БИОЛОГИЯ

ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ И АКИТУРИ1ИТОН

учино-спРАйочмоа посоьи*

Это учебно-справочное пособие предназначено для интенсивной подготовки учащихся к школьному выпускному экзамену и централизованному тестированию по биологии. Программный материал изложен компактно и максимально систематизирован, что позволяет абитуриенту не только легко найти, повторить и закрепить в памяти необходимые сведения, но и "разложить их по полочкам", выделить главные, принципиальные аспекты и установить связи между ними. Этому поможет не только сделанный в книге акцент на сравнительный анализ особенностей строения и функционирования органелл и клеток, тканей и органов, процессов жизнедеятельности различных видов организмов, но и многочисленные рисунки, схемы и таблицы.

В отдельной главе даны примеры решения типовых задач, входящих в экзаменационные билеты и тестовые задания по биологии.

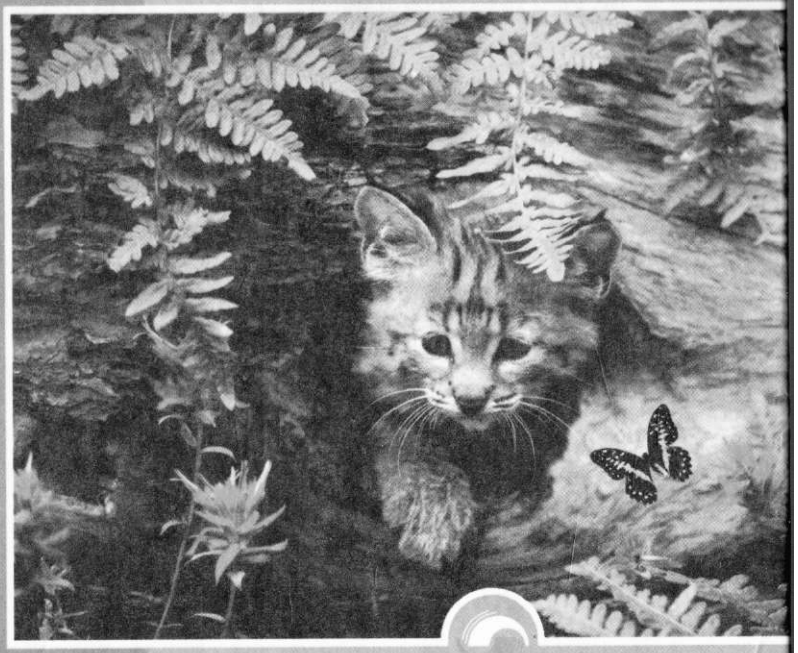
1ХНЫ 978-985-6699-46-0

БИОЛОГИЯ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ И АБИТУРИЕНТОВ

БИОЛОГИЯ

ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ И АБИТУРИЕНТОВ

УЧЕБНО-СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ



УНИВЕРСАЛПРЕСС

УДК 57(075.4)
ББК 28.0я721
Ш48

Рецензент: учитель высшей категории школы № 69 г. Минска
З.И. Мелентович

Шепелевич, Е.И.

Ш48 Биология для школьников и абитуриентов: Уч.-справ, пособие: / Е.И. Шепелевич, В.М. Глушко, 'Г.В. Максимова. - Минск : УниверсалПресс, 2007.-736 с.

181Ш 985-6699-46-0.

Пособие предназначено для абитуриентов, слушателей подготовительных курсов, учащихся старших классов школ, лицеев, гимназий; оно также будет полезно репетиторам и учителям.

Это пособие - нечто среднее между обычным школьным учебником и подробным справочником по биологии; в нем можно легко найти мел кий и детальный ответ на любой вопрос, возникший во время подготовки к экзамену и централизованному тестированию, чему способствуют четко структурированная организация материала и наличие подробного предметного указателя.

В полном объеме и в концентрированной форме изложены все темы, термины и понятия школьного курса биологии. Лучшему усвоению материала способствует множество рисунков, схем и таблиц. Особенность пособия - раздел, содержащий примеры решения типовых задач по генетике, молекулярной биологии и экологии (подобные задачи включаются в экзаменационные билеты и тесты централизованного тестирования).

УДК 57(075.4)
ББК 28.0я721

С) Е.И. Шепелевич, В.М. Глушко, Т В. Максимова, 2006
985-6699-46-0 © Оформление. УГ1 «УниверсалПресс», 2006

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие предназначено для учащихся старших классов школ, лицеев, гимназий, средних специальных учебных заведений, слушателей подготовительных курсов, абитуриентов, поступающих на биологические, медицинские, сельскохозяйственные специальности вузов. Оно также может быть полезно студентам вузов и факультетов биологического профиля и учителям.

Подготовка абитуриента к экзаменам и централизованному тестированию по биологии сопряжена с определенными трудностями. В частности:

- учебники по биологии для 7-9 классов, в которых излагаются важнейшие разделы биологии - ботаника, зоология, анатомия, физиология и гигиена человека, - часто недоступны абитуриентам;
- абитуриенту необходимо повторить и запомнить очень большой объем разнопланового теоретического материала, содержащего множество важных деталей, что требует значительных затрат времени, длительной повышенной концентрации внимания и существенной нагрузки на память;
- нужно запомнить определения и не путать смысл огромного (по школьным меркам) количества биологических терминов;
- нужно понять суть и запомнить характерные особенности разнообразных и сложных биологических процессов, протекающих на всех уровнях организации живой материи;
- при повторении разделов курса, относящихся к биологии микроорганизмов, грибов, растений, животных и человека, изучавшихся в 7-9 классах, необходимо переосмыслить их с учетом положений общей биологии, изучаемых в старших классах;
- одна из самых сложных для абитуриента проблем состоит в том, что ему необходимо привести свои знания в четкую систему, как говорят, «разложить их по полочкам», различая при этом главные особенности, менее важные и второстепенные детали;
- нужно научиться проводить сравнительный анализ биологических характеристик представителей различных царств, типов (отделов), классов и видов живых организмов (обычно в школе этому вопросу уделяется недостаточное внимание);
- необходимо приобрести прочные навыки решения задач на применение законов генетики и экологии.

Настоящее пособие ставит своей целью ***свести перечисленные выше трудности к минимуму,*** сделав при этом подготовку абитуриента к экзаменам и централизованному тестированию максимально быстрой и эффективной. По сути, ***эта книга - нечто среднее между обычным школьным учебником и подробным справочником по биологии***; в ней можно легко найти четкий и подробный ответ на любой возникший во время подготовки вопрос.

При выборе объема и структуры пособия, а также формы изложения материала ***авторы придерживались следующих принципов:***

- ***полноты*** изложения (оно соответствует тематике, характеру и степени детализации вопросов централизованного тестирования и, как правило, углубленному уровню изучения биологии);
- ***концентрированное/пи*** и ***лаконизма*** изложения (при этом объем книги свидетельствует о ее насыщенности информацией);
- строгой ***последовательности*** и ***систематичности*** изложения;
- четкой ***структурированности*** (в частности, путем разбиения параграфов на множество небольших озаглавленных фрагментов, в каждом из которых излагается отдельная, логически законченная часть рассматриваемой темы, а также путем структуризации, где это представлялось возможным, пунктов «классификация», «состав», «признаки», «свойства», «функции», «стадии процесса» и др.);
- ***конкретности, краткости*** и ***ясности определений*** биологических терминов и понятий (их толкования брались из школьных учебников или, если приведенные там формулировки оказывались недостаточно четкими или краткими, из изданных в последнее время справочных пособий и энциклопедий, в частности, из книг: Н.Д. Лисов «Биология. Учимся быстро решать тесты»; И.Ю. Павлов и др. «Биология. Словарь-справочник»; «Биологический энциклопедический словарь» и других);
- ***наглядности*** изложения и облегчения проведения сравнительного анализа признаков, строения и свойств представителей живого мира путем включения в текст большого количества иллюстраций, схем и таблиц;
- предоставления абитуриенту ***возможности повторить основные методы решения биологических задач-,***
- ***возможности легкого поиска*** необходимых сведений (для этого все определяемые термины и понятия, описываемые признаки, свойства, функции биологических объектов выделены в отдельные абзацы, начинающиеся с набранного полужирным шрифтом названия термина; в конце книги имеется подробный многостраничный «Предметный указатель», а ее «Содержание» отражает разбиение всего курса на отдельные небольшие темы).

Авторы надеются, что это пособие поможет абитуриентам успешно пройти конкурсные испытания по биологии.

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

1. Основы науки о клетке

1.1. Биология как наука об общих закономерностях живого

Основные понятия

Биология - совокупность наук о живой природе и жизни вообще: о строении и функции живых существ и их природных сообществ, об их происхождении, распространении и развитии, об их связи и взаимоотношении друг с другом и с неживой природой.

Жизнь - это способ существования открытых коллоидных систем, обладающих свойствами саморегуляции, воспроизведения и развития на основе биохимического взаимодействия белков, нуклеиновых кислот и других соединений вследствие преобразования веществ и энергии, поступивших из внешней среды.

Организм - это особь, живое существо, представляющее собой целостную систему, обладающую всей совокупностью признаков живого.

Клетка - элементарная живая система, основная структурная единица живых организмов, способная к самообновлению, саморегуляции и самовоспроизведению.

Ткань - совокупность (группа) сходных по строению и происхождению клеток, а также межклеточного вещества, объединенных и приспособленных для выполнения одинаковых функций.

Орган - часть многоклеточного организма, имеющая определенное строение и выполняющая определенные функции.

Развитие - необратимый процесс количественных и качественных изменений живого организма и его частей с течением времени.

Размножение - процесс воспроизведения организмом подобных себе организмов, приводящий к увеличению численности вида.

Популяция - совокупность особей одного вида, занимающих н течение длительного времени (большого числа поколений) определенную территорию в пределах его ареала и относительно изолированных от других групп особей того же вида; обладает собственным генофондом и является структурной единицей вида и элементарной единицей эволюции.

Вид - исторически сложившаяся совокупность популяций, особи которых сходны по морфологическим, физиологическим и биохимическим особенностям, способны скрещиваться между собой с образованием плодовитого потомства, приспособлены к определенным условиям жизни и занимают в природе определенную область (ареал).

Ареал - область распространения какого-либо вида или популяции в природе.

Биота - исторически сложившаяся совокупность живых организмов, имеющих общую область распространения.

Биогеоценоз - совокупность живых организмов, длительно проживающих на одной территории, и неживых компонентов, связанных обменом веществ и превращениями энергии (I). Крупные участки суши с определенным типом растительности (II).

Биосфера - оболочка Земли, включающая всю гидросферу, нижнюю часть атмосферы (до нижней границы озонового слоя, 20-25 км) и верхнюю часть литосферы (на глубину до 3,0-3,5 км), заселенная живыми организмами и преобразованная ими.

Ноосфера - «сфера разума» (по В.**И.** Вернадскому); сфера, охваченная взаимодействием человеческого общества и природы.

Красная книга - официальный документ, содержащий перечень редких и исчезающих видов растений, животных, грибов и лишайников. Содержит информацию о прошлом и современном развитии видов, их численности, причинах ее сокращения, особенностях воспроизводства, методах охраны вида.

Уровни организации, свойства и признаки живого

- **Уровни организации живого:**
  - молекулярно-генетический,
  - клеточный,
  - организменный,
  - популяционно-видовой,
  - биогеоценотический,
  - биосферный.
- **Важнейшие свойства и признаки живого:**
  - **самовоспроизведение** - способность образовывать себе подобных в процессе размножения;
  - **наследственность** - способность передавать потомкам свои свойства и особенности строения, функционирования и развития;
  - **самообновление** - замена самой системой выработавших ресурс или (иногда) поврежденных структурных элементов за счет ее собственных внутренних резервов;
  - целостность и **дискретность:** любая биологическая система состоит из отдельных, но взаимодействующих друг с другом частей, образующих единое структурно-функциональное целое;

" **особенности химического состава:** в живых организмах более 95% их массы приходится на четыре элемента - кислород, углерод, водород и азот;
- единый принцип структурной организации: высокоупорядоченное **клеточное строение;**
- рост - необратимое увеличение массы и размеров живой системы, обусловленное образованием в ней новых структурных элементов;
- **онтогенез** - индивидуальное развитие отдельного организма, начинающееся с момента образования зиготы или начала жизни вегетативного органа, деления материнской особи и заканчивающееся смертью;
- **филогенез** - историческое развитие отдельных систематических групп (в частности, видов) организмов;
- * **изменчивость** - способность приобретать новые свойства и признаки, приводящая к возникновению различий между родителями и потомством и между особями одного вида;
- **саморегуляция** - свойство организма поддерживать **гомеостаз,** т.е. состояние относительного постоянства внутренней среды организма независимо от изменений внешней среды;
- **адаптация** - способность живой системы приспосабливаться к меняющимся условиям окружающей среды путем перестройки работы своих органов;
- **раздражимость** - способность клеток, тканей и организма отвечать специфическими реакциями на любые изменения внешней и внутренней среды;
- **метаболизм (обмен веществ)** - строго упорядоченная и последовательная совокупность химических реакций (в том числе реакций ***синтеза*** органических веществ - **анаболизм** - и реакций их ***окисления*** **- катаболизм),** протекающих в клетках, сопровождающихся обменом веществом и энергией организма с окружающей средой **(энергозависимость)** и обеспечивающих все проявления жизнедеятельности организма.

- **Носителями генетической информации** являются молекулы **нуклеиновых кислот ДНК** и **РНК,** входящих в состав клеток всех живых организмов.

1.2. Клетка и ее химический состав

Основные положения клеточной теории

Первое наблюдение клетки: Р. Гук (Англия, 1665 г.).

Клеточная теория - одна из важнейших биологических теорий, являющаяся обобщением огромного количества данных, согласно которой жизнь существует только в форме клеток и их совокупностей.

Впервые клеточную теорию предложил Г. Шванн (Германия, 1839 г.); ее дальнейшие разработки: Р. Вирхов (Германия, 1858 г.), И. Чистяков (Россия, 1874 г.), Э. Страсбургер (Польша, 1875 г.) и др.

- **Основные положения современной клеточной теории:**
  - клетка - элементарная (наименьшая) структурная, функциональная и генетическая единица всех живых организмов, способная к самообновлению, саморегуляции и самовоспроизведению;
  - клетки живых организмов сходны по строению, химическому составу и основным проявлениям жизнедеятельности;
  - размножение клеток происходит путем их деления; каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;
  - клетки специализируются по функциям; структура и функции клеток взаимосвязаны. В многоклеточном организме клетки образуют ткани, из которых строятся органы, системы органов и весь организм, функционирующий как единое целое благодаря нервной и гуморальной регуляции.

Содержание и роль химических элементов в клетке

- **Основные элементы:** кислород О (примерно 62% массы клетки), углерод С (20%), водород Н (10%), азот N (3,5%); они входят в состав всех органических веществ.
- **Макроэлементы** - элементы с содержанием более **0,01** % массы клетки: кальций, фосфор, сера, калий, натрий, магний, хлор.

Элемент	Содержание в клетке, свойства и роль
Са (2,5%)	Входит в состав клеточной стенки растений, костной ткани, зубной эмали, известкового скелета животных; Са" усиливает работу сердца, участвует в процессах сокращения мышц и свертывания крови
Р (1,0%)	Входит в состав ДНК, РНК, АТФ, ряда ферментов, костной ткани, зубной эмали
8 (0,25%)	Входит в состав важнейших аминокислот и белков
К (0,25%)	Входит в состав хлорофилла, зубов, костей и некоторых ферментов; повышаег активность ферментов; K^+ поддерживает разность потенциалов в клетке, участвует в передаче нервных импульсов, уменьшает силу сердечных сокращений
N3(0,10%)	Поддерживает нормальный ритм сердечной деятельности и щелочно-кислогное равновесие; $Ыа^+$ участвует в передаче нервных импульсов
М§ (0,07%)	Входит в состав хлорофилла, некоторых ферментов, костной ткани, зубной эмали, а к т визирует синтез ДНК

- **Микроэлементы** - элементы с содержанием не более 0,01% массы клетки (Ре, Си и др., см. таблицу), входящие в состав гормонов, витаминов, дыхательных ферментов. Недостаток любого из них вызывает серьезные нарушения в обмене веществ.

1 Элемент	Содержание в клетке, свойства и роль
Ре	Входит в состав гемоглобина и миоглобина, многих ферментов, участвует в процессах дыхания и фотосинтеза
I	Входит в состав гормона щитовидной железы
Р	Входит в состав зубной эмали и костной ткани
Си	Входит в состав гормона поджелудочной железы, ферментов, необходимых для фотосинтеза, кроветворения, синтеза гемоглобина
Мп	Входит в состав ферментов, необходим для развития костей
Мо	Входит в состав некоторых ферментов, участвует в фиксации азота клубеньковыми бактериями
Со	Входит в состав витамина $B_{,2}$, участвует в развитии эритроцитов и фиксации азота клубеньковыми бактериями
2п	Входит в состав некоторых ферментов; необходим для синтеза фитогормонов
1 в	Влияет на процессы роста растений

- **Ультрамикроэлементы** (5е, V, А§, Аи и др.) имеют концентрации менее 10^{12}%. Например, элементы А§, Аи входят в состав волос.

•> **Ионы** H_2P0_4, $HP0_4^2$ необходимы для синтеза АТФ, эти же ионы и ионы С1, $HC0_3$, 80_4 ~ и др. участвуют в поддержке pH клетки, активации ферментов и т.д.

Вода и ее роль в организме

- **Основные свойства воды:**
  - малые размеры молекул;
  - их полярность;
  - способность молекул соединяться друг с другом водородными связями;
  - высокие удельная теплоемкость и теплопроводность;
  - высокая удельная теплота парообразования;
  - высокое поверхностное натяжение.

•> **Основные функции воды в организме:**
  - вода - **универсальный растворитель** для полярных веществ,
  - **регулирует тепловой режим** клетки,
  - выполняет **транспортную функцию** (обеспечивает поступление веществ в клетку, их передвижение в клетке и выделение из клетки),

- **выполняет метаболическую функцию** (является средой для протекания всех биохимических реакций, сама участвует в реакции гидролиза и многих других реакциях, является источником кислорода и водорода при фотосинтезе и т.д.),
- **выполняет структурную функцию** (обеспечивает упругость и **тургор** клеток, т.е. их напряженное состояние, обусловленное внутриклеточным давлением; у некоторых животных является гидростатическим скелетом),
- **регулирует осмотическое давление в** клетке,
- связанная вода образует сольватные оболочки вокруг белковых молекул, и др.

Содержание воды в клетках	%
Мышечные клетки	76
Клетки эмбриона	95
Клетки нервной ткани	85
Клетки жировой ткани	40
Клетки костной ткани	50
Клетки зубной эмали	10
Связанная вода	5

Органические вещества клетки. Общая характеристика

Биополимеры - высокомолекулярные (относительная молекулярная масса Ю -Ю[4]) органические соединения, молекулы которых состоят из большого числа повторяющихся звеньев ***-мономеров.***

- Биополимеры составляют до 90% сухого вещества клетки.
- **Важнейшие классы органических соединений,** составляющих молекулярную основу любой живой клетки:
  - белки,
  - липиды,
  - углеводы,
  - нуклеиновые кислоты.

(Свойства этих классов соединений рассмотрены ниже). В клетках ***растений*** преобладают ***углеводы,*** в клетках ***животных - белки.***

- **Аминокислоты** - низкомолекулярные органические соединения, содержащие одну или две **карбоксильные** (-СООН) и одну или две **аминную** (-ЫH_2) группы (обладающие соответственно кислотными и щелочными свойствами), причем карбоксильная и аминная группы связаны с ***одним и тем же*** атомом углерода.
  - Аминокислоты - **амфотерные соединения** (проявляют свойства и кислот, и оснований).
- **Пептиды** - это органические молекулы, образующиеся при взаимодействии аминогруппы одной аминокислоты с карбоксильной группой другой аминокислоты.
- **Пептидная связь** - связь -СО-ЫН-.

Белки

- **Белки** - природные высокомолекулярные органические соединения (полипептиды), молекулы которых образованы аминокислотными остатками (в количестве от 50 до нескольких тысяч).
  - В состав белков входит только 20 видов аминокислот (из 150 видов, существующих в природе).
  - Белки составляют 10-18% от общей массы клетки.

Уровни структурной организации белков (см. рис. 1.1):

- **первичная структура** белка определяется последовательностью соединения аминокислот, закодированной в ДНК, и обусловлена пептидными связями;
- **вторичная структура (*спираль*)** возникает из-за образования водородных связей между СО- и 1ЧН- -группами, расположенными на соседних витках (такую структуру имеют фибриноген, миозин, актин);

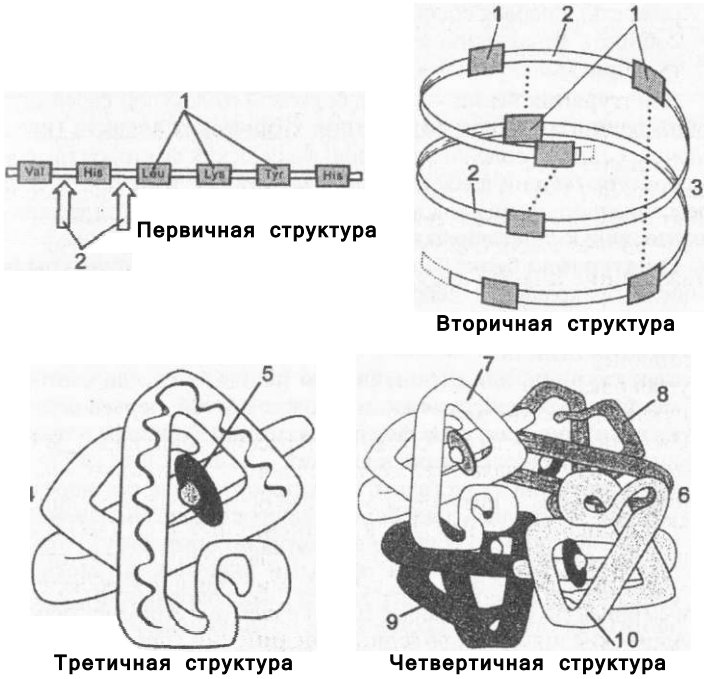


Рис. 1.1. **Структура белка:**
1 - аминокислоты, 2 - пептидная связь, 3 - спираль,
4 - свернутый белок, 5 - гемогруппа, 6 - сложный полипептид,
7 - цепь № 1, 8 - цепь № 2, 9 - цепь № 3, 10 - цепь № 4

- **третичная структура (*глобула*)** стабилизируется гидрофобными, ковалентными дисульфидными (-8-8-), ионными и водородными связями (эта структура характерна для многих белков-ферментов);
- **четвертичная структура** - комплекс, образованный двумя, тремя, четырьмя и более белковыми молекулами, обладающими третичной структурой, за счет возникновения водородных, ионных и гидрофобных связей между ними; характерна для высокоспециализированных белков *{пример* - гемоглобин).

- **Простые и сложные белки:**
  - в состав **простых** белков **(протеинов)** входят только аминокислоты; к ним относятся многие ферменты;
  - сложные белки (протеиды) - белки, содержащие, помимо аминокислот, нуклеиновые кислоты (нуклеопротеиды), липиды (липонротеиды), углеводы (гликопротеиды) и др.
- **Основные свойства белков:** гидрофильность (водорастворимость), видовая специфичность, химическая активность, способность денатурировать и ренатурировать, изменять конфигурацию молекул под действием факторов среды.

Денатурация белка - утрата белковой молекулой своей структурной организации при воздействии химических веществ (кислот, щелочей, спиртов, солей и т.д.) и/или физических факторов (высокой температуры и/или давления, ионизирующих излучений и др.) вследствие разрушения водородных и ионных связей, поддерживающих вторичную, третичную **и** четвертичную структуры белка.

Ренатурация белка - процесс восстановления структуры белка после прекращения действия денатурирующего фактора, если его действие не привело к нарушению первичной структуры белка.

- **Функции белков:**
  - **структурная,** или **строительная** (входят в состав клеточных мембран, хрящей, сухожилий, волос, когтей, перьев и т.д.);
  - **каталитическая,** или **ферментативная** (ускоряют протекание химических реакций в клетке);
  - **транспортная** (участвуют в транспорте веществ через клеточные мембраны, ряд белков присоединяет и переносит с потоками крови различные вещества по организму);
  - **двигательная** (являются прямыми участниками механизма сокращения мышц и внутриклеточных сокращений);
  - **защитная** (входят в состав кожи позвоночных и антител, связывающих инородные белки; участвуют в свертывании крови при кровотечениях и т.д.);
  - **запасающая** (некоторые белки запасают необходимые организму вещества; например, миоглобин содержит запас кислорода в мышцах позвоночных);
  - **энергетическая** (служат источником энергии: 1 г дает 17,6 кДж);

  - **регуляторная** (белки-гормоны поддерживают постоянные концентрации веществ в клетках и в крови, участвуют в обеспечении роста, размножения и других процессов);
  - **сигнальная,** или **рецепторная** (ответственны за распознавание «своих» и «чужих» клеток, являются важнейшей составной частью рецепторов).
- **Примеры белков:** ***актин а миозин*** (основные компоненты волокон поперечнополосатых мышц), ***гемоглобин*** (переносит кислород и углекислый газ), ***кератин*** (структурный белок волос, когтей, перьев, рогов), ***эластин*** (эластичный компонент соединительной ткани связок, стенок кровеносных сосудов), ***коллаген*** (компонент кожи и соединительной ткани костей, хрящей и сухожилий), ***амилаза*** (превращает крахмал в глюкозу) и др.

Ферменты (энзимы)

- **Ферменты** (или **энзимы)** - это имеющие белковую природу ***биологические катализаторы,*** т.е. избирательно действующие органические вещества, в тысячи раз (при температуре порядка 37-40 °С) ускоряющие протекание биохимических реакций в клетке.
  - Многие ферменты находятся на мембранах клеток, митохондрий и т.д. и участвуют в транспорте веществ.
- **Структура ферментов.** Молекулы ферментов содержат:
  - белковый компонент **(апофермент);**
  - сложное небелковое органическое соединение **(кофермент)** - только у ***двухкомпонентных*** ферментов, или ионы металлов **(кофактор);**
  - **активный центр** (один или несколько) - функциональная группа (например, -ОН), отдельная аминокислота или кофермент, обеспечивающие специфичность действия фермента за счет тесного, многоточечного контакта между молекулой фермента и определенного специфического вещества (субстрата);
  - **регуляторный центр** (один или несколько; у некоторых ферментов), с которым могут связываться молекулы ***-модуляторы*** или ***ингибиторы,*** регулирующие (модуляторы) или подавляющие (ингибиторы) активность фермента.
- **Свойства ферментов:**
  - **специфичность** (каждый фермент катализирует только те реакции, в которых участвуют молекулы лишь какого-нибудь одного или нескольких видов);
  - **активность только в определенном интервале температур** (обычно не выше 50-60 °С, **редко до** 80-90 °С);
  - для каждого фермента существует свое **оптимальное значение** pH, при котором этот фермент наиболее активен.

- Основные классы ферментов:
  - синтетазы (или лигазы) - катализируют реакции соединения молекул с образованием новых связей С-О, С-8, С-Ы, С-С *(примеры.* АТФ-синтетаза, ДНК-иолимераза и др.);
  - " гндролазы - катализируют реакции расщепления сложных органических веществ до простых путем присоединения молекул воды в месте разрыва химической связи в исходной молекуле (*примеры*: нуклеазы, расщепляющие нуклеиновые кислоты; амилазы, липазы);
  - изомеразы - катализируют превращение одного изомера органического соединения в другой *(пример:* ДНК-топаизомераза);
  - лиазы - катализируют негидролитическое присоединение к субстрату или отщепление от него группа атомов *(пример-.* декарбоксилаза);
  - оксидоредуктазы - катализируют окислительно-восстановительные реакции, осуществляя перенос атомов Н и О или электронов от одного вещества к другому *(примеры:* ферменты цикла Кребса, тканевого дыхания);
  - трансферазы - катализируют перенос группы атомов (метальной, ацильной, фосфатной или аминогруппы) от одного вещества к другому *(промер:* фосфотрансфераза).

Липиды

- Липиды - жироподобные органич'еские соединения, представляющие собой сложные эфиры высших карбоновых кислот и трехатомного спирта глицерина или других спиртов.
  - В большинстве клеток содержится от 5 до 15% (по массе сухого вещества) липидов, в клетках подкожной жировой клетчатки - до 90%.
- Важнейшие классы липидов:
  - триацилглицеролы (твердые жиры и жидкие масла);
  - фосфолипиды;
  - гликолипиды;
  - терпены (ростовые вещества растений);
  - воски;
  - стероиды.
- Основные свойства липидов:
  - из всех биомолекул имеют наименьшую молекулярную массу;
  - в молекулах почти полностью отсутствуют полярные группы;
  - гидрофобны (нерастворимы в воде), но хорошо растворяются в органических растворителях (эфире, бензине, хлороформе);
  - могут образовывать сложные комплексы с белками (липопротеины), углеводами (гликолипиды), остатками фосфорной кислоты (фосфолипиды) и др.

- **Функции липидов:**
  - **структурная,** или **строительная** (фосфолипиды, гликолипиды и липопротеины входят в состав клеточных мембран);
  - **энергетическая** (служат источником энергии: **I** г дает **38,9** кДж);
  - **запасающая** (большая часть энергетических запасов организма хранится в форме липидов);
  - **защитная** (подкожный и окружающий некоторые органы жировой слой является защитой от механических повреждений; подкожный жир предохраняет от потерь тепла и т.д.);
  - **смазывающая** и **водоотталкивающая** (воски покрывают кожу, шерсть, перья);
  - **регуляторная** (многие гормоны являются производными липоида ***холестерола,*** многие липиды - компоненты ***витаминов)-,***
  - **метаболическая** (липиды - источник метаболической воды).

Углеводы (сахариды)

- **Углеводы** - это вещества с общей формулой $C_{„}(H_2 0)_{„„}$, где ***n*** и т - некоторые целые числа.
  - Углеводороды образуются из неорганических веществ ($H_2 0$) и $C0_2$) в процессе фотосинтеза, происходящего в хлоропластах зеленых растений; являются исходными продуктами биосинтеза других органических веществ в растениях.
  - Содержание углеводов: в растительной клетке - до 85-90% сухого вещества, в животной клетке - примерно 1-2%.
- **Классификация углеводов.** Углеводы делятся на:
  - **моносахариды** (или **простые сахара),** содержащие от 3 **(триозы)** до 7 **(гептозы)** атомов углерода: рибоза, дезоксирибоза (пентозы), глюкоза, фруктоза (гексозы) и др.; они сладкие на вкус, хорошо растворимы в воде, молекулы моносахаридов - альдегидо- или кетоспирты;
  - **олигосахариды** (содержат от 2 до 10 моносахаридных остатков, соединенных ***гликозидными*** - через атом кислорода - связями): мальтоза, лактоза, сахароза и др.; имеют сладкий вкус, хорошо растворимы в воде;
  - **полисахариды** (высокомолекулярные сахара): целлюлоза, крахмал, гликоген, хитин и др.; они не имеют сладкого вкуса и нерастворимы в воде.

•> Функции углеводов:

- " **энергетическая** (глюкоза - главный источник энергии в клетке); при расщеплении 1 г углевода освобождается 17,6 кДж энергии;
  - **запасающая** (часть энергетических запасов клеток хранится в форме крахмала или гликогена);
  - **структурная,** или **строительная,** и **защитная** (целлюлоза, хитин);
  - **метаболическая** (моносахариды - исходный продукт для синтеза многих органических веществ клетки).

Рибоза и **дезоксирибоза** - пятиуглеродные углеводы (простые сахара), являющиеся составными частями нуклеотидов молекул РНК (рибоза), ДНК (дезоксирибоза) и АТФ (рибоза); в свободном виде не встречаются.

Глюкоза - моносахарид с 6 атомами углерода, чрезвычайно широко распространенный в природе и являющийся первичным источником энергии в клетке; у растений образуется в результате фотосинтеза; в свободном виде содержится в плодах и цветках растений, в крови, лимфе, тканях мозга; входит в состав сахарозы, лактозы, гликогена, крахмала, целлюлозы и др.

Гликоген - полисахарид, состоящий примерно из 30 ООО остатков глюкозы; содержится в грибах и тканях животных и человека (накапливается в печени и мышцах); участвует в углеродном обмене, является поставщиком глюкозы в кровь.

Крахмал - смесь двух полисахаридов - амилозы и амилопектина; один из важнейших полимеров глюкозы.

Целлюлоза - углевод, образующийся в растениях в результате полимеризации глюкозы; обладает высокой прочностью, не растворяется в воде, является одним из важнейших компонентов клеточных стенок. Используется для производства бумаги, вискозного шелка, различных тканей.

Хитин - полисахарид, являющийся основным компонентом наружного покрова членистоногих и входящий в состав клеточных стенок некоторых протистов и грибов; плохо растворим в воде.

Гепарин - гликопротеин, препятствующий свертыванию крови в кровеносных сосудах и участвующий в регуляции обмена липидов и иммунных реакциях организма.

Пигменты

- **Пигменты** - это окрашенные соединения в составе растительных и животных клеток; вещества, избирательно поглощающие свет определенных диапазонов видимой области спектра.
  - Пигменты являются сложными эфирами хлорофиллиновой кислоты и спиртов (фитола и метанола).
  - Представители пигментов: ***хлорофиллы*** а, Ь, с, с1 (участвуют в фотосинтезе), ***ксантофиллы*** (содержат атомы кислорода), ***каротины*** (не содержат атомов кислорода).
  - Пигменты входят в состав различных ферментов, включаются в структуру клеточных мембран.
- **Функции пигментов:**
  - обеспечивают фотосинтез (хлорофиллы);
  - придают окраску организмам;
  - участвуют в дыхании (гемоглобин);
  - играют важную роль в зрении (родопсины);
  - защищают организм от ультрафиолетового излучения (у растений - каротиноиды, у животных - меланин).

1.3. Нуклеиновые кислоты

Основные понятия

Нуклеиновые кислоты - фосфорсодержащие биополимеры, построенные из мономеров - ***нуклеотидов*** и обеспечивающие хранение и передачу наследственной (генетической) информации в живых организмах.

- Открыты Ф. Мишером (1869 г., Швейцария).
- В молекулах нуклеиновых кислот содержится от 80 до нескольких сот миллионов нуклеотидов.
- Нуклеиновые кислоты содержатся в ядрах, митохондриях и пластидах клеток.

Нуклеотид - органическое соединение, в состав которого входят: одно из пяти ***азотистых оснований*** (аденин, гуанин, урацил, гимин, цитозин), ***пятиуглеродный моносахарид*** **(рибоза** или **дезоксирибоза)** и ***остаток молекулы фосфорной кислоты*** ($P0_4$).

- **Название и обозначение нуклеотидов:** нуклеотид называется по имени своего азотистого основания и обозначается первой заглавной буквой его названия *(пример:* А - адениновый нуклеотид).

Комплементарные нуклеотиды — это пары нуклеотидов **А** и **Т,** а также **Г** и **Ц,** между азотистыми основаниями которых могут образовываться ***водородные связи.***

В зависимости от того, какой сахар входит в состав нуклеотидов, нуклеиновые кислоты подразделяются на **дезоксирибонуклеиновые (ДНК)** и **рибонуклеиновые (РНК).**

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)

- **Состав ДНК.**
  - пятиуглеродный сахар дезоксирибоза,
  - азотистые основания (аденин, гуанин, тимин, цитозин),
  - остаток фосфорной кислоты.
- **Структура ДНК** впервые расшифрована Дж. Уотсоном и Ф. Криком в 1953 г. (см. рис. 1.2):
  - молекула ДНК состоит из ***двух*** полинуклеотидных ***цепочек, спирально закрученных одна относительно другой,***
  - нуклеотиды в каждой цепочке ДНК связаны друг с другом ковалентными фосфодиэфирными связями, образующимися между

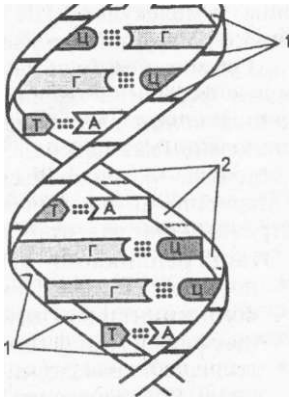


Рис. 1.2. Структура ДНК:
1 - фосфатная группа,
2 - дезоксирибоза

фосфатной группой одного нуклеотида и гидроксильной группой дезоксирибозы соседнего;

- цепочки ДНК соединены друг с другом двумя или тремя водородными связями между комплементарными азотистыми основаниями: А = Т, Ц = Г.

Комплементарность - принцип, в соответствии с которым объединяются две полинуклеотидные цепи в молекуле ДНК, а также осуществляется синтез всех типов РНК на молекулах ДНК и синтез полипептидов по и-РНК в рибосомах: **против нуклеотида А одной цепи может быть только нуклеотид Т другой цепи, а против нуклеотида Г - только нуклеотид Ц.**

- **Правило Чаргофа** (следствие комплементарности нуклеотидов): число адениловых нуклеотидов равно числу тимидиловых: А = Т, а число гуаниловых нуклеотидов равно числу цитидиловых: Г = Ц; откуда следует, что А + Г = Т + Ц.
- **Свойства ДНК:** эта молекула способна к ***транскрипции, репарации, репликации.***

Транскрипция -это процесс «***считывания***» генетической информации с одной из нитей молекулы ДНК и ***копирования*** ее на молекулу и-РНК, происходящий путем биосинтеза молекул и-РНК на соответствующих участках ДНК; является первым этапом реализации генетической информации в живых клетках.

- Транскрипция происходит с помощью фермента **РНК-*полимеразы,*** который, двигаясь по молекуле ДНК, подбирает нуклеотиды, комплементарные нуклеотидам участка ДНК, и соединяет их в цепочку и-РНК.

Репарация - процесс ***исправления повреждений*** (восстановления) в молекулах ДНК и компенсации уже закрепившихся мутаций; происходит при участии особых ферментов.

Репликация (или **удвоение) ДНК** - происходящий под контролем ферментов процесс ***синтеза новой молекулы*** ДНК как ***точной копии уже существующей молекулы*** ДНК при ее использовании как матрицы; наблюдается в ходе подготовки клетки к делению. Матричный синтез ДНК идет по принципу комплементарности, антипараллельно; полуконсервативный прерывистый матричный синтез - от 3'- к 5'-концу.

- **Этапы репликации ДНК:**
  - постепенное разделение (с помощью специального фермента) комплементарных цепей ДНК в результате разрыва водородных связей между ними;
  - деспирализация разделившихся участков полинуклеотидных цепей ДНК (происходит при участии фермента ДНК-изомеразы);
  - комплементарный синтез новых (дочерних) полинуклеотидных цепей на каждой из старых цепей как на матрице; осуществляется с помощью фермента ДНК-иолимеразы.

- **Локализация ДНК в клетках:**
  - в хромосомах клеточного ядра (около 99% всей ДНК клетки), в митохондриях и пластидах эукариотических клеток;
  - в прокарио гических клетках погружена в цитоплазму.

Функции ДНК: хранение, передача дочерним клеткам и воспроизведение генетической информации.

- В ДНК ***любой*** клетки закодирована информация о строении, количестве и последовательности синтеза ***всех*** белков данного организма.

Рибонуклеиновая кислота (РНК)

- **Состав РНК:**
  - пятиуглеродный сахар **рибоза,**
  - азотистые основания (аденин, гуанин, урацил, цитозин),
  - остаток фосфорной кислоты.
- **Ст руктура РНК** (см. рис. 1.3):
  - молекула РНК состоит из ***одной*** нолинуклеотидной цепочки;
  - нуклеотиды в каждой цепочке РНК связаны друг с другом ковалентными фосфодиэфирными связями;
  - кроме того, между соседними нуклеотидами цепочки могут образовываться водородные связи;
  - цепочки РНК значительно короче молекул ДНК, имеют меньшую молярную массу.

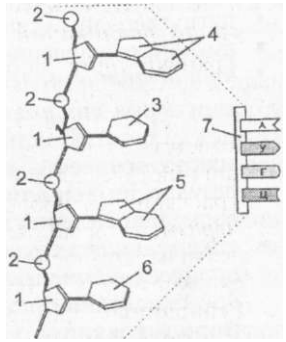


Рис. 1.3. Структура РНК: 1 - рибоза, 2 - фосфатная группа, 3 - урацил, 4 - аденин, 5 - гуанин, 6 - цитозин, 7 - рибозофосфатная основа

- **Виды РНК:**
  - ***информационная*** **РНК (и-РНК),**
  - ***транспортная*** **РНК(т-РНК),**
  - ***рибосомальная*** **РНК (р-РНК).**
- **Информационная РНК** (составляет около 5% от всех РНК клетки):
  - **структура:** незамкнутая цепь, содержащая от 300 до 30000 нуклеотидов; является комплементарной копией определенного участка ДНК **(гена);**
  - **функции:** каждая специфическая молекула и-РНК переносит ***информацию*** о структуре определенного белка от ДНК в рибосомы (место сборки молекул белков) и является матрицей для синтеза молекул этого белка.
- **Транспортная РНК** (составляет до 15% от всех РНК клетки):
  - **структура:** содержит 75-85 нуклеотидов; молекула т-РНК имеет вторичную структуру в форме «клеверного листа» (из-за наличия водородных связей) и два активных участка: **антикодон**

- триплет нуклеотидов на верхушке «клеверного листа», и **акцепторный конец,** к которому присоединяются аминокислоты;
  - **функция** т-РНК - транспорт ***аминокислот*** в рибосому к месту сборки молекул белка.
- **Рибосомальная РНК** (составляет до 85% от всех РНК клетки):
  - **место синтеза:** молекулы р-РНК синтезируются в ядре клетки;
  - **локализация:** в комплексе с белками образует **рибосомы** - органеллы, на которых происходит синтез белка;
  - **функция** р-РНК - обеспечение нужного пространственного взаимного расположения и-РНК и т-РНК в рибосоме.

Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)

Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) - органическое вещество, выполняющее роль аккумулятора энергии в клетке в виде макроэргических связей.

- **Состав молекул АТФ:**
  - пятиуглеродный сахар ***рибоза,***
  - азотистое основание ***аденин,***
  - ***три остатка молекул фосфорной кислоты.***
- **Энергетика химических связей:**
  - между остатками молекул фосфорной кислоты существуют **макроэргические** связи; при разрыве одной такой связи в результате **гидролитического** (под воздействием молекулы воды) **отщепления** выделяется **40 кДж** энергии;
  - ***аккумуляция энергии*** в вышеуказанных связях происходит ***в процессе синтеза*** АТФ за счет энергии, освобождающейся при окислении органических веществ **(окислительное фосфорилирование).**
- **Некоторые особенности АТФ:**
  - АТФ синтезируется в гиалоплазме, митохондриях и хлоропластах (у растений в процессе фотосинтеза);
  - среднее время жизни молекулы АТФ в клетке - менее 1 мин.
- **Значение АТФ:** это - главный и универсальный ***источник энергии*** для всех процессов жизнедеятельности в клетке.

1.4. Строение и функции клетки

Общая характеристика клеток

Клетка является наименьшей и основной структурной единицей живых организмов, способной к самообновлению, саморегуляции и самовоспроизведению (см. также п. 1.1).

Характерные размеры клеток: клетки бактерий - от 0,1 до 15 мкм, клетки других организмов - от 1 до 100 мкм, иногда достигают 1-10 мм; яйцеклетки крупных птиц - до 10-20 см, отростки нервных клеток - до 1 м.

Форма клеток весьма разнообразна: существуют шаровидные клетки **(кокки),** цепочечные **(стрептококки),** вытянутые **(палочки,** или **бациллы),** изогнутые **(вибрионы),** извитые **(спириллы),** многогранные, с двигательными жгутиками и др.

- **Виды клеток: прокариотические** (безъядерные) и **эукариотические** (имеющие оформленное ядро).
  - ***Эукариотические*** клетки, в свою очередь, подразделяются на клетки **животных, растений** и **грибов.**

Структурная организация эукариотической клетки

Протопласт - это все живое содержимое клетки. Протопласт всех эукариотических клеток состоит из ***цитоплазмы*** (со всеми органоидами) и ***ядра.***

Цитоплазма - это внутреннее содержимое клетки *за исключением ядра,* состоящее из ***гиалонлазмы,*** погруженных в нее ***органелл*** и (в некоторых типах клеток) внутриклеточных включений (запасных питательных веществ и/или конечных продуктов обмена).

Гиалоплазма - основная плазма, матрикс цитоплазмы, основное вещество, являющееся внутренней средой клетки и представляющее собой вязкий бесцветный коллоидный раствор (содержание воды до 85%) различных веществ: белков (10%), Сахаров, органических и неорганических кислот, аминокислот, полисахаридов, РНК, липидов, минеральных солей и т.п.

- Гиалоплазма является средой для внутриклеточных реакций обмена и связующим звеном между органеллами клетки; она способна к обратимым переходам из золя в гель, ее состав определяет буферные и осмотические свойства клетки.

В цитоплазме находится **цитоскелет,** состоящий из микротрубочек и способных сокращаться белковых нитей.

- Цитоскелет определяет форму клетки и участвует во внутриклеточном перемещении органоидов и отдельных веществ.

Ядро - самый крупный органоид эукариотической клетки, содержащий ***хромосомы,*** в которых хранится вся наследственная информация (подробнее см. ниже).

