среды. В связи с тем что споры довольно легки и могут переноситься ветром и жидкостью, они являются хорошим способом распространения живых организмов, ведущих малоподвижный или неподвижный образ жизни.

Для некоторых беспозвоночных животных (например, плоские черви, иглокожие, кольчатые черви) характерен еще один способ бесполого размножения, который основан на способности организмов восстанавливать утраченные участки тела путем регенерации, — **фрагментация**. При фрагментации особь распадается на отдельные фрагменты, каждый из которых затем восстанавливает все недостающие части и превращается в целый организм. Так, из отдельного луча морской звезды может образоваться целый организм, а из двух половинок дождевого червя, соответственно, две особи.

Растения обладают специфическим для них способом бесполого размножения — **вегетативным размножением**, или **размножением вегетативными органами**.

Биологическое значение бесполого размножения заключается в том, что оно:

— за короткое время обеспечивает воспроизведение большого количества генетически идентичных особей, что очень выгодно для организмов, обитающих в относительно постоянных условиях;

— позволяет перенести неблагоприятные условия на стадии спор, что способствует сохранению вида.

Половое размножение

Сущность полового размножения заключается в объединении генетической информации двух особей (родителей) одного вида в наследственном материале потомка. Это достигается с помощью *специальных половых клеток* — *гамет*: *сперматозоидов* у самцов и *яйцеклеток* у самок. Процесс объединения ге-

нетического материала родителей называется *оплодотворением*. Половые клетки образуются в результате *мейоза*, следовательно, наследственный материал каждой дочерней особи представляет собой *уникальную комбинацию генетической информации* из-за процессов во время мейоза, приводящих к *комбинативной изменчивости* (*кроссинговер, независимое расхождение хромосом*). В связи с этим половое размножение способствует не только самовоспроизведению особей, но и обеспечению *биологического разнообразия видов*, их адаптивных возможностей и эволюционных перспектив в результате передачи потомкам различных мутаций и возникновения различных уникальных комбинаций (мутационная и комбинативная изменчивость).

Процесс образования половых клеток называется *гаметоге-незом*. Процесс образования сперматозоидов называют *сперматогенезом*, яйцеклеток — *оогенезом*, или *овогенезом*.

Гаметогенез

Фазы гаметогенеза	Вид и фазы деления клетки	Процессы, происходящие в клетках
Оогенез (овогенез) — совокупность последовательных процессов развития женской половой клетки от первичной половой клетки до зрелого яйца		
Размножение	Митоз	Первичные половые клетки яичника — овогонии — делятся и образуют овоциты (ооциты) I порядка. Размножение овогоний начинается при эмбриональном развитии и завершается к 3-му году жизни. Ооциты I порядка диплоидны с однохроматидными хромосомами ($2n2c$), сохраняются без изменений многие годы
Рост	Интерфаза. Редупликация хромосом $2n4c$	С наступлением половой зрелости периодически отдельные овоциты I порядка вступают в период роста. Они увеличиваются в размерах, в них накапливаются желток, жир, пигменты. Каждый овоцит окружается мелкими фолликулярными клетками, обеспечивающими его питание. Когда овоцит достигает размеров зрелого яйца, он вступает в стадию созревания. Фазы размножения и роста происходят в фолликулах. Во время овуляции стенка фолликула лопается, овоцит попадает в брюшную полость, а затем в яйцевод (маточные трубы)

Продолжение табл.

Фазы гаметогенеза	Вид и фазы деления клетки	Процессы, происходящие в клетках
Созревание	Первое (редукционное) деление мейоза 1n2c	Овоцит I порядка вступает в первое мейотическое (редукционное) деление. На стадии профазы I развитие овоцита I порядка останавливается. Это происходит еще в эмбриональном периоде. Завершается первое мейотическое деление после полового созревания женщины. Каждый месяц один овоцит I порядка завершает свое созревание. При этом заканчивается первое мейотическое деление и образуется овоцит II порядка и маленькое первое полярное, или направительное, тельце
	Второе мейотическое деление мейоза 1n1c	Овоцит II порядка вступает во второе мейотическое деление мейоза. На стадии метафазы II деление останавливается. Дальнейшее созревание возможно только после оплодотворения. Если оплодотворение произошло, то овоцит II порядка завершает второе мейотическое деление, превращается в овотиду, которая и формирует яйцо и второе полярное тельце. Если оплодотворения не происходит, овоцит II порядка погибает и выводится из организма
Сперматогенез — процесс развития мужских половых клеток, во время которого диплоидные клетки в извитых канальцах семенника превращаются в гаплоидные сперматозоиды		
Размножение	Митоз	Семенник состоит из многочисленных канальцев, стенки которого имеют несколько слоев, содержащих сперматозоиды на разных стадиях развития. Наружный слой составляют сперматогонии. В период эмбрионального развития и после рождения до полового созревания они делятся, благодаря чему увеличивается число этих клеток и размеры семенника

Окончание табл.

Фазы гаметогенеза	Вид и фазы деления клетки	Процессы, происходящие в клетках
Рост	Интерфаза. Редупликация хромосом $2n4c$	После полового созревания некоторые из сперматогониев перемещаются в зону роста, расположенную ближе к просвету канальцев. Здесь происходит значительное увеличение размеров клеток за счет увеличения количества цитоплазмы. На этой стадии они называются сперматоцитами I порядка
Созревание	Первое (редукционное) деление мейоза $1n2c$	Из каждого сперматоцита I порядка образуются два сперматоцита II порядка
	Второе мейотическое деление мейоза $1n1c$	Из каждого сперматоцита II порядка образуются две сперматиды. Сперматиды перемещаются в зону, ближайшую к просвету канальцев, где из них формируются сперматозоиды
Формирование		Сперматиды приобретают свойственную сперматозоидам морфологию и подвижность

Образование новой особи при половом размножении происходит во время оплодотворения, которое завершается образованием *зиготы* — первой клетки нового организма. У некоторых животных оплодотворению предшествует *осеменение*, в результате которого происходит встреча гамет. Осеменение может быть *внешним* (вне организма), следовательно, и оплодотворение будет *внешним* (например, у рыб), и *внутренним*, когда половые клетки, как правило мужские, вводятся в организм самки, где происходит оплодотворение. У семенных растений процесс, обеспечивающий встречу гамет, называется *опылением* и может осуществляться с помощью *ветра, воды, животных, человека* или *самоопыления*. У цветковых растений в оплодотворении участвуют не только половые клетки и образуется не только новый организм (в виде зиготы), но и клетки, образующие впоследствии питательные вещества для развития нового организма. Данный способ называется *двойным оплодотворением*. Механизм двойного оплодотворения состоит в слиянии двух спермиев с двумя клетками зародышевого мешка: с яйцеклеткой с образованием зиготы и с центральной диплоидной клеткой с

образованием триплоидной клетки, которая дает впоследствии запасающую ткань — эндосперм.

Половое размножение может осуществляться с помощью одной половой клетки, чаще всего яйцеклетки, при этом не происходит слияние яйцеклетки со сперматозоидом (отсутствует оплодотворение). Данный способ полового размножения называется *партеногенезом*. Партеногенез присутствует у насекомых (*пчелы, тутовый шелкопряд, тли*), встречается у двудомных растений.

ОНТОГЕНЕЗ

Онтогенез — процесс индивидуального развития организма, который начинается с момента образования зиготы и заканчивается смертью. У видов, размножающихся бесполым путем, онтогенез начинается с обособления одной или нескольких клеток материнского организма. У видов с половым размножением он начинается с оплодотворения яйцеклетки. У прокариот и одноклеточных эукариотических организмов онтогенез представляет собой, по сути, *клеточный цикл*, обычно завершающийся делением или гибелью клетки. У семенных растений под онтогенезом понимают период *с момента прорастания семян до образования новых растений*, дающих семена, способные к размножению. В онтогенезе растений наблюдается *чередование поколений*, что является характерной особенностью данного онтогенеза. Происходит чередование *бесполого поколения* — *спорофита* и *полового поколения* — *гаметофита*. *Спорофит* образуется из зиготы и образует споры, а *гаметофит* — из прорастающей споры и образует половые клетки.

Онтогенез подразделяется на два периода: *эмбриональный* и *постэмбриональный*. У многоклеточных организмов выделяют еще период *половозрелости*.

Эмбриональное развитие

Эмбриональный период (*эмбриональное развитие, эмбриогенез*) начинается с момента оплодотворения — *образования зиготы* — и представляет собой процесс преобразования зиготы в многоклеточный зародыш в результате многократного деления путем митоза. Завершается эмбриональное развитие *выходом зародыша из яйцевых, или зародышевых, оболочек* либо рождением. Эмбриогенез включает следующие этапы: *дробление, бластуляцию, гастрюляцию, органогенез* (рис. 214).

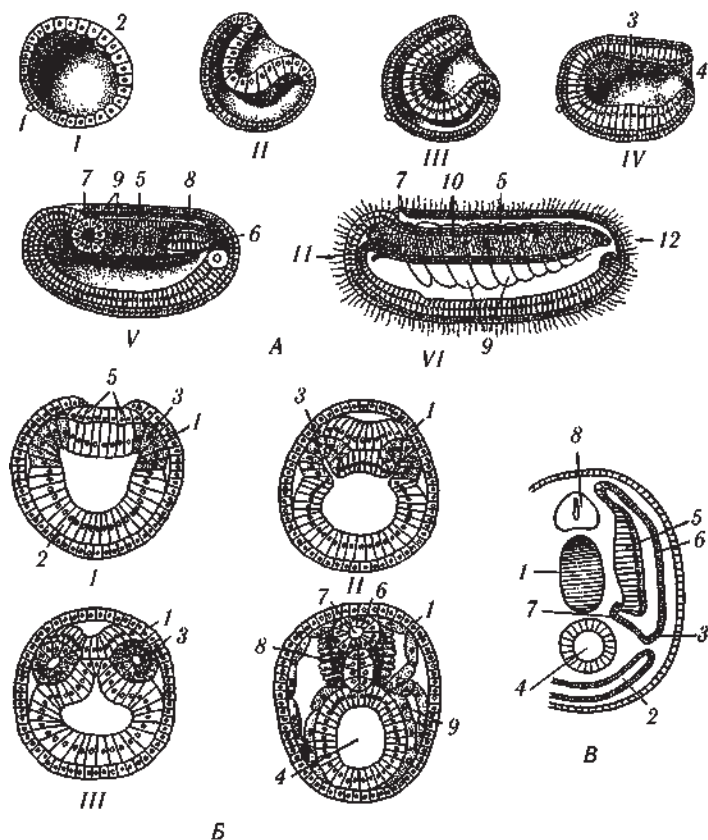


Рис. 214. Эмбриональное развитие хордовых животных (на примере ланцетника): I — бластула; II—IV — гастрюляция; V—VI — образование мезодермы, хорды и нервной системы:

A — продольные разрезы: 1 — анимальный и 2 — вегетативный полюса; 3 — гастральная полость; 4 — гастронор; 5 — нервный канал; 6 — нейрокишечный канал; 7 — невропор; 8 — складка мезодермы; 9 — целомические мешки; 10 — хорда; 11 — будущий рот; 12 — будущий задний проход;

B — поперечные разрезы: I — эктодерма; 2 — энтодерма; 3 — мезодерма; 4 — полость кишечника; 5 — нервная пластинка; 6 — нервная трубка; 7 — невроцель; 8 — хорда; 9 — целом (вторичная полость тела);

B — поперечный разрез через личинку: 1 — хорда; 2 — целом; 3 — гонотом; 4 — кишка; 5 — миотом; 6 — кожный листок; 7 — склеротом; 8 — нервная трубка

Периоды эмбриогенеза

Дробление	Начальный этап развития оплодотворенного яйца. В результате митотических делений образуются бластомеры. При каждом последующем дроблении клетки становятся мельче, так как бластомеры, не достигнув первоначальных размеров, вновь делятся. В результате ряда последовательных дроблений формируются группы клеток, тесно прилегающих друг к другу. Такой зародыш называется <i>морулой</i> . К концу периода дробления весь зародыш лишь ненамного крупнее зиготы. Дробление заканчивается образованием <i>бластулы</i> . Начиная с бластулы, клетки зародыша принято называть эмбриональными. К концу бластуляции появляется первичная полость — <i>бластоцель</i> . Бластула представляет собой однослойный пузырь. Стадию бластулы проходят зародыши всех типов животных
Гаструляция	Это сложный процесс перемещения эмбрионального материала с образованием двух или трех слоев тела зародыша, называемых зародышевыми листками. Гаструляция может происходить путем инвагинации (впячивания), иммиграции (проникновения внутрь), деламинации (расслоения), эпиболлии (обрастания). В процессе гаструляции следует различать два этапа: образование экто- и энтодермы (двухслойный зародыш) и образование мезодермы (трехслойный зародыш). Эктодерма — внешний слой клеток, энтодерма — внутренний слой клеток, мезодерма — средний слой клеток. Двухслойный зародыш представляет собой мешок с отверстием. Полость называется <i>гастроцелем</i> , или <i>первичной кишкой</i> , а вход в кишку — <i>бластопором</i> , или <i>первичным ртом</i> . На стадии двух зародышевых листов заканчивается развитие губок и кишечнополостных
Органогенез	В результате дифференцировки формируются ткани, органы и системы органов. На первых стадиях из эктодермы закладывается нервная трубка, а из энтодермы — хорда и кишечная трубка. Данный этап получил название <i>нейруляции</i> — закладки осевого комплекса. В дальнейшем каждый зародышевый листок дает начало определенным органам. Из эктодермы образуются: нервная система, органы чувств, наружные покровы кожи — эпидермис и его производные (ногти, волосы, сальные и потовые железы, эмаль зубов). Из мезодермы — скелет, мышцы, кровеносная, половая и выделительная системы. Из энтодермы — большая часть кишечника, пищеварительные железы, легкие. В течение органогенеза в развитии зародыша большую роль играет эмбриональная индукция, которая проявляется во взаимном влиянии частей зародыша на развитие последующих частей

Постэмбриональное развитие

Постэмбриональное развитие начинается после рождения или выхода зародыша из яйца и заканчивается смертью организма. Постэмбриональное развитие может быть *прямым* и *непрямым*, или с *метаморфозом*.

Виды постэмбрионального развития

Прямое развитие	Вновь появившийся организм похож на родительский и отличается от него только размерами. Свойственно млекопитающим, птицам, рептилиям, многим насекомым (таракан, кузнечик). Имеет следующие стадии: яйцо, личинка, имаго (взрослая особь)
Непрямое развитие, или развитие с метаморфозом	Животное проходит ряд превращений, или метаморфоз (процесс превращения личинки во взрослую особь у животных). Метаморфоз свойствен многим насекомым (пчелам, мухам, бабочкам, жукам), кишечнорастворимым, моллюскам, земноводным. Значение непрямого развития состоит в следующем: уменьшается конкуренция за пищу и места обитания между взрослыми особями и их потомством, обеспечивается расселение организмов, ведущих прикрепленный образ жизни

МИКРОЭВОЛЮЦИЯ

Вид. Критерии вида

Микроэволюционные процессы, которые протекают в популяции, могут приводить к возникновению новых видов — центральному и важнейшему этапу эволюции живого на Земле.

Вид — это совокупность особей, характеризующихся общим происхождением, наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей; способных скрещиваться и давать плодовитое потомство; приспособленных к определенным условиям среды и занимающих определенный ареал.

Различают следующие критерии вида.

Морфологический критерий

Свидетельствует о морфологической изоляции вида, но имеет ограниченность применения, что особенно отчетливо видно на примере видов-двойников, которые морфологически сходны.

Географический критерий

Географические различия между видами основаны на относительной самостоятельности ареала каждого вида.

Физиолого-биохимический критерий

Виды различны, потому что различны их химические структуры — физиолого-биохимические различия между близкими видами обычно меньше, чем между видами филогенетически более далекими.

Иногда данный критерий разбивают на два:

— *физиологический критерий* учитывает сходство процессов жизнедеятельности особей одного вида: способы питания, размножения, обмена веществ, поведения;

— *биохимический критерий* базируется на способности синтезировать специфические белки, сходстве химического состава и химических процессов.

Экологический критерий

Характеризует взаимоотношения вида, его роль в биологическом круговороте веществ: характеристику экологической ниши, местообитание вида, характеристику биотических связей, зависимость от природных факторов. Участие в превращениях определенных элементов или веществ.

Генетический критерий

Данный критерий основывается на видовой специфичности набора хромосом, различиях в нуклеотидном составе молекул ДНК, форме хромосом. Генетический критерий базируется на предположении, что вид существует как целостная генетическая система.

Изменчивость как генетическая основа эволюции

Разнообразие организмов несомненно представляет собой наиболее характерную особенность живого мира. Благодаря разнообразию различные группы особей могут ис-

пользовать разные элементы среды, что позволяет им расселиться практически повсеместно. Разнообразие также является основой эволюционных изменений признаков и свойств организмов, которые обусловлены изменением генотипов. Успехи генетики позволили классифицировать и изучить основные формы изменчивости и их значение для протекания эволюционного процесса, что дало возможность сформулировать представление о генетических основах эволюции.

Различают следующие *типы изменчивости*.

Наследственная (генотипическая) изменчивость

Связана с изменением генов и хромосом. Передается по наследству. Изменения носят индивидуальный характер, необратимы и сохраняются в течение всей жизни организма. Выделяют мутационную и комбинативную изменчивость.

Мутационная — основывается на возникновении мутаций, т.е. *стойкого изменения генетического аппарата*. Этим мутации резко отличаются от *модификаций, не затрагивающих генотип особи*. Мутации возникают *внезапно, скачкообразно, в результате мутаций могут появиться новые признаки*, что иногда резко отличает организм от исходной формы.

Комбинативная — связана с получением новых *сочетаний генов в генотипе*. Существуют три основных источника комбинативной изменчивости: *конъюгация и кроссинговер*, происходящие при мейозе, создающие новые группы сцепления; *независимое расхождение хромосом в процессе мейоза*, что определяет большее число возможных комбинаций хромосом в гаметах; случайное сочетание гамет при оплодотворении.

Модификационная (негенотипическая, ненаследственная, фенотипическая) изменчивость

Вся наблюдаемая изменчивость какого-либо признака или свойства в пределах *нормы реакции*. *Не связана с изменениями в генах и хромосомах, не передается по наследству и возникает под влиянием факторов внешней сре-*

ды. Если перестает действовать фактор, изменения исчезают. Данный вид изменчивости возникает в ответ на изменения условий окружающей среды, поэтому в природе не бывает абсолютно одинаковых организмов. *Фенотипические изменения*, возникающие под влиянием условий среды, называются *модификациями*.

Норма реакции — это степень (границы) варьирования признака (или пределы модификационной изменчивости). Возникшее конкретное модификационное изменение признака не наследуется, но диапазон модификационной изменчивости обусловлен наследственностью, т. е. модификационное изменение возникает в результате взаимодействия генотипа с окружающей средой. *Наследуется не признак, а норма реакции* развивающейся особи на действие внешней среды. Модификационные изменения не влекут за собой изменения генотипа. Норма реакции, лежащая в основе модификационной изменчивости, складывается исторически в результате естественного отбора. Она соответствует условиям обитания, является приспособительной.

Элементарные факторы эволюции

Можно выделить четыре основных элементарных фактора эволюции: *мутационный процесс, популяционные волны, изоляция, естественный отбор*.

Мутационный процесс

Постоянная мутационная изменчивость и комбинации при скрещиваниях дают новые сочетания генов в генофонде, что неизбежно приводит к наследственным изменениям в популяции. **Мутации** — элементарный эволюционный материал, а процесс возникновения мутаций, *мутационный процесс*, — постоянно действующий элементарный эволюционный фактор, увеличивающий генетическую гетерогенность популяции вследствие сохранения рецессивных мутаций в гетерозиготах. *Рецессивные мутации в гетерозиготном состоянии* составляют *скрытый резерв изменчивости*, который может быть использован естественным отбором при изменении условий существования. Большинство мутаций являются вредными. Обезврежи-

вание мутаций происходит путем перевода их в гетерозиготное состояние в результате полового процесса. Но многие мутации в гетерозиготном состоянии повышают относительную жизнеспособность особей. Механизмом, поддерживающим гетерозиготность особей, также является половой процесс.

Можно сказать, что *мутационный процесс — это фактор-поставщик элементарного эволюционного материала.*

Популяционные волны

Периодические или аperiodические колебания численности особей популяции характерны для всех без исключения живых организмов. Причинами таких колебаний могут быть различные абиотические и биотические факторы среды. *Действие популяционных волн, или волн жизни, предполагает неизбежное, случайное уничтожение особей,* благодаря чему редкий перед колебанием численности генотип (аллель) может сделаться обычным и быть подхваченным естественным отбором. Если в дальнейшем численность популяции восстановится за счет этих особей, то это приведет к случайному изменению частот генов в генофонде данной популяции. *Популяционные волны являются поставщиком эволюционного материала.*

Классификация популяционных волн

1. *Периодические колебания численности короткоживущих организмов* характерны для большинства насекомых, однолетних растений, большинства грибов и микроорганизмов. В основном эти изменения вызваны сезонным колебанием численности.

2. *Непериодические колебания численности,* зависящие от сложного сочетания разных факторов. В первую очередь они зависят от благоприятных для данного вида (популяции) отношений в пищевых цепочках: уменьшение хищников, увеличение кормовых ресурсов. Обычно такие колебания затрагивают несколько видов и животных, и растений в биогеоценозах, что может привести к коренным перестройкам всего биогеоценоза.

3. *Вспышки численности видов в новых районах,* где отсутствуют их естественные враги.

4. *Резкие непериодические колебания численности,* связанные с природными катастрофами (в результате засухи или пожаров).

Влияние популяционных волн особенное заметно в популяциях очень малой величины (обычно при численности размножающихся особей не более 500). Именно в этих условиях популяционные волны могут как бы подставлять под действие естественного отбора редкие мутации или устранять уже довольно обычные варианты.

Изоляция

Под *изоляцией* понимается *возникновение любых барьеров, нарушающих панмиксию (свободное скрещивание)*. В зависимости от их природы выделяют два основных типа изоляции: *пространственную и биологическую (репродуктивную)*.

Пространственная изоляция может существовать в двух проявлениях: *изоляция за счет географических барьеров и изоляция расстоянием* (без заметных географических барьеров, просто в силу большого расстояния между популяциями или отдельными особями). Возникновение пространственной изоляции связано с радиусом репродуктивной активности для особей вида.

Биологическая изоляция приводит к нарушению скрещивания или препятствует воспроизведению нормального потомства, что обеспечивается двумя группами механизмов: *устраняющие скрещивание (докопуляционная изоляция)* и *изоляция при скрещивании (послекопуляционная изоляция)*. Спариванию близких форм препятствуют различия во время половой активности и созревания половых продуктов. В природе обычна *биотипическая изоляция*, при которой потенциальные партнеры по спариванию не встречаются, так как они часто обитают в разных местах. Большое значение в возникновении биологической изоляции у близких форм имеет *этологическая изоляция* — осложнения спаривания, обусловленные особенностями поведения. Важным изолирующим механизмом, затрудняющим скрещивание близких видов, оказывается возникновение *морфофизиологических различий* в органах размножения, так называемая *морфологическая изоляция*. Большая группа изолирующих механизмов в природе связана с возникновением изоляции после оплодотворения — *собственно генетическая изоляция*, включающая гибель зигот после оплодотворения, развитие полностью или частично

стерильных гибридов, а также пониженную жизнеспособность гибридов.

Значение изоляции в процессе эволюции состоит в том, что она закрепляет и усиливает начальные стадии генотипической дифференцировки.

Естественный отбор

Ч. Дарвин определил естественный отбор как сохранение особей с полезными и гибель с вредными индивидуальными отклонениями. *Особь является элементарным объектом отбора.* Но особи отбираются в пределах популяции. Отсюда *популяция — это поле действия отбора как элементарного фактора эволюции.* Сфера действия естественного отбора затрагивает все жизненно важные признаки и свойства особи. Успех в размножении в первую очередь зависит от общей жизнеспособности особи. Чрезвычайно существенно, что *отбор всегда идет по фенотипам.* Это означает, что *непосредственной точкой приложения отбора может быть лишь конкретный результат реализации генетической информации в виде определенного признака или свойства.* В фенотипе особи отражаются особенности генотипа, поэтому в череде поколений отбор по фенотипам сводится к отбору определенных генотипов. При этом единицей отбора всегда оказывается не отдельный признак или свойство, а весь генотип, вся особь в целом. Признак оказывается лишь точкой приложения отбора. Следовательно, *под естественным отбором нужно понимать избирательное (дифференцированное) воспроизведение генотипов (или генных комплексов).*

Для сферы действия естественного отбора существует одно ограничение: *естественный отбор не может изменить организацию какого-либо вида без пользы для него самого и лишь на пользу другому виду.* Чаще всего отбор направлен на создание взаимоприспособлений видов друг к другу. Однако отбор часто ведет к созданию признаков и свойств, невыгодных для отдельной особи и полезных для популяции и вида в целом. Генетической основой естественного отбора является наследственная изменчивость, а причиной — влияние условий окружающей среды. Мутанты, бывшие прежде менее приспособленными по сравнению с нормальным генотипом, при благоприятных для них изменениях условий среды получают преимущество и постепенно вы-

тесняют прежнюю норму. Результатом длительного действия отбора является преобразование популяционного генофонда, замена одних количественно преобладающих генотипов другими.

Формы естественного отбора (рис. 215)

Движущая форма естественного отбора. При данной форме отбора происходит отсев мутаций с одним средним значением признака, которые заменяются мутациями с другим средним значением признака. Другими словами, данная форма естественного отбора благоприятствует изменению среднего значения признака в измененных условиях среды. Классическим примером данной формы служит так называемый индустриальный меланизм.

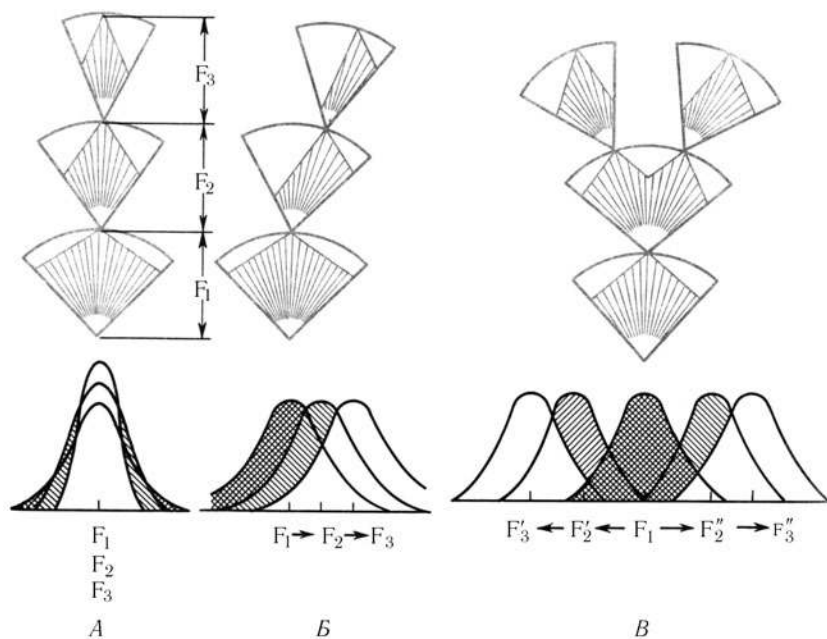


Рис. 215. Схема действия стабилизирующей (А), движущей (Б) и дизруптивной (В) форм естественного отбора:

F — поколения. На популяционных кривых заштрихованы элиминируемые варианты. Величина дуги при отборе внутри одного потомства соответствует норме реакции

Стабилизирующий отбор. Данная форма естественного отбора наблюдается в том случае, если условия внешней среды длительное время остаются достаточно постоянными, что способствует поддержанию среднего значения, выбраковывая мутационные отклонения от ранее сформировавшейся нормы.

Разрывающий (дизруптивный) отбор. Данная форма естественного отбора благоприятствует более чем одному фенотипу и направлена против средних форм. Это приводит как бы к разрыву популяции по данному признаку на несколько фенотипических групп, что может привести к полиморфизму.

Половой отбор — естественный отбор, касающийся признаков особей одного пола. Обычно половой отбор вытекает из борьбы между самцами (в редких случаях — между самками) за возможность вступить в размножение. Половой отбор — не самостоятельный фактор эволюции, а всего лишь частный случай внутривидового естественного отбора.

Индивидуальный отбор сводится к дифференцированному размножению отдельных особей, обладающих преимуществами в борьбе за существование в пределах популяции. Основан на соревновании особей внутри популяции.

Групповой отбор дает преимущественное размножение особей какой-либо группы. При групповом отборе в эволюции закрепляются признаки, благоприятные для группы, но не всегда благоприятные для особей. В групповом отборе группы особей соревнуются друг с другом в создании и поддержании целостности надорганизменных систем.

Искусственный отбор проводится человеком в целях создания новых пород или сортов, удовлетворяющих его потребностям.

Ч. Дарвин выделил два основных типа искусственного отбора:

— *бессознательный отбор* проводился путем сохранения и размножения наиболее ценных для человека признаков растений и животных, отбираемых по фенотипу, за счет отбора на уровне массовой выбраковки менее продуктивных особей. При данном отборе не ставятся задачи получения каких-то определенных пород и сортов;

— *сознательный (методический) отбор* состоит в том, что человек осмысленно ставит перед собой задачу по выведению именно тех форм растений и животных, которые ему нужны, и сам конструирует параметры породы животного или сорта растения.

У микроорганизмов результатом селекции являются *штаммы* — колонии клеток, отобранные по какому-то признаку.

Видообразование — результат микроэволюции

Видообразование — это разделение во времени и пространстве прежде единого вида на два или несколько.

Способы видообразования

1. Прямое преобразование одного вида в другой.

При этом количество видов в природе не изменяется.

2. Расхождение признаков, или дивергенция, возникающая в многочисленных популяциях и приводящая к их расселению в новые места обитания или к освоению новых экологических ниш. Число видов при этом может увеличиваться, если предковые виды остаются жизнеспособными.

3. Гибридизация двух видов, или конвергенция, приводящая к появлению нового, третьего, вида. Данный способ редко встречается в природе, но иногда используется в селекции. Число видов в природе при данном способе увеличивается.

Основные пути видообразования

1. Аллопатрическое видообразование (географическое) — новый вид может возникнуть из одной или нескольких смежных популяций, расположенных на периферии ареала исходного вида. Видообразование происходит при нарушении целостности (фрагментации) ареала широко распространенного родительского вида. В основе аллопатрического видообразования лежат те или иные формы пространственной изоляции.

2. Симпатрическое видообразование. Новый вид возникает внутри ареала исходного вида, т. е. видообразование происходит на одной территории. Главными механизмами являются мутации, хромосомные перестройки, полиплоидия, гибридизация, приводящие к генетической изоляции между родственными популяциями и формированию новых видов. Большую роль могут сыграть и экологические факторы. Особенность данного пути видообразования — возникновение новых видов, морфологически близких к исходному виду.

3. Филетическое видообразование. При данном способе вид, полностью изменяясь в череде поколений, превращается в новый вид.

4. *Дивергентное видообразование* (рис. 216) — новый вид может возникнуть путем разделения единого предкового вида. В данном случае огромную роль играет дизруптивная форма естественного отбора.

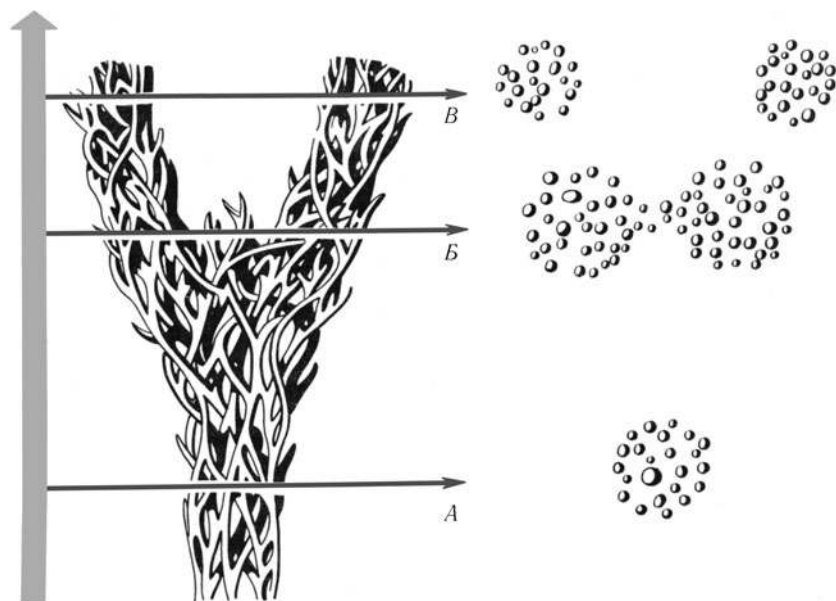


Рис. 216. Схема видообразования. Каждая отдельная веточка — популяция:

A — уровень исходного единого вида; *B* — момент незавершенного разделения видов; *B* — два новых вида

МАКРОЭВОЛЮЦИЯ

Макроэволюцией называют процессы формирования таксонов надвидового уровня, таких, как роды, семейства, отряды, классы, отделы и т. д. Процесс макроэволюции связан непосредственно с микроэволюцией и является ее обобщенным выражением, но только на макроэволюционном уровне можно обнаружить общие тенденции, закономерности и направления эволюции живого мира, которые не выявляются на микроэволюционном уровне, например основные типы эволюционного процесса.

Основные типы эволюционного процесса

Дивергенция	Расхождения признаков в процессе эволюции, приводящее к образованию новых форм или таксонов организмов от общего предка. На основе дивергенции одни органы тела преобразуются в другие в связи с выполнением ими новых функций. В результате образуются <i>гомологичные органы</i> — имеющие общее происхождение, но выполняющие разные функции	Например, с выходом позвоночных животных на сушу их передние конечности претерпели значительные изменения в зависимости от типа территории освоения и образа жизни. С переходом на воздушное дыхание приобрели новые функции жаберные дуги
Конвергенция	Независимое возникновение сходных признаков у организмов, не родственных друг другу, или у органов, имеющих в эмбриональном развитии различное происхождение, но выполняющих сходные функции. Чаще всего возникает при заселении разными видами организмов сходных типов местообитаний. Органы, выполняющие сходные функции, но имеющие разное происхождение, называются <i>аналогичными органами</i>	Крылья бабочки и рукокрылых, роющие конечности крота и медведки
Параллелизм	Конвергентное сходство появляется независимо друг от друга у разных групп, бывших когда-то близкими. В новых условиях обитания такие организмы снова приобретают сходные черты. Причинами такого развития являются: одинаковое направление естественного отбора в сходных местах обитания; определенная генетическая близость между группами организмов, имеющих общих предков	Рыбообразная обтекаемая форма у вторичноводных млекопитающих, сходство задних конечностей утки с конечностями лягушки и выхухоли

Окончание табл.

Филетическая эволюция (филогенез)	Происходит последовательное изменение исходного вида через ряд промежуточных видов без образования боковых ветвей. Возникает непрерывный ряд таксонов, каждый из которых является потомком предыдущего и предком последующего	Классическим примером филогенеза является эволюция современной лошади

Основные направления эволюционного процесса

Биологический прогресс

Характеризуется возрастанием приспособленности особей к окружающей среде (рис. 217), успехом в борьбе за существование, что ведет к повышению численности особей, расширению ареала, увеличению количества и разнообразия дочерних групп (популяций и подвидов внутри вида, видов в роде и т. п.).

Идиоадаптация — мелкие приспособления к специфическим условиям среды, полезные в борьбе за существование, но существенно не меняющие уровня организации. Обеспечивает развитие групп внутри определенной среды обитания с возникновением большого числа близких форм одного уровня организации. Идиоадаптации к узким, ограниченным, условиям среды приводят к специализации группы. Специализация при быстром изменении условий среды может привести к вымиранию.

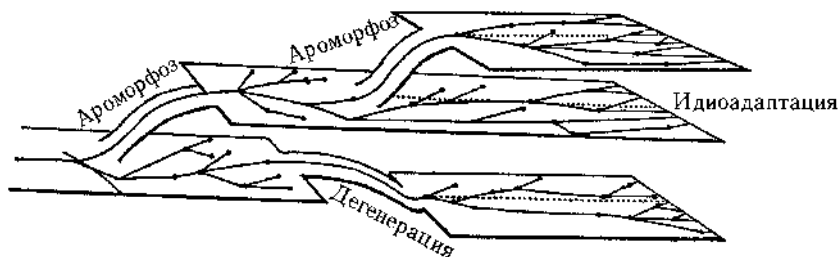


Рис. 217. Соотношение между ароморфозом, идиоадаптацией и дегенерацией

У растений: приспособления к опылению цветков ветром и насекомыми, видоизменения листьев.

У животных: различная окраска, форма тела у водных животных, различные конечности у животных и насекомых.

Ароморфоз — усложнения строения и функций организмов, которые ведут к общему повышению организации и жизнеспособности группы в новых условиях обитания. Не имея прямого приспособительного характера, они повышают интенсивность жизнедеятельности особей, обуславливая их относительную независимость от условий среды. Сохраняются в поколениях, приводя к возникновению новых крупных систематических групп. Крупными ароморфозами считаются: появление многоклеточности, оформление ядра, аэробное дыхание, появление полового процесса.

У растений: развитие тканей, появление вегетативных органов, появление семян, цветка и плода, появление фотосинтеза.

У животных: двусторонняя симметрия тела, развитие мышц, сегментация тела, появление хорды, челюстей, внутреннее оплодотворение, теплокровность, выкармливание детенышей молоком.

Дегенерация — упрощение организации, образа жизни в результате приспособления к более простым условиям существования, как правило связанным с прикрепленным или паразитическим образом жизни. Обычно сопровождается исчезновением ряда органов.

Утрата органов чувств и пищеварительной системы у ленточных червей, редукция корней и хлорофилла у паразитических растений.

Биологический регресс

Это направление эволюции характеризуется уменьшением численности особей группы, сокращением ареала, уменьшением числа и разнообразия дочерних групп. В итоге может привести к вымиранию группы.

Раздел

VI

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ



СОСТАВ БИОСФЕРЫ

Современная *биосфера* включает в себя всю *гидросферу*, нижнюю часть *атмосферы* и поверхностные слои *литосферы*, преимущественно подвергшиеся воздействию живых организмов, — *почву*.

Каждая из геологических оболочек планеты имеет свои специфические свойства, которые определяют не только набор форм живых организмов, обитающих в данной части биосферы, но и их основные морфофизиологические особенности, формируя своим влиянием принципиальные пути эволюции и становления фундаментальных черт жизненных форм воздушных, наземных, водных и почвенных организмов. С другой стороны, сами эти геологические оболочки находятся под действием живых организмов, деятельность которых может изменять как их химический состав, так и физическое состояние.

Таким образом, воздушная, водная и почвенная оболочки земли не просто представляют собой пространство, заполненное жизнью, но выступают как основные среды жизни, активно формирующие ее состав и биологические свойства.