- **Структурные компоненты эукариотической клетки:**
  - плазмалемма (плазматическая мембрана),
  - клеточная стенка (только у клеток растений и грибов),
  - биологические (элементарные) мембраны,
  - ядро,
  - эндоплазматическая сеть (эндоплазматический ретикулум),
  - митохондрии,
  - комплекс Гольджи,
  - хлоропласты (только у клеток растений),
  - лизосомы, <,
  - рибосомы,

- клеточный центр,
- вакуоли (только у клеток растений и грибов),
- микротрубочки,
- реснички, жгутики.

Схемы строения животной и растительной клеток приведены на рис. 1.4, 1.5.

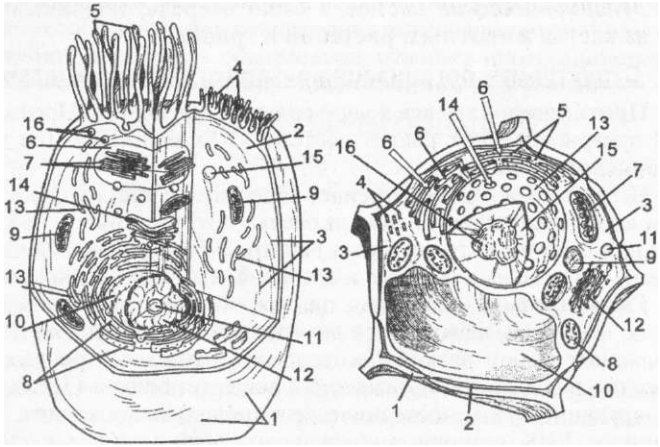


Рис. 1.4. **Строение животной клетки:**
1 - плазмалемма,
2 - цитоплазма, 3 - цитоскелет,
4 - микроворсинки, 5 - реснички,
6 - центросома, 7 - центриоли,
8 - рибосомы, 9 - митохондрии,
10-ядро, 11 - ядрышко,
12 - нуклеоплазма,
13 - эндоплазматический ретикулум,
14 - комплекс Гольджи,
15 - лизосома, 16 - пероксисома

Рис. 1.5. **Строение растительной клетки:**
1 - клеточная стенка,
2 - плазмалемма,
3 - цитоплазма, 4 - цитоскелет,
5 - рибосомы,
6 - эндоплазматический ретикулум,
7 - митохондрия, 8 - хлоропласт,
9 - пластида, 10 - вакуоль,
11 - лизосома, 12-комплекс Гольджи, 13 - ядро, 14 - поры,
15 - нуклеоплазма, 16 - ядрышко

Биологические (элементарные) мембраны

Биологические (элементарные) мембраны - это активные молекулярные комплексы, разделяющие внутриклеточные органоиды и клетки. Все мембраны имеют сходное строение.

- **Структура и состав мембран:** толщина 6-10 нм; состоят в основном из молекул белков и фосфолипидоб.
  - **Фосфолипиды** образуют двойной (***бимолекулярный***) слой, в котором их молекулы обращены своими гидрофильными (водорастворимыми) концами наружу, а гидрофобными (водонерастворимыми) концами - внутрь мембраны.

  - **Белковые молекулы** располагаются на обеих поверхностях двойного липидного слоя (**периферические** белки), пронизывают оба слоя молекул липидов (**интегральные** белки, большая часть которых - ферменты) или только один их слой (**полуинтегральные** белки).
- **Свойства мембран:** ***пластичность, асимметрия*** (состав наружного и внутреннего слоев и липидов, и белков различен), ***полярность*** (внешний слой заряжен положительно, внутренний - отрицательно), способность ***самозамыкаться, избирательная проницаемость*** (при этом гидрофобные вещества проходят через двойной липидный слой, а гидрофильные - через поры в интегральных белках).
- **Функции мембран:** ***барьерная*** (отделяет содержимое органоида или клетки от окружающей среды), ***структурная*** (обеспечивает определенную форму, размеры и устойчивость органоида или клетки), ***транспортная*** (обеспечивает транспорт веществ в органоид или клетку и из нее), ***кшполитическая*** (обеспечивает примембранные биохимические процессы), ***регулятивная*** (участвует в регуляции обмена веществ и энергии между органоидом или клеткой и внешней средой), ***участвует в преобразовании энергии*** и поддержании трансмембранного электрического потенциала.

Плазматическая мембрана (плазмалемма)

Плазматическая мембрана, или **плазмалемма,** - это биоло- I ическая мембрана или комплекс плотно прилегающих друг к другу биологических мембран, покрывающих клетку с внешней стороны.

Строение, свойства и функции плазмалеммы в основном такие же, как и у элементарных биологических мембран.

- **Особенности строения** (рис. 1.6):
  - наружная поверхность плазмалеммы содержит **гликокаликс** - полисахаридный слой молекул ***гликолипоидов*** и ***гликопротеидов,*** служащих рецепторами для «узнавания» определенных химических веществ; у ***животных клеток*** она может быть покрыта слизью или хитином, а у ***растительных клеток*** - целлюлозой или пектиновыми веществами;
  - обычно плазмалемма образует выросты, впячивания, складки, микроворсинки и др., увеличивающие поверхность клетки.

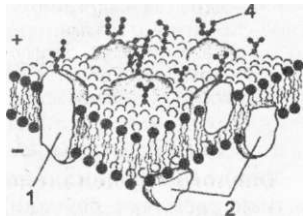


Рис. 1.6. **Плазматическая мембрана:**
1 - интегральный белок,
2 - периферические белки,
3 - бимолекулярный слой липидов, 4 - гликокаликс

- **Дополнительные функции:** ***рецепторная*** (участвует в «узнавании» веществ и в восприятии сигналов из окружающей среды и передаче их в клетку), ***обеспечение связи между клетками*** в тканях многоклеточного организма, ***участие в построении специальных структур клетки*** (жгутиков, ресничек и др.).

Клеточная стенка(оболочка)

Клеточная стенка - это жесткая структура, расположенная снаружи плазмалеммы и представляющая собой внешний покров клетки. ***Присутствует у прокариотических клеток и клеток грибов и растений.***

- **Состав клеточной стенки:** ***целлюлоза*** у клеток растений и ***хитин*** у клеток грибов (структурные компоненты), ***белки, пектины*** (которые участвуют в образовании пластинок, скрепляющих стенки двух соседних клеток), ***лигнин*** (скрепляющий целлюлозные волокна в очень прочный каркас), ***суберин*** (откладывается на оболочку изнутри и делает ее практически непроницаемой для воды и растворов) и др. Наружная поверхность клеточной стенки эпидермальных клеток растений содержит большое количество ***карбоната кальция*** и ***кремнезема*** **(минерализация)** и покрыта гидрофобными веществами ***восками*** и **кутикулой** (слоем вещества ***кутина,*** пронизанным целлюлозой и пектинами).
- **Функции клеточной стенки:** служит внешним каркасом, поддерживает тургор клеток, выполняет защитную и транспортную функции.

Органеллы клетки

Органеллы (или **органоиды)** - это постоянные высокоспециализированные внутриклеточные структуры, имеющие определенное строение **и** выполняющие соответствующие функции.

- **По назначению** органеллы подразделяются на:
  - **органеллы общего назначения** (митохондрии, комплекс Гольджи, эндоплазматическая сеть, рибосомы, центриоли, лизосомы, пластиды) и
  - **органеллы специального назначения** (миофибриллы, жгутики, реснички, вакуоли).
- **По наличию мембраны** органеллы подразделяются на:
  - **двумембранные** (митохондрии, пластиды, клеточное ядро),
  - **одномембранные** (эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы, вакуоли) и
  - немембранные (рибосомы, клеточный центр).

Внутреннее содержимое мембранных органелл всегда отличается от окружающей их гиалоплазмы.

- Митохондрии - двумембранные органеллы эукариотических клеток, осуществляющие окисление органических веществ до конечных продуктов с освобождением энергии, запасаемой в молекулах АТФ.

1 **Строение:** палочковидная, шаровидная и нитевидная формы, толщина 0,5-1 мкм, длина 2-7 мкм; двумембранные, наружная мембрана гладкая и имеет высокую проницаемость, внутренняя мембрана образует складки - **кристы,** на которых находятся тельца сферической формы - АТФ-сомы. **В** пространстве между мембранами скапливаются ионы водорода Н , участвующие в кислородном дыхании.

- **Внутреннее содержимое (матрикс):** рибосомы, кольцевые ДНК, РНК, аминокислоты, белки, ферменты цикла Кребса, ферменты тканевого дыхания (находятся на кристах).
- **Функции:** окисление веществ до $C0_2$ и H_20; ***синтез*** **АТФ** и специфических белков; образование новых митохондрий в результате деления надвое.

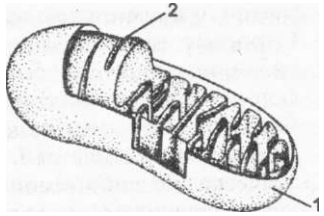


Рис. 1.7. **Строение митохондрии:**
1 - наружная мембрана,
2 - внутренняя мембрана

- **Пластиды** (имеются только у клеток растений и автотрофных протистов).
  - **Виды пластид:** ***хлоропласты*** (зеленые), ***лейкопласты*** (бесцветные округлой формы), ***хромопласты*** (желтые или оранжевые); пластиды могут превращаться из одного вида в другой.
  - **Строение хлоропластов:** они двумембранные, имеют округлую или овальную форму, длина 4-12 мкм, толщина 1-4 мкм. Наружная мембрана гладкая, на внутренней имеются **тилакоиды** - складки, образующие замкнутые дисковидные впячивания, между которыми находится ***строма*** (см. ниже). У высших растений тилакоиды собраны в стопки (наподобие столбика монет) **- граны,** которые соединены друг с другом **ламеллами** (одиночными

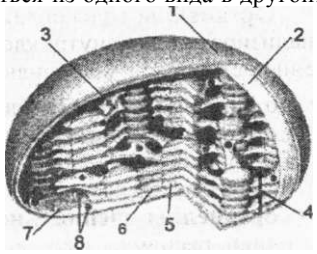


Рис. 1.8. **Строение хлоропласта:**
1 - наружная мембрана,
2 - внутренняя мембрана 3 - строма, 4 - грана, 5 - тилакоид граны,
6 - тилакоид стромы, 7 - ДНК,
8 - рибосомы

- **Состав хлоропластов:** в мембранах тилакоидов и гран - зерна ***хлорофилла*** и других пигментов; внутреннее содержимое **(строма):** белки, липиды, рибосомы, кольцевые ДНК, РНК, ферменты, участвующие в фиксации $C0_2$, запасные вещества.
- **Функции пластид:** фотосинтез (хлоропласты, содержащиеся в зеленых органах растений), синтез специфических белков и накопление запасных питательных веществ: крахмала, белков, жиров (лейкопласты), придание окраски тканям растений с целью привлечения насекомых-опылителей и распространителей плодов и семян (хромопласты).

* **Эндоплазматическая сеть (ЭПС),** или **эндоплазматический ретикулум,** имеется во всех эукариотических клетках.

- **Строение:** представляет собой систему соединенных между собой канальцев, трубочек, цистерн и полостей различной формы и размеров, стенки которых образованы элементарными (одинарными) биологическими мембранами.
  Различают два типа ЭПС: ***гранулярную*** (или ***шероховатую),*** содержащую рибосомы на поверхности каналов и полостей, и ***агранулярную*** (или ***гладкую***), не содержащую рибосом.
- **Функции:** разделение цитоплазмы клетки на отсеки, препятствующие смешению происходящих в них химических процессов; ***шероховатая ЭПС*** накапливает, изолирует для созревания и транспортирует белки, синтезированные рибосомами на ее поверхности, синтезирует мембраны клетки; ***гладкая ЭПС*** синтезирует и транспортирует липиды, сложные углеводы и стероидные гормоны, выводит из клетки ядовитые вещества.

* **Комплекс (или аппарат) Гольджи** - мембранная органелла эукариотической клетки, расположенная вблизи клеточного ядра, представляющая собой систему цистерн и пузырьков и участвующая в накоплении, хранении и транспортировке веществ, построении клеточной оболочки и образовании лизосом.

- **Строение:** комплекс представляет собой **диктиосому** - стопку ограниченных мембраной плоских дисковидных мешочков ***(цистерн),*** от которых отпочковываются пузырьки, и систему мембранных трубочек, связывающих комплекс с каналами и полостями гладкой ЭПС.

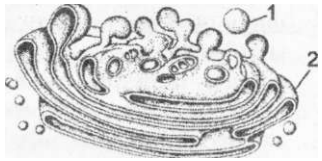


Рис. 1.9. **Строение комплекса Гольджи:** - пузырьки, 2 - цистерны

- **Функции:** образование лизосом, вакуолей, плазмалеммы и клеточной стенки растительной клетки (после ее деления), секреция ряда комплексных органических веществ (пектиновых веществ, целлюлозы и др. у растений; гликопротеинов, гликолипидов, коллагена, белков молока, желчи, ряда гормонов и др. у животных); накопление и обезвоживание транспортированных по ЭПС липидов (из гладкой ЭПС), доработка и накопление белков (из гранулярной ЭПС и свободных рибосом цитоплазмы) и углеводов, выведение веществ из клетки.

Зрелые цистерны диктиосомы отшнуровывают пузырьки **(вакуоли Гольджи),** заполненные секретом, который затем либо используется самой клеткой, либо выводится за ее пределы.

- **Лизосомы** - клеточные органеллы, обеспечивающие расщепление сложных молекул органических веществ; образуются из пузырьков, отделяющихся от комплекса Гольджи или гладкой ЭПС, и присутствуют во всех эукариотических клетках.
- **Строение и состав:** лизосомы - это небольшие одномембранные пузырьки округлой формы диаметром 0,2-2 мкм; заполнены гидролитическими (пищеварительными) ферментами (= 40), способными расщеплять белки (до аминокислот), липиды (до глицерина и высших карбоновых кислот), полисахариды (до моносахаридов) и нуклеиновые кислоты (до нуклеотидов).

Сливаясь с эндоцитозными пузырьками, лизосомы образуют **пншеварительную вакуоль** (или **вторичную лизосому),** где и происходит расщепление сложных органических веществ; полученные мономеры через мембрану вторичной лизосомы поступают в цитоплазму клетки, а непереваренные (негидролизуемые) вещества остаются во вторичной лизосоме и затем, как правило, ныводятся за пределы клетки.

- **Функции: гетерофагия** - расщепление чужеродных веществ, поступивших в клетку путем ***эндоцитоза*** **аутофагия** - уничтожение ненужных клетке структур; **автолиз** - саморазрушение клетки, происходящее в результате освобождения содержимого лизосом при гибели или перерождении клетки.

- **Вакуоли** - крупные пузырьки или полости в цитоплазме, образующиеся в клетках растений, грибов и многих протистов и ограниченные элементарной мембраной - **тонопластом.**
- Вакуоли ***протистов*** подразделяют на ***пищеварительные*** и ***сократительные*** (имеющие в мембранах пучки эластичных волокон и служащие для осмотической регуляции водного баланса клетки).
- Вакуоли ***растительных клеток***

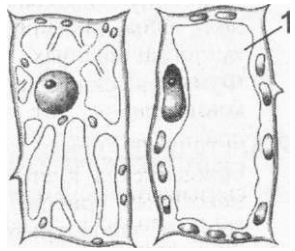


Рис. 1.10. **Вакуоли растительных клеток:** 1 -тонопласт

(рис. 1.10) заполнены **клеточным соком** - водным раствором различных органических и неорганических веществ. В них также могут находиться ядовитые и дубильные вещества и конечные продукты жизнедеятельности клеток.

- Вакуоли растительных клеток могут сливаться в **центральную вакуоль,** которая занимает до 70-90% объема клетки и может быть пронизана тяжами цитоплазмы.
- **Функции:** накопление и изоляция запасных веществ и веществ, предназначенных для экскреции; поддержание тургорного давления; обеспечение роста клетки за счет растяжения; регуляция водного баланса клетки.

• **Рибосомы** - органеллы клетки, присутствующие во всех клетках (в количестве нескольких десятков тысяч), расположенные на мембранах гранулярной ЭПС, в митохондриях, хлоропластах, цитоплазме и наружной ядерной мембране и осуществляющие биосинтез белков; субъединицы рибосом образуются в ядрышках.

" **Строение и состав:** рибосомы - мельчайшие (15-35 нм) немембранные гранулы округлой и грибовидной формы; имеют два активных центра **(аминоацильный** и **пептидильныи);** состоят из двух неравных субъединиц - большой (в виде полусферы с тремя выступами и каналом), которая содержит три молекулы РНК и белок, и малой (содержащей одну молекулу РНК и белок); субъединицы соединяются с помощью иона М§$^{+}$.

* **Функция:** синтез белков из аминокислот.

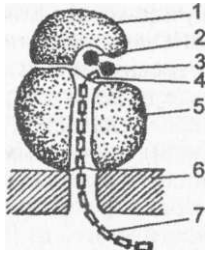


Рис. 1.11. Строение рибосомы:
.1 - малая субъединица, 2 - и-РНК, 3 - т-РНК, 4 - аминокислота, 5 - большая субъединица, 6 - мембрана ЭПС, 7 - синтезируемая полипептидная цепь

Клеточный центр - органелла большинства клеток животных, некоторых грибов, водорослей, мхов и папоротников, расположенная (в интерфазе) в центре клетки вблизи ядра и служащая центром инициации сборки ***микротрубочек.***

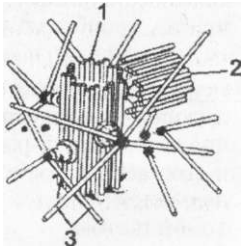


Рис. 1.12. Строение центриолей:
1 - материнская центриоль, 2 - дочерняя центриоль, 3 - микротрубочки

- **Строение:** клеточный центр состоит из двух ***центриолей*** и ***центросферы.*** Каждая **центриоль** (рис. 1.12) имеет вид цилиндра длиной 0,3-0,5 мкм и диаметром 0,15 мкм, стенки которого образованы девятью триплетами **микротрубочек,** а середина заполнена однородным веществом. Центриоли расположены перпендикулярно друг другу и окружены плотным слоем цитоплазмы с радиально расходящимися микротрубочками, образующими лучистую **центросферу.** При делении клетки центриоли расходятся к полюсам.
- **Основные функции:** образование полюсов деления клеток и ахроматиновых нитей **веретена деления** (или **митотического веретена),** обеспечивающего равноценное распределение генетического материала между дочерними клетками; в интерфазе направляет передвижение органелл в цитоплазме.

• **Пи госкелет клетки** - это система ***микрофиламентов*** и ***микротрубочек,*** пронизывающих цитоплазму клетки, связанных с наружной цитоплазматической мембраной и ядерной оболочкой и поддерживающих форму клетки.

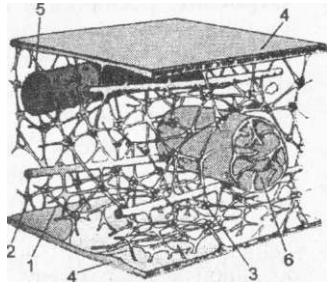


Рис. 1.13. Цитоскелет:
1, 2, 3 - элементы цитоскелета, 4 - мембрана, 5 - ЭПС, 6 - митохондрия

- **Микрофиламенты** - тонкие, способные сокращаться нити толщиной 5-10 нм и состоящие из белков (***актина, миозина*** и др.). Находятся в цитоплазме всех клеток и ложноножках подвижных клеток.

Функции: микрофиламенты обеспечивают двигательную активность гиалоплазмы, непосредственно участвуют в изменении формы клетки при распластывании и амебоидном движении клеток протистов, участвуют в образовании перетяжки при делении клеток животных; одни из основных элементов цитоскелета клетки.

- **Микротрубочки** - тонкие полые цилиндры (диаметром 25 нм), состоящие из молекул белка ***тубулина,*** расположенные спиральными или прямолинейными рядами в цитоплазме эукариотических клеток.

Функции: микротрубочки образуют нити веретена деления, входят в состав центриолей, ресничек, жгутиков, участвуют во внутриклеточном транспорте; одни из основных элементов цитоскелета клетки.

Органеллы движения - ***жгутики*** и ***реснички,*** присутствуют во многих клетках, но чаще встречаются у одноклеточных организмов.

- **Реснички** - многочисленные цитоплазматические короткие (длиной 5-20 мкм) выросты на поверхности плазмалеммы. Имеются на поверхности различных видов клеток животных и некоторых растений.
- **Жгутики** - единичные цитоплазматические выросты на поверхности клеток многих протистов, зооспор и сперматозоидов; в ~10 раз длиннее ресничек; служат для передвижения.
- **Строение:** реснички и жгутики (рис. 1.14) состоят их ***микротрубочек,*** расположенных по системе 9x2+2 (девять двойных микротрубочек - ***дублетов*** образуют стенку, в середине расположены две одиночные микротрубочки). Дублеты способны скользить друг относительно друга, что приводит к изгибанию реснички или жгутика. В основании жгутиков и ресничек имеются **базальные тельца,** идентичные по структуре ***центриолям.***

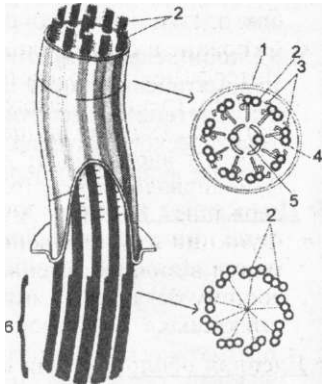


Рис. 1.14. **Строение жгутика:**
1 - плазмалемма,
2 - микротрубочки,
3 - белковые отростки,
4 - радиальная спица,
5 - центральная втулка (футляр),
6 - базальное тельце

- **Функции:** реснички и жгутики обеспечивают передвижение самих клеток или окружающей их жидкости и взвешенных в ней частиц.

Включения

Включения - непостоянные (существующие временно) компоненты цитоплазмы клетки, содержание которых меняется в зависимости от функционального состояния клетки. Различают ***трофические, секреторные*** и ***экскреторные*** включения.

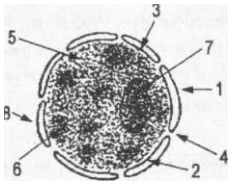
- **Трофические включения** - это запасы питательных веществ (жир, крахмальные и белковые зерна, гликоген).
- **Секреторные включения** - это продукты жизнедеятельности желез внутренней и внешней секреции (гормоны, ферменты).
- **Экскреторные включения** - это продукты обмена веществ в клетке, подлежащие выведению из клетки.

Ядро и хромосомы

Ядро - самый крупная органелла; является обязательным компонентом всех эукариотических клеткок (за исключением клеток ситовидных трубок флоэмы высших растений и зрелых эритроцитов млекопитающих). В большинстве клеток присутствует одно ядро, но существуют двух- и многоядерные клетки.

Выделяют **два состояния ядра:** ***интерфазное*** и ***делящееся*** (см. п. 1.6).

- **Строение и состав ядра** (рис. **1.15).**
  Интерфазное ядро состоит из ***ядерной оболочки*** (отделяющей внутреннее содержимое ядра от цитоплазмы), ядерного матрикса (***кариоплазмы), хроматина*** и ***ядрышек.*** Форма и размеры ядра зависят от вида организма, типа, возраста и функционального состояния клетки. Отличается высоким содержанием ДНК **(15-30%)** и РНК **(12%).**
- **Функции ядра:** хранение и передача наследственной информации в виде неизменной структуры ДНК; регуляция (через систему белкового синтеза) всех процессов жизнедеятельности клетки.
- **Ядерная оболочка** (или **кариолемма)** состоит из наружной и внутренней биологических мембран, между которыми находится **перинуклеарное пространство.** На внутренней мембране имеется белковая пластинка, придающая форму ядру. Наружная мембрана соединена с **ЭПС** и несет на себе рибосомы. Оболочка пронизана **ядерными порами,** через которые происходит обмен веществ между ядром и цитоплазмой. Число пор непостоянно и зависит от размеров ядра и его функциональной активности.



рцс ^ **электронограмма** ядра ^етки; у _ **наружная ядерная мембрана,** 2 **- внутренняя ядерная мембрана, 3 - перинуклеарное** 5 _ ^ а з ^ ^ р Г а т и н , ***у*** **_ ядрышко,** 8 **- рибосомы**

- **Функции ядерной оболочки:** она отделяет ядро от **цито**плазмы клетки, регулирует транспорт веществ из ядра в цитоплазму (РНК, субъединиц рибосом) и из цитоплазмы в ядро (белков, жиров, углеводов, АТФ, воды, ионов).

* Хромосома - важнейшая органелла ядра, содержащая одну молекулу ДНК в комплексе со специфическими белками - ***гистонами*** и некоторыми другими веществами, большая часть которых находится на поверхности хромосомы.

- В зависимости от фазы жизненного цикла клетки хромосомы могут быть в **двух состояниях** - ***деспирализованном*** и ***спирализованном.***
- В деспирализованном состоянии хромосомы находятся в период ***интерфазы*** клеточного цикла, образуя невидимые в оптический микроскоп нити, составляющие основу ***хроматина.***
- Спирализация, сопровожающаяся укорачиванием и уплотнением (в 100-500 раз) нитей ДНК, происходят в процессе ***даяния*** клетки; при этом ***хромосомы приобретают компактную форму*** и становятся видимыми в оптический микроскоп.

- **Хроматин** - один из компонентов ядерного вещества в период интерфазы, основу которого составляют ***деспирализованные хромосомы*** в виде сети длинных тонких нитей молекул ДНК в комплексе с гистонами и другими веществами (РНК, ДНК-полимеразой, липидами, минеральными веществами и др.); хорошо окрашивается красителями, применяемыми в гистологической практике.
- В хроматине участки молекулы ДНК навиваются на гистоны, образуя **нуклеосомы** (по виду напоминают бусы).

••• **Хроматида** — это структурный элемент хромосомы, представляющий собой ***нить молекулы ДНК*** в комплексе с белками-гистонами и другими веществами, ***многократно сложенную*** как суперспираль ***и упакованную*** в виде палочковидного тельца.
- При спирализации и упаковке отдельные участки ДНК укладываются закономерным образом так, что на хроматидах образуются чередующиеся поперечные полосы.

- **Строение хромосомы** (рис. 1.16). В спирализованном состоянии хромосома представляет собой палочковидную структуру размерами около 0,2-20 мкм, состоящую из двух ***хроматид*** и разделенную на два **плеча** первичной перетяжкой, называемой **центромерой.** Хромосомы могут иметь **вторичную перетяжку,** отделяющую участок, называемый **спутником.** У некоторых хромосом имеется участок **(ядрышковый организатор),** на котором закодирована структура рибосомных РНК (р-РНК).

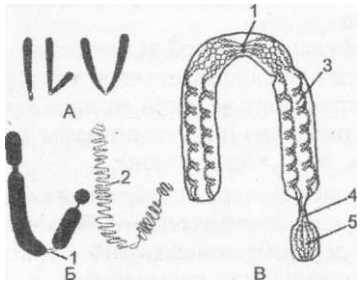


Рис. 1.16. Строение хромосомы (после анафазы до репликации):
А - типы хромосом,
Б, В - тонкое строение хромосом:
1 - центромера, 2 - спирально закрученная нить ДНК,
3-хроматида,
4 - вторичная перетяжка,
5 - спутник

- **Типы хромосом** в зависимости от их формы: ***равноплечие, неравноплечие*** (центромера смещена от середины хромосомы), ***палочковидные*** (центромера находится близко к концу хромосомы).
- После анафазы митоза и анафазы мейоза II хромосомы состоят из ***одной хроматиды,*** а после репликации (удвоения) ДНК на синтетической (8) стадии интерфазы - из ***двух сестринских хроматид,*** соединенных друг с другом в области центромеры. Во время деления клетки к центромере прикрепляются микротрубочки ***веретена деления.***

•> **Функции хромосом:**
- содержат ***генетический материал*** - молекулы ДНК;
- осуществляют ***синтез ДНК*** (при удвоении хромосом в 5-период клеточного цикла) и и-РНК;
- регулируют синтез белков;
- контролируют жизнедеятельность клетки.

Гомологичные хромосомы — хромосомы, относящиеся к одной паре, одинаковые по форме, размерам, расположению центромер, несущие одинаковые гены и определяющие развитие одних и тех же признаков. Гомологичные хромосомы могут различаться ***аллелями*** содержащихся в них генов и обмениваться участками в ходе мейоза (***кроссинговер***); см. п.п. 2.2, 2.3.

Аутосомы - хромосомы в клетках раздельнополых организмов, одинаковые у самцов и самок одного вида (это все хромосомы клетки за исключением половых).

Половые хромосомы (или **гетерохромосомы)** — это хромосомы, несущие гены, определяющие пол живого организма.

Диплоидный набор (обозначается 2л) — хромосомный набор ***соматической*** клетки, в котором каждая хромосома имеет ***парную*** ей ***гомологичную хромосому.*** Одну из хромосом диплоидного набора организм получает от отца, другую - от матери.
- Диплоидный набор ***человека*** составляет 46 хромосом (из них 22 пары гомологичных хромосом и две половые хромосомы: у женщин две Х-хромосомы, у мужчин - по одной Х- и V-хромосоме).

Гаплоидный набор (обозначается 1л) - ***одинарный*** хромосомный набор ***половой*** клетки ***{гаметы),*** в котором хромосомы ***не имеют парных гомологичных хромосом.*** Гаплоидный набор образуется при формировании гамет в результате ***мейоза,*** когда из каждой миры гомологичных хромосом в гамету попадает только одна.

Кариотип - это совокупность постоянных количественных и качественных морфологических признаков, характерных для хромосом соматических клеток организмов данного вида (их количеино, размер и форма), по которым можно однозначно идентифицировать диплоидный набор хромосом.

) 1ак 2103

•> Ядрышко - округлое, сильно уплотненное, не ограниченное мембраной тельце размером 1-2 мкм. В ядре имеется одно или несколько ядрышек. Ядрышко образуется вокруг притягивающихся друг к другу ядрышковых организаторов нескольких хромосом. Во время деления ядра ядрышки разрушаются и вновь формируются в конце деления.

- **Состав:** белок 70-80%, РНК 10-15%, ДНК 2-10%.
- **Функции:** синтез р-РНК и т-РНК; сборка субъединиц рибосом.

- **Кариоплазма** (или **нуклеоплазма, кариолимфа, ядерный сок)** - это бесструктурная масса, заполняющая пространство между структурами ядра, в которую погружены хроматин, ядрышки, а также различные внутриядерные гранулы. Содержит воду, нуклеотиды, аминокислоты, АТФ, РНК и белки-ферменты.
  - **Функции:** обеспечивает взаимосвязи ядерных структур; участвует в транспорте веществ из ядра в цитоплазму и из цитоплазмы в ядро; регулирует синтез ДНК при репликации, синтез и-РНК при транскрипции.

Сравнительная характеристика клеток эукариот

Признаки	Клетки			
	протистов	грибрв	растений	животных
Клеточная стенка	Имеется у многих	В основном из хитина	Из целлюлозы	Нет
Хлоропласты	Бывают часто	Нет	Есть	Нет
Центриоли	Бывают часто	Бывают редко	Только у некоторых мхов и папоротников	Есть
Крупная вакуоль	Бывает редко	Есть	Есть	Нет
Запасный углевод	Крахмал, гликоген	Гликоген	Крахмал	Гликоген
Ядро	Одноядерные	Большинство многоядерные	Большинство одноядерные	Большинство одноядерные
Способ питания	Авто- и гетеротрофный	Гетеротрофный	Автотрофный	Гетеротрофный

Особенности строения прокариотической и эукариотической клеток

Признак	Прокариоты	Эукариоты
1';13мер клеток	0,5-5 мкм	до 50 мкм
11аличие ядра	Обособленного ядра нет	Есть обособленное ядро, отделенное от цитоплазмы двойной мембраной
1енетический материал	Двухцепочечная ДНК, не связанная с белками-гистонами. У цианобактерий несколько хромосом в центре цитоплазмы	Двухцепочечная ДНК, связанная с белками-гистонами хромосомы (определенное число для каждого вида). Хромосомы линейные
11лазмиды	Имеются	Имеются у митохондрий и пластид
11аличие ядрышек	Отсутствуют	Имеются
Рибосомы	Мельче, чем у эукариот	Крупные
Мембранные органеллы	Отсутствуют; их функции выполняют мезосомы	Эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи. вакуоли, лизосомы, митохондрии, пластиды
1(.снтросома	Отсутствует	Имеется в клетках животных, грибов, растений (водорослей, мхов)
Мсзосома	Имеется	Отсутствует
Клеточная с гонка	У бактерий содержит *муреин*, у цианобактерий - *целлюлозу, пектиновые* вещества	У растений - *целлюлозная,* у грибов - *хитиновая.* у животных клеток нет клеточной стенки, а есть гликокаликс
(лизистая капсула	Имеется у некоторых бактерий	Отсутствует
Жгутики	Простого строения, не содержат микротрубочек	Сложного строения, содержат микротрубочки
(гюсоб диссимиляции	Аэробы и анаэробы	Аэробы
< иособы деления клетки	Бинарное деление, редко - почкование, у некоторых - конъюгация	Митоз, мейоз, амитоз
11римеры	Бактерии и цианобактерии	Протесты, растения, животные

Транспорт веществ

Транспорт веществ - это процесс переноса необходимых веществ по организму, к клеткам, внутрь клетки и внутри клетки, а также удаление отработанных веществ из клетки и организма.

- **Внутриклеточный транспорт** веществ обеспечивает гиалоплазма и (у клеток эукариот) эндоплазматическая сеть (ЭПС), комплекс Гольджи и микротрубочки.
- Транспорт веществ по организму рассмотрен в п. 7.4, 7.5, 8.3.

- **Способы транспорта веществ через биологические мембраны:**
  - пассивный транспорт (осмос, диффузия, пассивная диффузия),
  - активный транспорт,
  - эндоцитоз,
  - экзоцитоз.

Пассивный транспорт не требует затрат энергии и происходит ***по градиенту*** концентрации, плотности или электрохимического потенциала.

Осмос - это проникновение ***воды*** (или иного ***растворителя)*** через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного раствора в более концентрированный.

Диффузия - проникновение ***вещества*** через мембрану ***по градиенту*** концентрации (из области с большей концентрацией вещества в область с меньшей концентрацией).

- Диффузия воды и ионов осуществляется при участии интегральных белков мембраны, имеющих поры (каналы), диффузия жирорастворимых веществ происходит при участии липидной фазы мембраны.

Облегченная диффузия через мембрану происходит с помощью специальных мембранных белков-переносчиков (рис. 1.17).

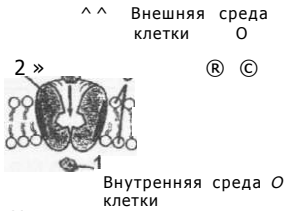


Рис. 1.17. **Облегченная диффузия:**
1 - углеводы,
2 - транспортный белок,
3 - мембрана клетки

Активный транспорт требует затрат энергии, выделяющейся при расщеплении АТФ, и служит для переноса веществ (ионов, моносахаров, аминокислот, нуклеотидов) ***против градиента*** их концентрации или электрохимического потенциала. Осуществляется специальными белками-переносчиками ***пермиазами,*** имеющими ионные каналы и образующими **ионные насосы** (рис. 1.18).

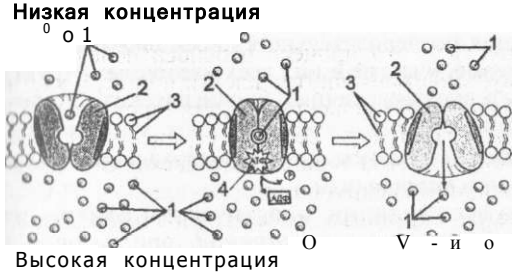


Рис. 1.18. **Активный транспорт:**
1 - молекулы аминокислоты,
2-транспортные белки,
3 - мембрана клетки,
4 - молекула АТФ

Эндоцитоз - захват и обволакивание клеточной мембраной макромолекул (белков, нуклеиновых кислот и т.д.) и микроскопических твердых пищевых частиц **(фагоцитоз)** или капелек жидкостей с растворенными в ней веществами **(пиноцитоз)** и заключение их в мембранную вакуоль, которая втягивается внутрь клетки. Вакуоль затем сливается с лизосомой, ферменты которой расщепляют молекулы захваченного вещества до мономеров.

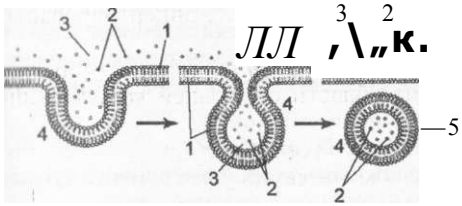


Рис. 1.19. **Эндоцитоз:**
1 - мембрана клетки,
2 - частица,
3 - околоклеточное пространство,
4 - цитоплазма,
5 - пузырек

Экзоцитоз - процесс, обратный эндоцитозу. Посредством экзоцитоза клетка выводит внутриклеточные продукты или непереваренные остатки, заключенные в вакуоли или пузырьки.

1.5. Обмен веществ и превращение энергии в клетке

Общие понятия

Обмен веществ, или **метаболизм,** - строго упорядоченная совокупность химических превращений, которые обеспечивают ее проявления жизнедеятельности организма и его вещественное и энергетическое взаимодействие с окружающей средой.

- В процессе метаболизма клетки и организм получают из окружающей среды определенные вещества и энергию, преобразуют (и при необходимости накапливают) их и выделяют в среду конечные продукты и энергию в других формах.

Значение обмена веществ: он позволяет

- ***сохранять состав*** клеток организма постоянным,
- ***обновлять,*** по мере необходимости, клеточные структуры,
- ***поддерживать энергетический баланс*** клеток и организма.

- **Важнейшие особенности обмена веществ:** высокая упорядоченность и строгая последовательность всех биохимических реакций в организме, участие в них всех клеточных структур и очень большого числа различных биологических катализаторов - ферментов.
- **Виды обмена веществ** в зависимости от направленности процессов: ***анаболизм*** и ***катаболизм.***

Анаболизм (или **ассимиляция, пластический обмен) - совокупность** реакций биохимического ***синтеза,*** при котором **из** поступивших в клетку более простых веществ образуются (с затратами энергии) сложные органические соединения, специфические для данной клетки и используемые для построения и обновления клеток и тканей или, в дальнейшем, для высвобождения энергии (*примеры*: фотосинтез, хемосинтез, биосинтез белка, **липидов**, углеводов и др.).

Катаболизм (или **диссимиляция, энергетический обмен) -** совокупность ферментативных реакций ***расщепления*** сложных **органических** соединений (в том числе пищевых веществ) на более простые вещества, сопровождающееся высвобождением энергии **и** запасанием ее в молекулах АТФ (*пример*: гидролиз полимеров **до** мономеров и последующее их расщепление до воды, аммиака и **углекислого** газа).

- **Взаимосвязь анаболизма и катаболизма:**
  - они являются противоположнымй сторонами единого процесса обмена веществ;
  - " в реакциях анаболизма (пластического обмена) потребляется энергия, выделяемая в реакциях катаболизма (энергетического обмена);
  - для осуществления реакций катаболизма необходим постоянный биосинтез ферментов и структур органоидов, которые в процессе жизнедеятельности постепенно разрушаются.

Фотосинтез

Фотосинтез - это процесс синтеза органических веществ из молекул углекислого газа и воды, происходящий с использованием энергии света (обычно солнечной энергии) в зеленых растениях, некоторых бактериях и протистах и сопровождающийся выделением кислорода.

- Осуществляется с помощью ***хлорофиллов*** и каротиноидов, локализованных на мембранах тилакоидов ***хлоропластов.***
- Коэффициент полезного действия фотосинтеза -60%.
- **Уравнение фотосинтеза:**

$$6C0_2 + 6H_20 + \text{свет} \rightarrow C_6H,_20_6 + 60_2T.$$

- **Стадии фотосинтеза:** ***световая*** (осуществляется в ***тилакоидах*** гран) и ***темповая*** (осуществляется в ***строме*** хлоропластов).

- ** Процессы световой фазы**

Видимый свет частично поглощается хлорофиллом, в результате чего некоторые его молекулы возбуждаются и теряют электроны е , превращаясь в положительно заряженные ионы. Одновременно под действием света происходит фотолиз (фоторазложение) воды с образованием ионов ОН~ и Н : $H_20 \rightarrow OH + H$. Ионы Н накапливаются преимущественно на ***внутренней*** стороне мембраны, заряжая ее ***положительно.*** Некоторые гидроксильные группы ОН" теряют электроны, восстанавливаясь до радикалов ОН, которые объединяются, образуя воду и ***свободный кислород,*** выделяемый в атмосферу:

$$OH" \rightarrow OH + e", \quad 40H \rightarrow 2H_20 + 0_2T .$$

Часть электронов, потерянных возбужденным хлорофиллом и I ндроксилом, пройдя по электронно-транспортной цепи мембраны, накапливается преимущественно на ее ***внешней*** стороне, заряжая се ***отрицательно.*** Оставшиеся электроны рекомбинируют с частью образовавшихся положительно заряженных ионов хлорофилла.

В результате разделения заряженных частиц е~ и Н между инсшней и внутренней сторонами мембраны образуется электрическое поле. Когда оно достигает некоторой критической величины, ионы Н (протоны) устремляются по ***протонному каналу*** в ферменте АТФ-синтетаза, встроенному в мембрану тилакоида, к внешней поверхности мембраны. Достигнув ее, они соединяются 1 электронами, образуя атомарный водород: $H + e^- \rightarrow H$. При и ом ***выделяется энергия, которая идет на синтез молекул ITФ.*** Образовавшиеся молекулы АТФ переходят в строму хлоропласта. Нейтральные атомы водорода Н соединяются с молекулами кофермента, кратко называемого НАДФ (см. ниже), образуя комплексы НАДФ* Н Н , которые также переходят в строму.

" **Результаты процессов световой фазы:** образование молекул А'ГФ, комплексов НАДФ • Н Н и свободного кислорода 0_2.

* **Процессы темновой фазы** происходят в строме хлоропласта, куда поступает АТФ, НАДФ • Н Н (от тилакоидов фан) и $C0_2$ (через устьица из воздуха). В присутствии ферментов молекулы $C0_2$ присоединяются к молекулам присутствующего в строме сахара-пентозы *рибулозодифосфата* (C_5). При этом образуется нестойкое шестиуглеродное соединение (C_6), которое ферментативным путем распадается на две триозы (C_3) - трехуглеродные молекулы *фосфоглицериновой кисюты* и *фосфоглицеринового альдегида* (которые для краткости обозначим ФГ). Превращения молекул ФГ происходят при участии продуктов световой фазы (АТФ и комплексов 11АДФ • Н Н). Каждая из молекул ФГ отнимает по одной

фосфатной группе у молекулы АТФ, обогащаясь при этом энергией, а затем отщепляет атомы водорода от НАДФ • Н' Н[1], окисляя его до НАДФ. Дальнейшие превращения молекул ФГ осуществляются по одному из трех вариантов. ***Одна часть*** этих молекул объединяется, образуя углеводы (глюкозу) и воду; полученные углеводы затем могут полимеризоваться, образуя крахмал, целлюлозу и т.п. ***Другая часть*** участвует **в** синтезе аминокислот, карбоновых кислот, спиртов и др. ***Третья часть*** молекул ФГ участвует в цепочке реакций, в результате которых триозы превращаются в пятиуглеродные молекулы *исходного вещества* - рибулозодифосфата, тем самым замыкая цикл химических превращений - C_3**-цикл,** или **цикл Кальвина.**

- **Итоговое уравнение химической реакции темновой фазы:**

$$6C0_2 + 24H \qquad C_6H_{12}0_6 + 6H_20.$$

В дальнейшем могут образовываться полисахариды и другие органические соединения.

- **Схематически** световая и темновая фазы процесса фотосинтеза изображены на рис. 1.20.
- > C_4-фотосинтез. У некоторых растений жарких засушливых мест (кукурузы, сахарного тростника) фотосинтез осуществляется при низких концентрациях $C0_2$. С помощью особого фермента молекула $C0_2$ присоединяется к трехуглеродной фосфофенолпировиноградной кислоте, в результате чего образуется чегырехуглеродная щавелевоуксусная кислота (ЩУК). Эта кислота затем переходит в другие клетки листа, где от нее $C0_2$ отщепляется и накапливается в количествах, необходимых для нормального протекания фотосинтеза с образованием глюкозы.
- **Кислотный метаболизм толстянковых** (САМ) - способ фиксации двуокиси углерода суккулентами, живущими в условиях пустынь (кактусы, молочаи и др.). Они запасают $C0_2$ в виде органических кислот ночью когда открыты устьица, а днем осуществляют фотосинтез, отщепляя $C0_2$ от этих кислот.
- **Бактериальный фотосинтез** - примитивная, древнейшая форма фотосинтеза, осуществляемая фотосинтезирующими бактериями (зелеными серными, пурпурными серными и пурпурными несерными) с помощью ***бактериохлорофиллов*** без использования воды и без выделения кислорода; источник Н и е~ - H_28.

НАД и НАДФ - ***коферменты,*** участвующие в обмене веществ, служащие акцепторами атомов водорода и электронов в клетке и обеспечивающие перенос протонов и электронов в химических реакциях, причем сами они в этих реакциях не участвуют.