Функциональная взаимосвязь составных частей биосферы включает и взаимодействие процессов, происходящих в атмосфере и гидросфере. Это прежде всего круговорот воды. Во-вторых, это энергетические связи, как прямые — через тепловое излучение, так и косвенные — через процессы фотосинтеза. Наконец, имеют место и химические связи (растворение в воде кислорода и углекислого газа).

В целом функциональная взаимосвязь составных частей биосферы превращает ее в генеральную саморегулирующуюся экосистему, обеспечивающую устойчивый глобальный круговорот веществ.

Рассмотрим состав биосферы по типу веществ, слагающих биосферу.

Как отмечал В. И. Вернадский, «вещество биосферы состоит из семи глубокоразнородных частей»:

1) совокупность живых организмов, **живого вещества**, рассеянного в мирадах особей;

2) вещество, создаваемое и перерабатываемое жизнью, — **биогенное вещество** (например, каменный уголь, битумы, известняки), которое является источником чрезвычайно мощной потенциальной энергии;

3) **косное вещество** (твердое, жидкое и газообразное), образуемое процессами, в которых живое вещество не участвует;

4) **биокосное вещество**, которое создается одновременно живыми организмами и косными процессами, представляя собой динамические равновесные системы тех и других. Живое вещество в таких системах играет ведущую роль;

5) **вещество в радиоактивном распаде** в форме немногих относительно прочных радиоактивных элементов;

6) **рассеянные атомы**, вещество, по-видимому характерное только для биосферы, непрерывно создающееся из всякого рода земного вещества под влиянием космического излучения;

7) **вещество космического происхождения.**

Данная классификация типов веществ В. И. Вернадского, по мнению геолога Н. В. Вассоевича, не является логически безупречной, так как выделенные категории вещества частично перекрываются.

Типы веществ биосферы Земли (по Лаппо)

Характер вещества	Градации по исходному веществу	Типы вещества земного происхождения	Типы вещества внеземного происхождения
Живое	Биогенное	Живое вещество	Неизвестно
	Абиогенное	Неизвестно	Неизвестно
Неживое	Биогенное	а) необиогенное вещество; б) палеобиогенное вещество	Неизвестно
	Абиогенное	Абиогенное, или косное, вещество	Абиогенное, или вещество космического происхождения

Вещества земного происхождения представлены в биосфере как живым, так и неживым веществом.

Биогенное живое вещество образуется исключительно путем размножения уже существующего живого вещества. Живое вещество, образованное абиогенным путем (из неживой материи), не обнаружено. Неживое вещество, присутствующее в биосфере, может быть как биогенным, так и абиогенным.

Биогенное неживое вещество создано в результате жизнедеятельности живых организмов или в результате их смерти (остатки отмерших организмов, продукты их линьки и опада, экскременты животных и продукты внешнего метаболизма живых организмов). Эти вещества можно разделить на две группы:

а) *необиогенное вещество*, образованное живым веществом, существующим в данную геологическую эпоху. Характерной его чертой является крайняя неустойчивость в биосфере, обусловленная главным образом тем, что его энергично перерабатывают живые организмы, особенно это характерно для органических соединений;

б) *палеобиогенное вещество*, образованное живым веществом прошедших геологических эпох и сохранившееся в составе горных пород.

Неживое абиогенное вещество — это, например, продукты вулканизма и газы, выделяющиеся из недр Земли.

Среди веществ внеземного происхождения присутствия живого или биогенного вещества научно не установлено. Что касается абиогенного вещества внеземного происхождения, то это вещь вполне реальная. Сюда относятся метеориты, которые являются наиболее известной, но далеко не самой распространенной формой абиогенного вещества неземного происхождения, в составе которого преобладает метеоритная пыль с диаметром частиц в десятки микронов и еще более мелкие частицы с размерами, приближающимися к молекулярным.

Живое вещество и его функции

«На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом», — писал В. И. Вернадский о живом веществе биосферы.

Живое вещество, по словам Вернадского, выполняет космическую функцию, связывая Землю с космосом и осуществляя процесс фотосинтеза. Используя солнечную энергию, живое вещество выполняет гигантскую химическую работу.

По Вернадскому, который впервые рассмотрел функции живого вещества в своей знаменитой книге «Биосфера», таких функций девять: газовая, кислородная, окислительная, кальциевая, восстановительная, концентрационная, функция разрушения органических соединений, функция восстановительного разложения, функция метаболизма и дыхания организмов.

В настоящее время с учетом новых исследований различают следующие функции.

Энергетическая функция

Поглощение солнечной энергии при фотосинтезе и химической энергии при разложении энергонасыщенных веществ, передача энергии по пищевым цепям.

В результате осуществляется связь биосферно-планетарных явлений с космическим излучением, преимущественно с солнечной радиацией. За счет накопленной солнечной энергии протекают все жизненные явления на Земле. Недаром Вернадский назвал зеленые хлорофильные организмы главным механизмом биосферы.

Поглощенная энергия распределяется внутри экосистемы между живыми организмами в виде пищи. Частично энергия рассеивается в виде тепла, а частично накапливается в отмершем органическом веществе и переходит в ископаемое состояние. Так образовались залежи торфа, каменного угля, нефти и других горючих полезных ископаемых.

Деструктивная функция

Эта функция состоит в разложении, минерализации мертвого органического вещества, химическом разложении горных пород, вовлечении образовавшихся минералов в биотический круговорот, т.е. обуславливает превращение живого вещества в косное. В результате образуются также биогенное и биокосное вещество биосферы.

Особо следует сказать о химическом разложении горных пород. *«Мы не имеем на Земле более могучего дробителя материи, чем живое вещество»*, — писал Вернадский. Пионеры

жизни на скалах — бактерии, синезеленые водоросли, грибы и лишайники — оказывают на горные породы сильнейшее химическое воздействие растворами целого комплекса кислот — угольной, азотной, серной и разнообразных органических. Разлагая с их помощью те или иные минералы, организмы избирательно извлекают и включают в биотический круговорот важнейшие питательные элементы — кальций, калий, натрий, фосфор, кремний, микроэлементы.

Концентрационная функция

Так называется избирательное накопление в ходе жизнедеятельности определенных видов веществ для построения тела организма или удаляемых из него при метаболизме. В результате концентрационной функции живые организмы извлекают и накапливают биогенные элементы окружающей среды. В составе живого вещества преобладают атомы легких элементов: водорода, углерода, азота, кислорода, натрия, магния, кремния, серы, хлора, калия, кальция. Концентрация этих элементов в теле живых организмов в сотни и тысячи раз выше, чем во внешней среде. Этим объясняется неоднородность химического состава биосферы и ее существенное отличие от состава неживого вещества планеты. Наряду с концентрационной функцией живого организма вещества выделяется противоположная ей по результатам — *рассеивающая*. Она проявляется через трофическую и транспортную деятельность организмов. Например, рассеивание вещества при выделении организмами экскрементов, гибели организмов при разного рода перемещениях в пространстве, смене покровов. Железо гемоглобина крови рассеивается, например, через кровососущих насекомых.

Средообразующая функция

Преобразование физико-химических параметров среды (литосферы, гидросферы, атмосферы) в результате процессов жизнедеятельности в условиях, благоприятных для существования организмов. Эта функция является совместным результатом рассмотренных выше функций живого вещества: энергетическая функция обеспечивает энергией все звенья биологического круговорота; деструктивная и концентрационная способствуют извлечению из природной среды и накоплению

рассеянных, но жизненно важных для живых организмов элементов. Очень важно отметить, что в результате средообразующей функции в географической оболочке произошли следующие важнейшие события: был преобразован газовый состав первичной атмосферы, изменился химический состав вод первичного океана, образовалась толща осадочных пород в литосфере, на поверхности суши возник плодородный почвенный покров. *«Организм имеет дело со средой, к которой не только он приспособлен, но которая приспособлена к нему»*, — так характеризовал Вернадский средообразующую функцию живого вещества.

Рассмотренные четыре функции живого вещества являются главными, определяющими функциями. Можно выделить еще некоторые функции живого вещества, например:

— **газовая функция** обуславливает миграцию газов и их превращения, обеспечивает газовый состав биосферы. Преобладающая масса газов на Земле имеет биогенное происхождение. В процессе функционирования живого вещества создаются основные газы: азот, кислород, углекислый газ, сероводород, метан и др. Хорошо видно, что газовая функция является совокупностью двух основополагающих функций — деструктивной и средообразующей;

— **окислительно-восстановительная функция** заключается в химическом превращении главным образом тех веществ, которые содержат атомы с переменной степенью окисления (соединения железа, марганца, азота и др.). При этом на поверхности Земли преобладают биогенные процессы окисления и восстановления. Обычно окислительная функция живого вещества в биосфере проявляется в превращении бактериями и некоторыми грибами относительно бедных кислородом соединений в почве, коре выветривания и гидросфере в более богатые кислородом соединения. Восстановительная функция осуществляется при образовании сульфатов непосредственно или через биогенный сероводород, производимый различными бактериями. И здесь мы видим, что данная функция является одним из проявлений средообразующей функции живого вещества;

— **транспортная функция** — перенос вещества против силы тяжести и в горизонтальном направлении. Еще со времен Ньютона известно, что перемещение потоков вещества на нашей планете определяется силой земного тяготения. Неживое вещество само по себе перемещается по наклонной плоскости исключительно сверху вниз. Только в этом направлении движутся реки, ледники, лавины, осыпи.

Живое вещество — единственный фактор, обуславливающий обратное перемещение вещества — снизу вверх, из океана — на континенты.

За счет активного передвижения живые организмы могут перемещать различные вещества или атомы в горизонтальном направлении, например за счет различных видов миграций. Перемещение, или миграцию, химических веществ живым веществом Вернадский назвал *биогенной миграцией атомов или вещества*.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

К экологическим факторам относятся компоненты и явления окружающей среды, влияющие на жизнедеятельность и поведение организмов. Экологические факторы подразделяются на абиотические и биотические факторы.

Абиотические факторы — это компоненты и явления неживой природы, прямо или косвенно воздействующие на живые организмы. Среди них главенствующую роль играют:

— *климатические факторы* — солнечная радиация, световой режим, температура, влажность, атмосферные осадки, ветер, давление и др.;

— *эдафические (почвенные)* — вся совокупность физических и химических свойств почв, влияющих на распространение почвенных животных и растений;

— *гидрографические, или факторы водной среды*, — физические и химические свойства воды как среды обитания живых организмов. На характер распределения водных организмов оказывают влияние плотность, соленость, световой режим, температура, прозрачность воды.

Биотические факторы — совокупность влияния жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а также на живую среду обитания. Они подразделяются на две группы в зависимости от видовой принадлежности влияющих друг на друга организмов.

Внутривидовые биотические факторы (внутрипопуляционные взаимоотношения): демографические, этологические (факторы поведения), конкурентные, половые, иерархические, возрастные. Межвидовые биотические факторы, как правило, очень разнообразны на популяционном уровне и показывают влияние популяций разных видов друг на друга. Часто межвидовые био-

тические факторы называют межвидовыми отношениями (взаимоотношениями).

Межвидовые взаимоотношения можно разбить на четыре типа: нейтральные, антагонистические, конкурентные и симбиотические (взаимовыгодные).

Взаимоотношения организмов

Тип взаимодействия		Виды		Характер взаимодействия
		1-й вид	2-й вид	
Нейтральные	Нейтрализм	0	0	Отсутствие взаимного влияния организмов. Ни одна популяция не влияет на другую
	Вредно-нейтральные: аменсализм	—	0	Форма взаимоотношений, при которой популяция одного вида подавляет популяцию другого вида без обратного воздействия со стороны подавляемой популяции
	Полезно-нейтральные: комменсализм	+	0	Взаимодействие двух популяций разных видов, при котором одна из популяций извлекает одностороннюю пользу (комменсал), не причиняя вреда другой популяции, но и не принося пользы. Подразделяется на следующие виды: квартиранство, нахлебничество, сотрапезничество
Антагонистические	Паразитизм	+	—	Межвидовые взаимодействия, при которых один из видов (паразит) использует другой вид (хозяин) в качестве среды обитания или источника пищи. В зависимости от места паразитизма паразиты бывают эктопаразитами — паразитируют на поверхности хозяина и эндопаразитами — паразитируют внутри хозяина
	Хищничество	+	—	Форма взаимодействия между разными видами, при которой один вид (хищник) использует другой вид (жертва) в качестве пищи

Окончание табл.

Тип взаимодействия		Виды		Характер взаимодействия
		1-й вид	2-й вид	
Конку- рентные	Конкурен- ция внут- ривидовая	—	—	Форма взаимодействия между организмами одного вида (попу- ляции)
	Конкурен- ция меж- видовая	—	—	Форма взаимодействия между популяциями разных видов, конкурирующих за одни и те же ресурсы внешней среды (территорию, пищу, свет, убежище)
Симбио- тические	Симбиоз	+	+	Тесное взаимодействие двух или более организмов разных видов, при котором организмы (симбионты) приносят друг другу пользу
	Муту- ализм	+	+	Форма симбиоза, при которой каждый из сожителей получает относительно равную пользу, при этом они (или хотя бы один из них) не могут существовать друг без друга
	Протоко- операция	+	+	Форма симбиоза, при которой каждый из сожителей получает пользу от присутствия второго, но при этом каждый может существовать без второго

Для каждого влияющего на организм экологического фактора существует благоприятная интенсивность воздействия, называемая *зоной оптимума* (рис. 218). Максимальное и минимальное значение фактора, при котором еще возможна жизнедеятельность, называют *пределами выносливости, или толерантностью*. Границы, за пределами которых наступает гибель организмов, называют *верхними и нижними пределами выносливости*. Фактор среды, в конкретных условиях наиболее удаленный от оптимума, снижает возможность существования вида в данных условиях, несмотря на оптимальные сочетания остальных факторов.

Такой фактор, интенсивность которого приближается к пределу выносливости или выходит за его границы, называют *ограничивающим*, или *лимитирующим*, фактором.

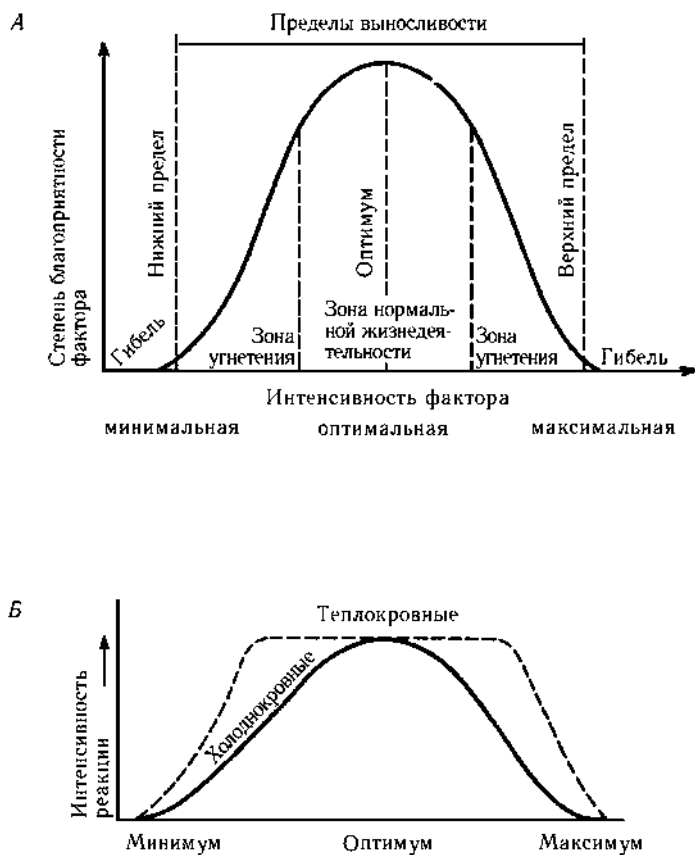


Рис. 218. Действие экологического фактора на живые организмы:

А — общая схема; *Б* — схема для теплокровных и холоднокровных животных

Раздел

VII Энергия в биологических системах



ФОТОСИНТЕЗ

Сохранение жизни зависит от способности организма использовать различные источники энергии. Какие же это источники?

При всем своем разнообразии организмы используют в основном два источника энергии: энергию химических связей органических веществ и энергию солнечного света.

Организмы, которые используют энергию органических веществ (совокупность всех органических веществ, используемых организмом, называется пищей), называются *органотрофами*. Все остальные организмы называют *литотрофами*. Литотрофы относятся к *автотрофам*, а органотрофы — это *гетеротрофы*.

Автотрофные организмы используют для питания соединения, не представляющие энергетической ценности, такие, как предельные окислы углерода (CO_2) или водорода (H_2O), поэтому они нуждаются в дополнительном источнике энергии. Этим источником энергии для большинства автотрофных организмов является солнечный свет.

Автотрофные организмы используют CO_2 в качестве единственного или главного источника углерода и обладают как системой ферментов для ассимиляции CO_2 , так и способностью синтезировать все компоненты клетки. Автотрофы делятся на две группы:

— *фотоавтотрофы* — зеленые растения, водоросли, бактерии, способные к фотосинтезу;

— *хемоавтотрофы* — бактерии, использующие окисление неорганических веществ (водород, сера, аммиак, нитраты, сероводород и др.). К ним относятся, например, водородные бакте-

рии, нитрифицирующие бактерии, железобактерии, серобактерии, метанообразующие бактерии.

Поглащенный солнечный свет используется фотоавтотрофами для синтеза органических веществ. Поэтому можно дать следующее определение фотосинтеза.

Фотосинтез — это процесс преобразования поглощенной энергии света в химическую энергию органических соединений.

Фотосинтез — единственный процесс в биосфере, ведущий к увеличению энергии биосферы за счет внешнего источника — Солнца — и обеспечивающий существование как растений, так и практически всех гетеротрофных организмов.

Физико-химические основы фотосинтеза

В общих чертах физико-химическую суть фотосинтеза можно описать следующим образом. Молекула *хлорофилла* поглощает *квант света* и переходит в *возбужденное состояние*, характеризующееся *электронной структурой* с повышенной энергией и способностью легко отдавать электрон. Такой электрон можно сравнить с камнем, поднятым на высоту, — он также приобретает дополнительную потенциальную энергию. Электрон, как по ступеням, перемещается по *цепочке сложных органических соединений*, встроенных в мембраны *хлоропласта*. Эти соединения отличаются друг от друга своими *окислительно-восстановительными потенциалами*, которые к концу цепи повышаются. Перемещаясь с одной ступени на другую, электрон теряет энергию, которая используется для *синтеза АТФ*.

Растративший свою энергию электрон возвращается к *хлорофиллу*. Новая порция световой энергии вновь возбуждает молекулу *хлорофилла*. Электрон снова проходит по тому же пути, расходуя свою энергию на образование новых молекул *АТФ*, и весь цикл повторяется.

Что же представляет собой главный «герой» фотосинтеза — квант света? Солнечный свет — это электромагнитные волны, распространяющиеся в вакууме с максимально возможной скоростью (*c*). Электромагнитное излучение характеризуется длиной волны, амплитудой и частотой. Свойства электромагнитного излучения сильно зависят от длины волны (рис. 219).