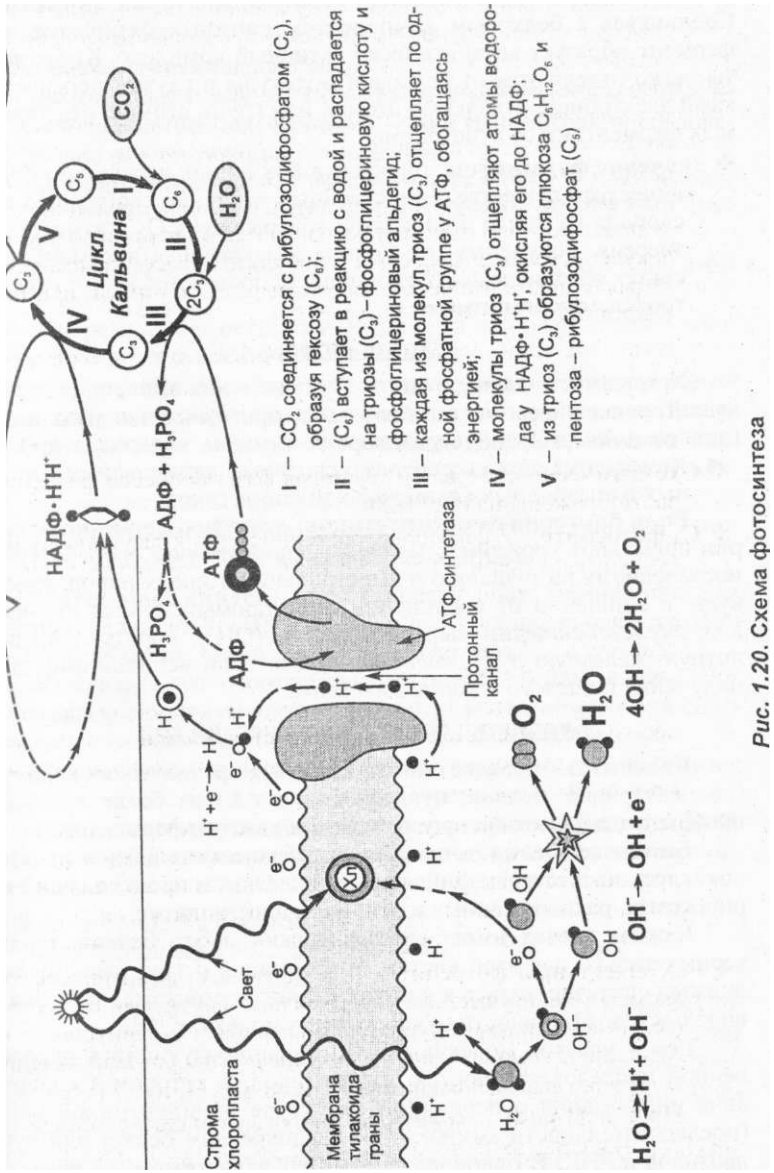


Рис. 1.20. Схема фотосинтеза

Коферменты - органические соединения *небелковой* природы, входящие в состав активного центра некоторых ферментов. Соединяясь с белковым компонентом сложных ферментов, кофермент образует каталитически активный комплекс. Коферменты легко отделяются от белковой молекулы и служат переносчиками электронов, отдельных атомов или групп атомов, отщепляемых ферментами от субстратов.

- **Значение фотосинтеза:** он основной источник первичного органического вещества, единственный источник свободного кислорода на Земле и регулятор содержания $C0_2$ в атмосфере; энергия, полученная от Солнца и запасенная в химических связях органических соединений, используется всеми гетеротрофными организмами.

Хемосинтез

Хемосинтез - процесс синтеза органических веществ, происходящий за счет энергии, выделяющейся при окислении ряда неорганических соединений (сероводорода, аммиака, водорода и др.).

" Хемосинтез характерен для некоторых автотрофных аэробных и анаэробных бак#ле/ши-хемосинтетиков.

Роль бактерий-хемосинтетиков. ***азотфиксирующие*** бактерии повышают урожайность почвы, ***серобактерии*** способствуют постепенному разрушению и выветриванию горных пород, участвуют в очищении от соединений серы промышленных сточных вод, ***железобактерии*** вырабатывают $Pe(OH)_3$, образующий болотную железную руду, ***водородные*** бактерии используются для получения пищевого и кормового белка.

Биосинтез белка. Генетический код

Биосинтез - процесс синтеза сложных органических веществ (полисахаридов, белков, нуклеотидов и т.д.) из более простых, происходящий в живых организмах при участии ферментов.

Биосинтез белка - это процесс образования белков из аминокислот, осуществляющийся во всех клетках и происходящий на рибосомах, расположенных в основном в цитоплазме.

Каждая клетка имеет специфический набор белков, характерных только для этой клетки. Информация о том, какие белки должны синтезироваться в клетках данного организма, записана в виде последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК.

Ген - участок молекулы ДНК, характеризующийся определенной последовательностью нуклеотидов, в котором закодирована информация о первичной структуре полипептидной цепи (последовательности аминокислот в конкретном белке) или нуклеотидов в РНК. В одной молекуле ДНК содержится от сотен до десятков тысяч генов.

Генетический код - это единая система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот ДНК и и-РНК н виде последовательности нуклеотидов.

- **Свойства генетического кода:**
  - **триплетность:** каждая аминокислота кодируется определенным триплетом (или **кодоном)** - сочетанием трех последовательно расположенных нуклеотидов;
  - **множественность** (или **избыточность):** одна и та же аминокислота может кодироваться несколькими различными триплетами (от 2 до 6);
  - **однозначность:** каждый триплет кодирует только одну аминокислоту;
  - **неперекрываемость:** один нуклеотид не может входить в состав соседних триплетов;
  - **непрерывность:** гены в цепи нуклеотидов имеют строго фиксированные **стартовые** (или **инициирующие)** кодоны и **терминирующие** кодоны, сигнализирующие об ***окончании*** синтеза полипептидной цепи; внутри последовательности нуклеотидов гена «знаки препинания» отсутствуют;
  - **универсальность:** одинаковые триплеты кодируют одну и ту же аминокислоту у всех живых организмов.

Матричный синтез - синтез молекул сложных органических исществ (белка, РНК, ДНК) из более простых на основе генетической информации, закодированной на матрице.

Матрица - это готовая структура (молекула ДНК или и-РНК), содержащая закодированную генетическую информацию, в соотнетствии с которой осуществляется синтез новой структуры.

Кодон - три рядом расположенных нуклеотида в молекулах ДНК или и-РНК, кодирующие одну аминокислоту.

Реакции матричного синтеза: ***редупликация*** молекулы ДНК, « ингез и-РНК (***транскрипция***), сборка молекулы белка (***трансляция).***

•> Угапы **процесса биосинтеза белка:**

транскрипция (1-й этап),

трансляция (2-й этап).

При этом параллельно должен проходить процесс ***рекогниции.***

Информация о последовательности аминокислот в молекуле белка содержится в гене молекулы ДНК, которая непосредственного участия в синтезе белковых молекул не принимает, а лишь передает нужную информацию молекуле-посреднику и-РНК.

- **Транскрипция** - процесс «***считывания***» генетической информации с молекулы ДНК и ***копирование*** ее на молекулу и-РНК.

Механизм транскрипции: фермент ***РНК-полимераза*** раскручивает двойную спираль молекулы ДНК на участке, соответствующем определенному гену, и обнажает одну из цепей спирали. Двигаясь вдоль этой цепи и встретив инициирующий кодон, РНК-полимераза начинает подбирать в кариоплазме нуклеотиды, комплементарные нуклеотидам гена ДНК, и ***соединяет их в цепочку*** и-РНК (молекулы информационной РНК). Процесс завершается после того как РНК-полимераза встретит в цепочке нуклеотидов ДНК терминирующий кодон. Таким образом, в результате транскрипции последовательность нуклеотидов, расположенных на участке от инициирующего до терминирующего кодона, «переписывается» в последовательность нуклеотидов и-РНК.

- Каждый триплет нуклеотидов и-РНК является ***кодоном,*** по которому в процессе сборки молекулы белка будет подбираться соответствующая аминокислота.

Синтезированная в ядре и-РНК отделяется от ДНК и через поры ядерной оболочки поступает в цитоплазму, где присоединяется к одной или нескольким рибосомам.

- **Рекогниция** - это процесс «***узнавания***» молекулой т-РНК (транспортной РНК) свойственной ей аминокислоты и ***образование комплекса*** **т-РНК + активированная аминокислота.**

Строение молекулы т-РНК.

Благодаря определенному расположению комплементарных нуклеотидов **и** образованию между некоторыми из них водородных связей молекула т-РНК напоминает по форме лист клевера (рис. 1.21). На ее ***верхушке*** расположен **антикодон** - триплет свободных нуклеотидов, ответственный за узнавание соответствующего (комплементарного ему) кодона молекулы и-РНК.

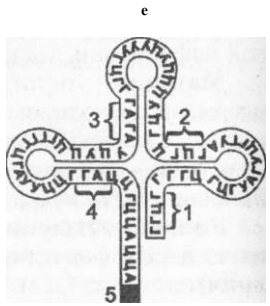


Рис. 1.21. **Строение т-РНК:**
1, 2, 3, 4 - участки комплементарного соединения нуклеотидов, 5 - акцептор, 6 - антикодон

Основание молекулы т-РНК является **акцептором,** т.е. служит ***местом прикрепления*** именно той и только той ***аминокислоты,*** которой соответствует антикодон данной молекулы т-РНК.

Механизм рекогниции: для того чтобы молекула т-**РНК** могла присоединить к своему акцепторному концу аминокислоту, необходимо, чтобы аминокислота была ***активирована,*** т.е. имела определенную избыточную энергию. Активация аминокислот происходит в цитоплазме с помощью специального фермента (аминоацил-т-РНК-синтетазы), который расщепляет молекулы **АТФ** и передают выделившуюся при этом энергию молекулам аминокислот. ***Молекула т-РНК выбирает из цитоплазмы соответствующую ее антикодону активированную аминокислоту и переносит ее в рибосому.*** Одна молекула т-РНК может транспортировать только одну аминокислоту.

- **Трансляция** - это второй этап синтеза белка, выполняемый рибосомами по принципу комплементарное™ кодона и-РНК и антикодона т-РНК. В процессе трансляции осуществляется расшифровка генетической информации, переносимой молекулами и-РНК, и «перевод» ее с нуклеотидного кода на аминокислотный.

Механизм трансляции. Для трансляции необходимо, чтобы цепь и-РНК оказалась в канале, образующемся между меньшей и большей субъединицами рибосомы. В процессе трансляции эта цепь движется по каналу, так что в нем в каждый момент времени находится всего два кодона молекулы и-РНК. Трансляция начинается с **инициации,** когда через канал рибосомы пройдет стартовая аминокислота ***(метионин).*** В большую субъединицу рибосомы непрерывно поступают комплексы т-РНК + аминокислота, которые сменяют друг друга, причем в любой момент времени там находятся два комплекса, расположенные рядом. ***Если антикодон т-РНК оказывается комплементарным кодону и-РНК, то комплекс т-РНК + аминокислота временно присоединяется к цепочке и-РНК.*** Ко второму кодону и-РНК ***присоединяется второй комплекс*** т-РНК + аминокислота. С помощью ферментов ***между аминокислотами*** этих комплексов ***устанавливается пептидная связь и одновременно разрушаются связи между первой аминокислотой и т-РНК и между первой т-РНК и цепочкой и-РНК.*** т-РНК уходит из рибосомы за следующей аминокислотой, а цепочка и-РНК сдвигается на один триплет, и процесс повторяется (рис. 1.22).

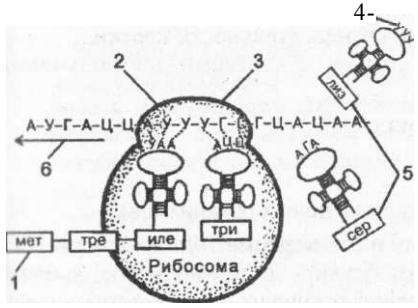


Рис. 1.22. **Схема биосинтеза белка:**
1 - растущая белковая цепь, 2 - участок выполнения приказа, 3 - участок получения команды, 4 - антикодон, 5 - разные т-РНК со своими аминокислотами, 6 - направление движения и-РНК

В результате каждого такого шага молекула будущего белка увеличивается на одну аминокислоту в строгом соответствии с порядком, указанным молекулой и-РНК. Синтез полипептидной белковой цепи завершается тогда, когда в рибосому попадут терминирующие кодоны и-РНК. После этого полипептидная ***белковая молекула отделяется от рибосомы и поступает в канальцы ЭПС,*** где приобретает свойственную ей пространственную структуру.

- Одна молекула и-РНК позволяет считывать с себя информацию сразу нескольким рибосомам.

Полисома - это комплекс, состоящий из и-РНК и нескольких (от 5-6 до нескольких десятков) рибосом.

- Полисомы позволяют одновременно осуществлять синтез нескольких полипептидных цепей (рис. 1.23).
- Синтез белковых молекул происходит непрерывно; за 1 мин образуется 50-60 тыс пептидных связей. Одна молекула белка синтезируется за 3-4 с.

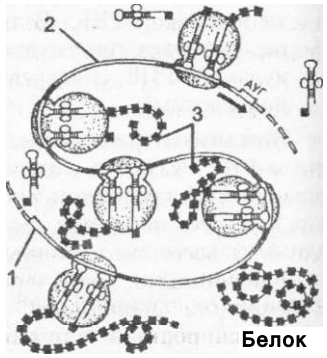


Рис. 1.23. **Синтез белка на полисоме:**
1 - знак препинания, 2 - и-РНК, 3 - растущие белковые цепи

Катаболизм (энергетический обмен)

Катаболизм (или **энергетический обмен, диссимиляция)** - это совокупность ферментативных реакций ***расщепления*** сложных органических соединений (в том числе пищевых веществ) на более простые вещества, сопровождающихся ***выделением энергии.***

- При этом часть энергии рассеивается в виде тепла, а часть ***аккумулируется в макроэргических связях А ТФ*** и используется для обеспечения процессов жизнедеятельности клетки.
- Основное вещество, используемое клетками для получения энергии, - ***глюкоза.***

•> **Этапы (стадии) катаболизма:**

- подготовительный,
- бескислородный,
- кислородный (отсутствует у анаэробных организмов).

•> **Подготовительный этап** (или **пищеварение):** ***биополимеры расщепляются до мономеров***: белки - до аминокислот, жиры - до глицерина и жирных кислот, углеводы - до глюкозы, нуклеиновые кислоты — до нуклеотидов. Протекает в цитоплазме клеток и пищеварительном тракте животных и человека. Сопровождается наибольшим выделением энергии в виде ***тепла.***

- бескислородный и (у аэробных организмов) кислородный этапы катаболизма составляют процесс ***клеточного дыхания.***

Аэробное клеточное дыхание

Клеточное дыхание - совокупность процессов окисления органических веществ в клетках организмов, сопровождающихся иыделением энергии, и накопление этой энергии в молекулах АТФ н форме, доступной клетке для ее последующего использования.

- В зависимости от участия или неучастия кислорода в процессе дыхания различают ***аэробное*** и ***анаэробное дыхание.***
- **При любом способе дыхания в конечном итоге происходит перенос водорода, отщепляемого от окисляемых соединений, на *неорганическое* вещество** (воду и др.).

Аэробное дыхание - дыхание, при котором потребляется свободный атмосферный кислород.

Аэробы - организмы, обитающие в среде свободного кислорода (большинство растений, животных, грибов и микроорганизмов).

- **бескислородный** (или **анаэробный) этап:** ***мономеры***, образовавшиеся на первом этапе, ***претерпевают дальнейшее расщепление без участия кислорода. (Пример*: гликолиз** - ферментативное анаэробное расщепление глюкозы до пировиноградной кислоты.) Выделяющаяся при этом ***энергия частично запасается в макроэргических связях АТФ.*** Протекает в цитоплазме клеток при участии ферментов; с мембранами не связан. У анаэробных организмов этот этап - конечный.
- В **животных клетках** в результате гликолиза из одной молекулы глюкозы образуются две молекулы пировиноградной кислоты и две молекулы АТФ:

  $C_6H_{12}O_6$ + 2АДФ + $2H_3PO_4$ -»2С3Н4О3 + 2АТФ + $2H_rO$ + $O_,$;

  при этом 60% энергии выделяется в форме теплоты, 40% идет на синтез двух молекул АТФ.

- **Кислородный** (или **аэробный) этап:** образовавшиеся на предыдущем этапе ***вещества окисляются (при доступе кислорода и при участии ферментов) до конечных продуктов -*** H_2O и CO_2, с ***выделением большого количества энергии и аккумуляцией ее в молекулах А ТФ.*** Осуществляется в митохондриях.
- Этот этап включает **цикл Кребса** и процессы **окислительного фосфорилирования.**
- **Цикл Кребса** (или **цикл лимонной кислоты,** рис. 1.24)- процесс ферментативного окисления три- и дикарбоновых ки-

слот (в частности, пировиноградной и молочной кислот) с образованием диоксида углерода и атомарного водорода.

- Сначала пировиноградная (или молочная) кислота, соединяясь с ***коферментом А*** (Ко-А) и выделяя молекулу $C0_2$, превращается в ***ацетил-КоА.*** Ацетил-КоА реагирует с ***щавелевоуксусной кислотой,*** образуя при этом ***лимонную кислоту,*** которая затем вступает в цикл ферментативных реакций. В результате она ***теряет атомы водорода*** и электроны и ***вновь образует щавелевоуксусную кислоту*** и $C0_2$ (цикл замыкается). В цикле Кребса также происходит восстановление некоторых ферментов, участвующих в обеспечении процесса дыхания. За счет энергии, высвобождающейся в некоторых реакциях цикла, по его ходу синтезируются две молекулы АТФ.
- **Итоговые уравнения расщепления** (окисления) пировиноградной и молочной кислот:

$C_3H_4O_3 + 3H_20 — 3C0_2 + ЮН$; $C_3H_6O_3 + 3H_20 \rightarrow 3C0_2 + 12H$.

Углекислый газ выделяется из митохондрии в окружающую среду, а атомы водорода оказываются связанными с молекулами, кратко называемыми НАД, в комплексы НАД'Н.

Окислительное фосфорилирование

" При сближении комплексов НАД'Н с внутренней мембраной митохондрии атомы водорода отщепляются от НАД и присоединяются к встроенным в. эту мембрану молекулам особого транспортного железосодержащего белка — переносчика катионов, диссоциируя при этом на протоны H^+ и электроны e^-: $H —» H^+ + e"$.

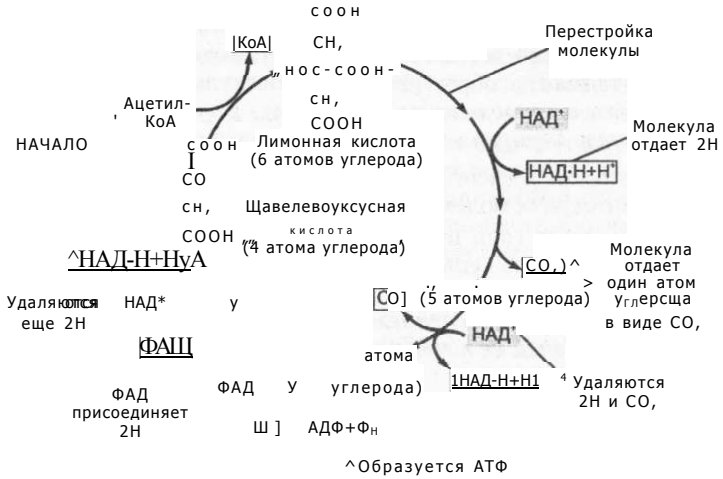


Рис. 1.24. Цикл Кребса

- С помощью белка-переносчика катионы водорода H^+ проникают через внутреннюю мембрану митохондрии в межмембранное пространство (механизм активного транспорта) и накапливаются там, образуя протонный резервуар.
- Электроны, образовавшиеся при диссоциации атомов водорода, последовательно передаются от одного переносчика к другому к внутренней стороне мембраны (обращенной к матриксу) и с помощью фермента оксидазы присоединяются к кислороду, образуя анион кислорода:

$$0_2 + 2e- — 0|-.$$

- В результате разделения положительно и отрицательно заряженных частиц между внешней и внутренней сторонами мембраны образуется электрическое поле. Когда оно достигает некоторой критической величины, в молекулах фермента АТФ-синтетазы, встроенного во внутреннюю мембрану, открываются протонные каналы, по которым протоны Н устремляются в матрикс митохондрии. При этом ***выделяется энергия,*** большая часть которой (55%) ***идет на синтез молекул АТФ*** из АДФ и фосфорной кислоты.
- Протоны H^+ соединяются с анионами кислорода, образуя воду и молекулярный кислород 0_2:

$$4H^+ + 2\ 0|\sim \rightarrow 2H_rO + 0_2.$$

В этой реакции два из каждых четырех атомов кислорода связываются в молекулах воды, поэтому в процессе дыхания в целом ***кислород расходуется.***

•> Итоговое уравнение кислородного этапа:

$$2C_3H_4O_3 + 6\ 0_2 + 36АДФ + 36H_3PO_4 —6C0_2 + 36АТФ + 42H_20.$$

- ***Замечания***
  - ***В результате расщепления одной молекулы глюкозы образуется 38 молекул АТФ:*** на бескислородном этапе - 2АТФ и на кислородном этапе - 36АТФ. Эти молекулы выходят за пределы митохондрии и участвуют во всех внутриклеточных процессах, в которых необходима энергия. Расщепляясь, АТФ отдает энергию и в виде АДФ и фосфата возвращается в митохондрии.
  - Свободный кислород 0_2, поступающий в митохондрии в процессе дыхания организма, необходим для присоединения протонов водорода Н . В его отсутствие концентрация Н возросла бы до некоторого предельного значения, после чего аэробный процесс в митохондриях прекратился бы.
  - При недостатке в клетке глюкозы в процесс дыхания могут включаться жиры и белки.

Анаэробное дыхание. Брожение

Анаэробное дыхание не требует потребления кислорода.

Анаэробы - организмы, способные обитать в бескислородной среде.

Примеры анаэробов: многие виды бактерий, микроскопические грибы; анаэробное дыхание возможно также у мышечных клеток и клеток растений при недостатке кислорода.

Облигатные анаэробы (бактерия ботулизма и др.) существуют только при полном отсутствии 0_2 (кислород для них губителен).

Факультативные анаэробы (дрожжи, черви-паразиты и др.) могут существовать как без 0_2, так и в его присутствии.

Брожение - анаэробный окислительно-восстановительный процесс расщепления в лизосомах клетки органических соединений до молочной кислоты и воды, этилового спирта и углекислого газа (или некоторых других простых продуктов), посредством которого организмы получают энергию, необходимую для жизнедеятельности.

- **При брожении происходит перенос водорода, отщепляемого от окисляемых соединений, на *органическое* вещество** (молочную кислоту, этиловый спирт и др.).
- **Виды брожения** в зависимости от образующихся продуктов: ***молочнокислое*** (молочнокислые бактерии, мышечные клетки при недостатке 0_2), маслянокислое, уксуснокислое, ***спиртовое*** (дрожжи) и др.
- **Молочнокислое брожение:** в результате гликолиза из одной молекулы глюкозы образуются две молекулы пировиноградной кислоты (которая затем превращается в молочную) и две молекулы АТФ:

$$C_6H_{,2}0_6 + 2АДФ + 2H_3P0_4 — 2C_3H_60_3 + 2АТФ + 2H_rO + O_,.$$

- **Спиртовое брожение:** продуктами гликолиза являются этиловый спирт, АТФ, вода и углекислый газ:

$$C_6H_{|2}0_6 + 2АДФ + 2H_3P0_4 — 2C_2H_5OH + 2АТФ + 2C0_2 + 0_2.$$

1.6. Воспроизведение клеток

Клеточный цикл

Развитие многоклеточного организма обычно начинается с единственной клетки. **В** процессе роста организма количество клеток в нем возрастает в тысячи и миллионы раз. **В** течение жизни многие клетки повреждаются или постепенно «изнашиваются» и заменяются новыми.

Новые клетки возникают в результате деления надвое уже существующих.

- Делятся не все клетки; некоторые способны делиться только на ранних стадиях развития организма, другие - только при повреждении органов и тканей, в состав которых они входят.
- Вновь образованные клетки способны к делению после некоторого периода роста.

- **Способы деления клетки:** ***митоз, прямое бинарное деление, амитоз, мейоз.***

Клеточный цикл - это период в жизнедеятельности клетки от ее возникновения в результате деления материнской клетки до собственного деления или до гибели.

Митотнческий цикл - совокупность процессов, протекающих в клетке от одного деления до другого, включая подготовку к делению и само деление.

- В непрерывно размножающихся тканевых клетках многоклеточных организмов клеточный цикл совпадает с митотическим.

- **Периоды митотического цикла:** ***пресинтетический, синтетический, постсинтетический, митоз*** (рис. 1.25).

Интерфаза — промежуток жизнедеятельности клетки между двумя митозами; характерна интенсивным синтезом веществ и ростом клетки. Включает ***пресинтетический, синтетический*** п ***постсинтетический*** периоды.

- **Пресинтетический** (или **постмиотический) период** (обозначается **С(**)
- **Продолжительность:** начинается сразу после деления и длится, в зависимости от типа клетки, от нескольких часов до нескольких лет и десятилетий.
- **Основные процессы:** интенсивный метаболизм и рост клетки; синтез и-РНК, т-РНК, р-РНК, структурных белков и ферментов, АТФ, накопление нуклеотидов ДНК; образование в клетке органоидов (митохондрий, хлоропластов, рибосом, ЭПС и др.).

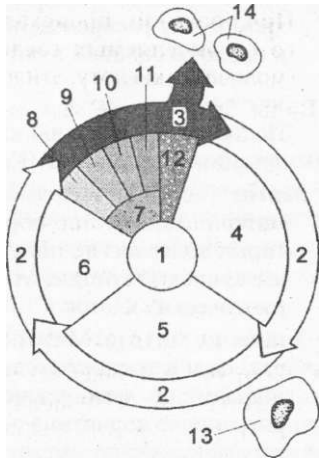


Рис. 1.25. **Цикл клетки:**
1 - цикл клетки, 2 - интерфаза, 3-деление клетки, 4-<31-фаза, 5 " 3-фаза, 6 - С2-фаза, 7 - митоз, 8 - профаза, 9 - метафаза, 10 _ анафаза, 11 - телофаза, 12 - цитокинез, 13 - материнская клетка, 14-дочерние клетки

- **Содержание генетического материала:** 2п1хр; диплоидный набор хромосом, каждая хромосома содержит ***одну*** хроматиду.

- **Синтетический период** (обозначается 8)
  - **Продолжительность:** от нескольких минут до 6-12 ч.
  - **Основные процессы:** репликация (удвоение) ДНК; синтез белков-гистонов (с ними связывается каждая нить ДНК), РНК, ферментов, АТФ и др.
  - **Содержание генетического материала:** 2п2хр (диплоидный набор хромосом).
- **Постсинтетический** (или **премиотический) период** (обозначается C_2)
  - **Продолжительность:** 3-4 ч.
  - **Основные процессы:** интенсивный синтез белков, и-РНК, АТФ; накопление энергии; деление митохондрий и хлоропластов; удвоение центриолей (в тех клетках, в которых они имеются); постепенное прекращение выполнения клеткой своих функций.
  - **Содержание генетического материала:** 2п2хр.
- ***Замечание.*** В течение интерфазы хроматины (нити ДНК, связанные с белками-гистонами) почти не спирализованы, поэтому хромосомы распределены по всему ядру в виде рыхлой массы и плохо различимы в оптический микроскоп.

Митоз

Подготовка к делению клеток начинается в период интерфазы с репликации молекулы ДНК.

- **Митоз** - способ непрямого деления клетки, при котором из материнской клетки образуются ***две*** дочерние, каждая из которых содержит точно такой же набор хромосом, как и в ядре материнской клетки. Митоз - основной способ деления эукариотических клеток.
- **Значение митоза.** Митоз обеспечивает:
  - равное и в точности одинаковое распределение генетической информации между дочерними клетками,
  - » сохранение кариотипа особей одного вида,
  - генетическую преемственность в ряду клеточных поколений,
  - рост и развитие организма,
  - восстановление тканей и органов,
  - бесполое размножение организмов.

Фазы (стадии) митоза: ***профаза, метафаза, анафаза, телофаза*** (рис. 1.26).

- **Профаза**
  - **Основные процессы:** спирализация хроматина, приводящая к укорочению и утолщению его нитей и формированию хорошо заметных хромосом в виде двух нитевидных хроматид, соединенных центромерой; постепенное растворение ядрышек и распад ядерной оболочки; в конце фазы хромосомы беспорядочно расположены в цитоплазме клетки; центриоли расходятся к полюсам клетки; из микротрубочек формируется **веретено деления,** часть нитей которого идет от полюса к полюсу, а другая часть прикрепляется к центромерам хромосом.
  - **Содержание генетического материала** не изменяется: 2п2хр.
- **Метафаза**
  - **Основные процессы:** максимальная спирализация нитей хроматина; завершение формирования веретена деления; под влиянием микротрубочек этого веретена ***хромосомы выстраиваются в плоскости экватора клетки,*** образуя метафазную пластинку.
  - **Содержание генетического материала** остается прежним: 2п2хр.

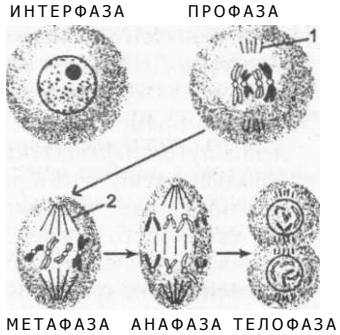


Рис. 1.26. **Митоз:**
1 - микротрубочки,
2 - веретено деления

- **Анафаза**
  - **Основные процессы:** каждая удвоившаяся хромосома расщепляется на две идентичные дочерние хромосомы; под влиянием микротрубочек веретена деления ***дочерние хромосомы расходятся к противоположным полюсам клетки.***
  - **Содержание генетического материала:** у каждого полюса клетки - полный диплоидный набор хромосом, но каждая хромосома содержит одну хроматиду (2п1хр).
- **Телофаза**
  - **Основные процессы:** хромосомы раскручиваются (деспирализуются), снова превращаясь в рыхлую массу ДНК и белка, и становятся плохо видимыми; разрушается веретено деления; у каждого полюса вокруг хромосом из мембранных структур цитоплазмы формируется ядерная оболочка, в ядрах формируются ядрышки; одновременно идет деление цитоплазмы с образованием двух клеток.
  - **В** клетках ***животных*** цитоплазма делится кольцевой перетяжкой; в клетках ***растений*** цитоплазма делится с помощью срединной пластинки, которая образуется из содержимого пузырьков комплекса Гольджи.
  - **Содержание генетического материала:** дочерние клетки имеют диплоидный набор хромосом, каждая из которых состоит из одной хроматиды (2п1хр).

Прямое бинарное деление. Амитоз

- **Прямое бинарное деление** характерно для ***прокариот.*** Их клетки содержат только ***одну кольцевую*** молекулу ДНК, прикрепленную к клеточной мембране.
  - **Основные процессы:** перед делением клетки молекула ДНК реплицируется, и каждая из двух образованных идентичных молекул ДНК прикрепляется к клеточной мембране. В процессе деления ***клеточная мембрана врастает между двумя молекулами*** ДНК, так что в каждой дочерней клетке оказывается по одной такой молекуле.
- **Амитоз** - прямое деление клетки без образования веретена деления путем ***перетяжки*** и деления интерфазного ядра.
  - **Наблюдается** у некоторых одноклеточных организмов, клеток печени, хрящей, роговицы, растущего клубня картофеля, клеток стареющих, поврежденных и больных тканей с физиологически ослабленной функцией и т.д.
  - **Особенности:** хроматин не спирализуется и хромосомы в световой микроскоп неразличимы; ядрышки и ядерная оболочка не распадаются; веретено деления не образуется; ***меточные компоненты и генетический материал (ДНК) между дочерними клетками распределяются произвольно,*** возможно деление одной клетки более чем на две; амитоз требует очень малых затрат энергии.
  - **Основные процессы:** путем перетяжек на две или несколько частей разделяется сначала ядрышко, а затем и ядро; перешнуровывается и делится на части цитоплазма клетки, при этом образуются две или несколько дочерних клеток.
  - ***Замечание.*** При амитозе перетяжка и деление цитоплазмы часто отсутствуют; в этом случае возникают двух- и многоядерные клетки.

Мейоз

- **Мейоз** - особый тип деления клеток, в результате которого из одной диплоидной (2п) материнской клетки образуется четыре гаплоидные (1п) дочерние клетки, т.е. ***происходит редукция*** (уменьшение) ***числа хромосом в клетке вдвое; существует у организмов с половым размножением.***
  - **У кого наблюдается и к чему приводит:**
  - у всех ***многоклеточных животных*** и некоторых ***низших растений*** (и приводит к образованию половых клеток - ***гамет);*** при оплодотворении ядра гаметы сливаются, и диплоидный набор хромосом восстанавливается;
  - у ***высших растений*** протекает перед цветением и приводит к образованию гаплоидного ***гаметофита,*** в котором образуются гаметы;

  - у многих ***грибов*** и ***водорослей*** протекает в ***зиготе*** сразу после оплодотворения и приводит к образованию гаплоидного ***мицелия*** или ***слоевища,*** а затем ***спор*** и ***гамет.***
- **Значение мейоза.** Мейоз обеспечивает:
  - образование гаплоидных половых клеток и спор у организмов;
  - ***постоянство кариотипа*** (набора различных ДНК) в ряду поколений организмов данного вида;
  - * ***чрезвычайное разнообразие генетического состава гамет*** и ***спор*** в результате ***кроссинговера*** и, как следствие, появление разнообразного и разнокачественного потомства при половом размножении организмов (т.е. мейоз служит основой **комбинативной генотипической изменчивости организма).**

Конъюгация - процесс тесного ***соединения гомологичных (парных) хромосом*** своими одинаковыми участками (подобно застежке «молния»). При этом происходит дальнейшая спирализация хроматид, которые переплетаются друг с другом.

- В результате конъюгации образуются **биваленты** - хромосомные пары, имеющие в своем составе четыре нити хроматид **(тетраду).** Конъюгация приводит к перекресту хромосом, обеспечивая основу для проявления одного из видов комбинативной изменчивости.

Кроссинговер - перекрест хроматид, принадлежащих ***разным*** гомологичным хромосомам конъюгированной пары, последующий их разрыв в точках соединения между собой, ***обмен между хромосомами гомологичными (содержащими одни и те же гены) участками хроматид*** и восстановление целостности нитей хроматид (рис. 1.27).

- Кроссинговер приводит к перераспределению генетического материала между хромосомами.

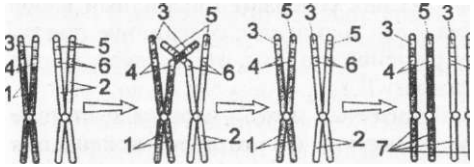


Рис. 1.27. Кроссинговер: 1 - сестринские хроматиды А, 2 - сестринские хроматиды В, 3 - ген 1, 4 - ген 2, 5 - ген 3, 6 - ген 4, 7 - хромосомы

Подготовка к делению соматических клеток высших растений и животных начинается в период интерфазы с репликации молекулы ДНК, после которой ***каждая хромосома оказывается представлена в ядре в двух экземплярах*** - гомологической парой.

- **Механизм мейоза.** Мейоз - это непрерывный процесс, состоящий из ***двух последовательных делений*** (называемых **мейоз I** и **мейоз** II). **Мейоз** I - это ***редукционное*** деление, в результате которого образуются две гаплоидные клетки; **мейоз** II - это ***эквационное*** деление (гаплоидность клеток сохраняется).

- В каждом делении различают ***профазу, метафазу, анафазу*** и ***телофазу*** (рис. 1.28).
- Первое (редукционное) мейотичеекое деление

Профаза I (наиболее длительная и сложно организованная фаза): хроматин спирализуется с образованием различимых в оптический микроскоп хромосом, исчезает ядрышко и ядерная оболочка; гомологичные хромосомы сближаются по всей длине и попарно ***конъюгируют*** с образованием ***бивалентов.*** Конъюгированные хромосомы продолжают спирализоваться, при этом возможно переплетение их хроматид. Затем между гомологичными хромосомами в бивалентах возникают силы отталкивания, и хромосомы постепенно начинают разделяться. Однако разделение не является полным: в области плеч хромосом образуются **хиазмы** - небольшие области, в которых хромосомы соединяются и образуют перекресты; в этих областях возможен ***кроссинговер***, приводящий к изменению сочетания генов в хромосомах. Начинается формирование веретена деления. К концу профазы I хиазмы исчезают, растворяются ядерная оболочка и ядрышки.

Метафаза I: спирализация бивалентов становится максимальной; завершается формирование веретена деления, его микротрубочки прикрепляются к центромерам хромосом и выстраивают биваленты у экватора клетки так, что гомологичные хромосомы оказываются расположенными сверху и снизу от экватора на одинаковом расстоянии от него.

Анафаза I: микротрубочки веретена деления растягивают гомологичные хромосомы к полюсам клетки. Содержание генетического материала - 1п2хр у каждого полюса.

Телофаза I: микротрубочки веретена деления исчезают, формируются два ядра, происходит деление цитоплазмы. Образуются две дочерние клетки; каждая из них содержит гаплоидный набор хромосом, каждая хромосома - две хроматиды; содержание генетического материала 1п2хр. (У растений эта фаза отсутствует: клетка переходит из анафазы I в метафазу II.)

Интеркинез - короткий интервал между первым и вторым мейотическими делениями. 8-период отсутствует, репликация ДНК не происходит.

- **Второе (эквационное) мейотичеекое деление** (проходит по типу митоза)

Профаза II непродолжительна и включает процессы, аналогичные митозу: двухроматидные хромосомы утолщаются, центриоли расходятся к полюсам клеток, начинается формирование веретена деления.

Метафаза II: завершается формирование веретена деления, хромосомы выстраиваются по экватору клеток, микротрубочки веретена деления прикрепляются к центромерам хромосом.

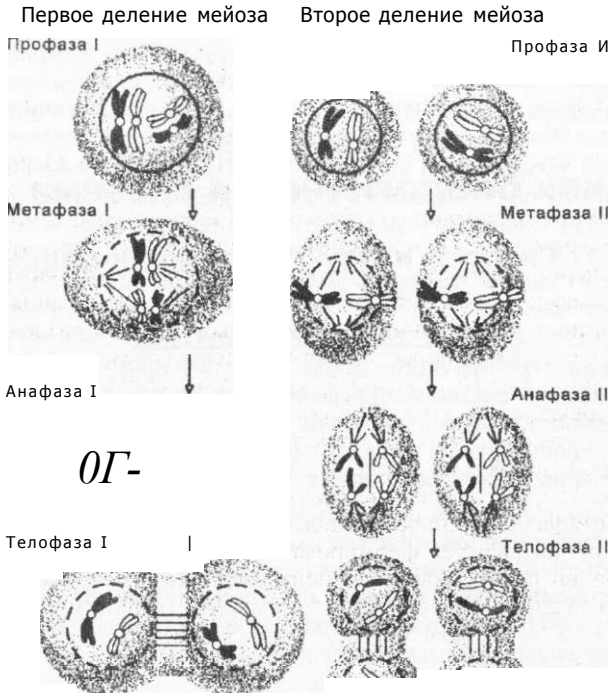


Рис. 1.28. **Мейоз**

Анафаза II: центромеры двухроматидных хромосом делятся надвое, и микротрубочки веретена деления растягивают к полюсам клеток дочерние однохроматидные хромосомы (выбор полюсов для разделенных хроматид - случайный).

Телофаза II: однохроматидные хромосомы деспирализуются (удлиняются), разрушаются микротрубочки веретена деления, формируются ядрышки и ядерные оболочки, происходит деление цитоплазмы клеток.

- Каждая из четырех дочерних клеток является гаплоидной с однохроматидными хромосомами (1п1хр).

- **Причины комбинативной генотипической изменчивости организма:**
  - " перекомбинация генетического материала в процессе кроссинговера;
  - случайное отхождение хромосом (в анафазе I) и хроматид (в анафазе И) к одному или другому полюсу.

2. Организм как биологическая **система**

2.1. Свойства и структурная организация живых организмов

Свойства живых организмов

Организм - это особь, живое существо, представляющее собой целостную систему, обладающую всей совокупностью признаков живого. Каждый организм происходит от одного зачатка (семени, споры, зиготы и т.д.) и характеризуется рядом свойств и признаков, общих для всех живых организмов.

••• Основные свойства организмов (см. также п. 1.1):

- высокоупорядоченное клеточное строение;
- непрерывный обмен веществом с окружающей средой;
- энергозависимость (живые организмы получают энергию от окружающей среды, преобразуют и используют ее, а затем возвращают обратно в среду в виде тепла);
- метаболизм;
- раздражимость;
- саморегуляция;
- рост (в течение всего жизненного периода или его части);
- развитие (качественные изменения организма: дифференцировка клеток, образование тканей и органов, старение и т.д.);
- наследственность, реализуемая с помощью носителей генетической информации - молекул ДНК и РНК;
- самовоспроизведение и связанное с ним размножение;
- адаптация;
- изменчивость;
- накопление (в виде опыта), закрепление и использование в дальнейшем определенного способа реагирования на сходные раздражители.

Вегетативные функции организма - функции, осуществляющие обмен веществ в целостном организме, а также рост, развитие, саморегуляцию и защиту организма (у растений — закрепление в почве, питание, дыхание, рост, защита и т.п., у животных - пищеварение, кровообращение, дыхание, выделение и т.д.).

Генеративные функции организма — функции, осуществляющие его самовоспроизведение.

Структурная организация живых организмов

•> Основные формы структурной организации современных организмов:

- в виде одноклеточного организма *(примеры,* бактерии, протисты);
- сифоновая организация: организм представляет собой гигантскую многоядерную клетку, расчлененную на листовидную и корневидную части *(примеры,* сифоновые водоросли и некоторые грибы);
- сифонокладная организация: организм в виде гигантской многоядерной клетки разделен поперечными перегородками на многоядерные участки *(примеры,* водоросль кладофора);
- колониальная форма: ***колония*** - это объединение клеток, возникших путем клеточного деления, при этом соседние клетки соединены между собой цитоплазматическими мостиками, вследствие чего они (клетки) могут координировать свои реакции (*пример*: вольвокс); в колонии возможно разделение функций между клетками;
- многоклеточная форма; тело таких организмов состоит из огромного количества клеток, дифференцированных по строению и выполняемым функциям (у большинства организмов) или имеющих ***талломную*** организацию (см. ниже).

Ткань - совокупность (группа) сходных по строению и происхождению клеток, а также межклеточного вещества, объединенных и приспособленных для выполнения одинаковых функций

Организм без истинных тканей - многоклеточный организм, тело которого - ***таллом*** - не дифференцировано на вегетативные органы и не содержит тканей *(примеры:* грибы, большинство водорослей, некоторые примитивные моховидные).

Таллом, или слоевище, — вегетативное тело, не дифференцированное на органы и не имеющее настоящих тканей.

Организм с истинными тканями — многоклеточный организм, тело которого дифференцировано на ***органы***, образованные различными видами тканей *(примеры:* высшие растения, большинство животных, человек).

Орган - часть многоклеточного организма, имеющая определенное строение и выполняющая определенные функции.

У животных и человека многие органы объединены в системы органов: дыхательную, пищеварительную, кровеносную, выделительную, опорно-двигательную и половую. Координация работы всех систем органов осуществляется нервной и эндокринной системами.

Органы чувств - органы, обладающие системой чувствительных нервных образований, воспринимающих и анализирующих

различные раздражения, действующие на организм со стороны окружающей среды (у животных и человека - органы зрения, слуха, обоняния, вкуса, осязания и др.).

Симмет рия - тип строения организма (или органа), при котором через тело (или орган) можно провести хотя бы одну воображаемую плоскость, делящую его на две зеркально одинаковые половины (называемые **антимерами).**

- **Типы симметрии организмов:**
  - **радиальная,** или **лучевая,** симметрия характерна для растений и животных, ведущих прикрепленный образ жизни *(примеры:* гидра, коралловые полипы);
  - **двусторонняя симметрия** вместе с **вытянутостью тела** в направлении движения характерна для животных, ведущих подвижный образ жизни.

Причины различий в строении и жизнедеятельности организмов разных царств

- **Основные причины различия в строении и жизнедеятельности организмов** разных царств:
  - нахождение на разных ступенях эволюции;
  - разные среды обитания и внешние условия;
  - разный образ жизни (прикрепленный или подвижный);
  - разные способы дыхания;
  - разные типы питания;
  - разная пища;
  - разные способы размножения и т.д.

Пример: высшие растения ведут прикрепленный образ жизни, имеют аэробное дыхание, автотрофный тип питания, в жизненном цикле происходит чередование бесполого и полового размножения; млекопитающие ведут подвижный образ жизни, имеют аэробное дыхание, гетеротрофный тип питания, размножаются половым путем.

2.2. Питание организмов. Пищеварение

Питание и его основные типы

Питание - совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм, изменение и усвоение в нем питательных веществ и энергии.

Автотрофное питание - тип питания, при котором в качестве источника атомов углерода для синтеза органических веществ в организме используется двуокись углерода ($C0_2$), и *все органические вещества синтезируются самим организмом из простых неорганических молекул.*

Гетеротрофное питание-тип питания, при котором в качестве источников атомов углерода и других элементов, необходимых для синтеза органических веществ в организме, *используются готовые органические вещества.*

- **Источники энергии,** необходимой для осуществления первичного синтеза органических веществ в организмах:
  - солнечный свет,
  - химическая энергия, выделяющаяся при окислении некоторых неорганических веществ (сероводорода, серы, аммиака, водорода и др.) или расщеплении органических соединений.