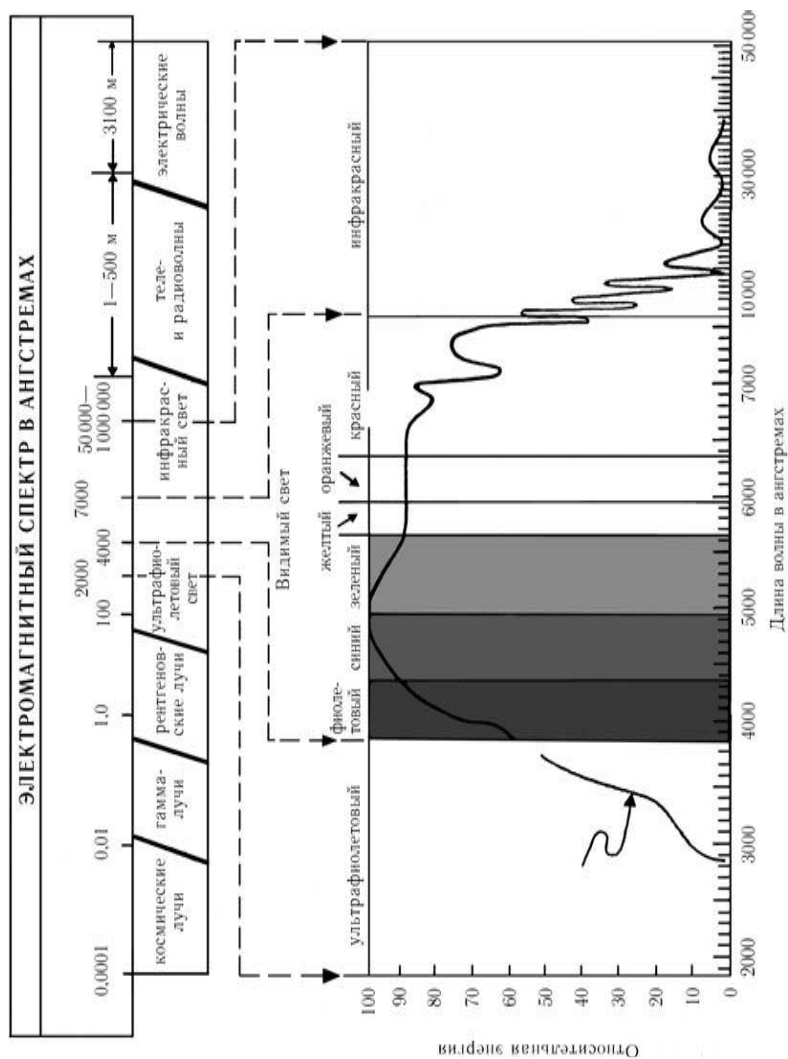


Рис. 219. Шкала электромагнитного излучения. Ангстрем — единица длины, равная 10^{-8} см

Видимый свет занимает очень маленькую часть электромагнитного спектра, но именно ее используют растения для фотосинтеза.

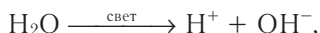
Электромагнитные волны излучаются и поглощаются не непрерывно, а отдельными порциями — квантами (фотонами). Каждый квант света несет определенное количество энергии, которая находится в обратной зависимости от длины волны λ :

$$E = hc/\lambda,$$

т. е. чем больше длина волны, тем меньше энергия кванта (h — постоянная Планка).

От длины волны зависит не только энергия кванта, но и его цвет.

Попадая на какую-либо поверхность, квант света отдает ей свою энергию, в результате чего поверхность нагревается. Но в некоторых случаях при поглощении кванта света молекулой его энергия не сразу превращается в тепло, а может привести к различным изменениям внутри молекулы. Например, под действием света происходит фотолиз воды:



т. е. вода диссоциирует на ион водорода и ион гидроксила. Затем ион гидроксила теряет свой электрон, и радикалы гидроксила образуют воду и кислород:



Что же происходит в молекуле под действием кванта света? Чтобы ответить на этот вопрос, надо вспомнить строение атома. В атоме электроны находятся на различных орбиталях и обладают различной энергией.

Энергия поглощенного кванта света в атоме или молекуле передается электрону. За счет этой дополнительной энергии он может перейти на другой, более высокий энергетический уровень, оставаясь по-прежнему в молекуле. Такое состояние атома или молекулы называют *возбужденным*. Молекула в возбужденном состоянии нестабильна — она «стремится» отдать лишнюю энергию и перейти в стабильное состояние с наименьшей энергией. От избытка энергии молекула может избавиться разными путями: изменением спина электрона, выделением тепла, флуоресценцией, фосфоресценцией. Если энергия кванта слиш-

ком велика, возможно «выбивание» электрона из молекулы, которая превращается в катион.

Вернемся к фотосинтезу. Следующим «героем» фотосинтеза является молекула хлорофилла (рис. 220), основная функция которой состоит в поглощении кванта света.

Хлорофилл — зеленый пигмент. Основу молекулы составляет Mg-порфириновый комплекс, состоящий из четырех пирольных колец. Пирольные кольца в молекуле хлорофилла образуют систему

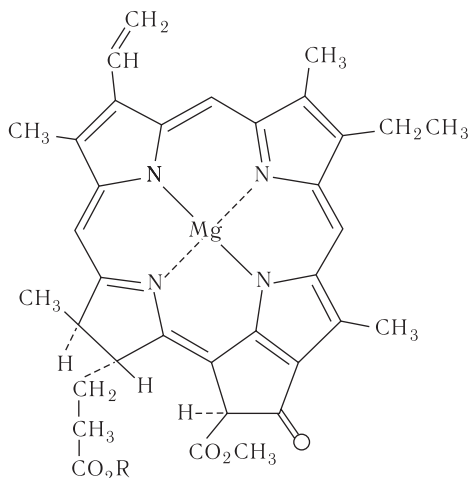


Рис. 220. Строение молекулы хлорофилла

сопряженных связей. Такая структура облегчает поглощение кванта света и передачу энергии света электрону хлорофилла.

Существует несколько типов хлорофиллов, различающихся строением, а следовательно, и спектрами поглощения. Все растения имеют два вида хлорофилла: основной, присутствует у всех растений, это хлорофилл *a* и дополнительный, который у разных растений разный: у высших растений и зеленых водорослей это хлорофилл *b*, у бурых и диатомовых — хлорофилл *c*, у красных водорослей — хлорофилл *d*. У фототрофных бактерий присутствует аналог хлорофилла — бактериохлорофилл.

Кроме хлорофилла в растениях присутствуют и другие пигменты. К желтым пигментам, каротиноидам, относятся оранжевые или красные пигменты — каротины, желтые — ксантофиллы. На фоне хлорофилла каротиноиды в листе не заметны, но осенью после разрушения хлорофилла придают листьям желтую и красную окраску. Как и хлорофилл, каротиноиды принимают участие в поглощении света при фотосинтезе, но хлорофилл является основным пигментом, а каротиноиды — дополнительными. Каротиноиды выполняют роль стабилизаторов фотосинтеза, защищая хлорофилл от самоокисления и разрушения.

Все пигменты, участвующие в фотосинтезе, находятся в специальных органоидах растительной клетки — хлоропластах.

Состав и строение фотосинтетического аппарата

Хлоропласты являются внутриклеточными двумембранными органоидами, в которых осуществляется фотосинтез.

У высших растений хлоропласты находятся преимущественно в клетках палисадной и губчатой тканей мезофилла листа. Они присутствуют также в замыкающих клетках устьиц эпидермиса листьев.

Хлоропласты сосудистых растений имеют форму двояковыпуклой, плосковыпуклой или вогнутовыпуклой линзы с круглым или эллипсоидным контуром. Внутренняя структура всех хлоропластов (рис. 221) характеризуется наличием системы мембран, называемых также ламеллами, погруженных в гидрофильный белковый матрикс, или строму.

Основной субъединицей этой мембранной структуры является *тилакоид* — пузырек, образованный одинарной мембраной (рис. 222).

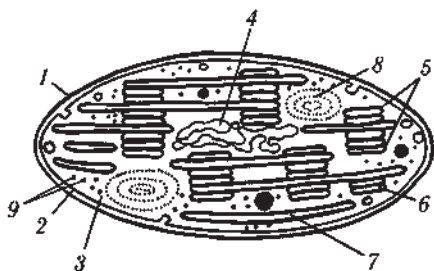


Рис. 221. Строение хлоропласта:

1 — внешняя мембрана; 2 — внутренняя мембрана; 3 — строма; 4 — кольцевая ДНК; 5 — грана; 6 — тилакоид грани; 7 — тилакоид стромы; 8 — крахмальные зерна; 9 — рибосомы

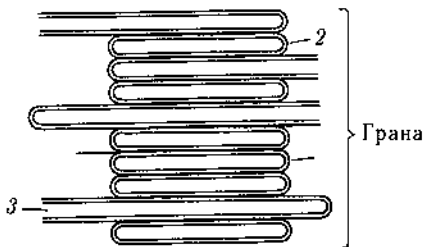
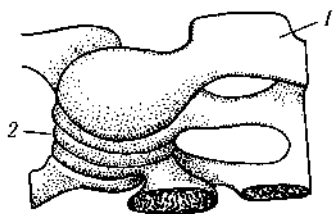


Рис. 222. Часть тилакоидной системы:

1 — тилакоид стромы; 2 — тилакоид грани; 3 — полость тилакоида стромы

Хлоропласты зрелых клеток имеют максимально развитую тилакоидную систему. Ее структура в хлоропластах разных растений различна и связана главным образом с отношением данного вида растений к свету: хлоропласты светолюбивых растений содержат много мелких гран, хлоропласты теневыносливых — меньшее количество гран, но крупных.

В клетке хлоропласты постоянно перемещаются с током цитоплазмы или самостоятельно, ориентируясь по отношению к свету. Если падающий на лист поток света имеет высокую интенсивность, то хлоропласты располагаются вдоль световых лучей и занимают боковые стенки клеток. Если свет слабый, то хлоропласты ориентируются перпендикулярно световому потоку, тем самым увеличивая площадь поглощения света. Это проявление фототаксиса у хлоропластов.

В настоящее время установлено, что фотосинтетические пигменты в мембранах хлоропластов имеют не беспорядочное расположение, а организованы в две пигментные системы — фотосистему I (ФС I) и фотосистему II (ФС II).

Существование двух фотосистем удалось установить благодаря тому, что пигменты, входящие в состав ФС I и ФС II, различаются по спектральным свойствам. Интенсивность фотосинтеза при освещении светом с длиной волны 680—700 нм может быть значительно повышена добавлением света с более короткой длиной волны (650—660 нм), и наоборот. Оказалось, что интенсивность фотосинтеза при освещении смешанным светом (650—700 нм) выше суммы интенсивностей фотосинтеза, наблюдаемой при освещении светом каждого из указанных выше диапазонов длин волн в отдельности (эффект Эмерсона). Это указывает на то, что в фотосинтезе участвуют обе фотосистемы одновременно.

Каждая фотосистема состоит из светособирающих (антенных) молекул пигментов (хлорофилла *a*, хлорофилла *b*, каротиноидов, фикобилинов) и реакционного центра (РЦ). Реакционный центр в свою очередь включает фотоактивный пигмент-ловушку и первичные доноры и акцепторы электронов. Пигмент-ловушка ФС I поглощает свет с длиной волны 700 нм и обозначается P_{700} (или P_{700}), а пигмент-ловушка ФС II поглощает свет с длиной волны 680 нм и обозначается P_{680} (или P_{680}).

Пигменты антенного комплекса поглощают свет в той части спектра, в которой не поглощает пигмент-ловушка, и доставляют поглощенную энергию в РЦ, что позволяет эффективнее использовать энергию света. Как правило, они поглощают свет с

длиной волны меньшей, чем свет, поглощаемый хлорофиллом, входящим в РЦ. Перенос энергии происходит только от пигментов, поглощающих свет с меньшей длиной волны, к пигментам, поглощающим свет с большей длиной волны.

Дело в том, что хотя передача энергии от одной молекулы пигмента к другой идет с большой эффективностью (от хлорофилла *b* к хлорофиллу *a* — 90%, от каротиноидов к хлорофиллу — 40%), однако все же это связано с некоторой потерей энергии. Потеря энергии приводит к превращению квантов с большей энергией (с меньшей длиной волны) в кванты с меньшей энергией (с большей длиной волны). Именно поэтому основные формы хлорофилла, к которому стекается энергия, являются наиболее «длинноволновыми». Обратный перенос энергий невозможен.

Надо отметить, что функции белково-пигментного антенного комплекса заключаются не только в поглощении и передаче энергии, но и в защите хлорофилла от активных форм кислорода, которые образуются при поглощении света.

Упрощенная схема строения антенного белково-пигментного комплекса приведена на рис. 223.

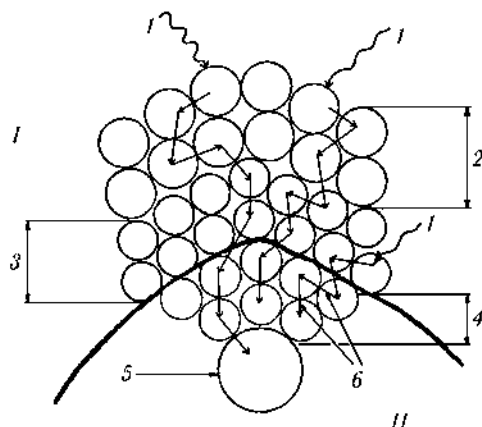


Рис. 223. Упрощенная модель фотосистемы:

I — антенный комплекс; *II* — реакционный центр; *I* — кванты света; *2* — пигменты, поглощающие в коротковолновой части спектра видимого света; *3* — пигменты, поглощающие в средневолновой части спектра видимого света; *4* — молекулы хлорофилла *a* с различными спектрами поглощения; *5* — хлорофилл-ловушка P_{680} или P_{700} ; *6* — путь энергии поглощенного кванта света к хлорофиллу-ловушке

Антенный комплекс вместе с одним из фотоактивных комплексов (ФС I или ФС II) образует фотосинтетическую единицу. Однако до сих пор неясно, какая реальная организация фотосинтетических мембран соответствует фотосинтетической единице.

Реакционные центры могут быть вкраплены в светособирающий комплекс так, что энергия кванта света, поглощенного любой из молекул антенны, может пройти по цепочке молекул пигментов и достичь любого РЦ. Другая возможность состоит в том, что каждый РЦ может получать энергию лишь от своей антенны. Эти альтернативы называют *мультицентральной* и *уницентральной* моделями фотосинтетической единицы соответственно (рис. 224).

Помимо светособирающего пигмент-белкового комплекса и комплексов ФС I и ФС II в фотосинтезирующих мембранах находится так называемый цитохромный комплекс, обеспечивающий перенос электронов между фотосистемами и циклический перенос электронов вокруг ФС I, а также подвижные переносчики электрона (пластохинон, пластоцианин, ферредоксин).

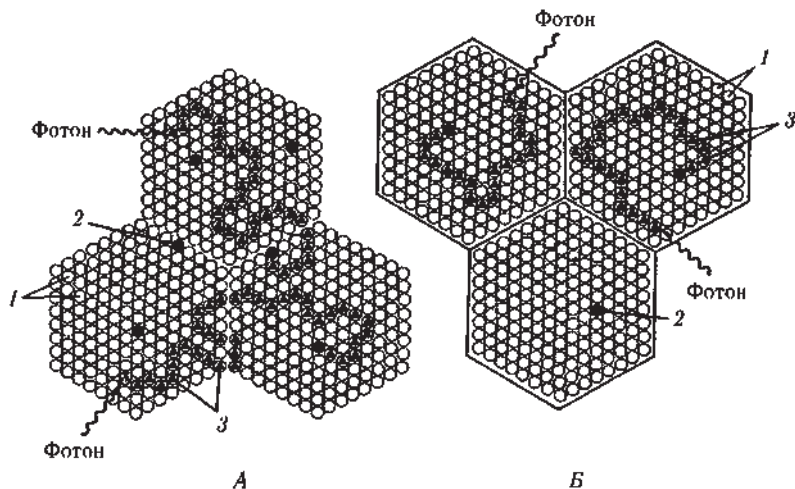


Рис. 224. Модели мультицентральной (А) и уницентральной (Б) фотосинтетических единиц:

1 — пигмент антенны; 2 — P_{700} или P_{680} в реакционном центре; 3 — молекула пигмента антенны, которая перешла в возбужденное состояние в результате поглощения фотона или в результате переноса энергии

Фазы и процессы фотосинтеза

Молекула, поглотившая энергию, переходит в возбужденное состояние, которое является нестабильным. Такая нестабильная молекула не может долго существовать — она стремится избавиться от избытка энергии различными способами. Хлорофилл-ловушка в РЦ, получив энергию от антенного комплекса, переходит в возбужденное состояние (Хл^*).

Возбужденный хлорофилл может вернуться в основное, т. е. невозбужденное, состояние различными путями (рис. 225).

Возбужденный хлорофилл обладает исключительно высокой реакционной способностью и является достаточно сильным восстановителем, легко отдающим электрон первичному акцептору в РЦ. После потери электрона хлорофилл переходит в основное состояние, и этим заканчивается первый этап фотосинтеза, иногда называемый *фотофизическим*.

Таким образом, на фотофизическом этапе фотосинтеза происходят следующие процессы:

- поглощение кванта света пигментами антенного комплекса;
- передача энергии кванта света на хлорофилл-ловушку;
- отдача хлорофиллом-ловушкой РЦ электрона первичному акцептору электрона.

Фотофизический этап фотосинтеза интересен еще и тем, что только на данном этапе все процессы зависят от света, поэтому их называют еще *световыми стадиями фотосинтеза*. Интересно, что, хотя мы и называем процессы этого этапа световыми стадиями фотосинтеза, по сути дела, никакого фотосинтеза нет — есть только фотообразование электрона.

Здесь уместно вспомнить, что происходит с молекулой, когда она отдает или принимает электрон.

Первичные акцепторы фотосистем различны. В ФС I это хлорофилл, а в ФС II — феофитин. Условно их называют окислительно-восстановительными системами X (ФС I) и Q (ФС II). Принимая электрон от хлорофилла, они превращаются соответственно в X^- и Q^- . Первый этап фотосинтеза можно представить следующей схемой (рис. 226 на с. 348).

Отдавая электрон, хлорофилл превращается в Хл^+ . Теперь, чтобы хлорофилл смог принять новую порцию энергии, он должен восстановиться, т. е. вернуть себе электрон. Что же является донором электрона для хлорофилла?

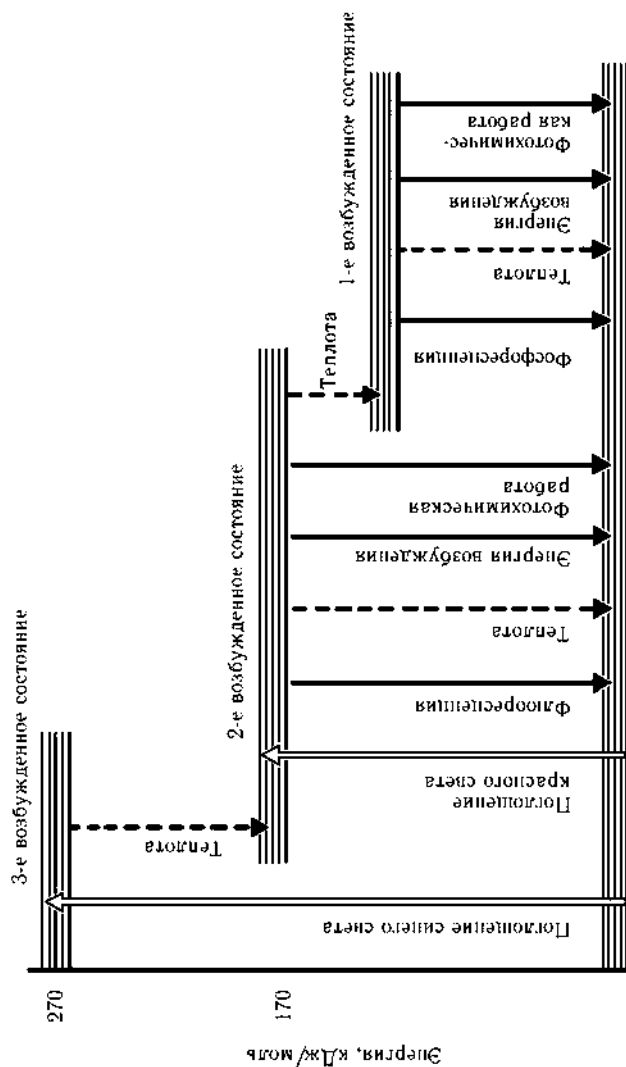


Рис. 225. Переходы между возбужденными состояниями хлорофилла после поглощения квантов синего или красного света

В РЦ ФС I электрон поступает по цепочке цитохромов (электрон-транспортной цепи) из ФС II (об этом речь пойдет ниже). Таким образом, электрон для ФС I образуется за счет окисления хлорофилла ФС II.

Что же является донором электрона для ФС II? Прежде чем ответить на этот вопрос, надо вспомнить, что при освещении листа светом происходят параллельно два процесса: фотосинтез и фотолиз воды.

При фотолизе воды образуются: атом кислорода, два атома водорода и два электрона. Именно электроны, образующиеся при фотолизе воды, восстанавливают хлорофилл ФС II. Следовательно, донором электронов для хлорофилла ФС II является молекула воды. Теперь мы можем дополнить предыдущую схему, которая примет следующий вид (рис. 227).

Как видно из этой схемы, кислород выделяется не в процессе фотосинтеза, а в результате фотолиза воды!

А что же происходит с электроном, высвободившимся из хлорофилла ФС I? Первичный акцептор электрона в ФС I X (иногда его обозначают Z) не является его конечным пунктом назначения. От первичного акцептора электрон по электрон-транспортной цепи, отличной от цепи, соединяющей обе фотосистемы, поступает на кофермент НАДФ, который восстанавливается до НАДФ·Н. В этом процессе используется атом водорода, который образуется при фотолизе воды. Таким образом, получается, что молекула воды является не только донором электронов для хлорофилла ФС II, источником кислорода для всего живого, но и источником атомов водорода для синтеза НАДФ·Н, энергия которого в дальнейшем будет использована при синтезе молекулы глюкозы.

Если в схему фотосинтеза на рис. 227 добавить конечную точку в переносе электрона хлорофилла ФС I, то получим схему, которая получила название Z-схема фотосинтеза (рис. 228).

Z-схема отражает процессы первого этапа фотосинтеза, последствия этих процессов и процессы, от которых зависит первый этап фотосинтеза. На Z-схеме отражен перенос электрона от молекулы воды к НАДФ·Н. Иногда Z-схему еще называют схемой нециклического транспорта электрона.

Выше мы уже отмечали, что функционирование ФС II зависит от фотолиза воды — при недостатке воды ФС II может практически не работать. Следовательно, не будет восстанавливаться ФС I, и фотосинтез должен прекратиться.

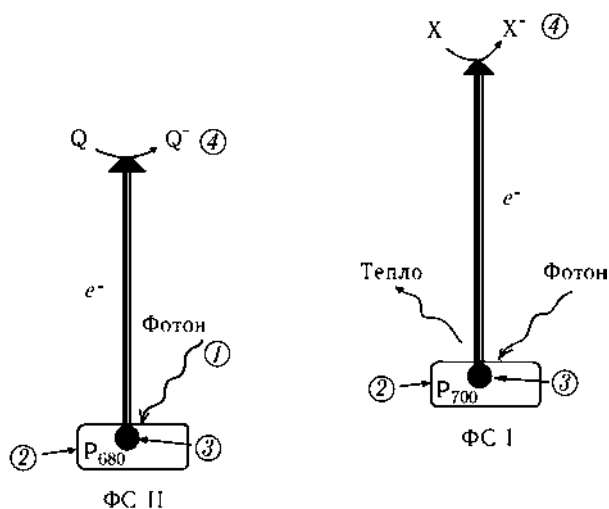


Рис. 226. Схема первого этапа фотосинтеза:

1 — фотон (квант света); 2 — антенный комплекс; 3 — хлорофилл-ловушка (РЦ); 4 — первичный акцептор электрона

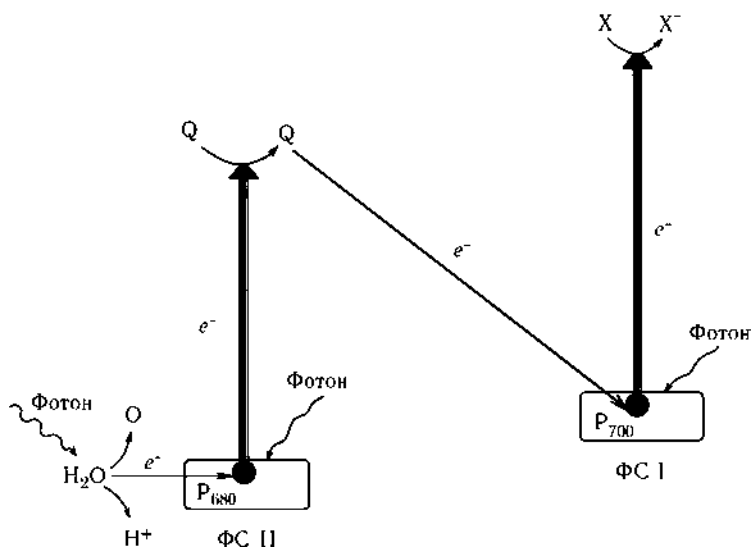


Рис. 227. Дополненная схема первого этапа фотосинтеза

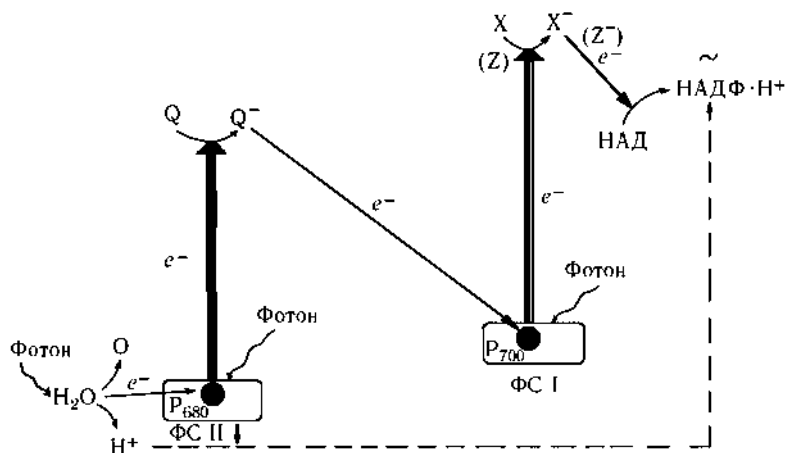


Рис. 228. Z-схема фотосинтеза

На самом же деле ФС I продолжает работать, но переходит в другой режим — она начинает восстанавливать саму себя, при этом электрон переносится по замкнутому циклу. Этот процесс получил название циклического транспорта электрона (рис. 229).

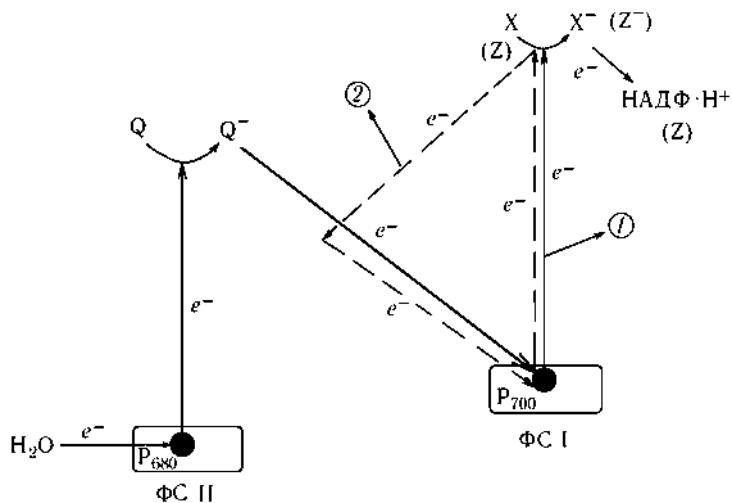


Рис. 229. Схема нециклического (1) и циклического (2) транспорта электрона

Рассмотрим подробнее участок Z-схемы от первичного акцептора Q до ФС I. Он соответствует упомянутой ранее электрон-транспортной цепи, по которой переносится электрон, отданный хлорофиллом ФС II. Эта цепочка представляет собой последовательность окислительно-восстановительных реакций, в результате которых электрон от первичного акцептора Q транспортируется к хлорофиллу ФС I. При этом электрон теряет свою энергию, которая выделяется в виде тепла при переходе от одной окислительно-восстановительной пары к другой.

Но данный участок Z-схемы важен не только для транспорта электрона к ФС I, хотя для нормального течения фотосинтеза это имеет огромное значение — на этом участке выделяется такое количество энергии, которого хватает для осуществления реакции синтеза молекулы АТФ: $\text{АДФ} + \text{Ф} \rightarrow \text{АТФ}$. Если вспомнить, что электрон получает энергию от кванта света, то можно сказать, что в молекуле АТФ запасается солнечная энергия.

Из Z-схемы следует также, что солнечная энергия запасается не только в молекуле АТФ, но и в молекуле НАДФ·Н. Запасание солнечной энергии в макроэргических молекулах АТФ и НАДФ·Н является вторым этапом фотосинтеза, который получил название фотохимического.

Образование АТФ происходит при реакции фосфорилирования молекулы АДФ, т. е. при присоединении к ней остатка фосфорной кислоты. Эта реакция может происходить только на свету, так как электрон поступает в электронтранспортную цепь из ФС II только при поглощении кванта света. Поэтому процесс преобразования энергии света в энергию АТФ получил название фотосинтетического фосфорилирования, или фотофосфорилирования. Фотофосфорилирование, которое осуществляется во время нециклического транспорта электрона, называют *нециклическим фотофосфорилированием*, а процесс фотофосфорилирования, который осуществляется во время циклического транспорта электрона, — *циклическим фотофосфорилированием*.

Нециклическое фотофосфорилирование отличается от циклического не только траекторией и участниками переноса электрона. Есть еще одно очень существенное отличие, которое имеет значение для последующих этапов фотосинтеза. Оно заключается в том, что при циклическом фотофосфорилировании не происходит синтез НАДФ·Н, необходимый для дальнейшего синтеза глюкозы.

Рассмотренные два этапа фотосинтеза — физический и фотохимический — составляют так называемую световую фазу фотосинтеза. Этим названием подчеркивается то, что все входящие в нее процессы зависят от солнечного света и, следовательно, могут происходить только на свету.

Если солнечный свет заменить на искусственный с подходящим спектральным составом, то процессы фотосинтеза будут происходить так же, как и при естественном освещении, что и используется в теплицах.

На этом мы заканчиваем рассмотрение процессов фотосинтеза, происходящих на свету. Окончательная схема световой фазы фотосинтеза представлена на рис. 230.

Теперь же речь пойдет о *второй фазе фотосинтеза*, часто называемой **темновой фазой**.

Темновая фаза — не совсем удачное название. Если мы говорим, что световая фаза названа так, чтобы подчеркнуть зависимость всех протекающих в ней реакций от света, то название «темновая фаза» означает, что все реакции, в ней протекающие, от света не зависят и проходят в темноте.

Но это не совсем точно. Очень многие реакции темновой фазы фотосинтеза зависят от света, так как ферменты, катализи-

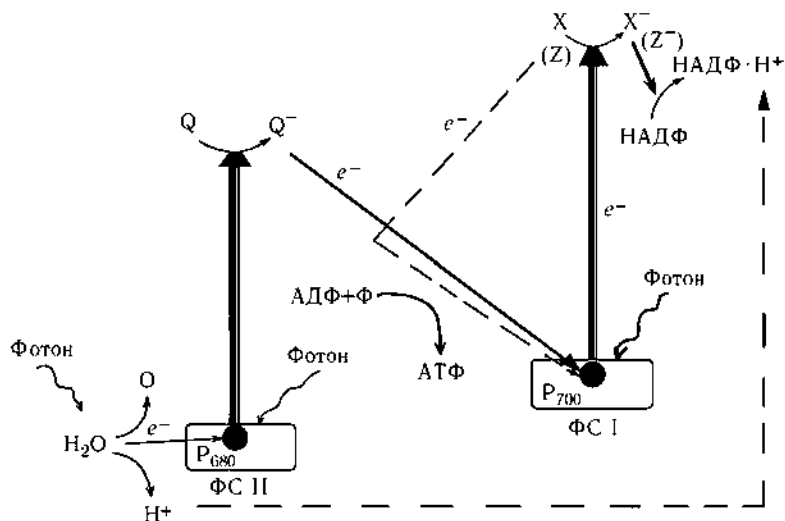


Рис. 230. Окончательная схема световой фазы фотосинтеза

рующие эти реакции, индуцируются светом. Поэтому эту фазу фотосинтеза лучше называть путем превращения углерода, или *циклом фиксации углерода*, — по основному процессу, который в ней происходит.

Отметим, что разделение процесса фотосинтеза на две фазы происходит не только по отношению к свету, но и по месту протекания реакций. Реакции световой фазы протекают в тилакоидах гран и стромы, а реакции фиксации углерода — в матриксе (строме) хлоропластов.

Стоит обратить внимание на то, что в литературе встречается и другое название тилакоидов — ламеллы гран.

Рассматривая Z-схему, мы установили, что конечные продукты циклического и нециклического фосфорилирования — АТФ и НАДФ·Н — используются в темновых реакциях фотосинтеза. Как же они используются?

Если в световой фазе АТФ и НАДФ·Н являются конечными продуктами, то в процессе фиксации углерода они используются на самом первом этапе всего цикла фиксации углерода. Весь цикл фиксации углерода можно представить в виде следующих стадий.

Первая стадия — непосредственная фиксация углекислого газа — карбоксилирование.

Вторая стадия — образование 3-фосфоглицеринового альдегида (ФГА).

Третья стадия — образование продуктов фотосинтеза.

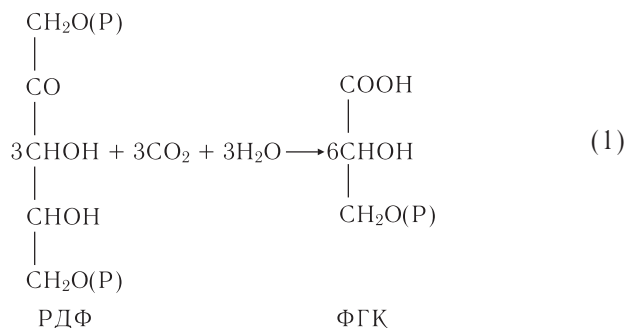
Четвертая стадия — восстановление первоначальных реагентов.

Перечисленные стадии выделены условно — вместе они составляют цикл фиксации углерода, или цикл Кальвина.

В отличие от световых реакций, которые протекали в строгой последовательности, реакции фиксации углерода могут протекать параллельно, за исключением первых двух — фиксации углекислого газа и образования ФГА. Рассмотрим каждую стадию цикла.

Карбоксилирование

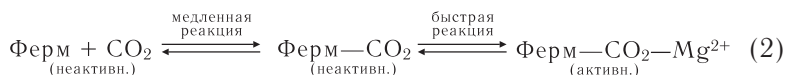
Эта стадия — ключевая, потому что в ней участвует CO_2 . Молекула углекислого газа соединяется с молекулой пятиуглеродного сахара рибулезодифосфата (РДФ) с образованием нестойкого шестиуглеродного соединения, которое распадается на две молекулы 3-фосфоглицериновой кислоты (ФГК):



Реакция карбоксилирования очень интересна тем, что в зависимости от условий она может протекать с образованием различных конечных продуктов. Так, например, при наличии CO_2 продуктом реакции будет только ФГК, а в присутствии O_2 РДФ не присоединяет углекислый газ и распадается на ФГК и фосfogликолевую кислоту, которая используется в процессах фотодыхания. Фотодыхание — это процесс, протекающий лишь на свету и сопровождающийся поглощением O_2 и выделением CO_2 . Такое изменение хода реакции объясняется тем, что участвующий в ней фермент обладает двойной каталитической активностью — по отношению к углекислому газу и кислороду.

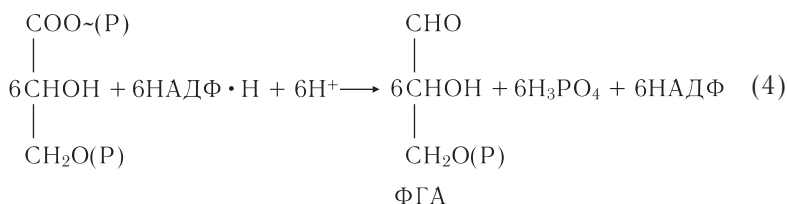
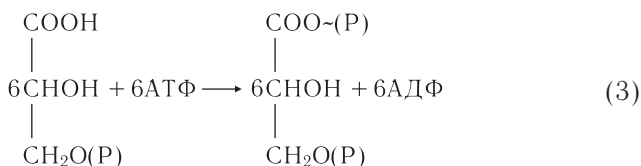
Этот фермент называется рибулозо-1,5-бифосфаткарбоксилаза-оксигеназа (РубФ-карбоксилаза). Этот фермент составляет около 50% всех растворимых белков в листьях и потому может считаться самым распространенным белком в природе. Фермент состоит из двух субъединиц — большой и малой. Интересно, что белки больших субъединиц кодируются ДНК хлоропластов, а белки малых субъединиц — ядерной ДНК. Большие субъединицы обладают каталитической активностью и в отсутствие малых, которые, по-видимому, играют регуляторную роль. Этот факт может служить подтверждением того, что хлоропласты произошли от прокариотических предков.

Таким образом, на первых этапах фиксации углерода имеет место конкуренция между двумя процессами — фиксацией углерода и фотодыханием. Для сдвига баланса в сторону фиксации углерода необходимы ионы Mg^{2+} :



Образование фосфоглицеринового альдегида

Образующаяся на первой стадии ФГК превращается в ФГА в два этапа (3 и 4). Сначала используется АТФ, синтезированная в световой фазе фотосинтеза. Затем используется НАДФ·Н, который тоже является продуктом световой фазы фотосинтеза:



Молекула ФГА является ключевым веществом для третьей стадии.

Образование продуктов фотосинтеза

Обычно продуктом фотосинтеза называют сахар. На самом деле, продуктами фотосинтеза можно считать и другие вещества, о чем мы упоминали при рассмотрении Z-схемы.

Молекула ФГА используется растением в цикле Кальвина в нескольких направлениях.

Во-первых, ФГА является основой для синтеза сахара.

Во-вторых, ФГА может быть использована для синтеза аминокислот.

Среди продуктов фотосинтеза обнаружены такие аминокислоты, как аланин, серин, глутаминовая кислота, глицин. Синтез аминокислот происходит интенсивно при недостатке НАДФ·Н, в результате чего из ФГК образуется не ФГА, а пировиноградная кислота, которая является исходным соединением для синтеза аминокислот и одним из ключевых веществ цикла Кребса.

В-третьих, ФГА дает начало циклу превращений некоторых промежуточных продуктов в РДФ, который служит акцептором углекислого газа.

Наряду с углеводами и аминокислотами из промежуточных продуктов цикла Кальвина могут образовываться липиды и другие продукты.

Во всех уравнениях фотосинтеза в правой части пишется формула шестиуглеродного сахара. Как правило, его называют глюкозой. Но в действительности первым свободным сахаром является дисахарид сахароза, из которой образуются два моносахарида — глюкоза и фруктоза.

Восстановление первоначальных реагентов

Для того чтобы растение могло акцептировать новую молекулу углекислого газа, необходимо иметь РДФ, основной акцептор углекислого газа. РДФ образуется из ФГА в результате цепи реакций, в процессе которой образуются пяти- и семиуглеродные сахара. Надо отметить, что основная масса ФГА идет именно на восстановление нужного количества РДФ: из 12 образовавшихся молекул ФГА только две идут на образование продуктов фотосинтеза, т. е. сахарозы.