Классификация организмов по типу питания

- **Классификация организмов по типу питания:**
  - фотоавтотрофы,
  - хемоавтотрофы,
  - фотогетеротрофы,
  - хемогетеротрофы,
  - миксотрофы.

Фотоавтотрофы, или **фотоавтотрофные организмы,** - организмы, в которых осуществляется автотрофный тип питания, а источником энергии является солнечный свет; эти организмы осуществляют фотосинтез *(примеры:* все ***зеленые растения,*** некоторые протисты, цианобактерии, зеленые и пурпурные бактерии). Фотоавтотрофы создают запасы органического вещества на Земле.

Хемоавтотрофы - организмы, в которых осуществляется автотрофный тип питания, а источником энергии являются химические реакции; эти организмы осуществляют хемосинтез *(примеры:* нитрифицирующие бактерии, бесцветные серобактерии, железобактерии, водородные бактерии и др.).

Фотогетеротрофы - организмы, в которых осуществляется гетеротрофный тип питания, а источником энергии является солнечный свет *(пример:* пурпурные несерные бактерии, содержащие бактерио-хлорофилл).

Хемогетеротрофы - организмы, в которых осуществляется гетеротрофный тип питания, а источником энергии являются химические реакции *(примеры:* все ***животные, грибы,*** часть протистов, большинство бактерий, некоторые паразитические растения). В процессе жизнедеятельности хемогетеротрофы расщепляют органические вещества, превращая их в простые неорганические вещества и тем самым способствуя круговороту веществ в природе.

Миксотрофы (или **автогстеротрофы)** - небольшая группа организмов, которые, в зависимости от условий обитания, используют или автотрофный (на свету), или гетеротрофный (если имеется источник органического углерода) типы питания *(примеры:* некоторые цианобактерии, эвгленовые протисты).

Способы гетеротрофного питания

- **Основные способы гетеротрофного питания:**
  - голозойный,
  - сапротрофный,
  - симбиотрофный,
  - паразитический.

Голозойное питание - питание, состоящее из процессов ***поглощения*** пищи, ее ***переваривания*** (ферментативного расщепления), ***всасывания, транспорта*** простых органических веществ к клеткам и тканям, ***ассимиляции*** (использования всосавшихся молекул для получения энергии и синтеза собственных органических веществ) и ***экскреции*** (выделения из организма в окружающую среду непереваренных остатков пищи).

- Голозойный тип питания характерен для животных и насекомоядных растений. Свободноживущие голозойные организмы обладают специальным ***пищеварительным трактом.***

Сапротрофное питание - тип питания с ***внеорганизменным перевариванием,*** при котором организм питается мертвым или разлагающимся органическим материалом, выделяя ферменты непосредственно на него; при этом растворимые конечные продукты переваривания всасываются и ассимилируются организмом.

" Сапротрофный тип питания характерен для грибов и большинства бактерий.

Симбиотрофное питание - тип питания, характерный для ***симбиотических*** организмов, т.е. организмов разных видов, тесно сосуществующих, необходимых и полезных друг другу.

Паразитическое питание - тип питания, при котором организм получает органические вещества от организма хозяина, причиняя последнему существенный вред.

" По паразитическому типу питается ряд протистов (малярийный плазмодий, дизентерийная амеба и др.), бактерий (дифтерийная палочка, холерный вибрион, стафилококки и др.), высших растений (повилика европейская, заразиха и др.), животных (сосальщики, ленточные черви, аскариды и др.).

Поступление питательных веществ в организм

- **Способы поступления питательных веществ в организм** (см. также п. 1.4):
  - у бактерий, многих протистов, грибов - всасывание, диффузия, облегченная диффузия, активный перенос;
  - у некоторых гетеротрофных протистов (*пример:* амебы) - фагоцитоз, пиноцитоз с образованием *пищеварительных вакуолей;*
  - у растений (через клетки корня) - всасывание, диффузия, активный перенос, осмос (поглощение воды);
  - у всех животных - через рот и глотку (подробнее см. п. 8.3).

Пищеварение

Пищеварение - совокупность процессов, обеспечивающих механическое измельчение пищи и химическое расщепление (под действием пищеварительных ферментов) макромолекул питательных веществ на компоненты, пригодные для усваивания организмом и участия в обмене веществ.

Пищеварительные ферменты - белки-катализаторы, содержащиеся в пищеварительных соках и играющие основную роль в химической переработке пищи.

Пищеварительные вакуоли (вторичные лизосомы) - органеллы, возникающие у простейших при захвате добычи.

Пищеварительные железы - специальные органы, секретирующие вещества, необходимые для химической переработки пищи (слюнные железы, поджелудочная железа, печень и др.).

Пищеварительный, или **желудочно-кишечный, тракт** - совокупность специализированных органов большинства животных, предназначенных для извлечения пищи из окружающей среды, ее временного запасания и переработки (механического измельчения и химического расщепления макромолекул).

Типы пищеварения: внутриклеточное, внеклеточное, смешанное, мембранное.

Внутриклеточное пищеварение - тип пищеварения, при котором питательные вещества расщепляются ферментами в клетках организма (*пример*: губки).

Внеклеточное пищеварение - тип пищеварения, при котором питательные вещества расщепляются в полостях пищеварительного тракта организма **(полостное пищеварение;** оно характерно для круглых и большинства кольчатых червей, моллюсков, членистоногих, хордовых), в пойманной добыче после введения в нее пищеварительных ферментов (характерно для некоторых насекомых **и** паукообразных) или в среде, окружающей организм (характерно для бактерий и грибов).

Смешанное пищеварение - тип пищеварения, осуществляемый сначала внеклеточно (после захвата пищи), а затем внутриклеточно (мелкие полупереваренные пищевые частицы поглощаются клетками путем фагоцитоза и окончательно перевариваются); характерно для кишечнополостных и плоских червей.

Мембранное, или **пристенное,** пищеварение осуществляется ферментами, локализованными на структурах клеточной мембраны (развито у кишечных паразитов - аскарид) или на поверхности эпителиальных клеток кишечника (у большинства высокоорганизованных животных).

У многих высших многоклеточных животных сочетаются различные типы пищеварения, что повышает эффективность и экономичность работы пищеварительной системы.

2.3. Размножение организмов. Общая характеристика

Общие понятия

Воспронзведение (или **самовоспроизведение)** - образование живым организмом нового, генетически подобного себе организма.

Размножение - увеличение числа особей данного вида, обусловленное их воспроизведением и обеспечивающее преемственность и непрерывность жизни в ряду поколений.

Преемственность означает, что при воспроизведении особей вся генетическая информация, заложенная в родительском поколении, передается дочернему поколению.

Непрерывность жизни означает неограниченно долгое, обусловленное сменой поколений существование видов и популяций организмов.

Жизненный цикл - совокупность этапов и фаз развития организма от момента образования зиготы и до наступления зрелости, характеризующейся способностью давать начало следующему поколению.

Типы жизненных циклов: ***простой*** и ***сложный.***

Простои жизненный цикл полностью осуществляется в течение жизни одной особи и характеризуется сохранением общего плана строения организма.

Сложный жизненный цикл можех выражаться в чередовании полового и бесполого поколений (у растений) или в явлении метаморфоза (у некоторых животных).

Типы размножения: ***бесполое*** и ***половое.***

Бесполое размножение

Бесполое размножение - тип размножения, при котором в воспроизведении участвует ***одна родительская особь***, а ее потомки развиваются из одной ***неполовой*** (соматической) клетки или группы таких клеток родительского организма.

Дочерние организмы, полученные путем бесполого размножения, называются **клонами.**

- **Особенности бесполого размножения:**
  - * дочерние организмы имеют генотип, идентичный генотипу родительского организма (они называются ***клонами);***
  - дает большое количество потомков;
  - затрудняет эволюцию, так как дает материал для стабилизирующего естественного отбора.

Клон - генетически однородное потомство одной особи, возникшее путем бесполого размножения (клонами также называются клетки, образующиеся в результате митотического деления одной клетки)

- **Формы бесполого размножения одноклеточных:**
  - **деление клетки надвое** (встречается у бактерий и простейших - амеб, инфузорий, эвглен и др.);
  - **почкование** - деление клетки на ***неравные части;*** меньшая клетка отпочковывается от большей (встречается у дрожжей, некоторых бактерий);
  - **множественное деление (шизогония)** - многократное деление ядра исходной клетки, после чего эта клетка распадается на соответствующее число одноядерных дочерних клеток (встречается у простейших и некоторых водорослей);
  - **спорообразование (спорогония)** - размножение путем образования ***спор*** (встречается у водорослей, бактерий, простейших — споровиков).

Спора - одноклеточный ***зародыш,*** т.е. клетка, которая при попадании в благоприятные условия может развиться в новый организм. Спора всегда покрыта плотной оболочкой, защищающей ее внутреннее содержимое от неблагоприятных внешних условий.

- **> Формы бесполого размножения многоклеточных:**
  - * **спорообразование** (наблюдается у мхов, хвощей, папоротников);
  - **почкование** - размножение путем образования и последующего отделения ***почек*** (у гидр, губок); у некоторых видов организмов (у коралловых полипов) почки не отделяются (формируются **колонии);**
  - **стробиляция** (встречается у некоторых кишечнополостных): деление верхней части полипа поперечными перетяжками на дочерние особи ***[стробилы),*** которые отрываются от родителя;
  - **вегетативное** - размножение частями тела (мицелия у грибов, слоевища у водорослей и лишайников);
  - **вегетативными органами** - дочерние организмы произрастают из стебля (смородина), корневища (пырей), клубня (картофель), луковицы (лук) и др.; характерна для цветковых растений;
  - **фрагментация** - размножение из отдельных фрагментов родительского организма (встречается у некоторых плоских и кольчатых червей).

Почка - группа клеток, образующая выпячивание на теле родительского организма, из которой развивается дочерний организм.

Половое размножение

Половое размножение - тип размножения, при котором в воспроизведении участвуют ***две родительские особи;*** новый организм развивается из ***зиготы***, образующейся в результате слияния мужской и женской половых клеток - **гамет.**

Ч Зак.2103

- **Особенности полового размножения:**
  - оно отличается наличием ***полового процесса;***
  - обеспечивает обмен наследственной информацией между особями одного вида;
  - создает условия для возникновения наследственной изменчивости;
  - обеспечивает более разнообразное потомство;
  - повышает возможность организмов приспосабливаться к постоянно меняющимся условиям окружающей среды;
  - создает условия для естественного отбора и эволюции;
  - дает малое количество потомков;
  - характерно для всех ***эукариот***\
  " преобладает у ***животных*** и ***высших растений.***

Половой процесс - комплекс событий, обеспечивающих обмен наследственной информацией между особями одного вида и создающих условия для возникновения наследственной изменчивости.

- **Основные формы полового процесса:**
  - конъюгация,
  - копуляция (гаметогамия).

У бактерий наблюдаются также трансформация и трансдукция (см. с. 220).

Конъюгация (характерна для инфузорий, некоторых бактерий, водорослей и грибов) - процесс оплодотворения путем ***обмена мигрирующими ядрами,*** которые перемещаются из клетки одной особи в клетку другой по образовавшемуся между ними цитоплазматическому мостику.

- При конъюгации количество особей не увеличивается; их размножение происходит бесполым путем (делением надвое).

Копуляция (иди **гаметогамия)** - процесс слияния двух различающиеся по полу клеток ***{гамет)*** с образованием ***зиготы.*** При этом два ядра гамет образуют одно ядро зиготы.

- Копуляцией также называются: половой процесс у животных, имеющих копулятивные органы, и соединение при половом размножении двух особей, не имеющих половых органов (например, дождевых червей).

- **Формы полового размножения** (см. также таблицу на с. 57):
  - без оплодотворения;
  - с оплодотворением.
- **Органы полового размножения:**
  - у низших растений и многих грибов - **гаметангии;**
  - у высших споровых растений - **антеридии** (мужские органы) **и архегонии** (женские органы);
  - у семенных растений - **пыльцевые зерна** (мужские органы) **и зародышевые мешки** (женские органы);

  - у животных - половые железы (гонады): **семенники** (у самцов), **яичники** (у самок);
  - у губок и кишечнополостных отсутствуют; гаметы возникают из различных соматических клеток.

Формы (способы) полового размножения

Способ полового размножения	Способ полового размножения	Особенности	Организмы
Без оплодотворения	Конъюгация	Слияние содержимого двух вегетативных клеток; обмен мигрирующими ядрами у инфузорий	Некоторые водоросли и грибы; инфузория туфелька
	Партеногенез	Женские гаметы - яйцеклетки - превращаются в зародыш без оплодотворения (см. также стр. 69)	Искусственный - у многих растений и животных, естественный - у тлей, пчел и др.
	Гиногенез	Сперматозоиды погибают после проникновения в яйцеклетку, которая после этого развивается в зародыш	Круглые черви, некоторые рыбы
	Андрогенез	В развитии зародыша участвует только ядро сперматозоида, проникшего в яйцеклетку; ядро яйцеклетки гибнет	У некоторых растений (в экспериментах)
С оплодотворением	Изогамия	Гаметы внешне не различаются, одинаковы по размерам, подвижны	Многие низшие грибы, одноклеточные водоросли
	Гетерогамия	Гаметы различны по форме и размеру: женские крупные, мужские - мелкие; оба вида гамет подвижны (имеют жгутики)	Зеленые и бурые водоросли
	Оогамия	Гаметы дифференцированы; женские неподвижны, образуются в яичниках.	Высшие растения, все многоклеточные животные

Оплодотворение - процесс слияния мужской и женской половых клеток ***(гамет).*** В результате оплодотворения образуется ***зигота.***

Зигота - ***оплодотворенная*** диплоидная (2п1хр) ***яйцеклетка,*** несущая наследственные задатки обоих родителей, т.е. клетка' образующаяся в результате слияния гамет разного пола Из зи-

готы развивается новый дочерний организм; иногда (у некоторых водорослей и грибов) зигота покрывается плотной оболочкой и превращается в ***зигоспору.***

Яйцеклетка - ***женская*** половая клетка (обычно имеет сферическую форму, значительно крупнее соматических клеток, неподвижна, содержит много питательных веществ в виде желточных зерен и белка).

Сперматозоид - ***мужская*** половая клетка (мелкая, очень подвижная клетка, перемещающаяся с помощью одного или нескольких жгутиков; имеется у самцов животных, некоторых грибов и многих растений, половое размножение которых обеспечивается наличием водной среды). Состоит из ***головки, шейки*** и ***хвоста.*** В головке находится ядро с гаплоидным набором хромосом (1п1хр), в шейке - митохондрии, вырабатывающие энергию для движения, и центриоль, обеспечивающая колебания жгутика.

Спермин - не имеющие жгутиков ***мужские*** половые клетки ***покрытосеменных и голосеменных растений***; доставляются к яйцеклетке с помощью пыльцевой трубки.

- **Гаметогенез** - процесс образования и развития половых клеток.
  - **Сперматогенез** - процесс формирования мужских половых клеток (мужских гамет); происходит в семенниках.
  - **Оогенез** - процесс формирования яйцеклеток (женских гамет); происходит в яичниках.
- **Стадии гаметогенеза:**
  - **размножение:** ***митотическое деление*** первичных половых диплоидных клеток **(сперматогоний** у самцов и **оогоний** у самок) ткани семенных канальцев семенников (у самцов) или яичников (у самок); у самок млекопитающих эта стадия реализуется во время эмбрионального развития организма, у самцов - с момента полового созревания особи;
  - **рост** (на интерфазе клеточного цикла): увеличение в размерах сперматогоний и оогоний за счет роста в них количества цитоплазмы; репликация ДНК и формирование второй хроматиды; образование из сперматогоний (у самцов) **сперматоцитов I порядка** и из оогоний (у самок) - **ооцитов I порядка** (2п2хр);
  - **созревание -** ***мейотичеекое деление:***
    - результат первого мейотического деления: ***у самцов*** - образование ***двух*** **сперматоцитов II порядка** (1п2хр) из одного сперматоцита I порядка, у *самок* - образование ***одного*** **ооцита** II **порядка** (1п2хр) и вторичного (редукционного) тельца из одного ооцита I порядка;
    - результат второго мейотического деления: ***у самцов*** образование ***четырех*** гаплоидных однохроматидных **сперматид** (1 п 1 хр), ***у самок -*** одной гаплоидной однохроматидной **яйцеклетки** (1п1хр) и трех вторичных телец; вторичные тельца в дальнейшем погибают;
  - **формирование:** сперматиды не делятся; из каждой из них образуется **сперматозоид** (у женских гамет эта стадия отсутствует).
- **Партеногенез** (или **девственное размножение)** - развитие организма из неоплодотворенной яйцеклетки.

Типы партеногенеза (в зависимости от набора хромосом в яйцеклетке):

- гаплоидный (пчелы, муравьи и др.):
- диплоидный (низшие ракообразные, некоторые ящерицы и др.).

Оплодотворение

Оплодотворению (см. выше) предшествует ***осеменение.***

Осеменение - процесс, обеспечивающий встречу сперматозоидов и яйцеклеток.

Типы осеменения: ***наружное*** (характерно для водных обитателей; сперматозоиды и яйцеклетки выделяются в воду, где и происходит их слияние) и ***внутреннее*** (происходящее с помощью **копулятивных органов;** характерно для обитателей суши).

У млекопитающих и человека яйцеклетки приобретают способность к оплодотворению в результате ***овуляции.***

Овуляция - выход зрелых клеток у млекопитающих в полость тела. Периодичность овуляции регулируется нервной системой и гормонами эндокринной системы.

- **Фазы оплодотворения:**
  - проникновение сперматозоида в яйцеклетку (при этом в яйцеклетке формируется оболочка оплодотворения, препятствующая проникновению в яйцеклетку других сперматозоидов);
  - слияние ядер и восстановление диплоидного набора хромосом;
  - активация развития зиготы (формирование веретена деления, побуждающего зиготу к делению).

Понятие онтогенеза

Онтогенез - это совокупность процессов индивидуального развития организма с момента образования зиготы (оплодотворения яйцеклетки) до конца жизни особи.

•> Периоды онтогенеза:

- **эмбриональный** - с момента образования зиготы до прорастания семян (у растений) или рождения молодой особи (у животных);
- **постэмбриональный** - от прорастания семян (у растений) или рождения (у животных) до смерти организма.

Г

3. Основы генетики

3.1. Генетика как наука

Предмет и задачи генетики

Генетика - наука о закономерностях наследственности и изменчивости организмов и методах управления ими.

Наследственность - свойство живых организмов сохранять и передавать от поколения к поколению характерные для данного вида организмов особенности его строения, функционирования и развития (морфологические, биохимические, онтогенетические, физиологические и иные признаки), а также способность родителей передавать дочерним поколениям те или иные индивидуальные признаки и особенности.

Изменчивость - способность дочерних организмов отличаться от своих родителей морфологическими, биохимическими, физиологическими и иными признаками, теряя в процессе онтогенеза некоторые из старых, родительских признаков и приобретая новые.

Ген - участок молекулы ДНК, характеризующийся определенной последовательностью нуклеотидов, в котором закодирована информация о последовательности аминокислот в конкретном белке или нуклеотидов в РНК.

" Каждый ген ответствен за формирование определенного элементарного признака или свойства организма.

••• Задачи генетики:

- изучение механизмов храпения и передачи генетической информации;
- изучение механизмов реализации генетической информации в виде тех или иных признаков и свойств организмов;
- изучение механизмов и закономерностей изменчивости;
- использование законов генетики для получения организмов с заданными свойствами;
- использование законов генетики для борьбы с наследственными болезнями, организмами - распространителями болезней и вредителями сельскохозяйственных растений и животных и т.д.

Генная инженерия - область генетики, занимающаяся искусственным созданием новых генетических комбинаций в молекулах ДНК с целью получения принципиально новых микроорганизмов (вырабатывающих необходимые белковые продукты) и высокопроизводительных и устойчивых к болезням сортов растений.

Методы генетики

- **Основные методы современной генетики:**
  - **гибридологический:** анализ наследования и передачи ***в*** ряду поколений отдельных альтернативных признаков при точном количественном учете потомков с различными комбинациями признаков (позволяет выявить закономерности и тип наследования отдельных признаков);
  - **генеалогический:** изучение родственников нескольких поколений одной семьи с учетом родословной - **генеалогии** (позволяет выявить особенности наследования признаков, генотип членов родословной, рассчитать вероятность проявления определенных признаков у потомков);
  - **рекомбинантной ДНК:** исследование частоты рекомбинаций между отдельными парами генов, представленных в одной хромосоме (позволяет установить последовательность расположения генов в ДНК и генные мутации);
  - **цитогенетический:** изучение ***кариотиш*** (числа и структуры хромосом) клеток организма (позволяет выявить геномные и хромосомные мутации);
  - **близнецовый:** изучение близнецов (позволяет определить роль ***генотипа,*** окружающей среды и таких факторов как воспитание и обучение в формировании тех или иных признаков);
  - **популяционно-статистический** (позволяет определить частоту встречаемости генов и генотипов в популяциях);
  - **биохимические** (позволяют установить последовательность аминокислот в полипептидной цепи и выявить генные мутации).

3.2. Закономерности наследования признаков

Признаки. Фенотип

Признак любая особенность организма, любое его качество или свойство, по которому можно отличить одну особь от другой.

Альтернативные признаки - взаимоисключающие варианты одного и того же признака (*пример*: желтая и зеленая окраска семян гороха).

Доминирование - преобладание у гибрида признака одного из его родителей.

Доминантный признак - преобладающий признак, появляющийся в первом поколении потомства у гетерозиготных особей и доминантных гомозигот (см. ниже).

Рецессивный признак - признак, который передается по наследству, но подавляется, не проявляясь у гетерозиготных потомков; проявляется в гомозиготном состоянии рецессивного гена.

Фенотип - совокупность всех внешних и внутренних признаков организма. Фенотип формируется при взаимодействии генотипа со средой обитания организма.

Аллельные. доминантные и рецессивные гены. Генотип

Аллель - одна из альтернативных форм существования гена, определяющего некоторый признак. Количество аллелей одного и того же гена может достигать нескольких десятков.

- ***Каждая хромосома или хроматида может нести только один аллель данного гена.***
- ***В клетках одной особи присутствует только два аллеля каждого гена.***

Локус - участок хромосомы, на котором расположен ген.

Аллельные гены — гены, расположенные в одних и тех же локусах гомологичных хромосом и отвечающие за альтернативные проявления одного и того же признака (***пример***: гены, отвечающие за цвет глаз человека). Аллельные гены обозначают ***одинаковыми*** буквами латинского алфавита: А, а; В, Ь.

Неаллельные гены - гены, расположенные в негомологичных хромосомах или в разных локусах гомологичных хромосом.

Доминантные гены - гены, соответствующие доминантным признакам; обозначаются прописными латинскими буквами **(А, В).**

Рецессивные гены - гены, соответствующие рецессивным признакам; обозначаются строчными латинскими буквами (а, Ь).

Генотип - совокупность всех генов данного организма.

Скрещивание

Скрещивание - получение потомства путем искусственного объединения генетического материала разных родителей (разных клеток) в одной клетке.

Генетическая запись скрещивания:

- **первая строка:** буква **Р** (родители), генотип женского организма, знак скрещивания **х,** генотип мужского организма; под обозначениями генотипов могут быть указаны признаки организмов;
- **вторая строка:** буква **С** (гаметы) и (под обозначениями генотипов, в кружочках) гаметы женской и мужской особей;
- **" третья строка:** буква **Р*** (потомки), генотипы потомков (под обозначениями генотипов могут быть указаны признаки организмов); ***к*** - номер поколения.

Гомозигота - зигота, содержащая ***одинаковые*** аллели одного гена - доминантные **(АА, доминантная гомозигота)** или рецессивные **(аа, рецессивная гомозигота).**

- Гомозиготная особь образует один тип гамет и не дает расщепления при скрещивании.

Гетерозигота - зигота, содержащая два ***разных*** аллеля одного гена **(Аа).**

- Гетерозиготная особь в потомстве дает расщепление по данному признаку. Образует несколько типов гамет.

Правило (гипотеза) чистоты гамет. Так как каждая хромосома или хроматида может нести только один аллель данного гена, то при расхождении хромосом (при первом делении мейоза) или хроматид (при втором делении мейоза) вместе с ними в гаплоидные клетки гамет отходит лишь по одному из аллелей каждой аллельной пары. Поэтому:

любая гамета организма несет только по одному аллелю каждого гена, т.е. аллели в гаметах не перемешиваются.

Следствия правила чистоты гамет:

- ***гомозиготный*** организм образует только ***один*** тип гамет: **АА** **аа** -> (а);
- ***гетерозиготный*** по одной паре генов организм образует ***два*** типа гамет (из двух гомологичных хромосом зиготы в процессе мейоза одна хромосома - с геном **А** - попадает в одну гамету, другая - с геном **а** - в другую гамету): **Аа —> @ (а).**

Гибридизация - процесс скрещивания двух организмов одного вида **(внутривидовая гибридизация)** или разных видов или родов **(отдаленная гибридизация).**

Гибрид - организм, полученный путем скрещивания генетически разных организмов.

Моногибридное скрещивание - скрещивание организмов, отличающихся друг от друга альтернативными вариантами только одного признака (одной парой аллелей).

Анализирующее скрещивание - скрещивание изучаемого организма с организмом, имеющим ***рецессивный гомозиготный генотип*** (и образующим только один тип гамет с рецессивными аллелями). Позволяет установить генотип изучаемого организма. Применяется в селекции растений и животных.

Дигнбридное скрещивание - скрещивание организмов, отличающихся друг от друга альтернативными вариантами двух признаков (двумя парами аллелей).

Полигибридное скрещивание - скрещивание организмов, отличающихся друг от друга альтернативными вариантами трех и более признаков.

Сцепленное наследование - совместное наследование генов, локализованных в одной хромосоме; гены образуют группы сцепления.

Расщепление признаков - проявляющееся среди потомства второго и последующих поколений определенное соотношение между количествами особей, характеризующихся альтернативными признаками исходных родительских форм.

- Конкретные ***количественные соотношения*** между числами особей, несущими признаки каждой из родительских форм, определяются тем, каковы родительские организмы по данным признакам - ***гомозиготные*** или ***гетерозиготные.***

Первый закон Менделя

Первый закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения, или **правило доминирования)** описывает скрещивание ***гомозиготных*** особей:

при скрещивании гомозиготных особей (взятых из чистых линий одного вида), отличающихся по одному из пары альтернативных признаков, получаемые гибриды *первого* поколения единообразны как по фенотипу, так и по генотипу.

Признак (цвет)	Ген	Генотип	Генетическая запись	
Доминантный (желтый)	А	АА, Аа	Р	АА х аа ж 3
			С	® ®
Рецессивный (зеленый)	а	аа	Р,	Аа желтые 100%

Следствие: если первое поколение единообразно по одному из альтернативных признаков родительских особей, то данный признак является ***доминантным,*** а родительские особи ***гомозиготны*** по альтернативным признакам.

Второй закон Менделя

Второй закон Менделя (закон расщепления) описывает ***моногибридное*** скрещивание ***гетерозиготных*** особей:

при скрещивании между собой *гибридов первого поколения* (т.е. гетерозиготных особей), отличающихся по одному из пары альтернативных признаков, во *втором* поколении наблюдается расщепление в соотношении 3 : 1 по фенотипу и 1 : 2: 1 по генотипу.

Признак (цвет)	Ген	Генотип	Генетическая запись				
желтый	А	АА, Аа	Р(Р0	Аа х Аа ж ж			
			С	®	®	®	®
зеленый	а	аа	p_2	АА ж	Аа ж	Аа ж	аа 3

Расщепление по фенотипу: три части потомков второго поколения с ***доминантным*** признаком и одна часть - с ***рецессивным.***

Расщепление по генотипу: одна часть потомков - доминантные гомозиготы (АА), две части потомков - гетерозиготы (Аа) и одна часть - рецессивные гомозиготы (аа).

Следствия второго закона Менделя:

- если потомство родительских особей дает расщепление по фенотипу, близкое к 3 : 1, то исходные родительские особи по данным аллелям ***гетерозиготны,***
- **анализирующее скрещивание:** если потомство родительских особей дает расщепление по фенотипу, близкое к 1 : 1, то ***одна*** из родительских особей была ***гетерозиготной,*** а ***другая -гомозиготной*** и несла пару ***рецессивных*** аллелей.

Третий закон Менделя

Третий закон Менделя (закон независимого наследования признаков) описывает ***дигибридное*** скрещивание особей:

при скрещивании гомозиготных организмов, отличающихся по двум или нескольким парам признаков, во втором поколении наблюдается независимое наследование генов разных аллельных пар и соответствующих им признаков.

Т.е. каждая пара аллельных генов (и соответствующих им альтернативных признаков) наследуется независимо друг от друга ***(другая формулировка 3-го закона Менделя).***

•> **Определение возможных генотипов и вероятностей их появления** у **особей второго поколения:** сначала определяется генотип ***первого поколения*** и тип его гамет Сп (см. таблицу),

р	ААВВ х аавв ж. гл. 3. м.
Ср	@ §
Р1	АаВв ж. гл. 100%
Р(Р1>	АаВв х АаВв ж. гл. ж. гл.
Ср,	@@ © ® © @

после чего генотипы особей и вероятности их появления определяются с помощью ***решетки Пеннета*** (см. ниже).

Решетка Пеннета - таблица, с помощью которой изображают и анализируют расщепление независимо наследуемых признаков. По горизонтали в верхней строке этой решетки записываются женские гаметы, по вертикали в левом столбце - мужские гаметы, на пересечениях строк и столбцов - генотипы дочерних особей.

Пример-, скрещивание ***гомозиготной*** особи гороха, характеризующейся двумя ***доминантными*** признаками - желтой окраской и

гладкой формой семян, - с ***гомозиготной*** особью гороха, имеющей два альтернативных ***рецессивных*** признака - зеленую окраску и морщинистую форму семян.

Признаки и их генетическая запись			Решетка Пеннета				
Признак	**Ген**	**Генотип**	X			@	
1-й доминантный *{желтый)*	**А**	**АА, Аа**		**ААВВ**	**ААВв**	**АаВВ**	**АаВв**
1-й рецессивный *(зеленый)*	**а**	**аа**		**ААВв**	**ААвв**	**АаВв**	**Аавв**
2-й доминантный *(гладкие семена)*	**В**	**ВВ, Вв**		**АаВВ**	**АаВв**	**ааВВ**	**ааВв**
2-й рецессивный *(морщин. семена)*	**в**	**вв**		**АаВв**	**Аавв**	**ааВв**	**аавв**

Так как, согласно третьему закону Менделя, ***расщепление по каждому признаку идет независимо***: по цвету (во втором поколении) в соотношении 3 : 1 (см. второй закон Менделя), по форме - также в соотношении 3 : 1, то **расщепление по фенотипу,** т.е. по комбинации признаков, наблюдается в соотношении (3:1) = = 9 : 3 : 3 : 1 (девять частей из 16 составляют желтые гладкие семена, три части - желтые морщинистые, еще три части - зеленые гладкие и одну часть - зеленые морщинистые семена).

Из данных решетки Пеннета следует, что всего при дигибридном скрещивании гомозиготных особей (в частности, гороха) у особей второго поколения возможны ***девять различных генотипов*** **(генотипических классов),** которые распадаются на ***четыре*** **фенотипических класса.** Потомки, ***доминантные*** по ***двум*** признакам (желтые гладкие семена гороха) имеют один из следующих генотипов (в скобках указана вероятность появления данного генотипа): **ААВВ (1/16), ААВв (2/16), АаВВ (2/16)** или **АаВв (4/16); *доминантные по первому и рецессивные по второму*** признаку (желтые морщинистые семена) - **ААвв (1/16)** или **Аавв (2/16); *рецессивные по первому и доминантные по второму*** признаку (зеленые гладкие семена) - **ааВВ (1/16)** или **ааВв (2/16); *рецессивные*** по обоим признакам - генотип **аавв** (1/16) (зеленые морщинистые семена).

лг

- **Расщепление по генотипу** имеет вид:
  - при ***дигибридном*** скрещивании: $(1:2:1)^2$;
  - при ***полигибридном*** скрещивании $(1:2:1)^n$, где *n* - число расщепляющихся пар аллелей.
- **Расщепление по фенотипу** имеет вид:
  - при ***дигибридном*** скрещивании: $(3:1)^2 = 9:3:1$;
  - при ***полигибридном*** скрещивании $(3:1)^n$.

Следствия третьего закона Менделя:

- если анализ расщепления по ***двум*** признакам дает по фенотипу соотношение, близкое к 9 : 3 : 3 : 1, то исходные родительские особи ***дигетерозиготны*** по этим признакам;
- в общем случае каждый новый ген увеличивает число типов различных гамет в два раза, а число генотипов - в три раза. Следовательно, **особь, гетерозиготная по n парам генов, может произвести 2^n типов гамет и 3^n различных генотипов;**
- число различающихся классов фенотипов равно числу различных типов гамет при наличии доминирования и числу различных генотипов в отсутствие доминирования.

Замечания:

- третий закон Менделя, т.е. независимое комбинирование признаков, выполняется только ***при условии***, что аллельные гены, определяющие эти признаки, находятся в ***разных*** парах гомологичных хромосом;
- * он ***не объясняет*** закономерности наследования генов, находящихся совместно в ***одной*** и той же хромосоме;
- **Вычисление частоты определенного генотипа** в потомстве родителей, отличающихся определенным числом независимо наследуемых генов:
  - сначала вычисляется вероятность появления соответствующего генотипа отдельно для каждой пары генов;
  - искомая частота равна произведению этих вероятностей.

Пример: вычислить частоту генотипа **АаЬЬСс** в потомстве от скрещивания **АаВЬсс х АаВЬСс.** Вероятность появления генотипа **Аа** в потомстве от скрещивания **АахАа** равна **1/2;** вероятность появления генотипа **ЬЬ** в потомстве от скрещивания **ВЬ х ВЬ** равна **1/4;** вероятность появления генотипа **Сс** в потомстве от скрещивания **Сс х сс** равна **1/2.** Следовательно, вероятность появления генотипа **АаЬЬСс** составляет **(1/2) х (1/4) х (1/2) = 1/16.**

Условия выполнения и значение законов Менделя

Законы Менделя выполняются лишь в среднем, при большом числе однотипных опытов. Они являются следствием случайного сочетания гамет, несущих разные гены, и статистического характера наследования, определяемого большим числом равновероятных встреч гамет.

•> **Дополнительные условия,** при которых выполняются законы Менделя:

- один ген должен контролировать только один признак, и один признак должен быть результатом действия только одного гена;
- доминирование должно быть полным;
- сцепление между генами должно отсутствовать;
- равновероятное образование гамет и зигот разного типа;
- равная вероятность выживания потомков с разными генотипами;
- статистически большое количество скрещиваний.

• **Значение законов Менделя:**

- эти законы носят универсальный характер и не зависят от систематического положения организма и сложности его строения;
- с их помощью можно рассчитать число типов образующихся гамет и установить возможные варианты сочетания доминантных и рецессивных признаков у гибридов.

3.3. Взаимодействие генов

Свойства генов

•> **Свойства генов и особенности их проявления в признаках:**

- ген дискретен в своем действии, т.е. обособлен в своей активности от других генов;
- один ген отвечает за проявление ***одного*** строго определенного признака или ***нескольких*** признаков **(плейотропия);**
- один признак может быть результатом действия нескольких генов (аллельных или неаллельных);
- ген может усиливать степень проявления признака при увеличении числа его доминантных аллелей;
- ген может взаимодействовать с другими генами; это приводит к появлению новых признаков;
- изменение положения гена в хромосоме или влияние факторов внешней среды могут модифицировать его проявление **в** признаках;
- ген обладает способностью к мутациям.

Взаимодействие аллельных генов

Взаимодействие генов - явление, когда за один признак отвечает несколько генов (или аллелей).

Аллельное взаимодействие - это взаимодействие аллелей одного и того же гена (за признак отвечает несколько аллелей одного и того же гена).

• **Типы аллельных взаимодействий:**

- доминирование,
- неполное доминирование,
- сверхдоминирование,
- кодоминирование.

Доминирование - тип взаимодействия двух аллелей одного гена, когда один (доминантный) из них ***полностью исключает*** действие другого (рецессивного). *Примеры*: доминирование у человека темных волос над светлыми, карих глаз над голубыми.

Неполное доминирование - степень активности доминантного аллеля недостаточна для того, чтобы полностью подавить действие рецессивного аллеля и обеспечить полное проявление доминантного признака.

- В этом случае у гетерозигот формируется **промежуточный** (по отношению к родительским признакам) **признак** - имеет место **промежуточный характер наследования.** Этот признак будет наблюдаться у гибридов ***первого*** поколения и ***гетерозигот второго*** поколения. Во втором поколении расщепление по фенотипу и генотипу оказывается одинаковым 1 : 2 : 1 (одну часть составляет доминантная гомозигота **АА** с выраженным ***доминантным*** признаком, две части составляет гетерозигота **Аа** с ***промежуточным*** признаком и одну часть составляет гомозигота **аа** с ***рецессивным*** признаком).
- *Примеры* неполного доминирования: наследование формы (курчавости) волос у человека, масти крупного рогатого скота, окраски цветков у растения ночная красавица (см. таблицу).

Признак (цвет)	Ген	Генотип	Р(Р.)	Аа х Аа роз. роз.			
Красный (доминант.)	А	АА	С	®	®	®	®
Розовый (промеж.)	-	Аа	P_2	АА	Аа	Аа	аа
Белый (рецессивный)	а	аа		кр.	роз.	роз.	бел.

< **нерхдоминированне** - более сильное проявление признака у гетерозиготной особи **(Аа),** чем у любой из гомозигот **(АА** и **аа).**

Кодоминирование - оба аллеля равноценны, не подавляют друг друга и участвуют в определении признака у гетерозиготной особи. *Пример*: наследование IV группы крови у человека, которая детерминируется одновременным присутствием в генотипе двух кодоминантных генов 1^{A} и $!^{в}$. Первый из этих генов детерминирует синтез в эритроцитах белка-антигена **А,** второй синтез белка-антигена **В:** наличие обоих этих генов в генотипе приводит к тому, что у людей с IV группой крови эритроциты содержат как белок-антиген **А.** так **и** белок-антиген **В.**

Взаимодействие неаллельных генов

Неаллельное (или **межаллельное) взаимодействие** - это взаимодействие аллелей разных генов, т.е. генов, располагающихся в негомологичных хромосомах или разных локусах гомологичных хромосом.

- Неаллельное взаимодействие генов приводит к модификации менделевского расщепления по фенотипу 9 : 3 : 1, т.е. к появлению в потомстве гетерозиготы иных расщеплений, например 9 : 3 : 4 ; 9 : 6 : 1; 12 : 3 : 1 и др.
- **Основные типы межаллельных взаимодействий:**
  - комплементарность;
  - эпистаз;
  - полимерия.

Замечание, комплементарное и эпистатическое взаимодействия возникают в тех случаях, когда признак контролируется одной парой неаллельных генов.

Комплементарное, или **дополнительное,** взаимодействие - такой тип межаллелыюго взаимодействия генов, при котором одновременное присутствие в генотипе гибрида доминантных генов разных аллельных пар приводит к появлению нового признака, отсутствующего у обоих родителей.

Пример: наследование окраски цветков душистого горошка (родительские растения с генотипами **А-в'в. ааВ-** имеют белые цветки, гибриды с генотипом **А-В** пурпурные; см. таблицу).

Замечание: знак «-» в формуле генотипа означает, что это место может занимать как доминантный, так и рецессивный аллель.

р	**ААвв х ааВВ**	белые цветки
с	© @	-
Р1	**АаВв**	пурпурные цветки

Объяснение: пурпурный пигмент образуется с помощью специального фермента, который синтезируется только при наличии ***обоих*** доминантных генов: как **А.** так и **В.** Цветки родительских особей имеют белый цвет, так как в генотипе каждого из них присутствует только один из этих генов.

Во *втором* поколении при самоопылении, обеспечивающем равновероятное (случайное) образование гамет и зигот разного типа, наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении пурпурной и белой окраски цветков как 9 : 7 (9 пурпурных: **А-В-** и 7 белых: **ЗА-ВЬ, ЗааВ-. 1ааЬЬ).**

Эпистаз - такой тип межаллельного взаимодействия генов, при котором аллели одного гена подавляют проявление аллельной пары другого гена, и подавляемый признак не проявляется.

Сунрессор (или **ген-ингибигор)** - ген, подавляющий действие других неаллельных генов. Супрессором может быть как доминантный, так и рецессивный ген.

Доминантный эпистаз - эпистаз, в котором супрессором является ***доминантный*** ген. При доминантном эпистазе во втором поколении наблюдается расщепление фенотипа 12 : 3 : 1 или 13 : 3.

Рецессивный эпистаз (криптомерия) - эпистаз, в котором супрессором является ***рецессивный*** ген. При рецессивном эпистазе во втором поколении наблюдается расщепление по фенотипу 9 : 3 : 4 .

Пример эпистаза: наследование окраски шерсти у домашних кроликов. Синтез черного пигмента детерминирует ***рецессивный*** ген **с,** ***доминантная*** аллель I другого гена является супрессором, подавляя действие гена **с.** Тогда кролики с генотипами **С—I, сс1-** будут белыми, кролики с генотипами **С**-и - серыми, а с генотипом **сси** - черными.

Многие признаки контролируются ***двумя и более*** парами неаллельных генов (называемых в этом случае **полимерными).**

Полимерия - взаимодействие нескольких неаллельных полимерных генов. При полимерии степень выраженности фенотипического признака часто зависит от числа полимерных генов, ответственных за его проявление. При **кумулятивной полимерии** действие генов ***суммируется***; *примеры:* масса тела, молочность крупного рогатого скота, яйценоскость кур, некоторые параметры умственных способностей человека и др. При **некумулятивной полимерин** степень проявления признака от числа доминантных генов в генотипе не зависит *{пример:* оперенность ног у кур).

Плейотропия - зависимость нескольких признаков от одного гена. Каждый плейотропный ген оказывает какое-то основное действие, но модифицирует проявление других генов.

Сцепление генов. Опыты Моргана

Сцепленные гены - любые гены, расположенные в одной хромосоме.

Группа сцепления - все гены, расположенные в одной хромосоме.

- Количество групп сцепления равно числу пар хромосом (т.е. гаплоидному числу хромосом). У человека 46 хромосом, т.е. 23 группы сцепления.
- Наследование признаков, за которые отвечают гены из одной группы сцепления, ***не подчиняется законам Менделя.***

Опыты Т. Моргана (1911-1912 гг.): анализ наследования ***двух пар альтернативных признаков*** у мух-дрозофил - серого (В) и черного (Ь) *цвета тела* и нормальной (V) или укороченной *(у) длины крыльев.*

Первая серия опытов: скрещивание гомозиготной доминантной (ВВ\Л/) особи (с серым цветом тела и нормальной длиной крыльев) с гомозиготной рецессивной (ЬЬ**уу**) особью черного цвета с короткими крыльями. Все потомки Р1, в соответствии с первым законом Менделя, являются доминантными гетерозиготными (ВЬ\/у) особями серого цвета с нормальными крыльями.

Вторая серия опытов: ***анализирующее скрещивание*** гибридов первого поколения - гомозиготной рецессивной (черной короткокрылой) самки (ЬЬ**уу) с** дигетерозиготным (серым с нормальными крыльями) самцом (ВЬ\Л/). Если предположить, что два гена, относящиеся к разным аллельным парам, локализованы в ***разных*** хромосомах, то у дигетерозиготы следует ожидать образования (в равных количествах) четырех типов гамет: В\Л Ь\Л В**у** и Ь**у**. Тогда, согласно третьему закону Менделя, в потомстве должны присутствовать четыре разных фенотипа в равном количестве (по 25%). В действительности присутствовали ***только два фенотипа*** (в соотношении 1:1).

- Это означает, что доминантные гены В и V, относящиеся к разным аллельным парам, локализованы в ***одной*** хромосоме (из пары гомологичных хромосом) и попадают в ***одну*** гамету, а оба рецессивных гена **в** и V локализованы в другой хромосоме и ***вместе*** попадают в другую гамету. Поэтому у дигетерозиготного самца мух и-дрозофилы образуется не четыре типа гамет (когда гены расположены в *разных* хромосомах), а только ***два:*** ВУ (50%) и **ву** (50%), и, следовательно, потомки P_2 будут иметь два сочетания признаков.

Третья серия опытов: проверка предположения о полном сцеплении генов путем ***анализирующего скрещивания*** дигетерозиготной (серой с нормальными крыльями) самки (ВЬ\Л/) из поколения Р1 с гомозиготным рецессивным (черным короткокрылым) самцом (ЬЬ**уу**) из родительского поколения. В результате были получены потомки четырех фенотипов в следующем соотношении: по 41,5% особей с серым телом и нормальными крыльями (генотип ВЬУ**у**) и особей с черным телом и короткими крыльями (генотип ЬЬ**уу**), и по 8,5% серых короткокрылых особей (генотип ВЬ**уу**) и черных особей с нормальными крыльями (генотип ЬЬ\/у).

- Отсюда следует, что сцепленные гены, т.е. гены, локализованные в одной хромосоме, не всегда передаются вместе, т.е. сцепление может быть ***неполным.*** Это связано с явлением ***кроссинговера,*** вероятность которого в данном случае составляет 17%.

Кооссинговер

Кроссинговер - явление обмена участками гомологичных хроматид в процессе их конъюгации в профазе мейоза I (см. также п. 1.6).