Подводя итог рассмотрению фаз фотосинтеза, можно составить обобщенную схему фотосинтеза (рис. 231).

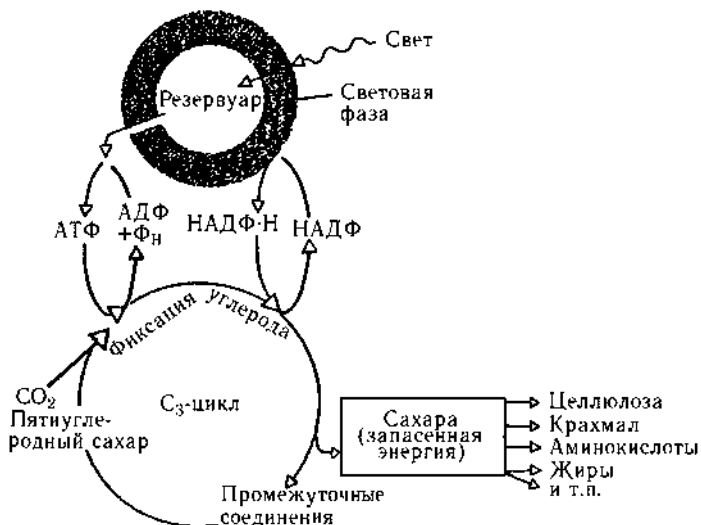


Рис. 231. Обобщенная схема фотосинтеза

Учитывая реакции световой и темновой фаз фотосинтеза, можно привести следующее суммарное уравнение фотосинтеза.

Световые реакции:

$12\text{НАДФ} + 12\text{АДФ} + 12\text{Ф}_\text{H} + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 12\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2 + 12\text{АТФ} + 6\text{O}_2$ — нециклическое фосфорилирование;

$6\text{АДФ} + 6\text{Ф}_\text{H} \rightarrow 6\text{АТФ}$ — циклическое фосфорилирование.

Темновые реакции:

$6\text{РДФ} + 6\text{CO}_2 + 12\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2 + 18\text{АТФ} \rightarrow 6\text{РДФ} + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 12\text{НАДФ} + 18\text{АДФ} + 18\text{Ф}_\text{H}$.

Виды фотосинтеза

В настоящее время известны три разных механизма темновых реакций фотосинтеза у высших растений. Но, по-видимому, правильнее говорить об одном основном процессе и двух вариантах.

С₃-тип фотосинтеза

Основной механизм — это фиксация углерода в цикле Кальвина. В последнее время этот цикл стали называть С₃-путем, или С₃-типом, фотосинтеза, а растения, осуществляющие реакции только этого цикла, называют С₃-растениями. Такие растения обычно растут в областях умеренного климата; оптимальная дневная температура для фиксации углекислого газа у этих растений составляет от +15 до +25 °С.

Первый вариант — это С₄-путь (или С₄-тип фотосинтеза), называемый также циклом Хетча—Слэка. Растения, осуществляющие данный тип фотосинтеза, распространены в тропических и субтропических областях.

Второй вариант — процесс, известный под названием метаболизма органических кислот по типу толстянковых (МОКТ-или САМ-фотосинтез). Растения с таким типом фотосинтеза часто встречаются в засушливых пустынных областях.

С₃-растения превращают СО₂ в углеводы только в реакциях цикла Кальвина. С₄-растения и МОКТ-растения также осуществляют цикл Кальвина, но в них поглощение СО₂ и превращение его в углеводы включает в себя и другие реакции. С₄-растения и МОКТ-растения отличаются друг от друга природой этих дополнительных реакций, временем суток, когда они происхо-

дят, и тем, в каких клетках находятся вещества, участвующие в этих реакциях.

У C_3 -растений фотосинтез происходит только в клетках мезофилла листа, а у C_4 -растений — в клетках мезофилла и в клетках обкладки сосудистых пучков.

C_4 -тип фотосинтеза

Цикл Кальвина у данного типа растений осуществляется в клетках обкладки сосудистого пучка и протекает так же, как у C_3 -растений.

Фиксация углекислого газа у C_3 - и C_4 -растений значительно различается. Если у C_3 -растений молекула углекислого газа присоединялась к пятиуглеродной молекуле РДФ, то у C_4 -растений акцептором углекислого газа является трехуглеродная молекула, чаще всего — это фосфоенолпировиноградная кислота (ФЕП). Соединяясь с углекислым газом, ФЕП превращается в шавелевоуксусную кислоту (ЩУК), которая и поступает в хлоропласт клеток мезофилла. В хлоропластах ЩУК при наличии НАДФ·Н превращается в яблочную кислоту (ЯК), которая поступает в клетки обкладки сосудистых пучков. В клетках обкладки сосудистых пучков ЯК отдает молекулу углекислого газа в цикл Кальвина, превращаясь в пировиноградную кислоту (ПВК). ПВК в свою очередь возвращается в хлоропласты мезофилла, превращается в ФЕП, и начинается новый цикл.

Увеличение числа реакций для фиксации углекислого газа у C_4 -растений на первый взгляд может показаться излишним и бессмысленным. Но это только на первый взгляд. Растениям с C_4 -типом фотосинтеза приходится концентрировать углекислый газ в клетках обкладки, так как по сравнению с C_3 -растениями в их клетках углекислого газа содержится значительно меньше. Это связано с тем, что C_4 -растения обитают в более жарком и сухом климате, чем C_3 -растения, поэтому для уменьшения потерь воды им приходится уменьшать транспирацию. За счет этого создаются трудности в поглощении углекислого газа, что и приводит к необходимости его концентрации. В настоящее время считается, что C_4 -тип фотосинтеза является эволюционным приспособлением к более жарким и сухим климатическим условиям.

Метаболизм органических кислот, по типу толстянковых (МОКТ)

Растения с данным типом фотосинтеза являются в основном суккулентами. Для них характерны следующие особенности.

1. Их устьица обычно открыты ночью (т. е. в темноте) и закрыты в течение дня.

2. Фиксация углекислого газа происходит в темное время суток. При этом образуется значительное количество яблочной кислоты.

3. Яблочная кислота запасается в больших вакуолях, которые характерны для клеток МОКТ-растений.

4. В светлое время суток яблочная кислота отдает углекислый газ в цикл Кальвина, где она превращается в сахарозу или запасной углевод глюкан.

5. В темновой период суток часть запасенного глюкана распадается с образованием молекул-акцепторов для темновой фиксации углекислого газа.

Таким образом, у МОКТ-растений существует суточный ритм: ночью содержание запасного глюкана падает и содержание яблочной кислоты повышается, а днем происходят противоположные изменения.

В заключение надо добавить, что фотосинтез по МОКТ-типу считается самым поздним приспособлением растений в процессе эволюции.

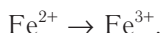
ХЕМОСИНТЕЗ

Хемосинтез можно определить как тип питания бактерий, основанный на усвоении CO_2 за счет окисления неорганических соединений. Хемосинтезом также можно назвать процесс синтеза органических соединений из неорганических за счет химической энергии, получаемой при окислении неорганических веществ (серы, сероводорода, железа, аммиака, нитритов).

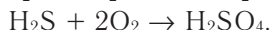
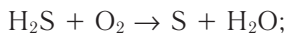
Наибольшее значение имеют *нитрифицирующие бактерии*, окисляющие аммиак до азотистой, а затем до азотной кислоты:



Железобактерии превращают закисное железа в окисное:



Серобактерии окисляют сероводород до серы или серной кислоты:



В результате окисления выделяется энергия, которая запасается бактериями в виде АТФ. Основное отличие хемосинтеза от фотосинтеза заключается в том, что не используется энергия света и не выделяется кислород.

ГЛИКОЛИЗ

Это сложный ферментативный процесс последовательных превращений глюкозы, протекающий в тканях человека и животных без потребления кислорода. В анаэробных условиях в животном организме гликолиз является единственным процессом, поставляющим энергию. Именно благодаря процессу гликолиза организм человека и животных определенный период времени может осуществлять ряд физиологических функций в условиях недостатка кислорода. Конечным продуктом гликолиза является *молочная кислота* (ее соли называются лактатами). В процессе гликолиза, происходящего в цитоплазме клетки, образуется АТФ. Суммарное уравнение гликолиза можно изобразить следующим образом:



Обращаем внимание на следующий факт: в суммарном уравнении гликолиза указан общий полезный выход АТФ — на самом деле образуются 4 молекулы АТФ, но 2 молекулы АТФ тратятся на расщепление новой молекулы глюкозы.

В тех случаях, когда гликолиз протекает в присутствии кислорода, говорят об аэробном гликолизе. В этом случае распад глюкозы до промежуточного продукта анаэробного гликолиза — пировиноградной кислоты — можно рассматривать как первую стадию дыхания — окисления глюкозы до конечных продуктов: углекислого газа и воды.

БРОЖЕНИЕ

Это анаэробный ферментативный окислительно-восстановительный процесс превращения органического вещества, в результате которого организм получает энергию. Брожению могут подвергаться спирты, аминокислоты, органические кислоты, но чаще всего углеводы. В зависимости от вещества, подвергающегося брожению, и полученных конечных продуктов, выделяют следующие типы брожения: спиртовое, молочнокислое, пировиноградное, маслянокислое. По названиям брожения получили названия и бактерии, которые вызывают соответствующий процесс.

Брожение играет важную роль в круговороте веществ в природе, осуществляя анаэробное разложение органического вещества, особенно целлюлозы. Некоторые типы брожения, вызываемые микроорганизмами, имеют большое практическое значение: спиртовое брожение — в виноделии, пивоварении и в получении топлива; молочнокислое — для получения кисломолочных продуктов и молочной кислоты; пропионовокислое — в сыроделии; ацетоно-бутиловое — для получения растворителей.

ДЫХАНИЕ

Большинство животных и растительных клеток в норме находятся в аэробных условиях и всю энергию получают в результате полного окисления органического «топлива» до углекислого газа и воды. Это происходит в результате окисления пирувата, образовавшегося в процессе гликолиза, до ацетил-КоА, который окончательно окисляется до CO_2 и H_2O в цикле Кребса (цикле трикарбоновых кислот), происходящем в матриксе митохондрий. В результате аэробного (кислородного) окисления одной молекулы глюкозы синтезируется 38 молекул АТФ.

Тестовые задания



ПО ТЕМЕ «РАСТЕНИЯ»

1. К классу однодольных относятся:

а) лилия, капуста, лук;	в) крапива, бамбук, пырей;
б) чеснок, сахарный тростник, кукуруза;	г) редис, клевер, картофель.

2. К классу двудольных относятся:

а) рожь, тюльпан, табак;	в) яблоня, подсолнух, паслен;
б) алоэ, рис, табак;	г) ландыш, вишня, пшеница.

3. В этой ткани растений имеются живые клетки:

- а) пробка; б) кора; в) ксилема; г) камбий.

4. Рост стебля злаковых происходит за счет деления клеток:

а) боковой меристемы;	в) вставочной меристемы;
б) верхушечной меристемы;	г) верхушечной и вставочной меристем.

5. Клубень является видоизменением:

- а) побега; б) листа; в) корня; г) стебля.

6. Основным компонентом клеточной стенки растений является:

- а) крахмал; б) хитин; в) целлюлоза; г) гликоген.

7. Проводящими тканями растений являются:

а) ксилема и меристема;	в) флоэма и камбий;
б) ксилема и флоэма;	г) меристема и камбий.

8. Основную функцию в процессе фотосинтеза осуществляют:

- а) пластиды; б) хромопласты; в) хлоропласты; г) лейкопласты.

9. К видоизменениям побега относятся:

а) корневище и луковичы;	в) луковичы и клубеньки;
б) клубеньки и клубни;	г) клубни и луковичы.

10. К проводящим элементам ксилемы относятся:

а) сосуды и ситовидные трубки;	в) ситовидные трубки и трахеиды;
б) трахеиды и сосуды;	г) ситовидные трубки и волокна.

11. Придаточные корни отходят от:

- а) главного корня; б) стебля; в) боковых корней; г) корневой шейки.

12. Корневые волоски образуются в зоне:

- а) деления; б) роста; в) всасывания; г) проведения.

13. Клубеньковые бактерии развиваются на корнях растений семейства:

- а) пасленовых; б) розоцветных; в) сложноцветных; г) бобовых.

14. Эндосперм образуется из:

а) завязи;	в) оплодотворенной яйцеклетки;
б) семязачатка;	г) оплодотворенных центральных ядер.

15. В чем заключается преимущество покрытосеменных растений по отношению к голосеменным?

16. Назовите основные ароморфозы, появившиеся у голосеменных растений.

17. Перечислите основные тропизмы у растений.

18. Опишите основные этапы двойного оплодотворения у покрытосеменных растений.

19. В чем заключается значение растений в биогеоценозе?

20. Приведите примеры симбиотических взаимодействий растений с другими живыми организмами.

ПО ТЕМЕ «ПРОСТЕЙШИЕ»

1. Положительно реагирует на свет, стремится к свету:

- а) амeba; б) эвглена зеленая; в) инфузория туфелька; г) лямблия.

23. Таксисом называется:

а) изменение движения простейших;	в) изменение скорости движения простейших;
б) изменение направления движения простейших;	г) полная остановка животного.

24. Захват твердых частичек пищи у амёбы называется:

- а) цитозом; б) фагоцитозом; в) пиноцитозом; г) питанием.

25. Движение эвглены зелёной к свету называется:

а) таксисом;	в) хемотаксисом;
б) фототаксисом;	г) отрицательным таксисом.

26. Амёба имеет следующие размеры тела:

- а) 0,05 мм; б) 0,5 мм; в) 0,1—0,3 мм; г) 1 мм.

27. Трихоцисты имеются у:

а) амёбы;	в) эвглены зелёной;
б) инфузории туфельки;	г) всех простейших.

28. Малое ядро отвечает за размножение у:

- а) саркодовых; б) инфузорий; в) корненожек; г) жгутиковых.

ПО ТЕМЕ «ЧЕРВИ»**1. Метамерное строение тела имеют:**

а) плоские черви;	в) кольчатые черви;
б) круглые черви;	г) ленточные черви.

2. У круглых червей кожно-мускульный мешок покрыт:

а) тегументом;	в) кутикулой и слизью;
б) кутикулой;	г) слизью.

3. У кольчатых червей кожно-мускульный мешок образован:

а) продольными и спинно-брюшными мышцами;	в) кольцевыми и спинно-брюшными мышцами;
б) продольными и кольцевыми мышцами;	г) только продольными мышцами.

4. Гидроскелет отсутствует у:

а) круглых червей;	в) плоских червей;
б) малощетинковых червей;	г) полихет.

5. Жидкость, заполняющая полость тела, выполняет транспортные функции у:

- а) сосальщиков; б) нематод; в) аннелид; г) пиявок.

6. Полость тела имеет собственные стенки у:

а) кольчатых червей;	в) сосальщиков;
б) круглых червей;	г) ленточных червей.

7. В пищеварительной системе нет анального отверстия у:

а) круглых червей;	в) ресничных червей;
б) кольчатых червей;	г) ленточных червей.

8. Один слой мышц в кожно-мускульном мешке у:

а) полихет;	в) турбеллярий;
б) круглых червей;	г) ленточных червей.

9. Если у животных самка и самец внешне отличаются друг от друга, то таких животных называют:

а) раздельнополыми животными;	в) животными с половым диморфизмом;
б) двудомными;	г) гермафродитами.

10. Первичная полость тела имеется у:

а) плоских червей;	в) круглых червей;
б) олигохет;	г) полихет.

11. Кровеносная система у кольчатых червей выполняет функцию:

а) гидроскелета;	в) определения формы тела;
б) транспорта питательных веществ;	г) транспорта вредных веществ.

12. В пищеварительной системе желудок имеется у:

а) плоских червей;	в) кольчатых червей;
б) круглых червей;	г) ленточных червей.

10. Головные конечности отсутствуют у:

а) насекомых;	в) ракообразных;
б) паукообразных;	г) у всех членистоногих.

11. Жабры у ракообразных находятся на:

- а) голове; б) груди; в) брюшке; г) конечностях.

12. Легочные мешки у паукообразных находятся на:

- а) груди; б) брюшке; в) голове; г) головогруды.

ПО ТЕМЕ «РЫБЫ»**1. Жаберная крышка отсутствует у:**

а) костных рыб;	в) хрящевых рыб;
б) костнохрящевых рыб;	г) есть у всех.

2. Сердце у рыб:

а) трехкамерное с неполной перегородкой;	в) двухкамерное;
б) трехкамерное;	г) четырехкамерное.

3. Грудные плавники у костистых рыб расположены:

а) перпендикулярно телу;	в) под углом к телу;
б) параллельно телу;	г) в зависимости от вида.

4. Головной мозг рыб состоит из:

а) четырех отделов;	в) шести отделов;
б) пяти отделов;	г) не разделен на отделы.

5. Через сердце рыб кровь течет только:

а) артериальная;	в) венозная;
б) смешанная;	г) артериальная и венозная.

6. Хрящевые рыбы относятся к:

а) открытопузырным;	в) безпузырным;
б) закрытопузырным;	г) есть представители всех групп.

7. У рыб лучше всего развиты следующие органы чувств:

а) зрение и обоняние;	в) боковая линия и зрение;
б) обоняние и боковая линия;	г) обоняние и слух.

8. Плавательный пузырь имеется у:

- а) белуги; б) ската; в) акулы-молот; г) катрана.

9. Только у рыб имеются:

а) парные конечности;	в) 3 типа плавников;
б) непарные конечности;	г) суставные конечности.

10. У акулы хвостовой плавник:

а) симметричный;	в) округлой формы;
б) асимметричный;	г) любой формы.

11. Передние конечности параллельны телу у:

а) костных рыб;	в) костнохрящевых рыб;
б) хрящевых рыб;	г) у всех рыб.

12. В черепе каких рыб отсутствует рострум:

а) костных;	в) костнохрящевых;
б) хрящевых;	г) у всех.

13. Пиллорические придатки имеются у:

а) хрящевых рыб;	в) костнохрящевых рыб;
б) костных рыб;	г) всех.

14. Покровные кости отсутствуют у рыб:

- а) костных; б) хрящевых; в) костнохрящевых; г) всех.

15. Межаберные перегородки плохо развиты у рыб:

- а) хрящевых; б) костнохрящевых; в) костных; г) костистых.

16. У костных рыб чешуя образована:

а) кориумом;	в) кориумом и эпидермисом;
б) эпидермисом;	г) ни тем и ни другим.

17. Артериальный конус хорошо развит у рыб:

- а) костных; б) хрящевых; в) костнохрящевых; г) всех.

3. Во время зимовки у земноводных:

а) легочное дыхание;	в) оба одновременно;
б) кожное дыхание;	г) они впадают в анабиоз.

4. Земноводные в сравнении с рыбами не имеют:

а) хвостовых позвонков;	в) ребер;
б) шейных позвонков;	г) туловищных позвонков.

5. Передняя конечность состоит из:

а) плеча, лучевой кости, берцовой кости, костей кисти;	в) плечевой кости, локтевой кости, лучевой кости, костей кисти;
б) предплечья, локтевой кости, лучевой кости, костей стопы;	г) плечевой кости, бедренной кости, локтевой кости, костей кисти.

6. Артериальная кровь из легких поступает:

а) в желудочек сердца;	в) в правое предсердие;
б) в левое предсердие;	г) в спинную артерию.

7. У земноводных в отличие от рыб имеются:

а) парные конечности;	в) непарные конечности;
б) суставные конечности;	г) плавники.