- У гетерозиготных организмов кроссинговер приводит к перекомбинации генетического материала.
- Кроссинговер происходит не всегда; его частота зависит от расстояния между генами (подробнее о расстоянии между генами см. ниже).
- Кроссинговер имеет место у всех растений и животных, за исключением самца мухи-дрозофилы и самки тутового шелкопряда.
- **Значение кроссинговера:** он позволяет создавать новые комбинации генов и тем самым повысить наследственную изменчивость, необходимую для расширения возможностей адаптации организмов к изменившимся условиям среды.

Рекомбинация - появление новых сочетаний генов в результате кроссинговера, свободного комбинирования хромосом при образовании гамет или при их слиянии в ходе оплодотворения.

Кроссоверные (или **рекомбинантные)** особи - особи, образующиеся из гамет с новым, полученным путем кроссинговера, сочетанием аллелей.

Закон Моргана (закон сцепленного наследования):
гены, расположенные в одной хромосоме (т.е. входящие в одну группу сцепления), наследуются *преимущественно,* т.е. с наибольшей вероятностью, вместе (сцепленно).

Хромосомная теория наследственности

Хромосомная теории наследственности экспериментально обоснована Т. Морганом с сотрудниками в 1911-1926 гг.

- **Основные положения хромосомной теории наследственности:**
  - гены, ответственные за хранение и передачу наследственной информации, локализованы в определенных участках (локусах) хромосом; различные хромосомы имеют разное число генов;
  - аплельные гены занимают одинаковые локусы в гомологичных хромосомах;
  - в хромосомах гены располагаются в линейной последовательности (друг за другом) и не перекрываются;
  - * гены гомологичных хромосом образуют группу сцепления и наследуются преимущественно вместе; число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом (т.е. числу пар гомологичных хромосом);
  - между гомологичными хромосомами возможен обмен аллельными генами (кроссинговер);
  - вероятность кроссинговера пропорциональна расстоянию между генами в хромосомах.

Генетические карты

Генетическая карта хромосом - схема, на которой отображается взаимное расположение генов, находящихся в одной группе сцепления, с учетом их порядка следования и относительных расстояний между ними.

- Возможность картирования хромосом основана на ***постоянстве процента кроссинговера*** между определенными генами.

Расстояние между генами выражается в ***морганидах.***

- **Одна морганида** - такое расстояние между генами, при котором вероятность кроссинговера равна 1%.

- **Значение генетических карт:**
  - в селекции они позволяют прогнозировать возможность получения организмов с определенными сочетаниями признаков;
  - являются основой для генной инженерии;
  - в медицине используются для диагностики ряда тяжелых наследственных заболеваний человека;
  - сравнение генетических карт разных видов живых организмов помогает установить особенности эволюционного процесса.

Цитоплазматическая наследственность

Цитоплазматическая наследственность - наследственность, связанная с действием генов, находящихся в органоидах цитоплазмы, содержащих ДНК (митохондриях и пластидах).

- Такие гены способны к автономной репликации и равномерному распределению между дочерними клетками.
- В передаче признаков цитоплазматическая наследственность имеет второстепенное значение.
- Цитоплазматическое наследование осуществляется только через материнский организм (в мужских половых клетках цитоплазмы мало и в ней митохондрии и пластиды отсутствуют).

Пргшеры. с мутациями генов, локализованных в ***митохондриях***, связано наследование нарушений в действии дыхательных ферментов у дрожжей; с мутациями генов, локализованных в ***пластидах,*** связано, в частности, наследование пестролистности у ряда растений (ночной красавицы, львиного зева и др.).

3.4. Генетика пола

Пол и половые признаки

Пол - это совокупность морфологических, физиологических, биохимических и других признаков и свойств организма, обеспечивающих репродукцию, т.е. воспроизведение потомства и передачу им наследственной информации.

- Пол у подавляющего большинства (но не у всех) животных и растений определяется генетически в момент оплодотворения.

Первичные половые признаки - признаки и свойства организма, обеспечивающие образование гамет и оплодотворение (*пример:* наличие яичников у самок и семенников у самцов).

Вторичные половые признаки - морфологические и физиологические признаки и свойства, определяющие фенотипические различия между особями разных полов (особенности телосложения, тип волосяного покрова, тембр голоса и др.).

Хромосомное определение пола

Изучение кариотипов мужских и женских особей показало, что у большинства женских организмов все хромосомы образуют гомологичные пары, а у мужских, помимо парных (гомологичных) хромосом, имеются две непарные хромосомы. Было установлено, что именно эти непарные хромосомы определяют пол организма.

Аутосомы - хромосомы, ***одинаковые*** (идентичные) в хромосомных наборах клеток самцов и самок (обозначаются буквой **А).**

Гетеросомы (половые хромосомы) - хромосомы, ***различающиеся*** в хромосомных наборах клеток самцов **и** самок (обозначаются буквами X и V).

X-хромосома - ***большая*** **(метацентрическая)** из двух половых хромосом, содержащихся в мужском кариотипе; в ***женском*** кариотипе ***обе*** половые хромосомы являются **X**-хромосомами.

У-хромосома - ***меньшая*** из двух половых хромосом **(акроцентрическая);** имеется ***только в мужском*** кариотипе.

- ***Соматические*** клетки имеют диплоидный набор аутосом и одну пару половых хромосом (2А + XX у самок и 2А + XV у самцов).
- ***Половые*** клетки имеют гаплоидный набор аутосом и одну половую хромосому (А + X у самок и у 50% самцов и А + У у других 50% самцов).

Гомогаметный пол - пол, имеющий ***две одинаковые*** половые хромосомы (XX) и образующий один тип гамет (А + X).

Гетерогаметный пол - пол, имеющий ***разные*** половые хромосомы (XУ) и образующий два типа гамет (А + X и А + V).

- **Типы определения пола у организмов:**
  - XV - у самцов, XX - у самок; этот тип характерен для многих организмов (человека, млекопитающих, большинства видов насекомых, червей, некоторых рыб и др.);
  - XX - у самцов, XV - у самок; тип характерен для птиц, бабочек, пресмыкающихся, некоторых земноводных;
  - XO - у самцов, XX - у самок (О обозначает отсутствие половой хромосомы); тип встречается у некоторых насекомых (кузнечики);
  - XX - у самцов, XO - у самок; этот тип наблюдается у тли;
  - **диплоидно-гаплоидный тип *(2п*** у самок, п у самцов) наблюдается у пчел: самцы развиваются из неоплодотворенных гаплоидных яйцеклеток, самки - из оплодотворенных диплоидных.

Наследование пола

Наследование пола определяется законами Менделя. В популяциях большинства организмов соотношение числа самцов и самок равно 1:1. ***Пол будущего организма определяется в момент оплодотворения и зависит от гамет, принадлежащих гетерогаметному полу.*** Так, у человека яйцеклетка А + Х может быть оплодотворена сперматозоидом типа А + Х или сперматозоидом типа А + V. Поскольку обе мужские гаметы имеют равные шансы на оплодотворение яйцеклетки, то вероятности рождения мальчика или девочки также оказываются равными (см. таблицу).

Пол	Генотип	Генетическая запись		
		Р	XX (ж)	x XV (м)
Мужской	2А + XV	С	©	©©
Женский	2А + XX	Р1	XX 50%	XV 50%

Наследование, сцепленное с полом

Признаки, сцепленные с полом, - признаки, контролируемые генами, локализованными в половых хромосомах.

Примеры: гены, локализованные в негомологичном участке Х-хромосом и определяющие свертываемость-(доминантный признак, *Н)* и несвертываемость (рецессивный признак, *И)* крови; гены, определяющие нормальное восприятие цвета (доминантный признак, *С)* и дальтонизм (рецессивный признак, *с).*

Наследование, сцепленное с полом, — это наследование признаков, обусловленных генами, локализованными в негомологичном участке Х-хромосомы.

" При таком наследовании распределение генов в потомстве соответствует распределению половых хромосом в мейозе и их сочетанию при оплодотворении.

В Х-хромосоме имеется участок, для которого в У-хромосоме ***нет гомолога.*** Это означает, что по многим генам **У**-хромосома генетически инертна. Поэтому ***признаки, определяемые генами, расположенными в этом участке Х-хромосомы, у мужских особей проявляются даже в том случае, если они рецессивны.***

- *Пример*: у человека сцепленно с полом наследуются рецессивные признаки (цветовая слепота - дальтонизм, раннее облысение, гемофилия - несвертываемость крови и др.), фенотипически проявляющиеся преимущественно у мужчин.

Женщины, гетерозиготные по любому из сцепленных с полом признаков, являются **носителями** соответствующего рецессивного гена; ***фенотипически такие женщины здоровы.***

Пример: вероятность рождения ребенка, больного гемофилией, в браке здорового мужчины и женщины - носительницы рецессивного гена /?, ответственного за несвертываемость крови, равна 25% (см. таблицу). Генотип здорового мужчины 2А + X^{H}У (Н - доминантный признак), генотип женщины 2А + X^{H}Х\ генотип больного ребенка (им может быть только мальчик) Х V.

Р	$X^{H}X^{И}$ (ж-н)	x	X^{H}У (з.м.)
О	©@		@©
Р1	$X^{H}X^{H}$, $X^{H}X^{И}$,		X^{H}У, хЧ 25%

3.5. Изменчивость

Изменчивость - это свойство дочерних организмов отличаться от родительских форм морфологическими, физиологическими и другими признаками и особенностями индивидуального развития, а также способность живых организмов изменять свои признаки и свойства под влиянием факторов среды.

- **Основные формы изменчивости:**
  - модификационная (ненаследственная);
  - генотипическая (наследственная).

Модификационная изменчивость

Модификационная (или **фенотигшческая) изменчивость** - изменение фенотипа под действием факторов внешней среды, которое происходит без изменения генотипа.

Модификации - ненаследственные фенотипические различия у генетически тождественных особей, возникающие под действием факторов внешней среды.

Норма реакции - предел модификационной изменчивости признака.

- Различают ***широкую*** (при большом диапазоне изменения признака) и ***узкую*** (при слабой зависимости признака от внешних условий) норму реакции. Норма реакции определяется генотипом.

Причина модификаций - зависимость скорости ферментативных реакций, участвующих в формообразовании признака, от условий среды.

- **Свойства модификаций:**
  - не передаются по наследству;
  - носят массовый характер (т.е. в одинаковых условиях среды наблюдаются у большого числа особей одного вида);

- адекватны условиям среды (т.е. степень выраженности признака находится в прямой зависимости от вида и продолжительности действия того или иного фактора);
- носят приспособительный, адаптивный характер (повышают жизнестойкость и способствуют выживанию особей);
- нередко носят обратимый характер (при смене внешних условий степень выраженности признаков у взрослых особей изменяется);
- поддаются статистической обработке, позволяющей математически отобразить изменение признака в виде вариационного ряда и вариационной кривой.

Вариационный ряд - совокупность всех особей, обладающих изменением данного признака, расположенная в один ряд по убывающим или возрастающим значениям.

Вариационная кривая - графическое выражение изменчивости признака, отражающее размах вариаций и частоту встречаемости отдельных ***вариант.***

Варианта - среднее значение признака в некотором интервале фиксированных размеров.

Генотипическая изменчивость

Генотипическая изменчивость — изменение фенотипа вследствие изменения генотипа (т.е. наследственные изменения признаков организма, определяемые генотипом и сохраняемые в ряду поколений).

- **Свойства генотипической изменчивости.** Изменения:
  - * возникают случайно и внезапно (скачкообразно);
  - носят индивидуальный характер (наблюдаются у отдельных особей);
  - передаются по наследству;
  - " неадекватны условиям среды (могут быть нейтральными, вредными или полезными);
  - " могут привести к образованию новых популяций или гибели отдельных особей.
- **Виды генотипической изменчивости:**
  - комбинативная;
  - мутационная.

Комбинативная изменчивость - изменчивость, обусловленная получением потомками новых комбинаций (сочетаний) родительских генов.

- **Причины комбинативной изменчивости:**
  - * перекомбинация генов при кроссинговере;
  - независимое расхождение хромосом и хроматид в мейозе при созревании половых клеток;
  - случайное сочетание генов материнской и отцовской гамет при оплодотворении.

Мутационная изменчивость - изменчивость, вызванная ***мутациями,*** т.е. внезапными изменениями генетического материала организма, передающимися по наследству.

« ***Подробней о мутациях, их причинах и свойствах см. ниже.***

- **Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости (закон Н.И. Вавилова):** виды и роды, близкие генетически, связанные единством происхождения, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости.
  - Зная формы изменчивости одного вида, можно предположить существование (или предвидеть появление) сходных форм у родственных видов и родов.
  - Закон позволяет моделировать наследственные болезни человека в экспериментах на животных.

Сравнительная характеристика Форм изменчивости

В приведенной ниже таблице дана сравнительная характеристика модификационной, комбинативной и мутационной форм изменчивости.

Характерные особенности	Модификационная изменчивость	Генотипическая изменчивость	
		Мутационная изменчивость	Комбинативная изменчивость
Что изменяется	Фенотип в пределах нормы реакции	Генотип; фенотип нормой реакции не ограничен	Генотип
Отбирающий фактор	Изменение условий окружающей среды	Изменение условий окружающей среды	Новая комбинация генов в результате кроссинговера, независимое расхождение хромосом, случайное сочетание гамет при оплодотворении
Наследование признаков	Не наследуются	Наследуются	Наследуются
Структура генетического материала	Не изменяется	Изменяется	Не изменяется
Форма изменчивости	Определенная (групповая)	Неопределенная (индивидуальная)	

Продолжение таблицы

Характерные особенности	Модификационная изменчивость	Генотипическая изменчивость	
		Мутационная изменчивость	Комбинативная изменчивость
Подчиненность закономерности	Статистическая закономерность вариационных рядов и вариационных кривых	Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости	
Развитие во времени	Постепенно, плавно	Резко, скачкообразно	
Значение для особи	Повышает адаптацию	Полезные мутации приводят к победе в борьбе за существование, вредные - к гибели	Обеспечивает большую приспособляемость и жизнеспособность
Значение для вида	Способствует выживанию в новых условиях среды	Приводит к образованию новых популяций, видов и т.д. в результате дивергенции	Материал для действия естественного отбора
Роль в эволюции	Приспособление организма к условиям среды	Материал для действия естественного отбора	

Мутации

Мутация - внезапное, естественное или вызванное искусственно, наследуемое изменение генетического материала организма.

Мутант - организм, наследственно измененный в результате мутации.

Мутагены - факторы среды, вызывающие мутации.

- **Тины мутаций:**
  - ***в зависимости от изменения генетического материала:***
    генные - изменение структуры молекулы ДНК **в** пределах гена;
    хромосомные (*внутрихромосомные* и ***межхромосомные)*** - мутации, связанные с изменением структуры хромосом;
    геномные (*полиплоидия* и ***гетероплоидия)*** - изменение числа хромосом в клетках (из-за их нерасхождения к полюсам клеток при мейозе или митозе);
  - ***в зависимости от происхождения:***
    спонтанные (происходят в естественных условиях под действием мутагенных факторов среды без вмешательства человека);
    индуцированные (возникают при направленном воздействии на организм мутагенными факторами);

  - ***в зависимости от типа клеток, в которых произошли мутации:***
    соматические и **генеративные** (в половых клетках);
  - ***по значению для организма:***
    положительные (повышают приспособленность и жизнестойкость организма), **нейтральные, отрицательные** (снижают жизнеспособность организма) и **летальные** (несовместимые с жизнью). В конкретных условиях среды естественный отбор поддерживает и закрепляет положительные мутации и элиминирует (ослабляет и устраняет) отрицательные и летальные мутации. ***Положительные мутации относительно редки, по именно они являются основой прогрессивной эволюции.***

- **Причины мутаций:**
  - спонтанные ошибки при репликации ДНК и транскрипции РНК, нарушение расхождения хромосом при клеточном делении;
  - действие физических факторов: ионизирующей радиации, гамма-излучения, рентгеновских и ультрафиолетовых лучей;
  - действие химических соединений, используемых в сельском хозяйстве (гербицидов и пестицидов), медицине (лекарственных препаратов и антисептиков), производстве (консервантов продуктов, тяжелых металлов - свинца, ртути, меди и др.) и т.д.;
  - проникновение в организм биологических объектов (вирусов, бактерий и др.), способных вызвать нарушение структуры ДНК.

- **Свойства мутаций:**
  - возникают внезапно, скачкообразно;
  - могут затрагивать как доминантные, так и рецессивные гены;
  - передаются по наследству;
  - не образуют непрерывных рядов (не группируются вокруг среднего значения признака);
  - ненаправленны, т.е. мутировать может любая часть генотипа;
  - происходят относительно редко; при этом чем больше генов, тем выше частота мутаций;
  - одни и те же или сходные мутации могут возникать повторно.

Каждый вид и популяция содержат множество различных мутантных генов, составляющих резерв наследственной изменчивости и являющихся элементарным материалом для естественного отбора.

Мутации, затрагивающие ***доминантные*** гены, сразу же проявляются фенотипически и поэтому подвергаются действию естественного отбора с момента возникновения.

Мутации, затрагивающие ***рецессивные*** гены, у гетерозигот находятся в скрытом состоянии, образуя резерв наследственной изменчивости. Такие мутации фенотипически проявляются только после их накопления в популяции и появления рецессивных *гомозигот,* которые подвергаются естественному отбору.

Мутации, связанные с изменением генетического материала

Виды мутаций	Характе-ристика	Формы изменений	Методы выявления
Генные	Изменяется структура ДНК в пределах одного гена	Замена, вставка, выпадение нуклеотидов: " образуются бессмысленные триплеты **(нонсенс-мутации);** " образуются новые кодоны, кодирующие другие аминокислоты **(мисценс-мутации)**	Биохимический; рекомбинантной ДНК
Хромосомные: • внутрихромосомные; • межхромосомные	Изменяется структура хромосом	**Дефишенсия** - потеря концевых участков хромосомы **Дупликация** - удвоение участка хромосомы **Инверсия** — поворот участка хромосомы на 180° **Деления** - потеря срединного участка хромосомы **Транслокация** - перенос участка одной хромосомы в другую	Цитогенетический
Геномные • полиплоидия: • гетероплоидия	Изменяется число хромосом в кариотипе Изменяется число хромосом в паре	Увеличение числа хромосом в клетке, ***кратное*** гаплоидному (3л, 4м. 5л, ...) - обычно у растений Увеличение или уменьшение числа хромосом в клетке, ***некратное*** гаплоидному (2***n***± 1, 2л±2, ...): **трисомия** (2***n*** + 1), **моносомия** (2***n*** - 1), **нулисомия** ***(2n-2)***	Цитогенетический

Сравнительная характеристика генеративных и соматических мутаций

Особенности	Соматические мутации	Генеративные мутации
Возникают	в соматических клетках	в половых клетках
Проявляются	у самой особи	у потомков
Наследуются	при бесполом размножении	при половом размножении
Примеры	разный цвег глаз человека	синдром Дауна

Сравнительная характеристика мутагенных факторов

Факторы	Примеры	Механизм действия
Физические	Ионизирующее, ультрафиолетовое, рентгеновское излучения, температура, давление	Образование свободных радикалов, димеров, нарушение структуры хромосом, разрыв нитей веретена деления
Химические	Ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве; отравляющие вещества; некоторые лекарственные препараты; колхицин, формалин; никотин, алкоголь	Нарушение синтеза нуклеотидов, замена азотистых оснований, дезаминирование, алкилирование
Биологические	Вирусы, бактерии, продукты метаболизма паразитов	Вирусы встраивают свою ДНК в ДНК других организмов

Особенности наследственности и изменчивости человека

Наследственность и изменчивость человека подчиняется тем же биологическим законам, что и наследственность и изменчивость других живых организмов.

- **Трудности изучения наследственности и изменчивости человека:**
  - невозможность экспериментирования (в том числе направленных скрещиваний для последующего генетического анализа, получения индуцированных мутаций и т.д.);
  - невозможность создания одинаковых и строго контролируемых условий жизни для изучаемых групп людей;
  - малое количество потомков;
  - позднее половое созревание и медленная смена поколений;
  - сложный кариотип ***(2n*** = 46) с большим числом групп сцепления;
  - небольшая точность регистрации наследственных признаков.
- **Основные методы изучения наследственности и изменчивости человека** (см. также с. 71):
  - генеалогический;
  - близнецовый;
  - цитогенетический;
  - рекомбинантной ДНК;
  - биохимические;
  - дерматоглифический (изучение рельефа кожи на пальцах, ладонях и подошвах стоп; применяется для определения зиготности близнецов, в диагностике некоторых наследственных заболеваний, в судебной медицине, криминалистике).

Медицинская генетика - раздел генетики человека, изучающий наследственные болезни.

Некоторые наследственные болезни человека

Болезнь	Причина	Признаки
Генные болезни		
Гемофилия	Генная мутация (вызывает дефект гена, кодирующего белок, необходимый для свертывания крови)	Снижение свертываемости крови; частые носовые кровотечения, длительные кровотечения при порезах, кровоизлияния в суставы
Фенилкетонурия	Генная мутация (приводит к нарушению обмена аминокислоты - фенилаланина - и выделению токсичной пировиноградной кислоты)	Недоразвитие головного мозга, умственная неполноценность, дефекты нервной системы, мышиный запах, повышенный тонус мышц
Цветовая слепота	Генная мутация (приводит к нарушениям в образовании зрительных пигментов)	Неспособность различать красный и зеленый цвет (дальтонизм), красный и синий или синий и зеленый
Хромосомные болезни		
Синдром Дауна	Трисомия по 21 паре хромосом: 47 хромосом в кариотипе	Умственная неполноценность, недоразвитие головного мозга, крупный язык, низкое расположение ушных раковин
Синдром Шерешевского-Терпера	45 хромосом (44А + ХО)	Рост -140 см, бесплодие, недоразвитие первичных и вторичных половых признаков
Синдром Кляйнфельтера	47 хромосом в кариотипе (44А + ХХУ)	Высокий рост, женский тип телосложения, недоразвитие мужских половых признаков
Синдром «кошачьего крика»	Делеция по 5-й хромосоме	Недоразвитие хрящей гортани

••• **Задачи медико-генетических консультаций:**

" широкое использование методов дородовой диагностики наследственных болезней;
• консультирование и диспансерное наблюдение семей с наследственной патологией;
• определение вероятности рождения больного ребенка;
• объяснение родителям способов предупреждения рождения детей с наследственной патологией.

3.6. Основы селекции

Задачи и методы селекции

Селекции - наука о методах создания новых и улучшения уже существующих сортов культурных растений, пород домашних животных и штаммов микроорганизмов с ценными для практики признаками **и** свойствами.

Сорт, порода, штамм - устойчивая группа (популяция) живых организмов одного вида, искусственно созданная человеком и имеющая определенные наследственные особенности.

• Все особи внутри породы, сорта и штамма имеют идентичные, наследственно закрепленные морфологические, физиолого-биологические и хозяйственные свойства и признаки и однотипную реакцию на действие факторов внешней среды.

• **Основные задачи селекции:**
• достижение высокой урожайности сортов культурных растений, плодовитости и продуктивности пород животных;
• достижение необходимого качества и химических свойств продукции: вкуса, внешнего вида и лежкости плодов и овощей, содержания белка, клейковины, нужных аминокислот в зерне, жирности и содержания белков в молоке и т.д.;
" достижение необходимых физиологических свойств: скороспелости, засухоустойчивости, морозостойкости, устойчивости к болезням и вредителям и т.д.;
• создание пород и сортов с ускоренным развитием: повышение «отзывчивости» на подкормку у растений и на корм и содержание у животных;
• получение пород, сортов и штаммов, пригодных для механизированного или промышленного выращивания и разведения.

• **Теоретическая база селекции:**
• законы и методы генетики как науки о наследственности и изменчивости;
• учение о структуре гена, молекулярные основы наследственности;
• теория мутаций;
• учение о роли среды в фенотипических проявлениях генотипа;
» учение о формах искусственного отбора, направленного на выявление и закрепление нужных признаков у селектируемых организмов.

• **Общие методы селекции:**
• направленный подбор исходного материала для селекции из имеющегося разнообразия растений и животных;
• близкородственная и неродственная ***гибридизация;***
• массовый и индивидуальный ***искусственный отбор;***
• индуцированный ***мутагенез;***
• искусственное получение полиплоидов и др.

- Основа успеха селекционной работы - генетическое разнообразие исходного материала.

Гибридизация - получение гибридов от скрещивания генетически разнородных организмов.

Инбридинг - это ***близкородственное*** скрещивание (близкородственная гибридизация) организмов.

Аутбридинг - ***неродственное*** (внутри- или межвидовое) скрещивание (при внутривидовом аутбридинге скрещиваемые особи не должны иметь общих предков в ближайших 4-6 поколениях).

Искусственный отбор - отбор, производимый человеком с целью сохранения для дальнейшего размножения особей, имеющих желаемую комбинацию признаков.

Массовый искусственный отбор - отбор ***по фенотипу*** целой группы особей с нужными признаками, от которой получают потомство. В нескольких поколениях потомков отбор приходится повторять, так как у них возможно появление ***расщепления.***

Индивидуальный искусственный отбор - отбор одной особи с нужными признаками и выращивание ее потомков с обязательным контролем наследования данных признаков.

» Индивидуальный отбор бывает ***однократным*** (отбор только родительской особи) или ***повторяющимся*** (и родительской особи, и потомков).

- В результате индивидуального отбора увеличивается число гомозигот, т.е. полученное поколение становится генетически однородным.

Линия - группа родственных организмов, воспроизводящих в ряду поколений устойчивые наследственные признаки. Линия происходит от одного предка или от одной пары общих предков.

Чистая линия - группа организмов, ***гомозиготных*** по большинству генов, воспроизводящих в ряду поколений устойчивые наследственные признаки и являющихся потомками одной гомозиготной самоопыляемой особи (у растений) или пары близкородственных особей (у животных).

- Чистые линии нередко имеют сниженную жизнеспособность, что связано с переходом в гомозиготное состояние всех рецессивных мутаций, которые преимущественно являются вредными.
- Чистые линии имеют максимальную степень гомозиготности и представляют очень ценный материал для селекции.

Селекция растений

Селекция растений - наука о выведении новых ***сортов*** сельскохозяйственных культур, характеризующихся высокой продуктивностью и качеством урожая, устойчивостью к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям окружающей среды.

- Сорт фенотипически проявляет свои признаки лишь в тех условиях, для которых он был создан.

Центры происхождения культурных растений

Центр происхождения	Географическое положение	Культурные растения
Южноазиатский тропический	Тропическая Индия, Индокитай, южный Китай	Рис, сахарный тростник, цитрусовые, огурец, баклажан и др. (50% культурных растений)
Восточно-азиатский	Центральный и восточный Китай, Япония, Корея, Тайвань	Соя, просо, гречиха, плодовые и овощные культуры - слива, вишня и др. (20% культурных растений)
Юго-Западно-азиатский	Малая и Средняя Азия, Афганистан, юго-западная Индия	Пшеница, рожь, бобовые культуры, лен, конопля, репа, морковь, виноград, чеснок, груша, абрикос и др. (14% культурных растений)
Средиземно-морский	Страны по берегам Средиземного моря	Капуста, сахарная свекла, маслины, кормовые травы (11% культурных растений)
Абиссинский	Абиссинское нагорье Африки	Твердая пшеница, ячмень, сорго, кофейное дерево, банан
Центрально-американский	Южная Мексика	Кукуруза, какао, тыква, табак, хлопчатник
Южно-американский	Западное побережье Южной Америки	Картофель, ананас

- **Исторические этапы селекции растений:**
  - **начальный этап** - окультуривание диких предковых видов растений путем простейшего (бессознательного) искусственного отбора;
  - **следующие этапы:** направленный массовый и индивидуальный искусственный отбор и гибридизация с последующим отбором.
- **Методы селекции растений:**
  - **подбор подходящих родительских пар** по месту их происхождения (географически удаленных) или генетически отдаленных (неродственных);
  - **индуцированный мутагенез** используют при невозможности найти нужный исходный материал; мутации получают с помощью ионизирующих излучений, среди них иногда удается найти полезные, пригодные для дальнейшей селекционной работы;
  - **гибридизация** (скрещивание);
  - **экспериментальная полиплоидия** - авто- и аллополиплоидия;

4 Зак. 2103

- **искусственный отбор** - массовый и индивидуальный;
- **воздействие условиями среды.**

Близкородственная гибридизация (инбридинг) у растений основана на ***искусственном опылении своей пыльцой*** перекрестно опыляемых (в естественных условиях) растений. Самоопыление ведет к повышению гомозиготности и закреплению наследственных свойств.

- Посредством инбридинга получают чистые линии особей.

Межлинейная гибридизация - гибридизация путем скрещивания разных чистых линий между собой.

- *Пример*: межлинейная гибридизация позволяет повысить урожайность семян кукурузы на 20-30%.
- При межлинейной гибридизации обычно наблюдается ***гетерозис.***

Гетерозис (или **гибридная мощность)** - явление повышенной жизнеспособности и плодовитости гибридов первого поколения по сравнению с обеими родительскими формами.

" Гетерозис объясняется высоким уровнем гетерозиготности межлинейных генов.

- Гетерозис у растений можно закрепить их вегетативным размножением (клубнями, черенками, луковицами и т.д.).
- У второго и последующих поколений эффект гетерозиса постепенно снижается и исчезает, так как нарастает количество гомозигот, снижающих жизнеспособность организмов.

Отдаленная гибридизация (аутбридинг) - внутривидовое, межвидовое или межродовое (т.е. ***межсортовое)*** скрещивание, ведущее к гетерозиготизации и позволяющее сочетать в одном организме ценные признаки разных видов и даже родов.

- Межвидовые гибриды обычно бесплодны. Это объясняется содержанием в их геноме различных хромосом, полученных от родительских особей разных видов, которые (хромосомы) при мейозе не конъюгируют.

Экспериментальная полиплоидия - искусственно вызванное (действием повышенной температуры, ионизирующего излучения или некоторых химических соединений) нарушение нормального расхождения хромосом в мейозе или митозе, приводящее к **полиплоидии** - увеличению числа хромосом в клетке, кратному гаплоидному.

- *Примеры* культур-полиплоидов: тритикале - гибрид пшеницы и ржи, клубника, сахарная свекла.
- Различают ***автополиплоидию*** и ***аллополиплоидию.***

Автополиплоидия - кратное увеличение хромосом ***одного вида.***

" Автополиплоиды часто имеют крупные размеры клеток и всего растения, повышенное содержание ряда хозяйственно ценных веществ, другие желаемые признаки и свойства, обладают повышенной жизнеспособностью, устойчивостью к патогенным организмам (вирусам, бактериям, грибам) и неблагоприятным факторам среды.

- Автополиплоиды обычно стерильны и размножаются только ***вегетативно.***

Аллополиплоидия - изменение (обычно удвоение) числа наборов хромосом при ***межвидовой*** и ***межродовой*** гибридизации.

- Аллополиплоидия используется ***для восстановления способности к размножению межвидовых диплоидных гибридов.*** Она приводит к удвоению числа хромосом такого гибрида, что создает возможность конъюгации гомологичных хромосом, и гибрид становится плодовитым.
- *Пример:* с помощью аллополиплоидии Г.Д. Карпеченко впервые (в 1924 г.) получил способный к размножению межвидовый гибрид редьки и капусты.

Искусственный отбор производится после получения гибридов.

- ***Массовый отбор*** применяется в отношении перекрестноопыляющихся растений.
- ***Индивидуальный отбор*** применяется в отношении самоопыляющихся растений с последующим выделением ***чистых линий,*** являющихся исходным материалом для дальнейшей селекции. При индивидуальном отборе результат достигается быстрее, но потомков получается значительно меньше.

Воздействие условиями среды («воспитание» молодых гибридов низкими температурами, бедной питанием почвой и т.д.) включает в действие естественный отбор, который повышает приспособленность дочерних поколений гибридных растений к конкретным условиям среды. Вновь созданный сорт всегда является результатом деятельности человека и окружающей среды.

Другие методы преодоления межвидовой нескрещиваемости:

- **предварительное вегетативное сближение** - одно растение прививается на другое, а затем их цветки переопыляются;
- **смешение пыльцы** материнского растения с пыльцой отцовского (своя пыльца раздражает рыльце, и оно воспринимает чужую пыльцу).

Некоторые достижения селекционеров-растениеводов

Селекционер	Достижения
П.П. Лукьяненко	Озимая пшеница Безостая 1
Н.В. Цицин	Пшеница тритикале (гибрид пшеницы и ржи)
В.С. Пустовойт	Масленичные сорта подсолнечника
А.Н. Лутков	Новые сорта свеклы с высокой сахаристостью
П.И. Айсмик	Сорта картофеля (Темп, Ласунак и др.)
М.И. Афонин	Новые сорта льна

Селекция животных

Селекция животных - наука о выведении новых ***пород*** домашних и сельскохозяйственных животных, обладающих высокой продуктивностью, жизнеспособностью, устойчивостью к болезням и неблагоприятным условиям окружающей среды.

- **Особенности животных,** вытекающие из природы их организма и затрудняющие и замедляющие процесс их селекции:
  - животные, имеющие хозяйственное значение, размножаются только половым способом (отсутствует вегетативное размножение и самооплодотворение);
  - половая зрелость у них наступает относительно поздно, и поэтому смена поколений происходит очень редко;
  - самки приносят немногочисленное потомство.
- **Исторические этапы селекции животных:**
  - **начальный этап** - одомашнивание диких предковых видов животных путем бессознательного искусственного отбора;
  - **следующие этапы:** направленный, осознанный массовый и индивидуальный искусственный отбор и гибридизация с последующим отбором.

Центры происхождения домашних животных

Географическое положение центра	Домашние животные
Ближняя и Средняя Азия	Овца, коза, верблюды дромадер и бактриан и др.
Южная Европа	Крупный рогатый скот, свинья, лошадь, собака и др.
Индия	Курица, гаял, бантенг и др.
Северная Африка	Кошка и др.
Центральная Америка	Индейка, лама и др.
Тибет	Як

В селекции животных важен учет экстерьера и технологических признаков.

Экстерьер - совокупность фенотипических признаков, характеризующих наружные формы животных, их телосложение и соотношение частей тела (*примеры.*: телосложение скаковой лошади, форма вымени коровы и др.).

Примеры **технологических признаков:** скорость отдачи молока, характер поведения в группе и др.).

- **Методы селекции животных:**
  - **подбор подходящих родительских пар** с учетом их родословных, в которых должны быть отмечены экстерьерные особенности и продуктивность в течение ряда поколений;

- **гибридизация (скрещивание) -** ***инбридинг*** и последующая ***межлинейная гибридизация***, приводящая к ***гетерозису*** (*примеры:* бройлерные цыплята, белая украинская степная свинья); а также ***внутривидовый аутбридинг*** (скрещивание домашних животных с дикими предками, дающее плодовитое потомство; *пример:* тонкорунные овцы меринос + дикий баран архар = архаромеринос) и ***межвидовый аутбридинг*** (дающий бесплодное, но представляющее хозяйственную ценность - из-за ярко выраженного гетерозиса - потомство; *примеры,* лошадь + осел = мул; дромадер + бактриан = нары; белуга + стерлядь = бестер и др.);
- **индивидуальный искусственный отбор** по хозяйственным признакам и экстерьеру;
- **испытание производителя по потомству:** от производителя получают немногочисленное потомство и сравнивают его продуктивность со средней продуктивностью породы. Если продуктивность дочерей выше, чем матерей, то это свидетельствует о ценности производителя, и его используют для дальнейшего улучшения породы;
- **искусственное осеменение (трансплантация):** оплодотворенные яйцеклетки или полученные в пробирке эмбрионы ценных пород животных (крупного рогатого скота, овец и др.) вводят в матку беспородных или низкопродуктивных животных для дальнейшего развития. Это позволяет значительно ускорить селекционную работу, интенсивно использовать высокоценных племенных животных;
- **экспериментальное получение полиплоидов** (применяется в селекции тутового шелкопряда): нагреванием или воздействием рентгеновских лучей добиваются слияния ядер и цитоплазмы половых клеток двух близких пород; полиплоиды в дальнейшем размножаются партеногенезом;
- **клеточное клонирование:** методом клеточной инженерии в яйцеклетках, полученных от ценных племенных животных, гаплоидные ядра замещаются диплоидными из соматических клеток. Развивающиеся зиготы имплантируются в матку животных-реципиентов; в результате получается **клон** особей, которые по генотипу полностью повторяют друг друга.

Некоторые достижения селекционеров-животноводов

Селекционер	Достижения
М.Ф. Иванов	Белая украинская свинья, асканийский рамбулье (овца)
	Кроссы кур (Беларусь-9) с высокой яйценоскостью
М.П. Гринь	Высокопродуктивные породы (черно-пестрый тип) крупного рогатого скота
В.Т. Горин	Высокопродуктивные породы крупных белых свиней

Селекция микроорганизмов

Роль микроорганизмов в хозяйственной деятельности человека: продуцирование десятков видов органических веществ - аминокислот, нуклеиновых кислот, белков, липидов, Сахаров, ферментов, пигментов, антибиотиков, витаминов и др.

- **Особенности селекции микроорганизмов:**
  - селекционер для работы имеет неограниченное количество особей микроорганизмов, выращиваемых на питательных средах;
  - микроорганизмы содержат значительно меньше генов, чем клетки высокоорганизованных видов;
  - они имеют простую регуляцию генной активности;
  - они очень быстро размножаются;
  - их гаплоидный геном позволяет проявляться фенотипически любой мутации уже в первом поколении.
- **Основные методы селекции микроорганизмов:**
  - **индуцированный мутагенез** (для получения мутаций используются ионизирующие излучения и химические мутагены); при этом вероятность *возникновения* мутаций у микроорганизмов в ~100-10000 раз меньше, чем у других организмов, но вероятность *выделения* мутаций по любому конкретному гену выше в сотни тысяч и более раз; для выявления мутаций используются селективные среды, на которых мутанты растут, а немутировавшие (дикие) клетки погибают;
  - **рекомбинированне генов:** ***конъюгация*** (обмен генетическим материалом между бактериями), ***трансдукция*** (перенос гена из одной бактерии в другую с помощью бактериофагов), ***трансформация*** (перенос ДНК из одних изолированных клеток в другие), **амплификация** (увеличение числа копий нужного гена);
  - **гибридизация разных штаммов бактерий** путем слияния их протопластов;
  - **искусственный отбор** по продуктивности и технологическим свойствам.

Биотехнология

Биотехнология - производство (как наука и процесс) необходимых человеку продуктов с помощью живых организмов, культивируемых клеток и биологических процессов.

Объекты биотехнологии: микроорганизмы (вирусы, бактерии, протесты, грибы и др.), растения, животные, изолированные из них клетки и субклеточные структуры (органеллы).

- **Основные направления биотехнологии** (как правило, с применением микроорганизмов и/или культивируемых клеток):
  - производство биологически активных соединений (ферментов, витаминов, гормонов и др.) и лекарственных препаратов (антибиотиков, вакцин, сывороток и др.);

  - производство аминокислот и кормовых белков из углеводородов нефти и газа;
  - охрана окружающей среды (разрушение загрязняющих веществ);
  - извлечение ценных металлов из руд и промышленных отходов;
  - " создание новых полезных штаммов микроорганизмов, сортов растений, пород животных и т.д.

Генная инженерия - создание новых организмов путем целенаправленного изменения существующих или создания новых молекул ДНК, способных размножаться в клетке-хозяине и детерминировать необходимые биологические процессы.

•> Этапы генной инженерии:

- получение нужного гена (искусственный синтез или выделение природного гена из ДНК);
- получение рекомбинантной молекулы ДНК (включение полученного гена в молекулу ДНК-переносчик или соединение отдельных фрагментов ДНК в единую молекулу);
- введение рекомбинантной ДНК в клетку-реципиент, где она встраивается в генетический аппарат;
- копирование (клонирование) этого гена путем отбора трансформированных клеток;
- введение клонированных генов в яйцеклетки млекопитающих или протопласты растений и выращивание организмов с измененным геномом.

Трансгенные организмы - организмы, геном которых изменен путем генноинженерных операций.

- **Примеры достижений генной инженерии:** освоение промышленного производства белка инсулина и интерферонов (белков, подавляющих размножение вирусов); получение гибридов соматических клеток разных видов; создание гибридов лимфоцитов с опухолевыми клетками, способных к длительному синтезу антител определенного типа; создание растений, способных усваивать атмосферный азот и др.

Клеточная инженерия - создание новых организмов путем соматической гибридизации, гаплоидии, клеточной селекции и др. и культивирования изолированных клеток и тканей на искусственной питательной среде в регулируемых условиях.

" Для культивирования клеток растений их клеточные стенки разрушают с помощью особых ферментов и получают изолированный протопласт, который культивируют так же, как и клетки животных.

Соматическая гибридизация - слияние двух различных соматических клеток (разных видов клеток одного организма или клеток разных, даже очень далеких, видов организмов) в культуре тканей.

4. Эволюционная теория

4.1. Развитие эволюционных представлений

Биологическая эволюция - необратимый и в значительной степени направленный процесс исторического развития живых организмов от древнейших форм до современных и будущих.

В процессе эволюции в результате наследственной изменчивости и естественного отбора в ходе непрерывной внутри- и межвидовой борьбы живых организмов за существование и их приспособления к постоянно меняющимся условиям окружающей среды изменяется генетический состав популяций, формируются адаптации, образуются новые и вымирают прежние виды организмов, преобразуются биогеоценозы и биосфера в целом.

Ранний период (до начала XIX в.)

Античные философы (Демокрит, Эмпедокл, Аристотель и др.):

- высказали мысль о ***естественном возникновении*** живых организмов и их ***изменении*** в результате выживания наиболее удачных вариантов;
- сформулировали идею ***ступенчатого усложнения*** организации живой природы.

До начала XIX в. в биологии господствовал ***креационизм.***

Креационизм - учение, согласно которому все виды живых организмов созданы Богом и неизменны со времени своего появления.

- Сторонники креационизма: Дж. Рей, К. Линней, Ж. Кювье и др.

- **Предпосылки отказа от креационизма:** к концу XVIII в. было установлено, что:
  - даже внешне далекие виды имеют определенное сходство во внутреннем строении;
  - современные и древние, ископаемые виды имеют как отличные, так и сходные признаки (Ж. Кювье);
  - экстерьер, строение и продуктивность культурных растений и домашних животных могут изменяться в зависимости от условий их выращивания и содержания.

Трансформизм - система взглядов об изменяемости и превращении форм растений и животных под влиянием естественных причин, в том числе условий внешней среды. Предполагает, что жизнь произошла естественным путем.

- Сторонники трансформизма: Ж. Бюффон, Д. Дидро, Ж. Сент-Илер, К.В. Вульф, М.В. Ломоносов, Ж.Б. Ламарк и др.

Эволюционная концепция Жана Батиста Ламарка

- **Основные положения концепции** (сформулированы в труде «Философия зоологии», 1809 г.):
  - первые живые организмы произошли (и образуются ныне) путем самозарождения из тел неорганической природы под влиянием света, тепла, электричества и проникающих внутрь этих тел особых жизненных «флюидов», придающих материи свойства живых организмов - обмен веществ, рост, размножение и др.;
  - процесс развития живых организмов идет от низших форм к высшим и носит ступенчатый характер (принцип **градации** - ступенчатого повышения организации);
  - внутри классов градации не существует, однако под влиянием различных условий существования идет процесс приспособительной дифференцировки видов, которые постепенно изменяются, превращаясь в другие виды.
- **Причины и пути эволюции по Ламарку:**
  - ***стремление к повышению организации*** (совершенствованию), врожденно заложенное в каждом живом организме (принцип изначальной целесообразности);
  - это стремление наталкивается на преграды и вызывает ***необходимость приспособления организма к условиям окружающей среды***; при этом приспособительные изменения у ***растений*** и ***низших животных*** происходят под ***прямым*** воздействием факторов внешней среды - температуры, влаги, света, питания и т.п. (закон прямого приспособления);
  - у ***высших животных*** изменение условий окружающей среды приводит к вынужденному ***изменению их привычек и поведения;*** вследствие этого одни органы используются ими чаще и интенсивнее (упражняются), и к ним возникает интенсивный приток «флюидов», другие же органы используются реже и меньше; все это постепенно приводит к ***развитию одних и исчезновению других органов*** (закон упражнения или неупражнения органов);
  - приобретенные в результате прямого приспособления или упражнения органов изменения признаков ***передаются потомству*** (закон наследования приобретенных признаков).
- **Недостатки концепции:**
  - » натурфилософский подход с элементами идеализма (принцип изначальной целесообразности);
  - использование умозрительных, ничем не обоснованных предположений (идея жизненных «флюидов»);
  - многие изменения (густота шерсти, жирность молока и др.) нельзя объяснить упражнением или неупражнением органов;
  - опыт показывает, что не все изменения, возникающие у организмов под влиянием окружающей среды, наследуются;
  - слабая аргументация фактическим материалом.

Эволюционная теория Чарлза Дарвина (дарвинизм)

Предпосылки **возникновения дарвинизма:**

- ***развитие естественных наук***: создание ***палеонтологии*** и основ ***геохронологии*** (Ж. Кювье); возникновение ***биогеографии*** и ***экологии',*** доказательство того, что все живые организмы состоят из тех же элементов, что и тела неживой природы (Й. Берцелиус); развитие систематики организмов, показавшее родственность всех живых существ; данные ***сравнительной анатомии*** (И.-В. Гете, Э. Сент-Илер), ***сравнительной эмбриологии*** (К. Бэр) и ***клеточной теории*** (Т. Шванн, М. Шлейден), свидетельствующие о единстве строения позвоночных животных и единстве происхождения растительного и животного мира; разработка основ представлений об эволюции космических тел (И. Кант) и теории эволюции Земли (Ч. Лайель);
- ***достижения селекции,*** показывающие, что человек может изменять породы и сорта, приспосабливать их к своим потребностям путем искусственного отбора;
- политико-экономические идеи о «***свободной конкуренции***» в обществе (А. Смит, Т. Мальтус), которые привели Ч. Дарвина к мысли в том, что свободная конкуренция является «двигателем прогресса» не только в обществе, но и в природе;
- накопление Ч. Дарвином во время кругосветного путешествия (1831-1836 гг.) на корабле «Бигль» огромного ***экспериментального материала,*** который свидетельствовал об исторической связи вымерших и ныне живущих животных и опровергал концепцию неизменности видов.

- **Главные труды Ч. Дарвина по эволюции:**
  - «О происхождении видов путем естественного отбора, или «О сохранении благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (1859 г.);
  - «Изменения домашних животных и культурных растений» (1868 г.);
  - «Происхождение человека и половой отбор» (1871 г.).
- **Основные положения эволюционной теории Ч. Дарвина:**
  - все виды живых организмов никогда не были кем-то созданы, а возникли естественным путем;
  - с течением времени органические формы медленно и постепенно эволюционируют - преобразуются и совершенствуются в соответствии с окружающими условиями;
  - ***необходимые факторы (источники***) эволюционного процесса — изменчивость и наследственность организмов;
  - ***движущие силы*** эволюции - борьба за существование и естественный отбор (они приводят к образованию новых видов);
  - ***результаты*** эволюции: приспособленность организмов к условиям их обитания, рост многообразия видов, постепенное усложнение и повышение организации живых организмов.

Изменчивость — возникновение отличий у потомков по сравнению с их предками.

- **Причины изменчивости** по Дарвину:
  - прямое и косвенное воздействие на организмы факторов внешней среды;
  - свойство организмов специфически, по-разному реагировать на одно и то же воздействие.
- **Формы изменчивости** по Дарвину:
  - **определенная (групповая) изменчивость** - появление сходных признаков у особей одного вида под влиянием одинаковых условий среды; она имеет массовый характер и, как правило, ***не наследуется,***
  - **неопределенная (индивидуальная) изменчивость** - появление различных изменений у особей одного вида под действием сходных условий среды; она носит индивидуальный характер и ***наследуется;***
  - **коррелятивная (соотносительная)** изменчивость - изменчивость, при которой изменение одного органа или признака влечет за собой изменения других органов и признаков.

Противоречие между способностью видов к неограниченному (в геометрической прогрессии) размножению и ограниченностью ресурсов среды приводит к ***борьбе за существование.***

Борьба за существование - совокупность различных взаимоотношений живых организмов между собой и с окружающей средой, в результате которых выживают наиболее приспособленные особи.

- В результате борьбы за существование большинство появляющихся на свет особей каждого вида гибнет, а численность взрослых особей в течение длительного времени может сохраняться на одном уровне.
- **Факторы, приводящие к борьбе за существование** и ограничивающие численность организмов: недостаточное количество пищи, наличие хищников, различные заболевания, взаимные противоречия между организмами, неполная приспособленность организмов к окружающей среде, постоянные изменения условий среды, неблагоприятные климатические условия.
- **Формы борьбы за существование** по Дарвину: ***внутривидовая, межвидовая*** и ***борьба с условиями неживой природы.*** Все эти формы действуют совместно, обеспечивая сложность взаимосвязей между организмами и средой их обитания.

Следствие борьбы за существование - ***естественный отбор.***

Внутривидовая борьба происходит между особями одной популяции любого вида.

- Эта форма борьбы наиболее острая, так как особи одного вида нуждаются в одинаковых условиях существования и источниках питания (***пример***: конкуренция между хищниками за добычу).

Межвидовая борьба наблюдается между популяциями разных видов. Она включает взаимоотношения хищника и жертвы, паразита и хозяина, конкурентные отношения растений из-за света и т.п. и протекает остро, если виды нуждаются в сходных условиях существования и источниках питания.

Борьба с факторами неживой природы наблюдается при засухе, излишках тепла или холода, наводнениях и т.п.

Формы борьбы за существование

Форма	Сущность	Примеры
Внутривидовая	Напряженная, связанная с перенасе-. леиием	Конкуренция между хищниками за пищу, растениями - за влагу и свет
Межвидовая	Возникает, если особи разных видов нуждаются в одинаковых условиях	Между разными видами травоядных животных, между волками и лисицами за жертву (зайца)
Борьба с факторами неживой природы	Конкурируют особи одного и разных видов при недостатке влаги, низкой температуре	Растения полупустынь (глубокая корневая система, листья видоизменены в колючки), победу одерживают те, которые более приспособились к неблагоприятным условиям

Естественный отбор - выживание наиболее приспособленных и гибель **(элиминация)** менее приспособленных форм живых организмов.

- Естественный отбор происходит непрерывно путем сохранения, накопления, суммирования и комбинирования в ряду следующих друг за другом поколений мелких полезных наследственных изменений, постепенно становящихся характерными адаптивными признаками организмов и дающих им преимущества в выживании и плодовитости.
- Естественный отбор не всегда приводит к гибели менее приспособленных особей (***пример - подовой отбор).***

Половой отбор - частный случай естественного отбора, определяемый конкуренцией особей одного вида в брачный период за спаривание с особями другого пола.

- **Первая форма полового отбора:** происходит прямая борьба между самцами; самки пассивны (при этом от размножения отстраняются слабые, больные самцы).
- **Вторая форма полового отбора:** самцы не вступают в прямую борьбу, а конкурируют друг с другом, привлекая самок усиленными вторичными половыми признаками - ярким оперением, брачными песнями и т.п.; выбор брачного партнера осуществляют невзрачные самки.

Искусственный отбор осуществляется по воле человека с целью приспособления форм организмов к его потребностям.

- Борьба за существование у культурных форм минимизирована; поэтому оставшиеся без защиты человека особи культурных сортов растений и пород животных либо гибнут, либо **вырождаются,** теряя свои сортовые и породные качества.

Сравнительная характеристика эволюции природных видов и культурных форм

Особенности эволюции	Эволюция природных видов	Эволюция культурных форм (пород и сортов)
Предпосылки и движущие силы эволюции	Наследственная изменчивость. Борьба за существование. Естественный отбор	Наследственная изменчивость. Искусственный отбор
Темпы эволюции	Медленные (тысячи и миллионы лет)	Быстрые (8-20 лет на создание одной формы)
Результаты	Многообразие видов	Многообразие форм
Приспособленность	Живые организмы приспособлены к условиям среды. Формы, обладающие менее полезными признаками, вымирают	Живые организмы приспособлены к нуждам человека. Формы, обладающие менее полезными признаками, выбраковываются

4.2. Современная теория эволюции

Доказательства эволюции

С современной точки зрения основными доказательствами эволюции мира живых организмов являются:

единство живой природы, т.е. единые принципы клеточного строения, функционирования, наследственности и изменчивости всех живых организмов независимо от ступени их развития;

существование ископаемых **переходных форм организмов,** сочетающих признаки более древних и более молодых групп (свидетельствует об исторической связи разных групп организмов; пример - первоптица ***археоптерикс);***

существование **филогенетических** (или **палеонтологических)** рядов, т.е. рядов ископаемых форм, связанных друг с другом в процессе эволюции и отражающих ее ход;

существование у организмов разных групп **гомологичных органов,** т.е. органов, имеющих общее строение и происхождение, но выполняющих разные функции (позволяет установить степень родства между организмами и проследить их эволюцию);

существование у организмов разных групп **аналогичных органов,** т.е. органов, имеющих внешнее сходство и выполняющих одинаковые функции, но имеющих разное происхождение (свидетельствует о сходных направлениях эволюции разных групп организмов под действием естественного отбора);

наличие у некоторых организмов **рудиментов** - органов, которые закладываются в ходе эмбрионального развития, но в дальнейшем перестают развиваться и остаются у взрослых форм в недоразвитом состоянии;

появление у отдельных организмов данного вида **атавизмов** - признаков, которые существовали у отдаленных предков, но были утрачены в ходе эволюции;

сходство зародышевого развития позвоночных (все многоклеточные животные развиваются из одной оплодотворенной яйцеклетки и проходят стадии дробления, бластулы, гаструлы, образования трехслойного зародыша и формирования органов из зародышевых листков, что свидетельствует о единстве их происхождения).

Биогенетический закон (Ф. Мюллер, Э. Геккель):
каждая особь в индивидуальном развитии (онтогенезе) повторяет историю развития своего вида (филогенез), т.е. онтогенез есть краткое повторение филогенеза.

Основные положения синтетической теории эволюции

Синтетическая теория эволюции (современный дарвинизм) - учение об эволюции органического мира, разработанное на основе данных современной генетики, экологии и классического дарвинизма.

- **Основные положения синтетической теории эволюции:**
  - ***элементарный материал*** для эволюции предоставляют мутации и их комбинации, создающие наследуемое гено- и фенотипическое разнообразие внутри вида;
  - основной ***движущий фактор*** эволюции - естественный отбор как следствие борьбы за существование;
  - ***наименьшая (элементарная) единица*** эволюции - популяция;
  - каждая популяция эволюционирует ***независимо*** от популяций того же вида;
  - как правило, эволюция является ***дивергентной,*** т.е. один таксон может стать предком нескольких таксонов;
  - эволюция носит ***постепенный и длительный характер*** и проходит как последовательная смена одной временной популяции чередой последующих временных популяций;
  - эволюция имеет ***ненаправленный характер*** (т.е. не имеет определенной конечной цели);
  - макроэволюция на более высоком уровне, чем вид, идет путем микроэволюции; при этом макроэволюция подчиняется ***тем же закономерностям,*** что и микроэволюция.

- **Уровни эволюционных преобразований:**
  - микроэволюция,
  - макроэволюция.

Микроэволюция - совокупность эволюционных процессов, протекающих в ***популяциях*** и приводящих к изменениям их генофонда и последующему образованию новых видов.

- Микроэволюция является основой исторического развития органического мира.
- Микроэволюционные изменения являются необходимой предпосылкой видообразования, однако они могут и не выходить за рамки данного вида.

Макроэволюция - это совокупность процессов эволюционного преобразования ***на надвидовом уровне,*** приводящих к возникновению систематических групп более высокого порядка, чем вид, - родов, семейств, отрядов, классов, типов и т. д.

- Макроэволюция осуществляется по общим закономерностям, характерным для видообразования. Между макроэволюцией и микроэволюцией не существует принципиальных различий.

Популяция как элементарная единица эволюции

Отдельная особь не может быть единицей эволюции, так как ее генотип определяется в момент оплодотворения и она смертна. Вклад особи в эволюцию определяется ее наследственной изменчивостью и передачей генов потомкам. Эволюция происходит только в ***популяции*** - группе особей, которые доступны друг другу, могут скрещиваться между собой и давать жизнеспособное потомство.

Популяция - это совокупность особей одного вида, длительно существующих на определенной территории и относительно изолированных от других особей того же вида.

- Популяция является формой существования вида в конкретных условиях среды.
- Популяция - наименьшая часть вида, представляющая собой ***элементарную единицу эволюции.***

•> **Основные характеристики популяции:** численность, плотность, половой и возрастной состав, генетический полиморфизм.

- **Свойства популяций:**
  - в одной популяции ***особи максимально сходны по признакам*** (это объясняется большой вероятностью скрещивания особей внутри популяции и одинаковым давлением отбора);
  - в популяциях идет ***борьба за существование*** и действует ***естественный отбор*** (благодаря этому выживают и оставляют потомство лишь особи с полезными в данных условиях изменениями);
  - " популяции одного вида ***генетически разнородны*** (из-за непрерывно возникающей наследственной изменчивости);

- популяции ***насыщены мутациями*** и имеют широкие возможности для совершенствования существующих и выработки новых приспособлений при изменении среды;
- популяции ***отличаются*** друг от друга ***частотой проявления*** тех или иных ***признаков*** (так как в разных условиях естественному отбору подвергаются разные признаки);
- в зонах ареала, где ***граничат*** разные популяции одного вида, происходит ***обмен генами*** между ними (это обеспечивает генетическое единство вида и способствует его большей изменчивости и лучшей приспособляемости к условиям обитания);
- разные популяции одного вида находятся в ***относительной генетической изоляции*** друг от друга;
- вследствие этого каждая ***популяция эволюционирует независимо*** от других популяций того же вида;
- популяция представляет собой непрерывный поток поколений и ***потенциально бессмертна.***

Генофонд - совокупность генотипов всех особей популяции, вида.

- **Закон Харди - Вайнберга** (1908 г.): **в больших популяциях при свободном скрещивании особей и при отсутствии мутаций, отбора н смешения с другими популяциями устанавливается равновесие, характеризуемое постоянными во времени частотами встречаемости генов, гомо- и гетерозигот,** причем

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1; \quad p + q = 1,$$

где р - частота встречаемости доминантного гена, р" - частота встречаемости доминантных гомозигот, я - частота встречаемости рецессивного гена, q^2 - частота встречаемости рецессивных гомозигот, 2ря - частота встречаемости гетерозигот.

- Такое генотипическое равновесие возможно только в популяциях с большой численностью особей и обусловлено свободным скрещиванием между ними.

Элементарное эволюционное явление — длительное и направленное изменение генофонда популяции.

- В условиях стойкого изменения среды в определенном направлении естественный отбор из поколения в поколение будет сохранять приспособленные фенотипы, а значит, направленно перестраивать генотипы, тем самым приводя к изменению генофонда популяции.

Элементарные факторы (предпосылки) эволюции

Элементарные факторы (или **предпосылки)** эволюции - факторы, приводящие к генетической изменчивости структуры популяции (т.е. к нарушению закона Харди - Вайнберга): ***мутационный процесс, комбинативная изменчивость, поток генов, популяционные волны, дрейф генов, естественный отбор*** **(случайные** факторы) и различные формы ***изоляции*** (ограничивающие свободное скрещивание организмов; см. п. 4.3, **Видообразование).**

Мутационный процесс в популяции обусловлен действием мутагенных факторов среды. Он идет постоянно и носит случайный и ненаправленный характер. У некоторых видов ***генные мутации*** несут от 10 до 25% особей. Большая часть мутаций снижает жизнеспособность особей или нейтральна. Однако при переходе в гетерозиготное состояние мутации могут повышать жизнестойкость потомков (наблюдается явление гетерозиса при инбридинге). Доминантные мутации сразу подпадают под действие естественного отбора. Рецессивные мутации проявляются фенотипически и подпадают под действие естественного отбора лишь через несколько поколений. Постоянное ***возникновение мутаций*** и новых комбинаций генов при скрещиваниях неизбежно ***вызывает наследственные изменения в популяции.***

Комбинативная изменчивость ***усиливает влияние мутационного процесса.*** Как показывает опыт, жизнеспособность мутаций зависит от того, какие гены их окружают. Возникнув, отдельные мутации оказываются в соседстве с определенными генами и другими мутациями. В зависимости от своего окружения одна и та же мутация может играть как положительную, так и отрицательную роль в эволюции.

Поток (или **миграция) генов** - обмен генами между разными популяциями одного вида в результате свободного скрещивания их особей, происходящего при сезонных перемещениях животных в периоды размножения и в результате расселения молодняка.

Значение потока генов:

- он увеличивает генотипическую изменчивость популяции;
- по своему влиянию на генофонд популяции нередко превосходит эффективность мутационного процесса;
- перемещение небольшой группы особей за пределы материнской популяции может привести к появлению новой изолированной популяции, характеризующейся значительным генотипическим однообразием **(эффект основателя).**

Популяционные волны (или **«волны жизни»)** - это периодические изменения (колебания) численности особей в популяции, связанные с периодическими изменениями интенсивности факторов внешней среды (сменой времен года, обилием или недостатком пищи, засухами, заморозками и т.п.).

Значение популяционных волн:

- рост численности особей влечет за собой пропорциональный рост вероятности мутаций;
- уменьшение численности особей приводит к изменению генофонда популяции (из-за выпадения некоторых аллелей генов в результате гибели особей) - ***дрейфу генов.***

Дрейф генов - процесс случайного ненаправленного изменения частот аллелей в популяции при небольшой ее численности.

- Последствия дрейфа генов непредсказуемы: небольшую популяцию он может как привести к гибели, так и сделать еще более приспособленной к данной среде.

Значение дрейфа генов:

- уменьшается доля наследственной изменчивости в популяции и возрастает ее генетическая однородность (в результате разные популяции, обитающие в сходных условиях, могут утратить свое первоначальное сходство);
- в популяции вопреки естественному отбору может сохраняться мутантный ген, снижающий жизнеспособность особей.

Формы естественного отбора

Естественный отбор - это процесс преимущественного выживания и последующего размножения особей с полезными в данных условиях среды наследственными изменениями признаков, следствием которого является совершенствование адаптации и видообразование (современное определение; см. также стр. 108).

- **Основные формы естественного отбора:** ***движущий, стабилизирующий, дизруптивный.***

Движущий (или **направленный)** отбор - отбор в пользу особей с полезными уклонениями от ранее установившегося в популяции среднего значения признака.

- Особи в популяции неоднородны по фенотипу, генотипу и по норме реакции (вариационная кривая). При длительном постепенном изменении условий среды в определенном направлении преимущество получают особи с отклонениями признака от среднего значения в этом направлении. Вариационная кривая смещается или расширяется в направлении приспособления к новым условиям существования. В популяции возникают новые внутривидовые формы.

Стабилизирующий отбор - отбор в пользу особей со средним значением признака, установившегося в популяции.

- Вследствие мутационного процесса и комбинативной изменчивости в популяции всегда появляются особи с признаками, отклоняющимися от среднего значения. При отсутствии изменений условий среды такие особи элиминируются. В результате вырабатывается относительная стойкость организации вида и его генетической структуры.

Дизруптивный (или **разрывающий) отбор -** отбор, направленный против среднего, ранее установившегося в популяции, значения признака и благоприятствующий особям двух или более фенотипов, отклонившихся от промежуточной формы.

- Действует при сильно изменившихся условиях внешней среды, когда основная масса особей утрачивает приспособленность к ним, а преимущества приобретают особи с крайними значениями признака. В результате этого популяция разрывается по данному признаку на несколько групп, обитающих на одной территории, что приводит к ее ***полиморфизму.***

Полиморфизм - существование нескольких форм по определенному признаку в одной популяции.

Сравнительная характеристика форм естественного отбора

Форма ЕО	Особенности	Примеры
Движущий (описал Ч. Дарвин)	Действует, если условия среды постепенно изменяются в одну сторону. Приводит к сдвигу нормы реакции или к ее расширению	Потемнение окраски у бабочек березовой пяденицы в связи с загрязнением окружающей среды;сохранение тараканов и колорадских жуков, устойчивых к ядохимикатам
Стабилизирующий (описал **И.И.** Шмальгаузен)	Действует при постоянных условиях среды. Приводит к сохранению среднего значения признака	Сохраняются птицы со средними размерами крыла; с длинными крыльями трудно взлетать, а с короткими - далеко не улетишь от хищников
Дизруптивный (описал Ч. Дарвин)	Действует, если условия окружающей среды резко колеблются. Сохраняет особей с крайними значениями признака, способствует *дивергенции* - расхождению признаков	На океанических островах сохранились насекомые бескрылые и с хорошо развитыми крыльями; насекомые со средними размерами крыльев погибли во время бури, не выдержав борьбы с неблагоприятными условиями среды

- Дополнительные формы естественного отбора:
  - балансирующий отбор поддерживает и регулирует в популяции генетическую изменчивость без возникновения новых форм ***{при.мер*** две формы двухточечной божьей коровки: красная лучше переносит зимовку и преобладает весной, черная интенсивнее размножается летом и преобладает осенью); расширяет адаптивные возможности популяции;
  - дестабилизирующий отбор: преимущества получает та популяция, в которой особи оказываются наиболее разнообразными по какому-либо признаку, значительно повышающему изменчивость популяции.

В природе определенная форма отбора редко встречается в «чистом виде». Обычно видообразование начинается с преобладания одной формы отбора, а затем ведущую роль приобретает другая форма.

Адаптации(приспособления)

Адаптация (или **приспособление)** - это комплекс морфологических, физиологических, поведенческих и иных особенностей особи, популяции или вида, обеспечивающий успех в конкуренции с другими особями, популяциями или видами и устойчивость к воздействию факторов окружающей среды.

- Адаптация - результат действия факторов эволюции.

Примеры адаптаций

Вид адаптации	Характеристика адаптации	Примеры
Особая форма и строение тела	Обтекаемая форма тела, жабры, плавники	Рыбы, ластоногие
Покровительственная окраска	Бывает сплошная и расчленяющая; формируется у организмов, живущих открыто, и делает их незаметными на фоне окружающей среды	Серая и белая куропатки; сезонная смена цвета меха у зайца
Предостерегающая окраска	Яркая, заметная на фоне окружающей среды: развивается у видов, имеющих средства защиты	Ядовитые земноводные, жалящие и ядовитые насекомые, несъедобные и обжигающие растения
Мимикрия	Менее защищенные организмы одного вида по окраске напоминают защищенных ядовитых другого вида	Некоторые неядовитые змеи похожи по окраске на ядовитых
Маскировка	Форма и окраска тела делает организм похожим на предметы окружающей среды	Гусеницы бабочек по окраске и форме похожи на сучки деревьев, где они обитают
Функциональные приспособления	Теплокровность, активный обмен веществ	Позволяют жить в разных климатических условиях
Пассивная защита	Структуры и особенности, определяющие большую вероятность сохранения жизни	Панцири черепах, раковины моллюсков, иголки ежей и др.
Инстинкты	Роение у пчел при появлении второй матки, забота о потомстве, поиск пищи	
Повадки	В минуты опасности изменяется поведение	Кобра раздувает капюшон, скорпион поднимает хвост

Относительный характер адаптации: соответствуя конкретной среде обитания, адаптации теряют свое значение при ее изменении (заяц-беляк при задержке зимы или при оттепели, ранней весной заметен на фоне пашни и деревьев; водные растения при пересыхании водоемов погибают и т.д.).

4.3. Вид и видообразование

Понятие о виде

Вид - совокупность особей, обладающих сходством наследуемых морфологических, физиологических и биохимических особенностей, способных скрещиваться друг с другом с образованием плодовитого потомства и формирующих систему популяций, образующих в природе общий ареал.

- Вид - основная единица в системе живых организмов и основная таксонометрическая категория в систематике.
- Каждый вид состоит из внутривидовых структур различного ранга.

Монотипические виды слабо дифференцированы и относительно однообразны (женьшень, панда, другие эндемики).

Политипические виды (их большинство) имеют сложную внутривидовую структуру.

Историческая справка: термин «вид» для характеристики сходных животных впервые употребил Аристотель в 340 г. до н.э.; Джон Рей в 1699 г. дал первое научное определение вида, в основном совпадающее с современным; Карл Линней в 1735 г. разработал учение о виде и предложил для обозначения видов ***бинарную номенклатуру,*** во второй четверти XX в. было развито учение о ***микроэволюции*** как совокупности эволюционных механизмов видообразования.

Бинарная номенклатура - правило обозначения научного названия организма. Согласно этому правилу название образуется из **двух** слов: первое слово (существительное) обозначает род, к которому относится организм, второе слово (прилагательное) обозначает вид; затем может ставиться фамилия (или инициал) автора, впервые описавшего этот вид. *Например-*. Ую1а сашпа (фиалка собачья); Сашз СатШат Ь (собака домашняя).

Критерии вида

Признаки вида - совокупность всех характерных черт и свойств, описывающих организмы данного вида.

Критерии вида - признаки, с помощью которых один вид отличают от другого.

Основные критерии вида: ***морфологический, физиологический, географический, экологический, генетический, биохимический.***

- При определении конкретного вида организмов необходимо учитывать совокупность всех указанных критериев.

Морфологический критерий основан на описании и сравнении ***внешних*** (морфологических) признаков особей (формы тела, внешнего вида, размеров, окраски и т.д.).

- Этот критерий очень прост и удобен, но он недостаточен для различения видов, так как существуют **внутривидовой полиморфизм** (различия между самками и самцами одного вида, различия между сезонными формами организмов и др.) и **виды-двойники** (например, 15 видов внешне неразличимых малярийных комаров, два вида черных крыс и др.).

Физиологический критерий основан на сравнении физиологии жизненных процессов, в первую очередь ***возможности скрещивания между особями с образованием плодовитого потомства,*** а также особенностей иммунологических реакций, обмена веществ и т.д.

- Сам по себе этот критерий недостаточен для различения видов, так как существуют различающиеся виды, у которых эти показатели сходны и, наоборот, имеются внутривидовые различия (физиология головастика отличается от физиологии лягушки и др.).

Географический критерий основан на том, что каждый вид занимает определенную территорию или акваторию, т.е. имеет определенный **географический ареал.** Виды могут быть широко распространенными **(космополиты)** и встречающимися локально **(эндемики).**

- Характеристика ареала вида - важнейший видовой признак (ареал связан с историей возникновения вида), но недостаточный, так как ареалы у одного вида могут быть разорванными (например, европейский и дальневосточный ареалы у ландыша), а у разных видов совпадать (например, ареал амурского тигра совпадает с ареалом его основной жертвы - изюбря).

Экологический критерий основан на том, что каждый вид может существовать только в определенных условиях, выполняя характерную для него функцию в определенном биогеоценозе. Т.е. виды различаются по местообитанию, способу питания, по принадлежности к определенным цепям питания и т.д., что в совокупности составляет **экологическую нишу** вида.

- Два вида не могут занимать одну и ту же экологическую нишу **(принцип исключения),** поэтому один из видов или вырабатывает новую экологическую нишу, или исчезает.
- Критерий не является универсальным, так как: трудно выделить для вида его экологическую нишу; встречаются виды с похожими экологическими потребностями (например, все усатые киты питаются планктоном и др.); существуют виды, не имеющие строгой экологической привязки.

Генетический критерий основан на описании и сравнении видовых кариотипов, т.е. на различиях в числе, размерах и формах хромосом особей разных видов, а также на различиях в нуклеотидном составе их ДНК.

- Этот критерий - ***главный,*** но не универсальный (так как возможны геномные мутации, изменение числа хромосом при полиплоидии и анеуплоидии и др.).

Биохимический критерий основан на сравнении биохимических параметров организмов: состава и структуры определенных белков, нуклеиновых кислот и др., а также способности синтезировать те или иные вещества.

- Критерий трудоемкий и не универсальный (существует значительная внутривидовая изменчивость большинства биохимических показателей).

Видообразование

Видообразование - это процесс образования одного или нескольких новых видов на основе существовавших ранее.

- Видообразование - результат ***микроэволюции.*** Оно направляется естественным отбором и представляет собой последовательность адаптивных преобразований, ведущих к превращению генетически открытых внутривидовых систем - популяций - в генетически закрытые системы - виды.

Факторы видообразования: ***изоляция*** **и** ***дивергенция.***

Изоляция - обособление особей или популяций, приводящее к ***ограничению панмиксии,*** т.е. свободного скрещивания особей.

Основные типы изоляции популяций: ***географическая*** **и** ***биологическая.***

Географическая изоляция обусловлена различными изменениями ландшафта (образованием горных хребтов, рек, лесных массивов и т.д.); оказывает особенно сильное влияние на малоподвижные виды.

Биологическая (или **репродуктивная)** изоляция включает механизмы, препятствующие скрещиванию либо воспроизведению нормального потомства.

- **Формы биологической изоляции:**
  - **экологическая,** обусловленная разными местообитанием и сроками размножения, в результате чего потенциальные партнеры по спариванию не встречаются друг с другом;
  - **морфофизиологическая,** обусловленная особенностями строения (например, размерами особей) и функционирования органов размножения (например, нежизнеспособностью половых клеток), препятствующими скрещиванию или появлению потомства;
  - **этологическая,** определяемая особенностями поведения и допускающая спаривание только с некоторыми особями своего вида;

- **генетическая,** заключающаяся в существенном генетическом различии особей скрещивающейся пары, приводящем к снижении жизнеспособности зигот и зародышей.

- **Значение изоляции:**
  - прекращается обмен генетической информацией и закрепляются генетические различия между популяциями;
  - разделенные части популяции или вида подвергаются неодинаковому давлению отбора;
  - все это приводит к постепенной ***дивергенции*** популяций внутри вида и последующему образованию и полному разобщению молодых дочерних видов.

Дивергенция - это процесс расхождения признаков у близкородственных организмов в процессе эволюции, приводящий к образованию новых группировок особей внутри вида (***пример:*** конечности лошади и кита имеют общее происхождение и, частично, строение, но внешне они не похожи).

- **Пути видообразования** (в зависимости от характера изоляции): ***аллопатрическое*** и ***симпатрическое.***
  - **Аллопатрическое** (или **географическое) видообразование** - образование новых видов в результате смены родины, расселения на новые территории и/или пространственного обособления популяций, сопровождающегося возникновением приспособлений к новым условиям существования (*пример*: образование подвидов серебристой чайки и клуши в районе Северного и Балтийского морей).
  - **Симпатрическое видообразование** - образование новых видов из одной популяции материнского вида при возникновении между группами особей биологической изоляции.

- **Способы симпатрического видообразования:**
  - **экологическое видообразование** осуществляется в результате приспособления к экологическим условиям и дифференциации материнского вида на экологические расы (подвиды), которые могут стать основой новых видов (*пример*: возникновение на скашиваемых лугах подвидов растения большого погремка, цветущих либо только до, либо только после скашивания);
  - **видообразование путем полиплоидизации** - при спонтанном образовании полиплоидов, которые, как правило, более жизнеспособны и могут вытеснить материнский вид (этот способ наблюдается у ряда растений и некоторых видов животных - иглокожих, членистоногих и др.);
  - **гибридогенное видообразование** - при отдаленной межвидовой и межродовой гибридизации (чаще среди растений - тополи, ивы и др., реже среди животных - осетровые и карповые рыбы, грызуны и др.) с последующим удвоением хромосом в геноме.

Если образовавшийся гибрид будет эволюционно перспективным, он может стать исходным материалом для формирования нового вида. Считается, что более 1/3 всех цветковых растений (в частности, слива, пшеница, капуста, хлопчатник и др.) имеют гибридогенное происхождение.

Микроэволюция

Микроэволюция - это дивергенция от популяционного до видового уровня.

- Т.е. микроэволюция - совокупность эволюционных процессов, происходящих внутри вида и приводящих к его расщеплению на популяции, подвиды и т.п. вплоть до образования новых дочерних видов.

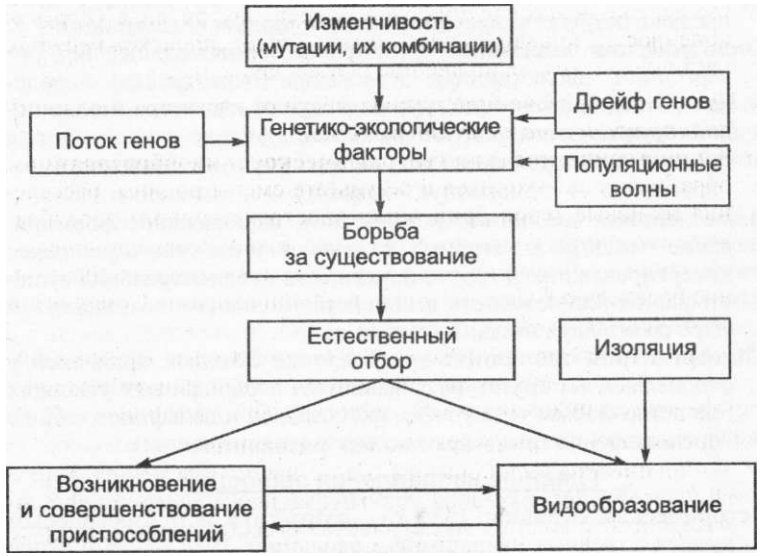


Рис. 4.1. **Схема микроэволюции**

4.4. Макроэволюция

Понятие о макроэволюции

Макроэволюция - это эволюционные преобразования, приводящие к возникновению систематических групп более высокого порядка, чем вид (т.е. род, семейство, отряд и т.д.).
Т.е. макроэволюция - это надвидовая эволюция.

• В общем смысле макроэволюция - это процесс развития жизни на Земле в целом, включая ее (жизни) происхождение.

* Макроэволюция является результатом многих микроэволюционных процессов, происходящих на больших пространствах в течение длительного времени.

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

Формы (способы осуществления) макроэволюции: ***дивергентная, филитнческая, параллельная, конвергентная.***

Дивергентная эволюция: независимое образование различных признаков у родственных организмов в процессе их приспособления к разным условиям существования, приводящее к распаду одной систематической группы на несколько групп (несколько видов галапагосских вьюрков произошли от одного общего предка в результате приспособления к разным видам пищи).

Филитнческая эволюция: постепенное, происходящее без дивергенции, эволюционное изменение (перестройка) определенной систематической группы, ведущее к возникновению новой группы, отличной от исходной (филогенетический ряд предков лошади: фенокодус -> эогиппус -> миогиппус -> парагиппус -> плиогиппус -> эквус).

Параллельная эволюция: независимое, параллельное формирование сходных адаптивных признаков у *родственных,* ранее дивергировавшихся групп, попавших в сходные условия существования (саблезубость в семействе кошачьих возникала четыре раза в двух независимых родах).

Конвергентная эволюция: приобретение сходных признаков у *неродственных* групп, развивавшихся в одинаковых условиях (сходство формы тела у акул, ихтиозавров и дельфинов, общие черты строения тела у прыгающих млекопитающих).

Главные направления эволюции

Историческая справка: 1925 г. - разработка А.Н. Северцовым учения о главных направлениях эволюции; 1934 г. - уточнение и дополнение этого учения И.И. Шмальгаузеном.

Биологическим прогресс - происходящее эволюционным путем развитие систематической группы организмов, идущее в направлении возрастания приспособленности потомков к окружающей среде по сравнению с их предками. Это - общий путь развития живой природы **от** простого к сложному, от примитивного к более совершенному.

•> Критерии (признаки) биологического прогресса:

• увеличение численности особей в систематической группе;

• расширение ареала обитания видов, составляющих эту группу;

• повышение темпов дифференциации внутри группы.

• Примеры прогрессирующих систематических групп: насекомые, костистые рыбы, грызуны, цветковые растения.

Главные направления эволюции (пугн биологического прогресса): ***арогенез, аллогенез, катагенез, гипергенез.***

Арогенез (или **морфофизиологический прогресс)** - путь развития группы организмов посредством приобретения ими каких-то принципиально новых приспособлений, позволяющих значительно расширить свою или выйти в другую ***адаптивную зону.***

• *Примеры:* одноклеточность -» многоклеточность; двухкамерное сердце -> трехкамерное сердце -> четырехкамерное сердце; споровое размножение -» семенное размножение —> появление цветка.

Адаптивная зона - совокупность условий, характерных для определенных местообитаний, где возможно существование организмов, располагающих определенными адаптациями.

Ароморфоз - конкретные морфофизиологические изменения, определяющие арогенез той или иной группы.

• *Примеры*: симметрии тела, половая дифференциация, переход на легочное дыхание, появление двух кругов кровообращения и др.

• Ароморфозы формируются на основе наследственной изменчивости и естественного отбора;

• они являются приспособлениями широкого значения, дающими преимущества в борьбе за существование, и открывают возможности для освоения новой, прежде недоступной среды обитания.

Аллогенез - направление эволюции группы организмов внутри одной адаптивной зоны, сопровождающееся возникновением большого числа близких форм, различающихся мелкими, частными приспособлениями одного масштаба.

• *Примеры*: экологические группы млекопитающих; разные способы опыления и распространения семян и плодов у цветковых растений и др.

• Аллогенез вызывает увеличение видового разнообразия и быстрое повышение численности фупп.

Алломорфозы (или **идиоадаптации)** - это мелкие, эволюционно возникшие приспособления к новым специфическим условиям среды, принципиально не изменяющие уровень биологической организации организмов группы, но в совокупности приводящие к появлению новых систематических групп.

• *Примеры:* формирование узкоспециализированных форм организмов: ленивец, хамелеон, глубоководные рыбы и др.

Катагенез (или **общая дегенерация)** - особый, регрессивный путь эволюции, реализующийся (в некоторых случаях) после проникновения организмов в более простую среду обитания и приспособления к ней и заключающийся в резком упрощении строения и образа жизни организмов.

- *Примеры,* возникновение паразитических форм и сидячего образа жизни.
- Катагенез приводит к максимальной специализации органов и даже к утрате отдельных органов и целых систем (например, паразитические ленточные черви лишены органов пищеварения, растение-паразит повилика не имеет хлорофилла).

Гипогенез - недоразвитие организма или его отдельных органов (разновидность катагенеза).

Гипергенез - увеличение размеров тела, переразвитие отдельных органов. Каждая систематическая группа организмов имела свои гигантские формы (гигантские ящеры-динозавры, слоны, жирафы, киты, носороги; из растений - секвойя и др.).

Биологический регресс - это эволюционный упадок в развитии систематической группы, характеризующийся уменьшением ее видового многообразия, сужением (и распадом на отдельные пятна) ареалов и снижением численности популяций и особей в популяциях (вследствие превышения смертности над рождаемостью).

- *Примеры* регрессирующих систематических групп: у растений - семейство гинкговых (остался один вид), у животных - род выхухолей (осталось лишь два вида), белый медведь.
- Массовая катастрофическая элиминация (вследствие малой численности) может привести к вымиранию данной группы.
- **Причина биологического регресса** - отставание темпов эволюции группы от скорости изменения внешней среды.

Морфологический регресс - это упрощение в строении организмов того иного вида в результате мутаций.

Сравнительная характеристика биологического прогресса и регресса

Прогресс	Регресс
1. Увеличение численности вида	**1.** Уменьшение численности вида
2. Расширение ареала	2. Сужение ареала
3. Образование новых популяций - подвидов, видов	**3.** Уменьшение разнообразия популяций
4. Расширение приспособляемости	**4.** Снижение приспособляемости

Закономерности (правила) эволюции

Правило необратимости эволюции: эволюция - процесс необратимый, т.е. организм не может вернуться к прежнему состоянию, характерному для его предков.

- Это правило распространяется на организм как целостную систему (киты и ихтиозавры, вернувшись к жизни в воде, не эволюционируют в рыб и др.) и на вид как этап эволюции.

- Оно *не* распространяется на отдельные признаки далеких предков, которые могут появляться у потомков в результате обратных мутаций.

Правило происхождения от неспециализированных предков: новые крупные группы организмов происходят не от высших представителей предковых групп, а от относительно неспециализированных групп.

- Причина этого в том, что отсутствие специализации предоставляет возможность для возникновения новых приспособлений принципиально иного характера (например, млекопитающие произошли от неспециализированных рептилий).

Правило прогрессирующей специализации: группа, вступившая на путь специализации, в своем дальнейшем развитии, как правило, будет углублять эту специализацию.

- Действительно, организм, освоив какую-либо среду, и далее будет развиваться в пределах этой адаптивной зоны (птеродактили, летучие мыши, ластоногие, кроты и др.).

Правило адаптивной радиации: историческое развитие любой группы сопровождается ее разделением от одного ствола на ряд дочерних групп, осваивающих разные экологические условия.

- Это правило лежит в основе внутривидовой дивергенции и надвидовой идиоадаптации. Именно так образуются многие семейства, роды и виды животных, освоивших разные места обитания.

Закон Северцова (закон чередования главных направлений эволюции): в пределах конкретной монофилитической (т.е. имеющей общее происхождение) группы организмов за периодом арогенеза всегда следует период возникновения частных приспособлений - аллогенез.

- На основе *одних и тех же* арогенезов, в зависимости от конкретных условий среды, могут возникнуть *различные* «надстройки» - аллогенезы.

4.5. Основные этапы эволюции живого мира

Гипотезы происхождения жизни

Креационизм: жизнь создана творцом - Богом.

Гипотеза биогенеза: согласно этой теории жизнь может зародиться только из живого.

Гипотеза панспермии (Г. Рихтер, Г. Гельмгольц, С. Аррениус, П. Лазарев): согласно этой гипотезе жизнь могла возникнуть один или несколько раз в космосе. На Земле жизнь появилась в результате занесения ее из космоса.

Гипотеза вечности жизни (В. Прейер, В.И. Вернадский): жизнь существовала всегда, проблемы происхождения жизни нет.

Теория абиогенеза: жизнь возникла из неживой материи путем самоорганизации простых органических соединений.

- Для средних веков были характерны примитивные представления, допускавшие появление целых живых организмов из неживой материи (считалось, что лягушки и насекомые заводятся в сырой почве, мухи - из гнилого мяса, рыбы - из ила и т.д.).
- Современной конкретизацией этой теории является ***коацерватная гипотеза Опарина - Холдейна.***

Коацерватная гипотеза Опарина - Холдейна: жизнь возникла абиогенным путем на протяжении трех этапов:

- **первый этап** - возникновение органических веществ из неорганических под воздействием физических факторов среды, существовавших на древней Земле более 3,5 млрд. лет назад;
- **второй этап** - образование сложных биополимеров (белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот, протеиноидов) из простых органических соединений в водах первичного океана Земли и формирование из них **коацерватов** - капелек концентрированной смеси различных биополимеров. Коацерваты не обладали генетической информацией, обеспечивающей их воспроизводство и копирование, и поэтому не были «живыми»;
- **третий этап** - возникновение в коацерватах липопротеидных мембранных структур и избирательного обмена веществ и формирование **пробионтов** - первых примитивных гетеротрофных живых организмов, способных к самовоспроизведению; начало биологической эволюции и естественного отбора.

Первыми носителями генетической информации стали молекулы РНК. Они образовывались с помощью протеиноидов, притягивающих определенные нуклеотиды, .которые объединялись в цепочки РНК. Такая РНК несла информацию о структуре протеиноидов и притягивала к себе соответствующие аминокислоты, что приводило к воспроизводству точных копий протеиноидов. Позднее функции РНК перешли к ДНК (ДНК стабильнее РНК и может копироваться с большей точностью), а РНК стала выполнять роль посредника между ДНК и белком. В процессе эволюции преимуществом обладали те пробионты, у которых взаимодействие белков и нуклеиновых кислот было наиболее четким.

Эволюция пробионтов

Пробионты были ***анаэробными гетеротрофными прокариотами.*** Пищу и энергию для жизнедеятельности они получали из органических веществ абиогенного происхождения за счет анаэробного расщепления (брожения, или ферментации). Истощение запасов органических веществ усилило конкуренцию и ускорило эволюцию пробионтов.

В результате произошла дифференциация пробионтов. Одна их часть (примитивные предки современных бактерий), оставаясь ***анаэробными гетеротрофами,*** претерпела прогрессивное усложнение. Другие пробионты, содержащие определенные пигменты, приобрели возможность образовывать органические вещества путем ***фотосинтеза*** (сначала бескислородного, а затем - предки цианобактерий - с выделением кислорода). Т.е. возникли ***анаэробные автотрофные прокариоты,*** которые постепенно насыщали свободным кислородом атмосферу Земли.

С появлением кислорода возникли ***аэробные гетеротрофные прокариоты,*** существующие за счет более эффективного аэробного окисления органических веществ, образовавшихся в результате фотосинтеза.

Возникновение и эволюция эукариот и многоклеточных организмов

Амебоподобные гетеротрофные клетки могли поглощать другие небольшие клетки. Некоторые из «съеденных» клеток не гибли и оказывались способны функционировать и внутри клетки-хозяина. В отдельных случаях такой комплекс оказался биологически взаимовыгодным и привел к устойчивому симбиозу клеток.

- **Симбиотическая теория** появления (около **1,5** млрд. лет назад) и эволюции эукариотических клеток **(снмбиогенез):**
  - одна группа анаэробных гетеротрофных пробионтов вступила в симбиоз с аэробными гетеротрофными первичными бактериями, дав начало эукариотическим клеткам, имеющим в качестве энергетических органоидов митохондрии;
  - другая группа анаэробных гетеротрофных пробионтов объединилась не только с аэробными гетеротрофными бактериями, но и с первичными фотосинтезирующими цианобактериями, дав начало эукариотическим клеткам, имеющим в качестве энергетических органоидов хлоропласты и митохондрии.

Клетки-симбионты с митохондриями в дальнейшем дали начало царствам животных и грибов; с хлоропластами - царству растений.

Усложнение эукариот привело к появлению клеток с полярными свойствами, способными к взаимному притяжению и слиянию, т.е. к половому процессу, диплоидности (следствие этого - мейоз), доминантности и рецессивности, комбинативной изменчивости и т.д.

- **Гипотезы появления многоклеточных организмов** (2,6 млрд. лет назад):
  - **гипотеза гастреи (Э.** Геккель, **1874** г.): предковыми формами многоклеточных были одноклеточные организмы, образовавшие однослойную сферическую колонию. Позднее за счет впячивания **(инвагинации)** части стенки колонии образовался

гипотетический двуслойный организм - **гастрея,** подобный стадии гаструлы эмбрионального развития животных; при этом клетки наружного слоя выполняли покровную и двигательную функции, клетки внутреннего слоя - функции питания и размножения;

- **гипотеза фагоцителлы** (И.И. Мечников, 1886 г.; эта гипотеза лежит в основе современных представлений о возникновении многоклеточности): многоклеточные произошли от одноклеточных колониальных жгутиковых организмов. Способом питания таких колоний был фагоцитоз. Клетки, захватившие добычу, перемещались внутрь колонии, и из них образовывалась ткань - энтодерма, выполняющая пищеварительную функцию. Клетки, оставшиеся снаружи, выполняли функции восприятия внешних раздражений, защиты и движения; из них впоследствии развилась покровная ткань - эктодерма. Часть клеток специализировалась на выполнении функции размножения. Постепенно колония превратилась в примитивный, но целостный многоклеточный организм - **фагоцителлу.** Подтверждением этой гипотезы служит ныне существующий, промежуточный между одно- и многоклеточными, организм **трихоплакс,** строение которого соответствует строению фагоцителлы.