8. На суше газообмен у земноводных осуществляется за счет:

а) только легочного дыхания;	в) легочного, кожного и ротового дыхания;
б) легочного и кожного дыхания;	г) только кожного дыхания.

9. Позвоночник земноводных состоит из следующих отделов:

а) шейного, туловищного, хвостового;	в) шейного, туловищного, крестцового, хвостового;
б) шейного, грудного, крестцового;	г) шейного, грудного, крестцового, хвостового.

10. В связи с двойным дыханием кожа земноводных:

а) имеет защитные образования;	в) покрыта слизью;
б) не имеет защитных образований;	г) покрыта шерстью.

11. У земноводных веки служат для:

а) защиты глаз от механических повреждений;	в) смачивания поверхности глаза;
б) удаления частичек пыли с поверхности глаза;	г) улучшения зрения.

12. Тело земноводных снабжается кровью:

а) артериальной;	в) смешанной;
б) венозной;	г) артериальной и венозной.

13. Задняя конечность состоит из следующих костей:

а) бедренная, локтевая, малая берцовая, кости стопы;	в) бедренная, большая и малая берцовые, кости стопы;
б) бедренная, большая и малая берцовые, кости кисти;	г) бедренная, лучевая, большая берцовая, кости стопы.

14. У земноводных в отличие от рыб имеются:

а) туловищные позвонки;	в) ребра;
б) хвостовые позвонки;	г) шейные позвонки.

15. У амфибий артериальная кровь из легкого поступает в:

а) правое предсердие;	в) желудочек;
б) левое предсердие;	г) легочную вену.

16. Головной мозг земноводных состоит из:

а) четырех отделов;	в) шести отделов;
б) пяти отделов;	г) не разделен на отделы.

17. Появление трехкамерного сердца у амфибий связано с:

а) наземным образом жизни;	в) появлением малого круга кровообращения;
б) появлением легкого;	г) кожным дыханием.

18. По центральному сосуду кровь из сердца амфибий поступает в:

а) головной мозг;	в) малый круг кровообращения;
б) большой круг кровообращения;	г) легкое.

19. У земноводных кровь становится смешанной в:

- а) правом предсердии;
- б) левом предсердии;
- в) желудочке;
- г) спинной аорте.

20. У земноводных по сравнению с рыбами в позвоночнике появляется:

- а) один новый отдел;
- б) два новых отдела;
- в) три новых отдела;
- г) нет новых отделов.

ПО ТЕМЕ «ПРЕСМЫКАЮЩИЕСЯ»

1. У рептилий по сравнению с земноводными лучше развит:

- а) передний мозг;
- б) средний мозг;
- в) мозжечок;
- г) продолговатый мозг.

2. Из сердца рептилий выходит:

- а) один кровеносный сосуд;
- б) два кровеносных сосуда;
- в) три кровеносных сосуда;
- г) четыре кровеносных сосуда.

3. Позвоночник рептилий состоит из следующих отделов:

- а) шейного, туловищного, крестцового, хвостового;
- б) шейного, грудного, крестцового, хвостового;
- в) шейного, туловищного, поясничного, крестцового, хвостового;
- г) шейного, грудного, поясничного, крестцового, хвостового.

4. Задние конечности рептилий снабжаются кровью:

- а) артериальной;
- б) венозной;
- в) смешанной;
- г) артериальной и венозной.

5. Тело рептилий покрыто:

- а) роговой чешуей;
- б) костной чешуей;
- в) плакоидной чешуей;
- г) слизью.

6. Нет зубов у:

- а) змей;
- б) черепах;
- в) крокодилов;
- г) ящериц.

7. Грудина отсутствует у:

- а) ящериц;
- б) крокодилов;
- в) черепах;
- г) змей.

8. В воде рептилии дышат:

а) атмосферным кислородом;	в) и тем и другим одновременно;
б) кислородом, растворенным в воде;	г) в воде рептилии не дышат.

9. У рептилий кровь смешивается в:

а) желудочке;	в) правом желудочке;
б) левом предсердии;	г) спинной артерии.

10. По сравнению с земноводными у рептилий появляется:

а) шейный отдел;	в) хвостовой отдел;
б) грудной отдел;	г) крестцовый отдел.

11. Подключичные артерии отходят от:

а) левой дуги аорты;	в) правой части желудочка;
б) левой части желудочка;	г) правой дуги аорты.

12. У рептилий присутствует:

а) брюшное дыхание;	в) всасывательный вид легочного дыхания;
б) нагнетательный вид легочного дыхания;	г) кожное дыхание.

ПО ТЕМЕ «ПТИЦЫ»

1. Цевка у птиц образована костями:

- а) бедра; б) голени; в) стопы; г) пальцев.

2. Киль у птиц:

а) срастается с грудиной;	в) не срастается с грудиной;
б) является выростом грудины;	г) является самостоятельным от- делом.

3. Сколько отделов в позвоночнике птиц:

- а) четыре; б) пять; в) три; г) два.

4. У птиц на передних конечностях развито:

а) пять пальцев;	в) три пальца;
б) четыре пальца;	г) нет пальцев.

5. У птиц в желудочке сердца:

а) нет перегородки;	в) полная перегородка;
б) неполная перегородка;	г) две перегородки.

6. Пища у птиц перетирается в:

а) железистом желудке;	в) и в том и в другом;
б) мышечном желудке;	г) зобе.

7. Кости черепа у птиц срастаются:

а) неподвижно без швов;	в) неподвижно, но имеются швы;
б) подвижно;	г) полуподвижно.

8. Птицы являются:

а) живородящими;	в) яйцекладущими;
б) яйцеживородящими;	г) икротечущими.

9. Позвонки какого отдела позвоночника у птиц соединены полуподвижно:

а) шейного;	в) поясничного;
б) грудного;	г) крестцового.

10. Какие перья у птиц придают обтекаемую форму телу:

а) контурные маховые;	в) контурные рулевые;
б) контурные покровные;	г) пуховые.

11. Скелет летающих птиц облегчен за счет:

а) воздушных мешков;	в) пневматических костей;
б) воздушных полостей;	г) всех перечисленных способов.

12. Кожа у птиц:

а) сухая;	б) влажная;	в) жирная;	г) скользкая.

13. Все тело птиц снабжается артериальной кровью, так как у них:

а) исчезает левая дуга аорты;	в) полная перегородка в желудочке;
б) исчезает правая дуга аорты;	г) четырехкамерное сердце.

14. У птиц в пищеварительной системе:

а) один желудок;	в) два желудка;
б) один желудок с двумя отделами;	г) два желудка, каждый с двумя отделами.

15. Общими признаками птиц и рептилий являются:

а) отсутствие кожного дыхания и покровы тела;	в) покровы тела и откладывание яиц;
б) отсутствие кожных желез и кожного дыхания;	г) отсутствие кожного дыхания и покровы тела.

16. Основное всасывание происходит в:

а) желудке;	в) тостом кишечника;
б) тонком кишечнике;	г) зобе.

17. У птиц не очень хорошо развито:

- а) зрение; б) обоняние; в) слух; г) осязание.

18. Обогащение крови кислородом происходит у птиц:

а) в легких во время вдоха;	в) в легких и воздушных мешках во время вдоха;
б) в легких во время вдоха и выдоха;	г) в легких и воздушных мешках во время вдоха и выдоха.

19. У птиц подвижно не соединяются позвонки следующих отделов:

а) шейного, грудного, поясничного;	в) поясничного, крестцового, шейного;
б) грудного, поясничного, крестцового;	г) крестцового, шейного, поясничного.

20. На передних конечностях птиц находятся:

а) контурные рулевые перья;	в) контурные маховые перья;
б) контурные покровные перья;	г) пуховые перья.

21. У каких птиц хорошо развиты пневматические кости:

- а) летающих; б) ныряющих; в) нелетающих; г) бегающих.

22. В коже у птиц есть железы:

- а) потовые; б) сальные; в) копчиковая; г) слюнные.

23. У птиц сонные артерии начинаются от:

а) левой дуги аорты;	в) левого желудочка;
б) правой дуги аорты;	г) правого желудочка.

24. Через клоаку у птиц выделяются:

а) непереваренные остатки пищи;	в) моча и непереваренные остатки пищи;
б) вредные вещества;	г) моча.

25. Основное переваривание пищи происходит в:

а) желудке;	в) толстом кишечнике;
б) тонком кишечнике;	г) зобе.

26. У птиц хорошо развито:

а) обоняние;	б) зрение;	в) слух;	г) осязание.

27. Тип легочного дыхания у птиц:

а) нагнетательный;	в) диафрагменный;
б) всасывательный;	г) брюшной.

ПО ТЕМЕ «МЛЕКОПИТАЮЩИЕ»

1. В состав волосяного покрова млекопитающих входит:

а) ость;	б) подшерсток;	в) ость и подшерсток;	г) ость и пух.

2. Пот у млекопитающих служит для:

а) охлаждения тела;	в) охлаждения тела, выведения избытка солей и мочевины;
б) выведения избытка солей и мочевины;	г) выведения воды и избытка солей.

3. Коренные зубы с плоской поверхностью хорошо развиты у:

а) грызунов;	б) травоядных;	в) хищников;	г) падальщиков.

4. Основное всасывание питательных веществ осуществляется в:

а) желудке;	в) толстом кишечнике;
б) тонком кишечнике;	г) кишечнике.

5. У млекопитающих в головном мозге лучше всего развит:

- а) передний мозг (большие полушария);
- б) средний мозг;
- в) мозжечок;
- г) продолговатый мозг.

6. Сколько позвонков у млекопитающих в шейном отделе позвоночника:

- а) восемь;
- б) семь;
- в) шесть;
- г) разное у каждого вида.

7. Всасывание воды у млекопитающих происходит в:

- а) желудке;
- б) тонком кишечнике;
- в) толстом кишечнике;
- г) почках.

8. У млекопитающих уничтожение старых клеток крови происходит в:

- а) печени;
- б) селезенке;
- в) поджелудочной железе;
- г) почках.

9. В коже млекопитающих расположены:

- а) только потовые железы;
- б) только сальные железы;
- в) потовые и сальные железы;
- г) потовые и жировые железы.

10. Брюшное дыхание у млекопитающих осуществляется с помощью:

- а) диафрагмы;
- б) диафрагмы и ребер;
- в) брюшных мышц;
- г) диафрагмы и брюшных мышц.

11. У млекопитающих выделения сальных желез служат для:

- а) выведения вредных веществ;
- б) смазывания кожи и волос;
- в) охлаждения тела;
- г) выведения воды.

12. У млекопитающих в двенадцатиперстную кишку открываются протоки:

- а) поджелудочной железы;
- б) печени;
- в) печени и поджелудочной железы;
- г) печени и селезенки.

13. Аппендикс у млекопитающих находится:

- а) между желудком и тонкой кишкой;
- б) после толстой кишки;
- в) между тонкой и толстой кишкой;
- г) в другом месте.

14. Сонные артерии у млекопитающих отходят от:

а) левой дуги аорты;	в) левого желудочка;
б) правой дуги аорты;	г) правого желудочка.

ПО ТЕМЕ «АНАТОМИЯ»**1. Лордозом называется изгиб позвоночника:**

- а) вперед; б) влево; в) назад; г) вправо.

2. Полуподвижно кости соединены в:

а) черепе;	в) позвоночнике;
б) конечностях;	г) поясах конечностей.

3. Ложные ребра присоединяются:

а) к груди и позвонкам;	в) к позвонкам и другим ребрам;
б) только к позвонкам;	г) лежат свободно.

4. Красный костный мозг находится в:

а) диафизе;	в) костно-мозговой полости;
б) губчатом костном веществе;	г) плотном костном веществе.

5. Старые клетки костной ткани уничтожаются:

а) остеоцитами;	в) остеобластами;
б) остеокластами;	г) другими клетками организма.

6. Грудная клетка имеет следующие функции:

а) опора и движение;	г) только опора;
б) защита и движение;	д) только защита;
в) опора и защита;	е) только движение.

7. Скелет человека состоит из:

а) скелета головы, позвоночника, скелета конечностей;	в) грудной клетки, скелета головы, скелета конечностей и их поясов;
б) скелета туловища, скелета конечностей, скелета головы;	г) скелета головы, скелета конечностей и их поясов, скелета туловища.

8. Сколько плоскостей движения имеет локтевой сустав:

- а) две; б) три; в) одну; г) ни одной.

9. Для мышечной ткани характерны следующие особенности:

- а) возбудимость и сократимость; в) возбудимость и проводимость;
б) сократимость и проводимость; г) только сократимость.

10. Гладкая мышечная ткань образует:

- а) мышцы лица; в) скелетные мышцы;
б) мышцы внутренних органов; г) активную часть опорно-двигательной системы.

11. Гладкая мышечная ткань сокращается с помощью:

- а) миозиновых нитей; в) актиновых нитей;
б) актин-миозинового комплекса; г) произвольно.

12*. Когда ребенок начинает самостоятельно поднимать голову, у него формируется:

- а) шейный лордоз; в) шейный кифоз;
б) поясничный лордоз; г) поясничный кифоз.

13. Суставные поверхности двусосных суставов, как правило:

- а) шарнирные; в) шаровидные;
б) эллипсоидные; г) плоские.

14. С позвонками и грудиной соединяются:

- а) настоящие ребра; в) ложные ребра;
б) свободные ребра; г) все ребра.

15. Желтый костный мозг находится в:

- а) плоских костях; в) коротких костях;
б) трубчатых костях; г) губчатых костях.

16. Соединения костей с помощью хрящевой ткани относятся к:

- а) прерывистым соединениям; в) непрерывным соединениям;
б) суставам; г) неподвижным соединениям.

17*. В кости основную механическую функцию выполняет:

а) эпифиз;	в) диафиз;
б) проксимальный конец кости;	г) дистальный конец кости.

18. Принимает раздражение от раздражителя:

а) аксон;	в) дендрит;
б) аксон и дендрит;	г) тело нейрона.

19. Стенки внутренних органов образованы:

а) эпителием и поперечнополосатой мышечной тканью;	в) эпителием и гладкой мышечной тканью;
б) эпидермисом и поперечнополосатой мышечной тканью;	г) эпидермисом и гладкой мышечной тканью.

20. Верхняя конечность состоит из следующих костей:

а) плечевой, локтевой, берцовой, фаланг пальцев;	в) плечевой, локтевой, лучевой, фаланг пальцев;
б) бедренной, локтевой, берцовой, фаланг пальцев;	г) плечевой, лучевой, берцовой, фаланг пальцев.

21*. Когда ребенок начинает самостоятельно садиться, у него формируется:

а) шейный лордоз;	в) шейный кифоз;
б) поясничный лордоз;	г) поясничный кифоз.

22. Суставы с шаровидной суставной поверхностью имеют:

а) одну плоскость движения;	в) две плоскости движения;
б) три плоскости движения;	г) четыре плоскости движения.

23. За обмен веществ в кости отвечают:

а) остециты;	в) остеокласты;
б) остеобласты;	г) другие клетки организма.

24. Рост кости происходит:

а) в эпифизе;	в) в диафизе;
б) на границе эпифиза и диафиза;	г) по всей поверхности кости.

25. В кости основную кроветворную функцию выполняет:

а) губчатое костное вещество;	в) плотное костное вещество;
б) красный костный мозг;	г) желтый костный мозг.

26. Соединения костей с помощью плотной соединительной ткани относятся к:

а) непрерывным;	в) прерывистым;
б) полуподвижным;	г) подвижным.

27. Нижняя конечность состоит из следующих костей:

а) плечевой, берцовой, лучевой, фаланг пальцев;	в) бедренной, берцовой, фаланг пальцев;
б) бедренной, локтевой, берцовой, фаланг пальцев;	г) плечевой, берцовой, фаланг пальцев.

28. Диафиз покрыт:

а) надхрящницей;	в) надкостницей;
б) суставным хрящом;	г) суставной сумкой.

29. Какие функции скелета можно отнести к биологическим функциям:

а) защита и опора;	в) кроветворная и обмен веществ;
б) запасающая и движение;	г) обмен веществ и опора.

30. Органы образуют систему органов, если они выполняют функции:

- а) одинаковые; б) общую; в) разные; г) одну-единственную.

31. Какую функцию пищеварительной системы определяют гормоны, стимулирующие выделение пищеварительных ферментов:

- а) секреторную; б) инкреторную; в) экскреторную; г) химическую.

32. Серозная оболочка является:

а) внешним слоем органа;	в) внутренним слоем органа;
б) средним слоем органа;	г) не является оболочкой органа.

33. Какую функцию пищеварительной системы определяет выделение вредных веществ:

- а) инкреторную; б) секреторную; в) экскреторную; г) механическую.

42. Артерии делятся на следующие типы:

а) эластичные, мышечно-эластичные, безмышечные;	в) эластичные, мышечные, безмышечные;
б) эластичные, мышечно-эластичные, мышечные;	г) мышечные, мышечно-эластичные, безмышечные.

43. Полулунные клапаны находятся в:

а) эластичных артериях;	в) венах;
б) безмышечных венах;	г) мышечных артериях.

44. При вводе ослабленных микроорганизмов образуется:

а) тканевый иммунитет;	г) искусственный пассивный иммунитет;
б) искусственный активный иммунитет;	д) естественный пассивный иммунитет;
в) естественный активный иммунитет;	е) клеточный иммунитет.

45. Наибольшее парциальное давление углекислого газа в:

а) клетке;	г) альвеолах;
б) артериальной крови;	д) венозной крови;
в) тканях;	е) воздухе.

46*. Во время второго этапа третьего звена процесса дыхания происходит:

а) легочное дыхание;	г) внутреннее дыхание;
б) внешнее дыхание;	д) тканевое дыхание.
в) клеточное дыхание;	

47. Дольки легкого состоят из:

а) долей;	г) альвеолярных ходов;
б) альвеол;	д) ацинусов.
в) бронхо-легочных сегментов;	

48. Перикард:

а) окружает сердце;	в) окружает легкие;
б) выстилает брюшную полость;	г) выстилает грудную полость.

49. Лимфа образуется из:

- а) артериальной крови;
- б) межтканевой жидкости;
- в) венозной крови;
- г) воды.

50. Дольше всего сохраняется:

- а) искусственный активный иммунитет;
- б) естественный активный иммунитет;
- в) искусственный пассивный иммунитет;
- г) естественный пассивный иммунитет.

51. Диастола желудочков длится:

- а) 0,1 с;
- б) 0,3 с;
- в) 0,5 с;
- г) 0,8 с.

52. Трехстворчатый клапан находится между:

- а) левым предсердием и левым желудочком;
- б) левым желудочком и легочной артерией;
- в) правым предсердием и правым желудочком;
- г) правым желудочком и аортой.

53. Красные кровяные тельца — это:

- а) лейкоциты;
- б) тромбоциты;
- в) эритроциты;
- г) лимфоциты.

ПО ТЕМЕ «ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ»

1. Доклеточной формой жизни являются:

- а) бактерии;
- б) микроорганизмы;
- в) вирусы;
- г) простейшие.

2. К каким системам относятся живые организмы:

- а) закрытым;
- б) полузакрытым;
- в) открытым;
- г) замкнутым.

3. Способность живых систем приспосабливаться к изменениям окружающей среды называется:

- а) размножением;
- б) раздражительностью;
- в) эволюционным процессом;
- г) адаптацией.

4. Способность живых систем воспринимать и отвечать на информацию из окружающей среды называется:

- а) рефлексом;
- б) рефлекторной дугой;
- в) размножением;
- г) раздражительностью.

14. По принципу комплементарности образуются следующие пары:

- а) А—Г; Т—Г; б) Г—Ц; А—У; в) А—Ц; Г—Т; г) Т—А; Ц—У.

15. Диктиосомы являются структурной единицей:

- а) лизосом; б) ЭПР; в) аппарата Гольджи; г) кариолеммы.