Основные этапы эволюции растений

Исторические этапы

Разделение эукариот на несколько ветвей, от которых произошли растения, грибы и животные (около 1-1,5 млрд. лет назад). Первые растения были водорослями, большая часть которых свободно плавала в воде, остальные прикреплялись ко дну.

Появление первых наземных растений - риниофитов (около 500 млн. лет назад в результате процесса горообразования и сокращения площади морей часть водорослей оказалась в мелких водоемах и на суше; некоторые из них погибли, другие адаптировались, приобретя новые признаки: у них образовались ткани, которые затем дифференцировались на покровные, механические и проводящие; бактерии, взаимодействуя с минералами земной поверхности, образовали на суше почвенный субстрат). Споровое размножение риниофитов.

Вымирание риниофитов и появление плаунов, хвощей и папоротников (около 380-350 млн. лет назад); возникновение вегетативных органов (что повысило эффективность функционирования отдельных частей растений); появление семенных папоротниковидных и хвойных.

Появление голосеменных растений (около 275 млн. лет назад), которые могли обитать в более сухой среде; вымирание семенных папоротников и древовидных споровых растений; у высших наземных растений постепенная редукция гаплоидного поколения (гаметофита) и преобладание диплоидного поколения (спорофита).

Появление диатомовых водорослей (около 195 млн. лет назад).

Появление покрытосеменных растений (около 135 млн. лет назад); расцвет диатомовых водорослей.

Вымирание многих видов растений (около 2,5 млн. лет назад), упадок древесных форм, расцвет травянистых; приобретение растительным миром современных форм.

Биологические этапы

1. Переход от гаплоидности к диплоидности. Диплоидность смягчает влияние неблагоприятных рецессивных мутаций на жизнеспособность и дает возможность накопить резерв наследственной изменчивости. Этот переход прослеживается и при сопоставлении современных групп растений. Так, у многих водорослей все клетки, кроме зигот, гаплоидны. У мхов преобладает гаплоидное поколение (взрослое растение) при сравнительно слабом развитии диплоидного (органы спороношения). У более высокоорганизованных бурых водорослей наряду с гаплоидными существуют и диплоидные особи. Но уже у папоротников преобладает диплоидное поколение, а у голосеменных (сосны, ели и др.) и покрытосеменных растений (многие деревья, кустарники, травы) самостоятельно существуют только диплоидные особи (см. рис.).

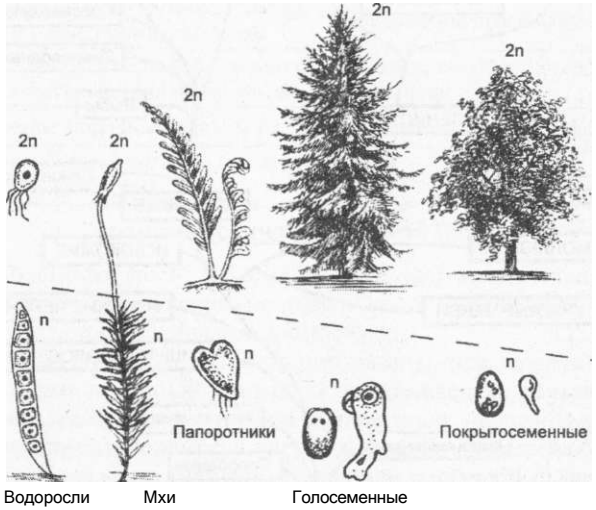


Рис. 4.2. **Схема эволюционных изменений растений.**
Увеличение размеров и значения бесполого поколения - спорофитов (2n), редукция размеров полового поколения - гаметофитов (n)

2. ***Утрата связи процесса полового размножения с водой,*** переход от наружного оплодотворения к внутреннему.

3. ***Разделение тела на органы*** (корень, стебель, лист), развитие проводящей системы, усложнение строения тканей.

4. ***Специализация опыления*** с помощью насекомых и распространение семян и плодов животными.

Основные этапы эволюции животных

Важнейшие биологические этапы эволюции:

- возникновение многоклеточное™ и все большее расчленение и дифференциация всех систем органов;
- возникновение твердого скелета (наружного у членистоногих, внутреннего у позвоночных);
- развитие центральной нервной системы;
- развитие общественного поведения в разных группах высокоорганизованных животных, которое, вместе с накоплением ряда крупных ароморфозов, привело к возникновению человека и человеческого общества.

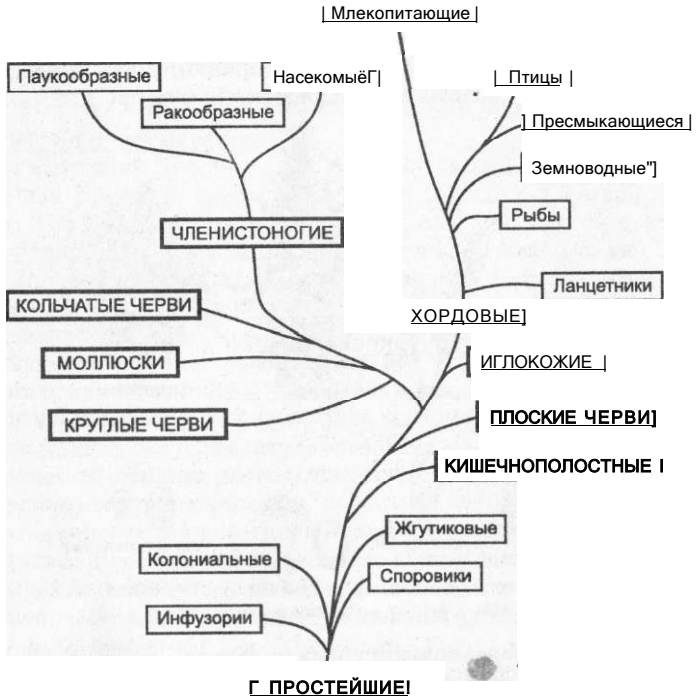


Рис. 4.3. **Развитие животного мира**

Важнейшие ароморфозы и их результаты

Ароморфозы	Результаты
Двусторонняя симметрия, трехслойность, системы органов	Появление плоских червей
Задний отдел кишечника и анальное отверстие	Появление круглых червей
Органы движения и дыхания, кровеносная система	Появление кольчатых червей
Наружный скелет, поперечнополосатая мускулатура, членистые конечности	Появление членистоногих
Осевые органы хордовых	Появление бесчерепных хордовых
Разделение тела животных на отделы	Выход животных на сушу (скорпионы)
Образование челюстей	Активное питание
Образование поясов конечностей у позвоночных и плавников	Разнообразие движений
Преобразование плавников в конечности наземного типа, образование органов воздушного дыхания	Появление первых наземных позвоночных - стегоцефалов (произошли от кистеперых рыб)
Внутреннее оплодотворение, плотные оболочки у яиц, ороговение кожи	Появление пресмыкающихся
Четырехкамерное сердце, разделение артериального и венозного кровотока	Появление первых теплокровных животных
Образование молочных желез и матки	Появление млекопитающих
Интенсивное развитие коры головного мозга, прямохождение	Появление человека

Геохронологическая шкала Земли

- **Катархейская эра** (4,7-3,5 млрд. лет назад): ***климат*** очень жаркий, сильная вулканическая деятельность; происходит химическая эволюция, возникают биополимеры.
- **Архейская эра** (3,5-2,6 млрд. лет назад) - эра зарождения жизни. ***Климат*** жаркий, активная вулканическая деятельность; ***возникновение жизни на Земле,*** появление на границе водной и наземно-воздушной сред первых организмов (анаэробных гетеротрофов) - пробионтов. Появление анаэробных автотрофных организмов, архебактерий, цианобактерий; образование отложений графита, серы, марганца, слоистых известняков как результат жизнедеятельности архебактерий и цианобактерий. В конце архея - возникновение колониальных водорослей. Появление кислорода в атмосфере.

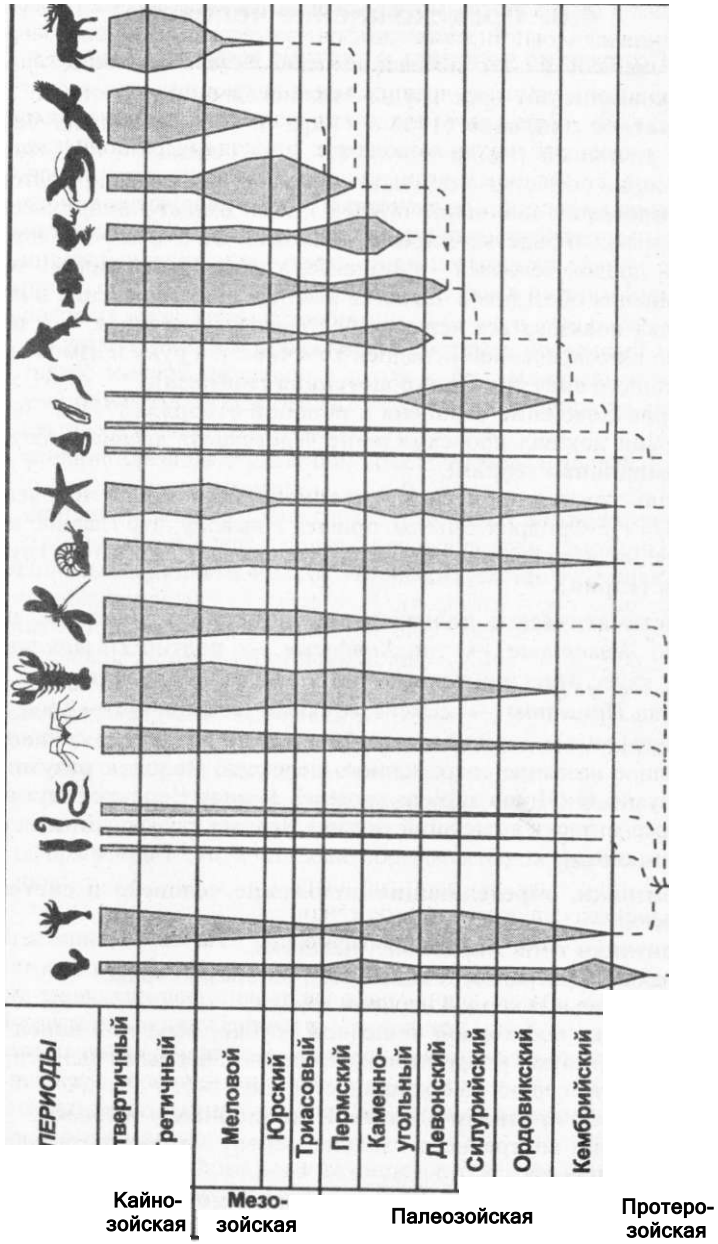
- **Протерозойская эра** (2,6-0,6 млрд. лет назад) - эра ранней жизни; делится на ранний протерозой (2,6-1,65 млрд. лет назад) и поздний протерозой (1,65-0,6 млрд. лет назад). Характеризуется интенсивным горообразованием, многократными похолоданиями и оледенениями, активным формированием осадочных пород, образованием в атмосфере кислорода (в конце эры - до 1%), началом формирования защитного озонового слоя в атмосфере Земли. ***В органическом мире***: развитие одноклеточных прокариотических и эукариотических фотосинтезирующих организмов, возникновение полового процесса, переход от ферментации к дыханию (ранний протерозой); появление низших водных растений - строматолитов, зеленых водорослей и др. (поздний протерозой), а к концу эры - всех типов беспозвоночных многоклеточных (кроме хордовых): губок, кишечнополостных, червей, моллюсков, иглокожих и др.
- Палеозойская эра (570-230 млн. лет назад) - эра древней жизни; делится на 6 периодов: ***кембрий, ордовик, силур, девон, карбон*** и ***пермь.***
  - Кембрий (570-490 млн. лет назад): ***климат*** умеренный, материк Пангея начал погружаться в воды океана Тетис. ***В органическом мире***: жизнь сосредоточена в морях; эволюция многоклеточных форм; расцвет основных групп водорослей (зеленых, красных, бурых и др.) и морских беспозвоночных животных с хитинорофосфатной раковиной (особенно трилобитов и археоцеатов).
  - Ордовик (490-435 млн. лет назад): ***климат*** теплый, погружение Пангеи достигает максимума. В конце периода - освобождение от воды значительных территорий. ***В органическом мире:*** обилие и разнообразие водорослей; появление кораллов, морских иглокожих, полухордовых (граптолитов), первых хордовых (бесчелюстных рыб) и первых наземных растений - риниофитов. Господство трилобитов.
  - Силур (435-400 млн. лет назад): ***климат*** засушливый и прохладный; происходит подъем суши и интенсивное горообразование; концентрация О? в атмосфере достигает 2%; завершается формирование защитного озонового слоя. ***В органическом мире:*** заселение суши сосудистыми растениями (риниофитами) и формирование на ней почвы; возникновение современных групп водорослей и фибов; расцвет в морях трилобитов, граптолитов, кораллов, ракоскорпионов; появление челюстных хордовых (панцирных и хрящевых рыб) и первых наземных членистоногих (скорпионов).
  - Девон (400-345 млн. лет назад): ***климат*** резко континентальный; оледенение, дальнейший подъем суши, полное освобождение от моря Сибири и Восточной Европы; концентрация 0_2 в атмосфере достигает современной (21%). ***В органическом мире:*** расцвет риниофитов, а затем (к концу периода) их вымирание; появление основных групп споровых растений (мохообразных, папоротниковидных, плауновидных, хвощевидных), а также примитивных голосеменных (семенных папоротников); расцвет древних беспозвоночных, а затем вымирание многих их видов, как и большинства бесчелюстных; появление бескрылых насекомых и паукообразных; расцвет в морях панцирных, кистеперых и двоякодышащих рыб; выход на сушу первых четвероногих позвоночных (стегоцефалов) - предков земноводных.

- **Карбон (каменноугольный период)** (345-280 млн. лет назад): ***климат*** жаркий и влажный (в Северном полушарии), холодный и сухой (в Южном полушарии); материки низменные с обширными болотами, в которых шло образование каменного угля из стволов папоротниковидных. ***В органическом мире:*** расцвет древовидных споровых хвощевидных (каламитов), плауновидных (лепидодендронов и сигиллярий) растений и семенных папоротниковидных; появление первых голосеменных (хвойных); расцвет раковинных амеб (фораминифер), морских беспозвоночных, хрящевых рыб (акул); появление на суше первых амфибий, древних пресмыкающихся (котилозавров) и крылатых насекомых; вымирание граптолитов и панцирных рыб.
- **Пермь** (280-240 млн. лет назад): усиливается засушливость, наступает похолодание, происходит интенсивное горообразование. ***В органическом мире:*** исчезновение лесов из древовидных папоротников; распространение голосеменных (гинкговых, хвойных); начало расцвета стегоцефалов и пресмыкающихся; распространение головоногих моллюсков (аммонитов) и костистых рыб; уменьшение количества видов хрящевых, кистеперых и двоякодышащих рыб; вымирание трилобитов.
- **Мезозойская эра** (240-67 млн. лет назад) - средняя эра в развитии жизни на Земле; делится на 3 **периода:** ***триас, юра, мел.***
  - **Триас** (240-195 млн. лет назад): ***климат*** засушливый (появляются пустыни); начинается дрейф и разделение континентов (материк Пангея разделяется на Лавразию и Гондвану). ***В органическом мире:*** вымирание семенных папоротников; господство голосеменных (саговниковых, гинкговых, хвойных); развитие пресмыкающихся; появление головоногих моллюсков (белемнитов), первых яйцекладущих млекопитающих (триконодонтов) и первых динозавров; вымирание стегоцефалов и многих видов животных, процветавших в палеозойскую эру.
  - **Юра** (195-135 млн. лет назад): ***климат*** засушливый, материки подняты над уровнем моря; на суше большое разнообразие ландшафтов. ***В органическом мире:*** появление диатомовых водорослей; господство папоротников и голосеменных растений;

расцвет головоногих и двустворчатых моллюсков, пресмыкающихся и гигантских ящеров (ихтиозавров, бронтозавров, диплодоков и др.); появление первых зубастых птиц (археоптериксов); развитие древних млекопитающих.

- **Мел** (135-67 млн. лет назад): ***климат*** влажный (много болот); во многих районах похолодание; продолжается дрейф континентов; происходит интенсивное отложение мела (из раковин фораминифер). ***В органическом мире***: господство голосеменных растений, сменяющееся их резким сокращением; появление первых покрытосеменных растений, их преобладание во второй половине периода; формирование кленовых, дубовых, эвкалиптовых и пальмовых лесов; расцвет летающих ящеров (птеродактилей и др.); начало расцвета млекопитающих (сумчатых и плацентарных); к концу периода вымирание гигантских ящеров; развитие птиц; появление высших млекопитающих.

- **Кайнозойская эра** (началась 67 млн. лет назад и продолжается по настоящее время) делится на 2 **периода:** ***третичный (палеоген*** и ***неоген)*** и ***четвертичный (антропоген).***
  - **Третичный период** (от 67 до 2,5 млн. лет назад): ***климат*** теплый, к концу прохладный; завершение дрейфа континентов; материки приобретают современные очертания; характерно интенсивное горообразование (Гималаи, Альпы, Анды, Скалистые горы). ***В органическом мире:*** господство однодольных покрытосеменных и хвойных растений; развитие степей; расцвет насекомых, двустворчатых и брюхоногих моллюсков; вымирание многих форм головоногих моллюсков; приближение видового состава беспозвоночных к современному; широкое распространение костистых рыб, занимающих пресноводные водоемы и моря; дивергенция и расцвет птиц; развитие и расцвет сумчатых и плацентарных млекопитающих, сходных с современными (китообразных, копытных, хоботных, хищных, приматов и др.), в палеогене - начало развития антропоидов, в неогене - появление предков человека (дриопитеков).
  - **Четвертичный период (антропоген;** начался 2,5 млн. лет назад): резкое похолодание климата, гигантские материковые оледенения (четыре ледниковых периода); формирование ландшафтов современного типа. ***В органическом мире:*** исчезновение в результате оледенений многих древних видов растений, господство двудольных покрытосеменных; упадок древесных и расцвет травянистых форм растений; развитие многих групп морских и пресноводных моллюсков, кораллов, иглокожих и др.; вымирание крупных млекопитающих (мастодонт, мамонт и др.); появление, доисторическое и историческое развитие человека: интенсивное развитие коры головного мозга, прямохождение.



4.6. Происхождение человека

Положение человека в системе животного мира

•> **Важнейшие научные труды о происхождении человека:**

- **«Система природы»** (1735 г.): Карл Линней описал вид ***Человек разумный*** (Ногпо зар^епз Ь.) и на основании сходства в строении поместил его вместе с обезьянами в отряд приматов;
- **«Философия зоологии»** (1809 г.): Жан Батист Ламарк высказал мысль о родстве человека и обезьян. Он считал, что исходный предок человека - шимпанзе, а движущими силами превращения обезьяны в человека явились прямохождение и привычка пользоваться челюстями только для жевания, что привело к превращению передней конечности в руку и изменению внешнего вида лица **(антропогенная гипотеза);**
- **«Происхождение человека и половой отбор»** (1871 г.): Чарлз Дарвин доказал происхождение человека от древних обезьян **(симиальная теория);**
- **«Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека»** (1874 г.): Фридрих Энгельс пришел к выводу, что главное влияние на превращение обезьяны в человека оказал труд **(трудовая теория).**
- **Систематическое положение современного человека:** царство ***Животные*** -» тип ***Хордовые*** —> подтип ***Позвоночные*** класс ***Млекопитающие*** -> подкласс ***Плацентарные -»*** отряд ***Приматы*** -> семейство ***Люди*** (гоминиды) -» род ***Человек*** (гомо) ***ша, разумный*** (сапиенс) -> подвид ***сапиенс.***
- Полное название современного человека: **Человек разумный разумный (Ношо $ар1еп$ $ар1еп$).** К виду Человек разумный также относят вымерший подвид Человек разумный неандертальский.
- **Признаки, определяющие положение человека в систематике:**

" **Признаки типа Хордовые** у человека:
- наличие (на ранних стадиях эмбриогенеза) хорды;
- развитие *над* хордой нервной трубки;
- закладка *под* хордой кишечной трубки, передний конец которой (глотка) у зародышей пронизан жаберными щелями;
- развитие сердца на брюшной стороне.

• **Основные признаки подтипа Позвоночные** у человека:
- наличие внутреннего скелета, основу которого составляет позвоночник;
- наличие черепа с двумя отделами - мозговым и лицевым, челюстного аппарата и двух пар пятипалых конечностей;

- центральная нервная система состоит из спинного и головного мозга; головной мозг представлен пятью отделами, содержащими полости - желудочки;
- наружные (кожные) покровы состоят из эпидермиса и дермы;
- наличие выстланной серозной оболочкой полости тела, разделенной на три отдела: перикард, плевру и брюшину;
- органы пищеварения начинаются снабженной зубами полостью рта, которая переходит в глотку, затем идут пищевод, расширенный желудок и кишечник, снабженный двумя крупными железами - печенью и поджелудочной;
- органы дыхания состоят из воздухоносных путей и легких, в которых происходит газообмен;
- наличие замкнутой кровеносной системы, состоящей из артерий, микроциркулярного русла и вен. Имеется центральный орган кровообращения - сердце, разделенное на артериальную и венозную половины;
- наличие органов выделения, представленных почками и мочевыводящими путями;
- наличие парных половых желез, в которых образуются гаметы (половые клетки) и синтезируются половые гормоны.

" **Основные признаки класса Млекопитающие** у человека:
- теплокровность;

а также наличие:
- млечных, сальных и потовых желез;
- волосяного покрова;
- дифференцированных зубов;
- диафрагмы, разделяющей грудную и брюшную полости;
- четырехкамерного сердца и левой дуги аорты;
- пяти отделов позвоночника и семи шейных позвонков;
- сильно развитой коры головного мозга;
- оформленных губ, в толще которых расположены мышцы, и щек;
- слюны, содержащей ферменты, расщепляющие крахмал и др.

• **Признаки подкласса Плацентарные** у человека:
- внутриутробное развитие зародыша;
- питание зародыша через плаценту.

* **Признаки отряда Приматы** у человека:
- относительно большая масса головного мозга, хорошо развитая кора переднего мозга;
- направленность глаз вперед (бинокулярное зрение);
- развитая мимика;
- одинаковые группы крови по системе АВО и КИ-фактор;
- конечности хватательного типа с противопоставлением большого пальца остальным;

- наличие опорной стопы;
- наличие плоских ногтей на пальцах кистей и стоп;
- редукция хвостового отдела позвоночника;
- замена в онтогенезе молочных зубов на постоянные;
- наличие папиллярных узоров на пальцах, ладонях и стопах;
- наличие одной пары молочных желез и сосков;
- отсутствие сезонности в половой жизни;
- наличие менструального цикла у самок;
- продолжительность беременности около девяти месяцев;
- сходство кариотипов;
- низкая плодовитость (обычно один детеныш);
- слабое развитие органов обоняния, хорошее - органов слуха и зрения;
- одинаковые паразиты и болезни и др.

• Другие признаки, подтверждающие родство человека и животных:
- сходство эмбриональною развития (биогенетический закон);
- наличие у человека ***рудиментов*** и"***атавизмов*** (см. ниже);
- генетическая близость человека и приматов (например, генетический материал человека и карликового шимпанзе бонобо сходен на 99%);
- обнаружение ископаемых остатков, позволивших составить эволюционный ряд предковых переходных форм современного человека.

Рудименты - органы или части органов, которые были хорошо развиты у предковых форм, а у их отдаленных потомков не функционируют, находятся в стадии исчезновения или приобрели в ходе эволюции новые признаки.

У каждого человека имеется более 90 рудиментов: полулунная складка - остаток мигательной перепонки (третье веко) в уголке глаза, нёбные валики, зубы мудрости, мышцы носа и ушных раковин, дарвинов бугорок на ушной раковине, волосяной покров на теле, подкожные мышцы (рудиментарны все, кроме мимических), остаток плавательной перепонки между пальцами, теменной глаз, сегментация брюшной мускулатуры, копчиковые кости в скелете позвоночника, червеобразный отросток слепой кишки (аппендикс) и др.

Атавизмы - признаки, которые были характерны для отдаленных филогенетических предков данного вида, не встречаются у подавляющего большинства современных особей этого вида и лишь иногда (крайне редко) появляющиеся у отдельных его особей.

Атавизмы человека: волосатость, появление дополнительных грудных сосков, хвостатость, клыкастость, сильно развитые плавательные перепонки между пальцами, подвижные ушные раковины, остатки жаберных щелей в виде отверстия, ведущего из глотки наружу и располагающегося немного выше ключиц и др.

• **Основные признаки вида Человек разумный,** отличающие его от животных:
- резко увеличенный мозговой отдел черепа по сравнению с лицевым;
- большой объем (более 900 см^3) и высокий уровень развития головного мозга, особенно коры переднего мозга с большим количеством борозд и извилин;
- появление сознания и членораздельной речи (наличие второй сигнальной системы) и способности к абстрактному мышлению;
- значительное развитие теменных, лобных и височных долей головного мозга, где сосредоточены важнейшие центры психической деятельности и речи;
- наличие подбородочного выступа;
- измененное строение гортани, связанное с речью;
- изменение пропорций конечностей - удлинение ног по сравнению с руками;
- комплекс признаков, связанных с прямохождением: 8-образная форма позвоночника, широкий таз, развитые икроножные и ягодичные мышцы, сводчатая стопа, уплощенная в переднезаднем направлении грудная клетка, затылочное отверстие черепа перемещено к центру его основания и др.;
- гибкая кисть руки, способная выполнять самые разнообразные и высокоточные движения;
- относительно длинный и толстый большой палец на руках, который в значительной степени противопоставлен остальным пальцам;
- способность к изготовлению орудий труда;
- малый размер клыков;
- уменьшение, по сравнению с приматами, волосяного покрова и специфическое распределение волос на теле;
- увеличение периода детства: у человека соотношение длительности периодов детства и общей продолжительности жизни I : 5, у приматов 1 : 6 - 1 : 13 и др.

Человек занимает совершенно особое положение в природе, являясь одновременно и биологическим, и социальным существом.

Антропогенез и его движущие факторы

Антропогенез - исторический процесс возникновения и эволюции человека, становления его как вида в результате взаимодействия биологических и социальных факторов.

Движущие факторы антропогенеза делятся на ***биологические*** (характерные для всей живой природы) и ***социальные*** (характерные только для человека).

Движущие факторы антропогенеза

Биологические	*Социальные (Ф. Энгельс)*
Наследственная изменчивость Борьба за существование Естественный отбор Популяционные волны Дрейф генов Изоляция	Трудовая деятельность (началась с изготовления орудий труда) Использование огня Общественный образ жизни Мышление Речь Сознание

- **Роль биологических факторов:**
  - обеспечение морфофизиологических изменений (прямохождения, развитой кисти руки, крупного головного мозга) в процессе индивидуального отбора;
  - высвобождение передних конечностей от функции передвижения и их приспособление для нападения и защиты на расстоянии с помощью разш1чных предметов, изготовления примитивных орудий труда, простейшей трудовой деятельности;
  - совершенствование форм отношений в первобытном человеческом стаде в процессе группового отбора, который действовал на двух уровнях: семейном (отбор небольших групп) и племенном (отбор крупных поселений или племен).
- **Роль социальных факторов** (она была вскрыта Ф. Энгельсом в его работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека»):
  * сам человек и человеческое общество были созданы **трудовой деятельностью,** общественным трудом. Отдаленные предки человека вначале использовали естественные орудия охоты и труда, а с освобождением руки от передвижения начали изготавливать искусственные орудия, при этом даже самые примитивные орудия охоты и труда уменьшали зависимость человека от окружающей природы;
  - изготовление и совершенствование орудий охоты и труда привело к развитию мелких мышц руки и вызвало соответствующее развитие всего тела и двигательных зон больших полушарий головного мозга;
  - **групповое сотрудничество** обеспечивало более надежную оборону в условиях открытых ландшафтов, где обитали предки человека;
  - **совместная охота** на крупных млекопитающих позволила создавать запасы пищи впрок и освободила время для изготовления более совершенных орудий охоты и труда, воспитания детей, заботы о стариках и т. п.;

  - стадный образ жизни, коллективная охота и собирательство требовали согласованных действий и общения. Постепенное преобразование гортани и ротового аппарата привело к **развитию членораздельной речи,** которая позволила обмениваться информацией между отдельными особями, разными группами и поколениями и тем самым использовать знания и индивидуальный опыт всех членов группы и предыдущих поколений ***(социальное наследование).*** Вместе с речью у человека появилась **способность к мышлению;**
  - **наличие постоянных жилищ** позволило:
    - поддерживать огонь и использовать его для обогрева и приготовления пищи. Использование огня для обогрева дало возможность человеку расселиться в областях с более холодным климатом, а употребление термически обработанной животной пищи привело к изменению жевательного аппарата, уменьшению лицевого черепа, лучшему усвоению пищи, достаточному поступлению в организм незаменимых аминокислот, увеличению головного мозга;
    -удлинить сроки ухода за детьми и их обучение. Это привело к ***групповому браку*** с усилением участия самцов в заботе о самках и детях. Самки с детьми добывали растительную пищу собирательством, а богатой белками пищей животного происхождения самок и детей обеспечивали самцы. Если самке удавалось удержать около себя самца, то выживала и она, и ее дети (так возник ***моногамный брак);***
    - заботиться о больных членах группы и стариках - носителях ценного индивидуального опыта по изготовлению орудий, о способах охоты и т.п.
  - **" приручение животных и возделывание посевов растений** позволило избежать голода и увеличить разнообразие питания.
- **Изменение роли движущих факторов антропогенеза**
  - ***" Биологические факторы*** основную роль играли на начальных этапах становления человека (древнейшие и древние люди). Сфера их действия постепенно сужалась в результате трудовой деятельности человека и создания им искусственных условий существования (одежда, жилище, огонь и др.). В настоящее время внутривидовая борьба за существование, естественный отбор и изоляция в человеческих популяциях в силу социальной природы человека потеряли видообразующую функцию и выполняют лишь стабилизирующую функцию; популяционные волны могут сказываться только в малонаселенных регионах; мутационный процесс и дрейф генов сохраняют свое значение.
  - " Высокая степень развития мозга и коллективный труд значительно ослабили действие биологических и усилили роль ***соци-***

альных факторов в антропогенезе. Человек стал не только приспосабливаться к среде обитания, но и постепенно научился изменять ее в нужном для себя направлении. Дальнейший прогресс человечества будет зависеть от социальных факторов.

Этапы эволюции человека

По данным палеонтологии, предшественниками человека являются примитивные древние млекопитающие - насекомоядные, от которых произошли древесные обезьяны - **парапитеки,** давшие около 35 млн. лет тому назад ветвь, ведущую к человекообразным обезьянам.

Около 25 млн. лет назад из парапитеков выделилась группа полудревесных, полуназемных стадных обезьян - **дриопитеков,** от которых произошли современные_человекообразные обезьяны (горилла и шимпанзе) и человек.

Стадия протоантропа. Около 9 млн. лет назад на открытых пространствах Африки появились высокоразвитые обезьяны - **австралопитеки,** которые передвигались в полувыпрямленном положении на двух ногах, имели свободные передние конечности, мощные челюсти и зубы, сплошной надбровный валик. Питались они преимущественно мясной пищей. Передними конечностями австралопитеки могли брать палки, камни и другие предметы, используя их для охоты и защиты от врагов. Изготовление орудий труда австралопитеками не установлено.

Переходная стадия. Одновременно с австралопитеками (3-2 млн. лет назад) в Африке и Азии жили существа, имеющие довольно крупный мозг (до 800 см^3) и значительно более близкие к современному человеку, чем австралопитеки. Поскольку эти существа изготавливали из гальки примитивные орудия труда, они были названы **Человеком умелым.** Именно в это время произошел качественный скачок в превращении обезьяны в человека, связанный с изготовлением первых примитивных орудий труда.

Стадия архантропа (древнейшего человека - Человека **прямоходящего).** К архантропам относят питекантропа, синантропа, атлантропа, гейдельбергского человека и др. ***Питекантропы*** жили 1,5 млн. - 500 тыс. лет назад (их останки обнаружены на острове Ява). Для них характерны низкий, сильно скошенный назад лоб, сплошной надбровный валик, массивная и не имеющая подбородочного выступа нижняя челюсть, преимущественное развитие отделов головного мозга, управляющих психической деятельностью, зачатки речи; разнообразие и лучшая, чем у Человека умелого, обработка орудий труда. ***Синантропы*** жили 600^400 тыс. лет назад в период оледенения (их останки обнаружены в Китае близ Пекина). Череп синантропов сходен с черепом питекантропов, но отличается меньшими размерами лицевого отдела.

Стадия палеоантропа (древнего человека). К древним людям относят ***неандертальцев***, расселившихся в Африке, Азии и Европе 300-50 тыс. лет назад. У них еще сохранились надбровные валики, относительно низкий лоб, массивная нижняя челюсть с зачатком подбородочного выступа. Неандертальцы жили в период оледенения в пещерах, умели добывать и поддерживать огонь, питались растительной и животной пищей, изготавливали разнообразные каменные, костяные и деревянные орудия труда (ножи, скребки, рубила, палки и т.п.), передавали свои навыки сородичам и потомству посредством показа и речи. У них уже существовали племенные отношения и определенное разделение труда: мужчины охотились, изготавливали орудия труда, женщины обрабатывали туши животных, собирали съедобные растения и др.

Стадия неоантропа (нового человека). Первые люди современного типа - ***кроманьонцы*** **-** появились около 50—40 тыс. лет тому назад. Они отличались высоким ростом, характерным высоким лбом, сглаженными надбровными валиками, развитым подбородочным выступом, указывающим на развитую членораздельную речь. Кроманьонцы жили родовым обществом, строили жилища, одевались в одежды из шкур, сшитых костяными иглами. Они начали приручать животных, заниматься земледелием, у них появились зачатки религии и культуры (наскальная живопись). Техника изготовления орудий труда стала совершеннее. Кроманьонцы научились шлифовать, сверлить, знали гончарное дело, изделия из рога, кости, кремня украшали резьбой.

Сравнительная характеристика предшественников Человека разумного приведена в таблице на следующей странице.

- **Особенности эволюции человека на современном этапе:**
  * в настоящее время эволюция человека как биологического вида отсутствует, но продолжается его биологическая эволюция в пределах вида на уровне отдельных индивидуумов;
  - действие естественного отбора проявляется на уровне половых клеток и зигот; сохраняется отбор на устойчивость к заразным болезням, от которых нет вакцин и лекарств (врожденный видовой иммунитет);
  - мутационный процесс сохраняет значение, поддерживая уникальность каждого индивидуума; в последнее время темпы этого процесса в ряде районов планеты возросли за счет радиоактивного и химического загрязнения;
  - изоляция ранее играла значительную роль; ее нарушение, обусловленное развитием транспорта, обогащает генофонд человечества новыми сочетаниями генов;

Предшественники Человека разумного (сравнительная характеристика)

Признак	Протоантропы (австралопитек, парантроп, зинджантроп)	Человек умелый, архантропы (человек прямоходящий)	Палеоантропы (древние люди): неандертальцы	Неоантропы (кроманьонец - ископаемый человек современного типа)
Рост	100-150 см	150-170 см	155-165 см	180 см
Объем головного мозга	450-550 см^3	Человек умелый — 500-800 см^3. Питекантроп - 750-900 см^3. Синантроп - 1200 см^3	1200-1500 см^3	1600 см^3
Особенности черепа	Мощные челюсти и зубы, сплошной надбровный валик	Низкий скошенный лоб, сплошной надбровный валик, массивная нижняя челюсть	Лоб низкий, сохранились надбровные дуги, нижняя челюсть массивная	Подбородочный выступ
Речь	Отдельные звуки	Примитивная речь	Развитие речи	Членораздельная речь
Использование огня	Нет	Для защиты от холода и хищников	Для приготовления пищи	Для приготовления пищи
Образ жизни, род занятий	Питание растительной пищей: орудийная деятельность отсутствует	Первобытное «стадо»; жили в пещерах; изготовление орудий труда из камня и кости: охота на животных	Стадный, коллективная охота, собирательство, изготовление каменных орудий труда, пещерный образ жизни	Родовое общество; одомашнивание животных, начало земледелия; зачатки религии, культуры; строили жилища, одежда из шкур

- популяционные волны играли заметную роль еще в недавнем прошлом (так, в средние века эпидемии чумы и холеры приводили к гибели десятков миллионов человек). Ныне численность человечества не подвержена таким колебаниям, хотя набирающая темпы эпидемия СПИДа может привести к резкому сокращению численности населения земного шара;

- отличительной особенностью биологической эволюции современного человека является резкое возрастание многообразия людей по ряду морфологических признаков (полиморфизм), проявляющееся в существовании отличающихся друг от друга внутривидовых популяций человека - рас.

Человеческие расы

Человеческие расы - это исторически сложившиеся группы людей, объединенных общностью происхождения и сходством морфологических признаков и отличающихся от других групп по совокупности некоторых второстепенных признаков, не являющихся видовыми, в частности типом и цветом волос, цветом кожи и глаз, формой головы, лица, носа и губ, разрезом глаз, строением век, пропорциями тела и конечностей и др.

Все человечество подразделяют на три большие расы: **европеоидную** (евразийскую), **монголоидную** (азиатско-американскую) и **негроидную** (австрало-негроидную, или экваториальную).

- Хотя большие расы заметно отличаются друг от друга по комплексу внешних признаков, они связаны между собой рядом промежуточных типов, незаметно переходящих один в другой и возникших вследствие развития общественных связей, роста миграционных процессов и межрасовых браков.
- Расовые признаки наследственны. Они возникли в далеком прошлом под влиянием среды и носили адаптивный характер.

Признаки человеческих рас

Признак	Раса		
	Европеоидная	Монголоидная	Негроидная
Цвет кожи	Светлый - смуглый	Желтовато-смуглый	Темный
Структура, цвет волос	Прямые, светлые или темные	Черные, жесткие, прямые	Курчавые, черные
Форма лица, носа, губ	Узкое лицо, узкий выступающий нос, губы тонкие	Лицо плоское, широкое, нос короткий, губы тонкие, глаза узкие с косым разрезом	Нос широкий, плоский, губы толстые
Цвет глаз	От светло-голубых до черных	Темные	Темные
Степень развития волосяного покрова	Сильная	Слабая	Средняя

- **Основные факторы расогенеза:**
  - наследственная изменчивость;
  - естественный отбор;
  - дрейф генов;
  - расселение в разные климатические зоны и изоляция.

Естественный отбор сохранял и распространял в популяции адаптивные признаки, повышающие жизнеспособность особей. Дрейф генов в малых по численности популяциях людей закреплял нейтральные признаки, не повышающие и не понижающие в данных условиях выживаемость потомства. Миграция приводила к появлению новой изолированной популяции, характеризующейся значительным генотипическим однообразием **(эффект основателя).** Случайные признаки в такой популяции, принесенные немногими членами - основателями расы, сохранились в результате близкородственного скрещивания и стали признаками всей расы.

Расы появились в результате расселения и географической изоляции предков современных людей в разных природно-климатических условиях. Первое разделение единой африканской ветви людей на две (негроидную и европеоидно-монголоидную) произошло около 40-100 тыс. лет назад на стадии палеоантропа. Вторым было разделение европеоидно-монголоидной ветви на западную (европеоидную) и восточную (монголоидную), что соответствует времени заселения новых территорий первобытными людьми.

- **Единство всех рас подтверждается:**
  - наличием общих видовых признаков;
  - плодовитостью потомства при смешанных браках;
  - сходностью изменений, наблюдаемых в настоящее время у представителей разных рас и проявляющихся в снижении общей массивности скелета **(грацилизация)** и ускорении физического развития организма **(акселерация).**

Все расы биологически равноценны, между ними не существует принципиальных различий в способностях к обучению, творческой и трудовой деятельности. Различия в уровне развития культуры и техники народов разных рас зависят от общественно-экономических условий.

5. Экология и биосфера

5.1. Экология как наука

Предмет и задачи экологии

Экология - общебиологическая наука о закономерностях взаимоотношений организмов между собой и с окружающей их средой. **Экосистема** - единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой обитания.

Объекты экологии - различные уровни организации живого, начиная с организменного, и более высокие, надорганизменные системы - популяции, биоценозы (сообщества), биогеоценозы (экосистемы) и биосфера в целом;

- **Возникновение экологии:**
  - 1866 г. - Э. Геккель ввел термин «экология» для обозначения «общей науки об отношениях организмов к окружающей среде»;
  - 1877 г. - К. Мёбиус обосновал представление о биоценозе как «глубоком закономерном сочетании организмов в определенных условиях среды»;
  - 1926 г. - В.И. Вернадский разработал учение о биосфере как глобальной оболочке Земли, в которой «основной ход геохимических и энергетических превращений определяется живым веществом»;
  - 1935 г. - А. Тенсли выдвинул понятие экосистемы как совокупности организмов и неорганической среды, объединенных общим круговоротом веществ и превращением энергии;
  - 1942 г. - В.Н. Сукачев создал учение о биогеоценозе как экосистеме, относимой к участкам суши, занятой определенными единицами растительности - фитоценозами (растительными сообществами).

Задачи экологии

- **Главная теоретическая и практическая задача** - раскрытие общих закономерностей организации жизни и разработка на их основе принципов рационального использования природных ресурсов в условиях постоянно возрастающего влияния человека на биосферу;
- **Частные задачи:**
  - выяснение общих закономерностей взаимоотношений организмов с факторами окружающей среды - ***общая экология;***

- изучение закономерностей организации различных сообществ (биоценозов), их структуры и функционирования (***экология сообществ);***
- изучение круговорота веществ и трансформации энергии в цепях питания;
- исследование закономерностей динамики численности и структуры популяций, а также процессов взаимодействия между популяциями разных видов (***популяционная экология);***
- исследование влияния природной среды на организм человека ***(\социальная экология);***
- разработка методов безотходных технологий на промышленных предприятиях, создание экологически чистых производств ***(промышленная экология);***
- создание научных основ рационального использования природных ресурсов, прогнозирование изменений окружающей среды в связи с деятельностью человека ***(экология ландшафтов);***
- разработка и внедрение биологических методов борьбы с вредителями и сорняками (***аутэкология);***
- определение допустимой степени вмешательства человека в природу и др.

Методы экологии

Методы экологии подразделяются на ***полевые*** и ***экспериментальные.*** Их сочетание позволяет выяснить все аспекты взаимоотношений между живыми организмами и многочисленными факторами окружающей среды и определить пути управления экосистемами.

- **Полевые наблюдения** осуществляются непосредственно в естественных условиях без вмешательства в наблюдаемые процессы и применяются для качественной характеристики экосистем, изучения видового состава организмов и их взаимосвязей.
- **Эксперименты в природных условиях,** в отличие от наблюдений, сопровождаются определенными целенаправленными изменениями, которые исследователь сознательно производит в наблюдаемой природной экосистеме с целью изучения роли того или иного фактора.
- **Эксперименты в лабораторных условиях** позволяют не только варьировать, но и строго контролировать влияние на живые организмы любых факторов по заданной программе.
- **Моделирование** — создание ***математических*** моделей, описывающих структуру и функционирование экосистем. Моделирование позволяет прогнозировать с помощью вычислительной техники процессы и ситуации, возникающие в популяциях организмов и экосистемах.

5.2. Среда обитания и экологические факторы

Среда обитания и условия существования

Среда обитания - часть природы (совокупность конкретных условий живой и неживой природы), непосредственно окружающая живой организм и оказывающая прямое или косвенное влияние на его состояние: рост, развитие, размножение, выживаемость и т.п.

Условия существования - это совокупность ***жизненно необходимых*** факторов среды, без которых живой организм не может существовать (свет, тепло, влага, воздух, почва и т.д.).

Экологические Факторы и их классификация

Экологические факторы - это отдельные элементы среды обитания, способные оказывать влияние на организмы, популяции и природные сообщества, вызывая у них приспособительные реакции (адаптации).

- **Классификация экологических факторов по характеру действия:**
  - **периодические факторы** (действуют постоянно и имеют суточную, сезонную и годичную цикличность: смена дня и ночи, приливы и отливы, чередование времен года и др.);
  - **непериодические факторы** (действуют на организмы или популяции внезапно, эпизодически);
- **Классификация экологических факторов по происхождению:**
  - **абиотические факторы** - все факторы неживой природы: ***физические,*** или ***климатические*** (свет, температура, влажность, давление), ***эдафические,*** или ***почвеино-грунтовые*** (механическая структура почвы, ее минеральный состав), ***топографические,*** или ***орографические*** (рельеф местности), ***химические*** (соленость воды, газовый состав воздуха, pH почвы и воды) и др.;
  - **биотические факторы** - разнообразные формы влияния одних живых организмов на жизнедеятельность других. При этом одни организмы могут служить пищей для других, быть для них средой обитания, способствовать размножению и расселению, оказывать механические, химические и другие воздействия;
  - **антропогенные факторы** - разнообразные формы деятельности человека, изменяющие природу как среду обитания других видов или непосредственно сказывающиеся на их жизни (загрязнение окружающей среды отходами промышленности, охота и др.).