16. Биополимеры, определяющие основные свойства живого, являются:

- а) белками; в) нуклеиновыми кислотами;
б) липидами; г) углеводами.

17*. При большом избытке воды липиды образуют:

- а) пленку на поверхности с «хвостами» в воде; в) шарообразные капли с «хвостами» наружу;
б) шарообразные капли с «хвостами» внутри; г) пленку на поверхности воды с «хвостами» наружу.

18. Тотипотентность клеток означает сходство их:

- а) функций; б) строения; в) генотипов; г) происхождения.

19. К вакуолярной системе относятся:

- а) ЭПР, аппарат Гольджи, ядро; в) ядрышко, лизосомы, аппарат Гольджи;
б) аппарат Гольджи, ядро, лизосомы; г) лизосомы, аппарат Гольджи, ЭПР.

20. Эндоплазматический ретикулум выполняет следующие функции:

- а) синтетические, защитные, транспортные; в) транспортные, запасающие, синтетические;
б) защитные, транспортные, запасающие; г) запасающие, защитные, синтетические.

21. Лизосомы образуются в основном:

- а) на дистальном конце аппарата Гольджи; в) в центральной части аппарата Гольджи;
б) на проксимальном конце аппарата Гольджи; г) в любой части аппарата Гольджи.

22. По выполнению функций выделяют несколько видов РНК:

а) транспортные, митохондриальные;	в) матричные, транспортные;
б) рибосомные, митохондриальные;	г) транспортные, рибосомные.

23. Триплет нуклеотидов, называемый антикодоном, находится в:

- а) ДНК; б) мРНК; в) рРНК; г) тРНК.

24. За перенос генетической информации к месту синтеза белка отвечает:

- а) мРНК; б) тРНК; в) рРНК; г) тРНК.

25. Синтез белков в клетке происходит:

а) на гладком ЭПР;	в) на гладком и шероховатом ЭПР;
б) на шероховатом ЭПР;	г) в аппарате Гольджи.

26. Аппарат Гольджи выполняет следующие функции:

а) запасающая, транспортная;	в) образование лизосом, модификация веществ;
б) синтетическая, защитная;	г) энергетическая, выделительная.

27. В состав нуклеотида РНК входит:

а) сахар, азотистое основание, фосфорная кислота;	в) рибоза, аденин, гуанин, цитозин, тимин, фосфат;
б) пентоза, азотистое основание, фосфат;	г) дезоксирибоза, азотистое основание, фосфат.

28. Какую структуру имеют глобулярные белки:

- а) первичную; б) вторичную; в) третичную; г) четвертичную.

29. К двумембранным органеллам клетки относятся:

- а) плазмалемма; б) кариолемма; в) лизосомы; г) ЭПР.

30. Молекула мРНК синтезируется в процессе:

- а) репликации; б) транскрипции; в) трансляции; г) денатурации.

31. Мембрана представляет собой:

а) двубелковый слой;	в) двулипидный слой;
б) двубелково-липидный слой;	г) двулипидно-белковый слой.

32. По наследству передается информация:

а) о количественном составе белка;	в) о качественном составе белка;
б) о количественном и качественном составе белка;	г) об аминокислотной последовательности в белке.

33*. Специальные функции клетки направлены на:

а) поддержание жизнеспособности клетки;	в) осуществление характерных функций клетки;
б) поддержание жизнеспособности организма;	г) осуществление функций клетки.

34. Вторичная структура белков удерживается в основном:

а) ковалентными связями;	в) водородными связями;
б) ионными связями;	г) гидрофобными связями.

35. Первичным источником энергии в клетке являются:

- а) гексозы; б) дисахара; в) пентозы; г) трисахара.

36*. Неполярной частью в липидах является:

а) остаток глицерина;	в) радикал;
б) «голова» липида;	г) липидный «хвост».

37. Полуконсервативным способом протекает процесс образования молекул:

- а) белка; б) РНК; в) ДНК; г) углеводов.

Ответы к тестовым заданиям

По теме «Растения»

1 — б; 2 — в; 3 — г; 4 — г; 5 — а; 6 — в; 7 — б; 8 — в; 9 — г;
10 — б; 11 — г; 12 — в; 13 — г; 14 — г.

По теме «Простейшие»

1 — б; 2 — в; 3 — в; 4 — а; 5 — а; 6 — в; 7 — б; 8 — б; 9 — б;
10 — в; 11 — г; 12 — б; 13 — а; 14 — в; 15 — б; 16 — в; 17 — б;
18 — в; 19 — б; 20 — в; 21 — а; 22 — а; 23 — б; 24 — б; 25 — б;
26 — б; 27 — б; 28 — б.

По теме «Черви»

1 — в; 2 — б; 3 — б; 4 — в; 5 — б; 6 — а; 7 — в; 8 — б; 9 — в;
10 — в; 11 — б; 12 — в; 13 — в.

По теме «Членистоногие»

1 — б; 2 — б; 3 — в; 4 — в; 5 — г; 6 — б; 7 — в; 8 — б; 9 — г;
10 — б; 11 — г; 12 — б.

По теме «Рыбы»

1 — в; 2 — в; 3 — б; 4 — б; 5 — в; 6 — в; 7 — б; 8 — а; 9 — б;
10 — б; 11 — а; 12 — а; 13 — б; 14 — б; 15 — б; 16 — а; 17 — б;
18 — а; 19 — а; 20 — б; 21 — б; 22 — в; 23 — б; 24 — б.

По теме «Земноводные»

1 — б; 2 — в; 3 — б; 4 — в; 5 — в; 6 — б; 7 — б; 8 — в; 9 — в;
10 — в; 11 — в; 12 — в; 13 — в; 14 — г; 15 — г; 16 — б; 17 — б;
18 — б; 19 — в; 20 — б.

По теме «Пресмыкающиеся»

1 — в; 2 — в; 3 — г; 4 — в; 5 — а; 6 — б; 7 — г; 8 — а; 9 — г;
10 — б; 11 — в; 12 — в.

По теме «Птицы»

1 — в; 2 — б; 3 — б; 4 — в; 5 — в; 6 — б; 7 — а; 8 — в; 9 — а;
10 — б; 11 — г; 12 — а; 13 — а; 14 — б; 15 — б; 16 — б; 17 — г;
18 — б; 19 — б; 20 — в; 21 — а; 22 — в; 23 — б; 24 — в; 25 — б;
26 — б; 27 — б.

По теме «Млекопитающие»

1 — в; 2 — в; 3 — б; 4 — б; 5 — а; 6 — б; 7 — в; 8 — б; 9 — в;
10 — г; 11 — б; 12 — в; 13 — в; 14 — а.

По теме «Анатомия»

1 — а; 2 — в; 3 — в; 4 — б; 5 — б; 6 — в; 7 — г; 8 — в; 9 — а;
10 — б; 11 — в; 12 — а; 13 — б; 14 — а; 15 — б; 16 — в; 17 — в;
18 — в; 19 — в; 20 — в; 21 — б; 22 — б; 23 — б; 24 — б; 25 — а;
26 — а; 27 — в; 28 — в; 29 — в; 30 — б; 31 — б; 32 — а; 33 — в;
34 — б; 35 — б; 36 — а; 37 — г; 38 — а; 39 — в; 40 — д; 41 — в;
42 — б; 43 — в; 44 — б; 45 — а; 46 — в; 47 — д; 48 — а; 49 — б;
50 — б; 51 — в; 52 — в; 53 — в.

По теме «Общая биология»

1 — в; 2 — в; 3 — г; 4 — г; 5 — б; 6 — в; 7 — а; 8 — г; 9 — г;
10 — б; 11 — в; 12 — а; 13 — а; 14 — б; 15 — в; 16 — а; 17 — б;
18 — в; 19 — г; 20 — в; 21 — а; 22 — в; 23 — г; 24 — а; 25 — б;
26 — в; 27 — б; 28 — в; 29 — б; 30 — б; 31 — г; 32 — г; 33 — в;
34 — в; 35 — а; 36 — г; 37 — в.

Список использованной литературы

1. *Маш Р. Д.* Человек и его здоровье: Сборник опытов и заданий с ответами по биологии для 9 (8) кл. общеобразоват. учреждений. 2-е изд., испр. и доп. М.: Мнемозина, 1997.
2. *Билич Г. Л., Крыжановский В. А.* Биология. Полный курс: В 3 т. Т. 2: Ботаника. М.: ООО «Издательский дом «ОНИКС 21 век», 2002.
3. *Курепина М. М., Воккен Г. Г.* Анатомия человека: Учебник для биол. фак. пед. ин-тов. 4-е изд., перераб. М.: Просвещение, 1979.
4. *Медведева В. К.* Ботаника. М.: Медицина, 1985.
5. Биология: Пособие для поступающих в вузы / *А. Г. Мустафин, Ф. К. Лагкуева, Н. Г. Быстренина* и др.; Под ред. *В. Н. Ярыгина*. 3-е изд., испр. М.: Высш. шк., 1998.
6. *Яковлев Г. П., Аверьянов Л. В.* Ботаника для учителя. В 2 ч. М.: Просвещение АО «Учеб. Лит.», 1996.
7. *Родман Л. С.* Ботаника. М.: Колос, 2001.
8. *Ченцов Ю. С.* Общая цитология: Учебник. 2-е изд. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984.
9. Агрономия с основами ботаники / Под ред. *Н. А. Корляковой*. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1980.
10. Ботаника: Морфология и анатомия растений: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по биол. и хим. спец. / *А. Е. Васильев, Н. С. Воронин, А. Г. Еленевский* и др. 2-е изд., перераб. М.: Просвещение, 1988.
11. *Наумов С. П.* Зоология позвоночных: Учебник для студентов пед. ин-тов по биол. спец. 4-е изд., перераб. М.: Просвещение, 1982.
12. *Наумов Н. П., Карташев Н. Н.* Зоология позвоночных. Ч. 1: Низшие хордовые, бесчелюстные, рыбы, земноводные: Учебник для биолог. спец. ун-тов. М.: Высшая школа, 1979.
13. *Наумов Н. П., Карташев Н. Н.* Зоология позвоночных. Ч. 2: Пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие: Учебник для биолог. спец. ун-тов. М.: Высшая школа, 1979.

14. Сапин М. Р., Сивоглазов В. И. Анатомия и физиология человека (с возрастными особенностями детского организма): Учеб. пособие для студ. сред. пед. учеб. заведений. 3-е изд., стереотип. М.: Издательский центр «Академия», 2002.
15. Анатомия человека / С. С. Михайлов, Л. Л. Колесников, В. С. Братанов и др.; Под ред. С. С. Михайлова и Л. Л. Колесникова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина, 1999.
16. Наумов С. П. Зоология позвоночных. М.: Просвещение, 1965.
17. Гофман-Кадошников П. Б., Петров Д. Ф. Биология с общей генетикой. М.: Медицина, 1966.
18. Слюсарев А. А. Биология с общей генетикой. 2-е изд. М.: Медицина, 1978.
19. Березов Т. Т., Коровкин Б. Ф. Биологическая химия: Учебник / Под ред. акад. АМН СССР С. С. Дебова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина, 1990.
20. Фениш Х. Карманный атлас анатомии человека на основе Международной номенклатуры / При участии В. Даубера; Пер. с англ. С. Л. Кабак, В. В. Руденок; Пер. под ред. С. Д. Денисова. 4-е изд., стер. Мн.: Интерпрессервис, 2002.
21. Шлегель Г. Общая микробиология. Пер. с нем. М.: Мир, 1987.
22. Яблоков А. В., Юсуфов А. Г. Эволюционное учение (Дарвинизм): Учеб. для биолог. спец. вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1989.
23. Кретович В. Л. Основы биохимии растений: Учебник для государственных университетов и технологических институтов. М.: Высшая школа, 1971.
24. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений: В 2 т. Пер. с англ. М.: Мир, 1986.
25. Догель В. А. Зоология беспозвоночных: Учебник для ун-тов / Под ред. проф. Ю. И. Полянского. 7-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1981.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Раздел I. Царство Растения	4
Водоросли	4
Зеленые водоросли	4
Бурые водоросли	7
Красные водоросли (багрянки)	7
Моховидные, или Мхи	8
Плауновидные, или Плауны	9
Хвощевидные, или Хвощи	9
Папоротниковидные, или Папоротники	16
Голосеменные	16
Покрытосеменные, или Цветковые	22
Строение цветковых растений	25
Ткани	25
Вегетативные органы	31
Репродуктивные органы	37
Вегетативное размножение	42
Раздел II. Бактерии. Грибы. Лишайники	44
Бактерии	44
Царство Грибы	47
Лишайники	50
Раздел III. Царство Животные	57
Подцарство Простейшие	58
Тип Саркомастигофоры	60
Класс Саркодовые	60
Отряд амёбы	60
Класс Жгутиконосцы	66
Подкласс Растительные жгутиконосцы	66
Отряд Эвгленовые	66
Подкласс Животные жгутиконосцы	68

Тип Споровики	70
Тип Ресничные, или Инфузории	70
Класс Ресничные инфузории	70
Инфузория туфелька, или парамеция	70
Подцарство Многоклеточные	75
Тип Кишечнополостные	75
Класс Гидрозои	76
Пресноводная гидра	76
Морские гидроидные полипы	79
Класс Сцифоидные медузы	81
Класс Коралловые полипы	82
Тип Плоские черви	82
Класс Ресничные черви	83
Класс Сосальщики	87
Патогенные сосальщики	90
Класс Ленточные черви	91
Патогенные представители	94
Тип Круглые, или Первичнополостные, черви	96
Класс Собственно круглые черви	96
Патогенные представители	101
Тип Кольчатые черви	101
Класс Малощетинковые	102
Класс Многощетинковые	107
Класс Пиявки	110
Тип Членистоногие	110
Подтип Жабродышащие	111
Класс Ракообразные	111
Подтип Хелицеровые	116
Класс Паукообразные	116
Подтип Трахейные	122
Класс Насекомые	122
Классификация насекомых	134
Тип Мягкотелые, или Моллюски	137
Класс Брюхоногие	137
Класс Пластинчатожаберные, или Двустворчатые	142
Класс Головоногие	146
Тип Хордовые	150
Подтип Бесчерепные	151
Класс Головохордовые	151
Подтип Позвоночные, или Черепные	155
Класс Рыбы	159
Костные рыбы	159
Хрящевые рыбы	165
Костнохрящевые рыбы	168

Класс Земноводные, или Амфибии	168
Класс Пресмыкающиеся, или Рептилии	175
Класс Птицы	181
Класс Млекопитающие, или Звери	187
Раздел IV. Анатомия	196
Ткань. Орган. Системы органов	196
Эпителиальная ткань	196
Соединительная ткань	199
Мышечная ткань	200
Нервная ткань	201
Кровь и лимфа	201
Опорно-двигательный аппарат	202
Скелет человека	202
Пищеварительная система	211
Полость рта, или ротовая полость	211
Глотка	213
Пишeвод	214
Желудок	215
Тонкий кишечник	216
Толстый кишечник	217
Пищеварительные железы	218
Витамины	219
Дыхательная система	220
Строение дыхательной системы	220
Кровеносная система	226
Лимфатическая система	231
Выделительная система	233
Образование мочи	234
Железы внутренней секреции	235
Состав эндокринной системы	235
Нервная система	242
Органы чувств (анализаторы)	252
Кожа	253
Половая система	255
Раздел V. Общая биология	257
Признаки и уровни организации живого	257
Признаки живого	257
Уровни организации живого	258
Молекулярно-генетический	258
Клеточный	258

Тканевый	259
Организменный	259
Онтогенетический	259
Популяционно-видовой	259
Биогеоценотический	260
Биосферный	260
Цитология — наука о клетке	260
Клеточная теория	260
Химическая организация клетки	261
Углеводы	262
Липиды	265
Белки	268
Нуклеиновые кислоты	274
Строение клетки	278
Деление эукариотической клетки	285
Митоз, или митотическое деление	285
Мейоз, или мейотическое деление	288
Основы генетики и селекции	290
Организация генетической информации	290
Реализация генетической информации	295
Закономерности реализации генетической информации	297
Взаимодействие генов	298
Методы генетики	300
Задачи и методы селекции	301
Естественный отбор	301
Гибридизация	302
Полиплоидизация	303
Индукцированный (искусственно вызванный) мутагенез	303
Размножение организмов	304
Бесполое размножение	304
Половое размножение	305
Онтогенез	309
Эмбриональное развитие	309
Постэмбриональное развитие	312
Микроэволюция	312
Вид. Критерии вида	312
Изменчивость как генетическая основа эволюции	313
Наследственная (генотипическая) изменчивость	314
Модификационная (негенотипическая, ненаследственная, фенотипическая) изменчивость	314

Элементарные факторы эволюции	315
Мутационный процесс	315
Популяционные волны	316
Изоляция	317
Естественный отбор	318
Формы естественного отбора	319
Видообразование — результат микроэволюции	321
Способы видообразования	321
Основные пути видообразования	321
Макроэволюция	322
Основные направления эволюционного процесса	324
Биологический прогресс	324
Биологический регресс	325
Раздел VI. Основы экологии	326
Состав биосферы	326
Живое вещество и его функции	328
Энергетическая функция	329
Деструктивная функция	329
Концентрационная функция	330
Средообразующая функция	330
Экологические факторы	332
Раздел VII. Энергия в биологических системах	336
Фотосинтез	336
Физико-химические основы фотосинтеза	337
Состав и строение фотосинтетического аппарата	341
Фазы и процессы фотосинтеза	345
Карбоксилирование	352
Образование фосfogлициринового альдегида	354
Образование продуктов фотосинтеза	354
Восстановление первоначальных реагентов	355
Виды фотосинтеза	356
С ₃ -тип фотосинтеза	356
С ₄ -тип фотосинтеза	357
Метаболизм органических кислот, по типу толстянковых (МОКТ)	358
Хемосинтез	358
Гликолиз	359
Брожение	360
Дыхание	360

Тестовые задания	361
По теме «Растения»	361
По теме «Простейшие»	362
По теме «Черви»	365
По теме «Членистоногие»	367
По теме «Рыбы»	368
По теме «Земноводные»	370
По теме «Пресмыкающиеся»	373
По теме «Птицы»	374
По теме «Млекопитающие»	377
По теме «Анатомия»	379
По теме «Общая биология»	385
Ответы к тестовым заданиям	390
Список использованной литературы	392

Учебное издание

Лебедев Алексей Геннадиевич

**ГОТОВИМСЯ К ЭКЗАМЕНУ
ПО БИОЛОГИИ**

Отвественный редактор *Н. В. Валуева*

Редактор *Н. Г. Иванова*

Младший редактор *К. А. Каширина*

Корректоры *О. Ч. Кохановская, Е. В. Морозова*

Технический редактор *Л. Б. Чуева*

Компьютерная верстка *А. А. Павлова*

Подписано в печать 19.07.2007. Формат 60х90 $\frac{1}{16}$.

Гарнитура «Литературная». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 25,00. Тираж 5000 экз. Заказ №

Общероссийский классификатор продукции
ОК-005-93, том 2; 953005 — учебная литература

ООО «Издательство Оникс».

127422, Москва, ул. Тимирязевская, д. 38/25.

Почтовый адрес: 117418, Москва, а/я 26.

Отдел реализации: тел. (499) 619-02-20, 610-02-50.

Internet: www.onyx.ru; e-mail: mail@onyx.ru

ООО «Издательство «Мир и Образование».

Изд. лиц. ИД № 05088 от 18.06.2001.

109193, Москва, ул. 5-я Кожуховская, д. 13, стр. 1.

Тел./факс (495) 120-51-47, 129-09-60, 742-43-54.

E-mail: mir-obrazovanie@onyx.ru