Закономерности действия экологических Факторов на организмы

- **Характер действия экологических факторов на организмы:**
  - как ***раздражители*** они вызывают приспособительные изменения физиологических и биохимических функций;

- как ***ограничители*** обусловливают невозможность существования тех или иных организмов в данных условиях;
- как ***модификаторы*** определяют морфологические, структурно-функциональные и анатомические изменения организмов;
- « как ***сигналы*** они свидетельствуют об изменениях других факторов среды.

- **По силе воздействия на организм** экологические факторы подразделяются на:
  - оптимальные;
  - нормальные;
  - угнетающие (стрессовые);
  - предельные;
  - » ограничивающие.

Пределы выносливости организма - это диапазон интенсивности фактора, в границах которого возможно существование организма (см. рис. 5.1). Этот диапазон ограничен крайними пороговыми **точками минимума и максимума** и характеризует ***толерантность*** организма. При интенсивности фактора, меньшей точки минимума (нижнего предела) или большей точки максимума (верхнего предела) организм погибает.

Рис. 5.1. **Действие экологического фактора на организмы**

Биологический оптимум - наиболее благоприятная для организма интенсивность фактора. Значения интенсивности фактора, лежащие вблизи биологического оптимума, составляют **зону оптимума.**

Зоны стресса, угнетения (или **пессимума)** - диапазоны с резким недостатком или избытком фактора; в этих зонах интенсивность фактора лежит в пределах выносливости, но выходит за границы биологического оптимума.

Зона нормальной жизнедеятельности находится между зоной оптимума и зоной пессимума (стресса).

Толерантность - способность организмов выносить отклонения экологического фактора от оптимальных для себя значений.

- Одна и та же интенсивность фактора может быть оптимальной для одного вида, угнетающей (стрессовой) для другого и выходить за пределы выносливости для третьей.

Эврибионты - организмы, способные выдерживать значительные отклонения от биологического оптимума (т.е. имеющие широкие пределы выносливости); *пример:* карась способен жить в различных водоемах.

Стенобионты - организмы, для существования которых необходимы строго определенные, относительно постоянные условия среды; *пример:* форель обитает только в водоемах с высоким содержанием кислорода.

Экологическая валентность - способность организма заселять разнообразные среды обитания.

Экологическая пластичность - способность организма адаптироваться к определенному диапазону изменчивости факторов среды.

Взаимодействие экологических Факторов. Ограничивающий фактор

Комплексное воздействие факторов: экологические факторы воздействуют на живой организм комплексно, т.е. одновременно и совместно, причем действие одного фактора в определенной степени зависит от интенсивности другого фактора. *Примеры:* жара легче переносится в сухом воздухе, чем во влажном; замерзнуть можно быстрее при морозе с сильным ветром, чем в безветренную погоду и т. п..

Эффект компенсации - явление частичной компенсации недостатка (избытка) одного экологического фактора избытком (недостатком) другого фактора.

Независимое приспособление к действию факгоров: к каждому из действующих факторов организмы приспосабливаются относительно независимым путем. Степень выносливости к какому-либо фактору не означает аналогичной выносливости к действию остальных факторов.

Экологический спектр - совокупность способностей организма существовать в условиях действия различных факторов среды.

Ограничивающий (лимитирующий) фактор - это фактор среды, значения которого выходят за пределы выносливости организма, что делает невозможным существование этого организма в данных условиях.

- **Роль ог раничивающих факторов:**
  - они определяют географические ареалы видов;
  - они сильнее других факторов влияют на жизнедеятельность организма и действуют по правилу минимума;
  - * их действие является жизненно важным для организма, несмотря на благоприятное сочетание остальных факторов. *Примеры.* распространение организмов в Арктике ограничивается недостатком тепла, в пустынях - недостатком влаги и др.

5.3. Влияние абиотических факторов на живые организмы

Основные абиотические факторы: солнечный свет, температура, влажность.

Влияние солнечного света

Солнечный свет - основной источник энергии для фотосинтеза, поддержания теплового баланса, водного обмена, а также одно из условий ориентировки в пространстве.

- Свет для организмов выступает в роли важнейшего сигнального фактора, обусловливающего ***фотопериодизм.***
- Биологическое действие солнечного света зависит от его спектрального состава, интенсивности, продолжительности, суточной и сезонной периодичности.

Неравнозначность различных участков спектра (видимого света, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей) по биологическому действию:

- **видимый свет** (длина волны от 0,40 до 0,75 мкм), или **фотосинтетически активная радиация (ФАР),** нужен зеленым растениям для образования хлорофилла, он влияет на газообмен и транспирацию, стимулирует биосинтез белков и нуклеиновых кислот, повышает активность ряда светочувствительных ферментов; у животных используется для видения и ориентации в окружающей среде; обеспечивают ***фотопериодизм*** и биологические ритмы; вместе с температурой влияет на деление и растяжение клеток, ростовые процессы, развитие растений, определяет сроки цветения и плодоношения и т.д.;
- **жесткие УФ-лучи** (длина волны менее 0,29 мкм) губительны для всего живого и задерживаются озоновым слоем; УФ-лучи оказывают мутагенное и бактерицидное действие; небольшое количество этих лучей используется животными для синтеза витамина О (профилактика рахита) и меланина в коже;
- **инфракрасные лучи** (длина волны более 0,75 мкм) вызывают нагревание организмов, усиливая теплообмен и транспирацию; являются источником тепла для пойкилотермных животных, вызывают таяние снега и т.п.

- **Экологические группы организмов по отношению к свету:**
  - **растения** делят на ***светолюбивые (гелиофиты,*** сильное затенение действует на них угнетающе), ***тенелюбивые (сциофиты,*** для них приемлема слабая освещенность) и ***теневыносливые (факультативные гелиофиты,*** имеющие широкую амплитуду выносливости по отношению к свету);
  - **живот ных** по проявлению активности в зависимости от уровня освещенности делят на ***дневных, сумеречных*** и ***ночных.***

Сравнительная характеристика экологических групп растений по отношению к свету

	Светолюбивые	Тенелюбивые	Теневыносливые
Условия обитания	Открытые, хорошо освещенные места	Затененные места с освещенностью 1/10-1/3 от полной	Разная степень освещенности; но лучше растут и развиваются при полной освещенности
Особенности листьев	Мелкие, толстые, располагаются вертикально, развита паренхима, много устьиц	Пластинка тонкая, широкая, хлоренхима слабо дифференцирована на губчатую и столбчатую	Образуют листовую мозаику, расположены горизонтально, ориентированы к свету всей поверхностью, устьиц мало
Примеры	Чабрец, шалфей, гусиный лук, хлебные злаки, степные и луговые травы	Ветреница дубравная, копытень европейский, чистотел большой, майник двулистный	Брусника, ландыш майский, лещина, бузина, ель, пихта, граб, бук

Фотопериодизм - реакция организмов на суточный ритм освещения и сезонные изменения длины дня и ночи, проявляющаяся в колебании интенсивности и характера физиологических процессов.

" Под фотопериодическим контролем находятся практически все метаболические процессы, связанные с ростом, развитием, жизнедеятельностью и размножением растений и животных.

- **Примеры фотопериодизма:**
  - у **растений:**
    - ***суточная ритмичность,*** обусловленная сменой дня и ночи: периодическое открытие и закрытие цветков (хлопчатник, лен, душистый табак), усиление или ослабление физиологических и биохимических процессов фотосинтеза, скорости деления клеток и др.;

- *сезонная ритмичность:* усиление или ослабление роста и смена фаз развития (распускание почек, цветение, плодоношение, листопад и т. п.);

• **у животных:**
- *суточная ритмичность:* суточные ритмы в чередовании сна и бодрствования, яйценоскость кур и др.;
- *сезонная ритмичность:* прилеты и отлеты, гнездование и смена оперения птиц, линька млекопитающих, периодичность спаривания и размножения, впадение в зимнюю спячку некоторых животных и т.д.

• у **человека** суточные ритмы выражаются в чередовании сна и бодрствования и колебаниях свыше трехсот показателей: температуры тела (в пределах 0,7-0,8 °С), активности коры головного мозга, циклах деятельности сердца и почек, артериального давления, свертываемости крови и т.д.

• **Классификация растений** по типу фотопериодической реакции (ФПР):
• растения короткого дня (произрастают преимущественно в северных широтах): им для перехода к цветению требуется 12 ч и менее светлого времени в сутки (конопля, капуста, хризантемы, табак, рис);
• растения длинного дня (произрастают преимущественно в южных широтах): для цветения и дальнейшего развития им нужна продолжительность беспрерывного светового периода более 12 ч в сутки (пшеница, лен, лук, картофель, овес, морковь);
• **фотопериодически нейтральные растения:** для них длина фотопериода безразлична, и цветение наступает при любой длине дня, кроме очень короткой (виноград, томаты, одуванчики, гречиха, флоксы и др.).

На фотопериодическую реакцию организмов заметное влияние могут оказывать температура и влажность среды.
• ***Пример:*** при 28,5 °С для цветения белены требуется освещение в течение 11,5 ч, при 15,5 °С - в течение 8,5 ч.

• **Классификация животных** по типу **ФПР:**
• **дневные животные** проявляют наибольшую активность днем, ночью спят (жаворонки, волки, зайцы);
" **ночные животные** ведут активную жизнь только в ночных условиях (летучие мыши, совы, крыланы);
» **животные, постоянно обитающие в полной темноте** (паразиты кишечника, крот).

Биологические ритмы (биоритмы) — выработавшиеся на основе фотопериодизма периодически повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов и явлений.

Биологические часы - способность живых организмов ощущать суточные, приливно-отливные, лунные и годичные циклы природы и тем самым ориентироваться во времени.
• Биологические часы позволяют организму заранее подготовиться к предстоящим изменениям среды.

• **Классификация биоритмов:**
• **годичные,** или **цирканные** (распускание почек, линька и др.);
• **лунные** (менструальный цикл у человека);
• **приливно-отливные** (открывание и закрывание раковин у моллюсков в полосе прибоя);
• **суточные,** или **циркадные** (открывание и закрывание устьиц на листьях).

Практическое использование фотопериодизма и биоритмов: подбором режимов освещения и температуры, наиболее соответствующих биоритмам, можно заметно повысить продуктивность животных и растений. *Примеры:* увеличение зимой светового дня до 12-15 ч за счет искусственного освещения позволяет выращивать в теплицах, оранжереях и парниках овощные культуры и декоративные растения, ускорить рост и развитие рассады, на птицефермах - увеличить яйценоскость кур, уток, гусей, на зверофермах - регулировать размножение пушных зверей.

Влияние температуры

Температура влияет на скорость и характер протекания всех химических реакций, составляющих обмен веществ в организме.

Температура организма зависит от:
• количества тепла, выделяющегося в организме в реакциях метаболизма,
• температуры окружающей среды (она достигает +50...+60 °С в пустынях и -70...-80 °С в Антарктиде),
• интенсивности теплообмена между организмом и средой.

Температурные пределы жизни определяются условиями, при которых не происходят денатурация белков и отсутствуют необратимые изменения коллоидных свойств цитоплазмы, нарушения активности ферментов и процессов дыхания.
• Для большинства организмов этот диапазон температур составляет от 0 до +50 °С; значительно большие адаптационные возможности присущи организмам по отношению к сезонно повторяющимся изменениям температуры.
• Однако ряд организмов, обладающий специализированными ферментами, может активно существовать при температурах, выходящих за указанные пределы. Так, многие низшие организмы способны выдерживать очень низкие температуры благодаря высокой концентрации в цитоплазме их клеток солей, глицерина, сахара и сниженного содержания воды.

- **Классификация организмов по отношению к высокой и низкой температуре окружающей среды:**
  - **термофилы** - организмы, оптимальные условия жизнедеятельности которых лежат в области относительно высоких температур;
  - **криофилы** - организмы, оптимальные условия жизнедеятельности которых лежат в области относительно низких температур.

Классификация организмов по отношению к температуре окружающей среды

Группы организмов	Представители
Термофилы - обитают в условиях высоких температур; бактерии переносят температуры до 80... 90 °С, растения - до 60... 80 °С, животные - до 55... 58 °С	Бактерии, обитающие во влажном зерне, сене; цианобактерии осцилатории; накипные лишайники; семена пустынных растений; раковинные амебы, некоторые ракообразные, нематоды, клещи
Криофилы - обитают в условиях низких температур; сохраняют активность при температурах от 0 до -8 °С	Бактерии, грибы, ягель; членистоногие, обитающие в тундрах, высокогорьях, холодных полярных водах; цисты простейших сохраняют жизнеспособность при -70 °С

- **Классификация организмов по температуре тела:**

пойкилотермные (эктотермные, или **холоднокровные)** организмы - организмы, не обладающие способностью терморегуляции своего тела. Активность пойкилотермных организмов зависит от количества тепла, поступающего извне, а температура их тела - от температуры окружающей среды.

- *Примеры,* все микроорганизмы, растения, беспозвоночные и большая часть хордовых животных;

гомойотермные (эндотермные, или **теплокровные)** организмы - организмы, у которых температура тела поддерживается на постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды.

- *Примеры',* птицы, млекопитающие, человек.
- Источником тепла у эндотермных организмов являются процессы интенсивного обмена веществ; поддержанию температуры тела постоянной способствует хорошая тепловая изоляция, создаваемая волосяным покровом, плотным оперением, толстым слоем подкожной жировой ткани.
- Важную роль в интенсификации обменных процессов у гомойотермных организмов играют четырехкамерное сердце, полное разделение артериальной и венозной крови и совершенные органы дыхания.

- Свойство эндотермности позволяет многим видам животных (белым медведям, ластоногим, пингвинам и др.) вести активный образ жизни при низких температурах.

Гетеротермия - свойство некоторых организмов изменять температуру своего тела в зависимости от активности организма. В неблагоприятный период года эти животные впадают в спячку или временное оцепенение.

* *Примеры*: некоторые мелкие птицы и млекопитающие (насекомоядные, летучие мыши, суслики, ежи и др.).

Температурные адаптации растений

- **Опасность высоких температур для растений:** при повышении температуры за пределы зоны угнетения происходят:
  - сильное обезвоживание и иссушение растений,
  - ожоги,
  - разрушение хлорофилла,
  - необратимые расстройства дыхания,
  - тепловая денатурация белков,
  - коагуляция цитоплазмы и гибель растения.

Температурные адаптации растений к обитанию при высоких температурах

Физиологические и биохимические	Морфологические	Сезонные
Усиленная транспирация; накопление в цитоплазме защитных веществ (слизи, органических кислот и др.); сдвиг температурного оптимума активности важнейших ферментов	Блестящая поверхность и густое опушение листьев, придающие им светлую окраску и повышающие отражение солнечного излучения; вертикальное положение листьев; свертывание листовых пластинок (у злаков); уменьшение листовой поверхности и т.д.	Сдвиг вегетации на сезон с более благоприятными тепловыми условиями

- **Опасность низких температур для растений.** При понижении температуры:
  - тормозятся процессы роста растений, фотосинтеза, образования хлорофилла,
  - снижается энергетическая эффективность дыхания,
  - резко замедляется скорость развития растения;
  - при отрицательных температурах в межклетниках и клетках замерзает вода, в результате чего клетки обезвоживаются и механически повреждаются;

- при дальнейшем понижении температуры происходит коагуляция белков,
- разрушается цитоплазма и растение гибнет.

Температурные адаптации растений к обитанию при низких температурах

Физиологические и биохимические	Морфологические	Сезонные
Повышение концентрации растворимых углеводов в клеточном соке, способствующее понижению точки замерзания; синтез гидрофильных и гидрофобных белков и олигосахаридов, связывающих воду	Карликовость (карликовая береза, карликовая ива и др.); высота карликовых растений соответствует глубине снежного покрова, под которым зимуют растения, так как все части, выступающие над снегом, гибнут от замерзания. Стелющиеся формы (можжевельник, рябина и др.). Подушковидные формы, образующиеся в результате усиленного ветвления и крайне замедленного роста побегов	Листопад у древесных форм и надземных органов у трав; опушение почечных чешуй; зимнее засмоление почек (у хвойных); образование толстой кутикулы, утолщение пробкового слоя и др.

Температурные адаптации животных

- **Основные пути температурных адаптации животных:**
  - **химическая терморегуляция** - усиленное образование тепла в ответ на понижение температуры среды;
  - « **физическая терморегуляция** - изменение интенсивности теплоотдачи, способность удерживать тепло или, наоборот, рассеивать его избыток;
  - **поведенческая терморегуляция** (избегание неблагоприятных температур путем миграции или передвижения на освещенные или теневые участки; а также изменение поведения более сложным образом: зимняя спячка, анабиоз).
- **Способы физической терморегуляции:**
  - путем рефлекторного сужения и расширения кровеносных сосудов кожи, меняющих ее теплопроводность;
  - изменением теплоизолирующих свойств меха и перьевого покрова тела;
  - изменением интенсивности испарения воды путем потоотделения или через влажные оболочки полости рта (у собак и др.);
  - сезонным изменением толщины подкожного жирового слоя (у некоторых животных).

- **Особенности и температурные адаптации пойкилотермных животных**
  - Эти животные характеризуются более низким уровнем обмена веществ по сравнению с гомойотермными, поэтому у них вырабатывается мало тепла, что делает невозможной химическую и физическую терморегуляцию.
  - **Основной способ терморегуляции пойкилотермных животных - *поведенческий*** (перемена позы, активный поиск благоприятных климатических условий, смена мест обитания, самостоятельное создание нужного микроклимата: сооружение гнезд, рытье нор, оцепенение, анабиоз и т.д.).
  - Некоторые пойкилотермные животные (например, шмели) способны поддерживать оптимальную температуру тела за счет повышения или понижения активности работы мышц.

Температурные адаптации животных

Пойкилотермные	Гомойотермные	
Миграция (рыбы, насекомые). Понижение или повышение активности. Оцепенение (земноводные). Анабиоз (низшие ракообразные). Накопление глицерина (арктические рыбы). Небольшие размеры тела. Спорообразование (бактерии). Инцистирование (протисты)	Миграция (птицы). Спячка (барсуки). Перьевой и волосяной покров. Подкожно-жировая клетчатка.	Предохраняют от переохлаждения
	Расширение сосудов кожи. Повышение потоотделения	Предохраняют от перегрева

Оцепенение - состояние, характеризующееся неподвижностью животного, прекращением его питания и резким снижением всех физиологических функций. Пониженный уровень обмена веществ поддерживается за счет запасов энергии (жира), накопленных в активном периоде.

- Оцепенение позволяет животным пережить неблагоприятные условия (высокую или низкую температуру, отсутствие воды, пищи и др.).
- Оно присуще насекомым, лягушкам, ряду млекопитающих (ежам, барсукам), впадающим в зимнюю спячку, а также некоторым пустынным грызунам, черепахам и др., впадающим в спячку летом из-за жары и недостатка воды.

Анабиоз - такое состояние некоторых живых организмов, при котором все их жизненные процессы настолько замедлены, что видимые проявления жизни отсутствуют.

- В этом состоянии повышается устойчивость организмов к высокой или низкой температуре, недостатку кислорода и влаги, действию ядовитых веществ, ионизирующих излучений и др.
- В состоянии анабиоза организмы могут сохранять жизнеспособность в течение нескольких лет.
- В анабиоз могут впадать многие бактерии (образуют споры), простейшие (образуют цисты), низшие ракообразные.

Экологическая роль воды

Вода является необходимым условием существования всех живых организмов на Земле.

- **Значение воды в процессах жизнедеятельности:**
  - вода - основная среда в клетке, где осуществляются процессы метаболизма; все живые организмы на 70-90% состоят из воды;
  - она является универсальным растворителем;
  - она служит важнейшим исходным, промежуточным или конечным продуктом биохимических реакций;
  - для многих видов растений, животных, грибов и микроорганизмов она является непосредственной средой их обитания.

Наземным организмам (особенно растениям) необходимо постоянно пополнять внутренние запасы воды из-за ее потерь при испарении. Поэтому вся эволюция наземных организмов шла в направлении приспособления к активному добыванию и экономному использованию влаги.

Недостаток влаги ограничивает области жизнедеятельности и географического распространения наземных организмов как в пределах отдельной территории, так и в широком географическом масштабе, определяя их зональность (смена лесов степями, степей -полупустынями и пустынями).

- **Основные экологические факторы, определяющие водообеспечение наземных организмов:**
  - количество атмосферных осадков,
  - их распределение по временам года,
  - наличие водоемов,
  - уровень грунтовых вод, запасы почвенной влаги,
  - соотношение между количеством осадков и скоростью испарения.

Аридные (сухие, засушливые) **области** - области, в которых испарение превышает годовую величину суммы осадков.

- В таких областях растения испытывают недостаток влаги в течение большей части вегетационного периода.

Гумидные (влажные) **области** - области, в которых обеспеченность растений водой достаточна в течение всего вегетационного периода.

- **Экологические группы растений по отношению к влаге:**
  - гигрофиты,
  - мезофиты,
  - ксерофиты.

Гигрофиты - растения избыточно увлажненных местообитаний с высокой влажностью воздуха и почвы.

- Гигрофиты не имеют приспособлений, ограничивающих расход воды, и не способны переносить даже незначительную ее потерю.

* Избыточная влага у гигрофитов удаляется за счет ***транспирации*** и ***гуттации.***

Транспирация - физиологический процесс испарения воды растениями. Основной орган транспирации - лист с имеющимися на нем ***устьицами.*** Транспирация возможна и через ***кутикулу*** - тонкую пленку, покрывающую кожицу растения.

Гуттация - выделение воды из растения через специальные выделительные клетки, расположенные по краю листа.

Ксерофиты - растения сухих местообитаний (пустынь, сухих степей, саванн и т.п.), способные переносить продолжительную засуху, оставаясь физиологически активными.

- **Способы преодоления недостатка влаги ксерофитами:**
  - эффективное добывание (всасывание) воды,
  - экономное ее расходование,
  - способность переносить большие потери воды.

Склерофиты - имеющие своеобразный внешний облик ксерофиты с мелкими, узкими, жесткими листьями с толстой кутикулой, с многослойным толстостенным эпидермисом, с большим количеством механических тканей.

- Листья склерофитов даже при большой потере воды не теряют упругости и тургора.
- Клетки листа склерофита мелкие и плотно упакованы, что значительно сокращает испаряющую поверхность.

Суккуленты - ксерофиты с сочными мясистыми листьями или стеблями, содержащими сильно развитую водоносную ткань.

- Различают ***листовые суккуленты*** (агавы, алоэ) и ***стеблевые суккуленты,*** у которых листья редуцированы, а надземные части представлены мясистыми стеблями (кактусы и др.).
- Фотосинтез у стеблевых суккулентов осуществляется периферическим слоем паренхимы стебля, содержащим хлорофилл.

Мезофиты - растения, занимающие промежуточное положение между гигрофитами и ксерофитами.

- Мезофиты распространены в умеренно влажных и умеренно теплых зонах с хорошей обеспеченностью минеральным питанием.
- Могут адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды.

6 Зак. 2103

Сравнительная характеристика экологических групп растений по отношению к влаге

Признак		Ксерофиты		Мезофиты
		Склерофиты	Суккуленты	
Уровень влажности воздуха и почвы	Высокий	Низкий (сухие места): экономно используют воду	Низкий	Умеренный
Физиологические адаптации	Низкое осмотическое давление клеточного сока, высокая интенсивность транспирации и гуттации	Повышенное осмотическое давление клеточного сока; могут всасывать воду при больших водоотнимающих силах почвы; высокая водоудерживающая способность клеток и тканей; большая доля связанной воды, экономное ее расходование; сохранение активности ферментов при обезвоживании		Хлоренхима (хлорофиллоносная ткань) дифференцирована (столбчатая, губчатая); листопад
Особенности листьев	Листовая пластинка тонкая, устьиц мало, они широко раскрыты, ткани листа рыхлые	Листья мелкие, жесткие, с толстой кутикулой и развитой механической тканью; клетки мелкие	Листья мясистые, устьица закрыты, транспирация очень низкая	Листья развиты умеренно
Особенности стеблей	Ксилема развита слабо	Ксилема развита хорошо	Ксилема развита умеренно	Ксилема развита умеренно
Особенности корневой системы	Нет корневых волосков	Корни хорошо развиты, активно всасывают воду	Корни поверхностные, развиты слабо	Корни умеренно развиты, есть корневые волоски
Представители	Белокрыльник болотный, плакун-трава, камыш	Чертополох, ковыль, верблюжья колючка, саксаул, астрагал	Молочай, кактус, алоэ, агава	Растения умеренного климата

Регуляция водного баланса у животных происходит благодаря ряду поведенческих, морфологических и физиологических адаптации (см. таблицу).

Адаптации животных к обитанию в условиях дефицита влаги

Поведенческие	Поиск водоемов (куланы, сайгаки); рытье нор (в них влажность достигает 100%); ночной образ жизни (степные черепахи)
Морфологические	Наличие образований, способствующих задержанию воды (чешуя, раковины моллюсков, хитинизированная кутикула насекомых); отсутствие кожных желез;
Физиологические	Экономия влаги путем всасывания воды стенками кишечника и образования высококонцентрированной мочи (овцы, тушканчики); образование метаболической воды путем расщепления запасенного жира (верблюды, курдючные овцы, насекомые); довольствование малым количеством влаги, поступающей с пищей (суслики, змеи); развитие выносливости к обезвоживанию организма благодаря эффективной терморегуляции и особенностям кровеносной системы.

В таблице, размещенной на следующей странице, приведены адаптации организмов к жизни в различных средах.

5.4. Влияние биотических факторов на живые организмы

Общие понятия

Биотическая среда - непосредственное живое окружение того или иного существа.

Биотические факторы среды - все виды прямого или косвенного влияния одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую среду обитания.

- **Основные формы отношений между организмами:**
  - пространственные (использование одних и тех же территорий для добычи пищи, совместное использование жилищ - нор, гнезд птиц и т.п.),
  - трофические (пищевые),
  - топические,
  - форические,
  - фабрические.

Адаптации организмов к жизни в различных средах

Среда	Особенности среды	Адаптации
Водная	Обладает высокой теплопроводностью и теплоемкостью; пресная, солоноватая, морская; большая плотность. *Ограничивающие факторы:* отсутствие света, недостаточность кислорода, высокое давление	*К высокой плотности:* гидробионты ведут придонный образ жизни *(бентос)',* активно плавают *(нектон)-,* перемещаются током воды *(планктон).* *К низкому содержанию кислорода:* снижен обмен веществ, пойкилотермность
Почва	В верхних слоях достаточно кислорода; с глубиной его содержание уменьшается	Компактное тело, недоразвитые органы зрения; копательные конечности; гидроскелет
Наземно-воздушная	Низкие плотность, теплопроводность и теплоемкость; сильные воздушные потоки; влажность и температура колеблются в широких пределах	*У животных* - внутреннее оплодотворение, прочный скелет (наружный, внутренний); развиты конечности (активное передвижение); небольшие размеры. У *растений* - механическая ткань в стебле; споры и семена растений переносятся воздушным потоком
Другой **организм**	Хозяин паразита	*У животных* - органы фиксации, плотный покров, редукция некоторых систем, большая плодовитость, смена хозяев, анаэробиоз. У *растений* - корни-присоски, слабо развитые вегетативные органы, отсутствует фотосинтез, есть специальные ферменты

Трофические отношения - тип связи между организмами, когда одни организмы питаются либо другими организмами, либо их мертвыми остатками, либо продуктами их жизнедеятельности.

Топические отношения - тип связи между организмами, когда один вид служит местом для поселения другого вида *(пример:* использование птицами деревьев для гнездования).

Форические отношения - тип связи между организмами, когда организмы одного вида способствуют перемещению организмов другого вида (*пример*: перенос млекопитающими клещей, блох и других паразитов).

Фабрические отношения - тип связи между организмами, когда один вид использует другой для строительства жилья, гнезд, убежищ и т.д. *(пример:* использование бобром растительного материала для строительства плотин и хаток).

Формы биотических отношений

Конкуренция - это взаимоотношения, возникающие между особями или популяциями одного и того же вида **(внутривидовая конкуренция)** или разных видов **(межвидовая конкуренция),** соревнующихся за одни и те же ресурсы среды при их ограниченном количестве.

- Формы конкурентных взаимоотношений варьируются от прямой физической борьбы до мирного сосуществования.
- Конкуренция проявляется в возникновении у особей стрессовых ситуаций, драк, в снижении скорости роста и плодовитости особей, в возрастании их смертности и т.п. Это - единственная форма биотических отношений, негативно влияющая на взаимодействующих партнеров.
- Конкуренция - один из механизмов формирования видового состава сообщества, пространственного распределения и регуляции численности особей, эволюционного развития видов.

Закон конкурентного исключения: если два вида с одинаковыми экологическими потребностями оказываются в одном сообществе, то рано или поздно один конкурент, лучше приспособленный к условиям этой окружающей среды, вытеснит другого (сформулирован Г.Ф. Гаузе в 1934 г.).

- В одном сообществе вместе уживаются только те виды, которые в ходе эволюции приобрели различия в потребляемых ресурсах.

Хищничество - способ добывания пищи и питания животных (редко грибов и растений), когда одни животные ловят, умерщвляют и поедают других животных.

Адаптации, характерные для хищничества:

- *у **хищника*** - хорошее развитие нервной системы и органов чувств, быстрота реакции, скорость бега или полета и др.;
- *у **жертвы*** - покровительственная окраска, инстинкты затаивания, обманного поведения, использование убежищ, наличие панциря, рогов, шипов и т.д.

Примеры хищников: представители отряда хищных (кошачьи, волки, тюлени, моржи и др.), хищные птицы (совы, орлы и др.),

рыбы (щуки, акулы и др.), рептилии (крокодилы), насекомые, насекомоядные растения (росянка круглолистная, пузырчатка, жирянка и др.).

Антибиоз - тип взаимоотношений между организмами разных видов, когда особи одного вида, выделяя особые вещества (называемые **антибиотиками),** оказывают угнетающее воздействие на жизнедеятельность особей других видов.

- Антибиотики, продуцируемые грибами, бактериями и другими организмами (пенициллин, стрептомицин, биомицин) широко применяются для лечения инфекционных болезней.

Фитонциды - летучие антибиотики, продуцируемые некоторыми высшими растениями и угнетающие жизнедеятельность бактерий, грибов и одноклеточных.

- Фитонциды играют важную роль в биологической очистке воздуха.

Нейтрализм - тип взаимоотношений организмов, сосуществующих на одной территории, при котором ни один из них никак не влияет на другой.

- *Пример:* сосуществование в саваннах некоторых видов копытных, поедающих растения различных ярусов и поэтому не конкурирующих за пищу.

Симбиоз - это любая форма совместного существования (сожительства) организмов разных видов, при которых хотя бы один получает пользу.

- Симбионты, как правило, имеют противоположные признаки: это автотрофы и гетеротрофы, подвижные и ведущие прикрепленный образ жизни, обладающие способами и средствами защиты и лишенные их и т.п. В результате один или оба партнера по симбиозу лучше адаптируются к конкретным условиям среды и в итоге выигрывают в борьбе за существование.

Различают ***факультативный*** и ***облигатный*** симбиоз.

Факультативный (необязательный) **симбиоз** - это симбиоз, когда каждый из организмов при отсутствии партнера может существовать самостоятельно.

Облигатный (обязательный) **симбиоз** - симбиоз, при котором один из организмов (или оба) оказывается в такой зависимости от другого, что самостоятельно существовать не может.

- **Классификация форм симбиоза** по результатам взаимодействий между партнерами:
- ***комменсализм,***
- » ***синойкия,***
- * ***мутуализм,***
- ***паразитизм.***

Комменсализм (нахлебничество) - сожительство организмов разных видов, при котором один организм использует другой как жилище и источник питания, но не причиняет ему вреда.

» *Примеры*: бактерии и простейшие в желудочно-кишечном тракте человека, питающиеся остатками пищи хозяина; рыбы-прилипалы и акулы и т.п.

Синойкия (квартирантство) - сожительство, при котором особь одного вида использует особь другого вида только как жилище или/и средство перемещения в пространстве, не принося ему ни пользы, ни вреда.

- *Примеры,* поселение членистоногих в муравейниках, норах грызунов и гнездах птиц, а грибов и лишайников - в дуплах и на стволах деревьев.

Мутуализм (взаимовыгодный симбиоз) - это облигатное, т.е. невозможное друг без друга, сожительство организмов разных видов, приносящее взаимную пользу.

- *Примеры:* сожительство клубеньковых бактерий с корнями бобовых растений; симбиоз водорослей и грибов, образующих тело лишайников; симбиоз бактерий, инфузорий и одноклеточных жгутиковых, живущих в пищеварительном тракте жвачных животных и помогающих животному-хозяину переваривать богатую целлюлозой растительную пищу, вырабатывая нужные ферменты, причем без симбионтов эти животные усваивать поглощаемую целлюлозу не способны.

Паразитизм - такая форма антагонистических взаимоотношений между организмами разных видов, при которой один организм (паразит) использует другой организм (хозяина) в качестве постоянной или временной среды обитания и источника пищи.

* Паразитами являются все вирусы, многие бактерии, грибы, простейшие, некоторые черви и членистоногие.
- Характерные особенности паразитов - высокая специализация и редукция у них одних органов и/или усложнение других.
- Вредное действие паразитов слагается из механического повреждения тканей хозяина, отравления его продуктами обмена, питания за его счет.
- " Связь паразита с внешней средой осуществляется опосредованно через организм хозяина.

Эктопаразиты - паразиты, живущие на теле хозяина (вши, клещи, некоторые грибы)!

Эндопаразиты - паразиты, обитающие в тканях или полости тела хозяина (бактерии, глисты) или внутри его клеток (вирусы, малярийный плазмодий).

Облпгатные паразиты используют организм только живого хозяина; с его гибелью погибают и они.

Факультативные паразиты не погибают после гибели хозяина, питаясь отмершими остатками его организма, т.е. переходя на сапротрофный способ питания.

Временные паразиты лишь периодически посещают хозяина (комары, мошки, слепни).

Постоянные паразиты проводят на теле хозяина или внутри его всю свою жизнь (рак саккулина постоянно паразитирует на крабах).

Паразитоиды - организмы, ведущие паразитический образ жизни только на стадии личинки (многие насекомые). Пребывание паразитоида в теле хозяина заканчивается гибелью хозяина.

Типы биотических отношений

Внутривидовые	Межвидовые			
Конкуренция Каннибализм Эффект стаи Эффект вожака Забота о потомстве	Конкуренция Хищничество Антибиоз Нейтрализм Симбиоз			
	Комменсализм (захлебничество)	Синойкия (квартиранство)	Мутуализм	Паразитизм

Экологическая роль хищничества, паразитизма и других типов пищевых связей в сообществах:

- участие организмов в общем круговороте веществ,
- осуществление взаимной регуляции численности видов.

Антропогенные Факторы

Антропогенные факторы связаны с деятельностью человека, который изменяет окружающую среду в соответствии со своими потребностями.

- Антропогенные факторы начали действовать при переходе человечества от собирательства к земледелию и охоте, но их роль особенно возросла в последнее время в связи с интенсивным развитием промышленности и сельского хозяйства.
- Воздействие человека на природу может быть положительным и отрицательным.

Положительное воздействие выражается в разумном преобразовании человеком окружающей среды (посадке лесов, парков, чов), в создании и разведении новых высокопродуктивных сороастений и пород животных, в охране природных территорий

(заповедников, заказников, национальных парков), в сохранении уникальных природных объектов (озеро Байкал, Гранд-Каньон и др.) и т.д.

Отрицательное воздействие человека на природу выражается в загрязнении среды обитания отходами жизнедеятельности и производства, нефтепродуктами, синтетическими веществами и радиоактивными изотопами, в накоплении в почве пестицидов, в вырубке лесных массивов, в извлечении невосполнимых природных ресурсов (нефти, газа, угля, минералов), в осушении вековых болот, приводящем к обмелению рек и эрозии почв, в сокращении численности видов организмов в результате охоты, рыболовства, сбора трав, ягод и грибов.

5.5. Экологическая характеристика популяции

Ареал и экологическая ниша вида

Ареал - часть поверхности суши или акватории," в пределах которой распространены и проходят полный цикл своего развития особи данного вида (рода, семейства или определенного типа сообщества).

Эндемик - вид, занимающий незначительную территорию.

- ***Примеры эндемиков:*** реликтовые растения гинкго и метасеквойя, утконос, ехидна, кистеперая рыба латимерия.
- **Причины эндемизма:**
- географическая изоляция (на океанических островах, в горных районах или изолированных водоемах);
- климатические и почвенно-грунтовые условия;
- биотические факторы (конкуренция, хищничество, симбиоз).

Космополит - вид, встречающийся на большей части обитаемых областей Земли, распространенные повсеместно.

- ***Примеры космополитов:*** сорняки (подорожник большой, пастушья сумка и др.), водные и болотные растения (ряска, рогоза), а также комнатная муха, городской воробей, серая крыса и другие животные, расселяющиеся вслед за человеком.
- **Факторы, влияющие на формирование и особенности ареала:**
- экологическая пластичность вида;
- * его способность к размножению и расселению;
- исторический возраст;
- скорость видообразования.

Сплошной ареал - это ареал, в пределах которого особи вида встречаются во всех подходящих для их жизни местообитаниях.

Прерывистый ареал - это ареал, распадающийся на несколько разобщенных территорий, настолько удаленных друг от друга, что обмен пыльцой или спорами между растениями или миграция животных, обитающих на этих территориях, невозможны.

Экологическая ниша вида - это комплекс условий жизни вида, т.е. совокупность всех факторов среды (в том числе микроклимата), в пределах которых вид может существовать в природе.

- Два вида не могут занимать одну и ту же экологическую нишу, поэтому один из видов или создает новую экологическую нишу, или исчезает.

Популяции и их основные характеристики

Популяция - это совокупность особей одного вида, в течение длительного времени населяющих определенную часть ареала, относительно обособленных от других групп особей того же вида и взаимодействующих между собой (конкурирующих, помогающих друг другу, свободно скрещивающихся и т.п.).

- Популяция - элементарная форма существования и эволюции вида.
- Каждая популяция может существовать только в определенных экологических условиях: при определенной температуре, влажности, составе атмосферы, гидросферы, наличии кормовых ресурсов, конкурентов, паразитов и т.п.

Роль популяций в эволюции: благодаря пространственной разобщенности популяций вид существует в разнообразных условиях среды и подвергается действию естественного отбора разной интенсивности и в разных направлениях, что приводит к образованию новых разновидностей, подвидов и. видов организмов.

Основные характеристики популяций: ареал, численность, плотность, рождаемость, смертность, пространственная, экологическая, половая и возрастная структуры, генетическая разнородность.

Численность популяции - это общее число особей в популяции. Она определяется абиотическими (климатические условия), биотическими (количество корма, хищников, вредителей, паразитов) и антропогенными факторами (применение ядохимикатов, неконтролируемая охота и т.п.) и зависит от интенсивности размножения, гибели особей и их миграции (перехода из одной популяции в другую).

Численность стабильной популяции ограничена максимальным и минимальным значениями.

- Максимальная численность популяции определяется ресурсами среды (количеством пищи, воды и т.п.).
- Минимальная численность популяции составляет не менее нескольких сотен особей. При меньшей численности любая случайная причина (пожар, наводнение, засуха, сильные морозы и др.) может привести к вымиранию популяции.

Гомеостаз популяции - свойство популяции поддерживать свою численность на некотором оптимальном среднем уровне.

Плотность популяции - среднее число особей, приходящихся на единицу площади или объема пространства, занимаемого популяцией.

При увеличении численности особей плотность популяции, как правило, возрастает. Она может остаться неизменной лишь при расширении ареала за счет расселения особей.

Регуляция плотности популяций достигается:

- ***у растений*** - за счет внутривидовой конкуренции, приводящей к саморазреживанию (при этом изменяется не только плотность, но и вегетативная мощность отдельных особей);
- ***у животных*** посредством сложных поведенческих и физиологических механизмов и проявляется лишь в случаях ограниченности ресурсов среды и невозможности их поиска на других территориях (в небольших водоемах, где нет других видов рыб, взрослые окуни питаются собственной молодью).

Рождаемость (абсолютная) - число новых особей в популяции, появившихся за единицу времени в результате размножения.

Удельная рождаемость - среднее количество особей, родившихся в популяции за единицу времени в расчете на 1, 100 или 1000 особей популяции. Этот показатель позволяет сравнивать скорость рождаемости в популяциях с разной численностью.

Величина рождаемости каждого вида определилась исторически как приспособление для восполнения убыли популяций и зависит от:

- соотношения полов в популяции (ее половой структуры);
- соотношения возрастных групп (ее возрастной структуры);
- частоты репродуктивных циклов (циклов размножения);
- плодовитости особей (которая, в свою очередь, зависит от степени развитости заботы о потомстве и обеспечения яиц питательными веществами).

Обычно рождаемость в каждой популяции уравновешена характерной для нее смертностью.

Биотический потенциал характеризует теоретически возможное число потомков от одной пары (или одной особи) за определенный промежуток времени (например, за весь жизненный цикл или за год).

- *Примеры,* численность многих насекомых и ракообразных (тли, дафнии) за год может увеличиться в раз; численность крупных млекопитающих даже при самых благоприятных условиях за год может возрасти лишь в 1,05-1,1 раза.

Смертность (абсолютная) определяется числом особей, погибших (от хищников, болезней, паразитов, генетической и физиологической неполноценности, старости и т.п.) в популяции за единицу времени.

Удельная смертность - количество особей, погибших в популяции за единицу времени ***в расчете на одну особь.***

- Смертность зависит от влияния неблагоприятных абиотических факторов, болезней, количества и активности хищников и паразитов.

Кривая выживаемости - график, показывающий процент особей, доживших до того или иного возраста.

Типы выживаемости организмов (определяются смертностью особей).

- повышенная гибель особей в ранний период жизни (у рыб);
- равномерная гибель особей на всех периодах жизни (у гидр, некоторых червей и др.);
- доживание особей до предельного возраста и массовая гибель на поздних периодах жизни (большинство насекомых); встречается реже; приводит к вспышкам размножения.

Структура популяций

Пространственная структура популяции характеризует особенности размещения особей на занимаемой территории. Она зависит от численности популяции и ее возрастной и половой структуры, может меняться в течение года и определяется свойствами местообитания и биологическими особенностями вида.

- **Типы пространственной структуры популяций:**
  - ***случайное*** распределение по территории;.
  - ***равномерное*** распределение по территории;
  - ***групповое*** распределение, когда особи живут в группах: семьях, стадах, колониях, гаремах. Это распределение встречается наиболее часто, поскольку помогает лучше защищаться от хищников, искать и добывать корм.

Пространственная структура популяций

Тип распределения	Причины	Примеры
Случайное	Однородная среда; малая численность	Гидры, планарии
Равномерное	Жесткая конкуренция; сильный территориальный инстинкт	Хищные рыбы, млекопитающие, птицы
Групповое	Неоднородность среды; особенности размножения; наличие мест, непригодных для жизни	Волки, сельдь

Экологическая структура характеризует отношение различных групп организмов одной популяции к условиям окружающей среды (например, особи одной популяции растений различаются размерами, количеством листьев и цветков, не одновременно зацветают, их плоды созревают также не одновременно и т.д.).

- Такое различие особей позволяет популяции сохраниться в целом при наступлении различных неблагоприятных условий, хотя та или иная часть особей при этом может погибнуть.

Половая структура выражает соотношение количеств мужских и женских особей в популяции. Оно, как правило, отличается от соотношения 1:1, определяемого генетическим механизмом, что объясняется в основном разной жизнеспособностью мужских и женских особей.

- Преобладание доли самок над самцами обеспечивает более интенсивный рост численности популяции.
- Так как самцы и самки многих видов отличаются по характеру питания, поведению и т.п., то изменение половой структуры популяции в той или иной степени меняет ее роль в экосистеме.
- В популяциях человека соотношение полов при рождении составляет 100 девочек на 106 мальчиков, к 18-летнему возрасту оно становится равным 1:1, к 50 годам на 100 женщин приходится 85 мужчин, к 80 годам соотношение по полу становится 2 : 1 (100 женщин на 50 мужчин).

Возрастная структура популяции отражает соотношение различных возрастных групп в популяции. Она зависит от продолжительности жизни особей, времени наступления их половой зрелости, числа потомков в помете, количества потомств за сезон и др.

- Присутствие в популяции большого количества особей младших возрастных групп свидетельствует о ее благополучии. Преобладание в популяции старых особей говорит о том, что данная популяция завершает свое существование.
- Возрастная структура отражает приспособительный характер особей, так как сопротивляемость среде у особей разных возрастов неодинакова (взрослые майские жуки живут несколько недель, а их личинки в почве - три года).

- **Типы экологического возраста:**
  - дорепродуктивный;
  - репродуктивный;
  - пострепродуктивный.

Динамика популяции

Прирост популяции - это разница между рождаемостью и смертностью. Он может быть положительным (численность популяции увеличивается) и отрицательным (численность популяции уменьшается).

Темп роста - средний прирост популяции за единицу времени. У большинства видов он зависит от плотности популяции. Наиболее высокий темп роста наблюдается при определенной оптимальной плотности популяции или при попадании популяции в новую, незанятую экологическую нишу.

Рост численности. Любая популяция, если ее не лимитируют факторы внешней среды (ограниченность ресурсов, болезни, хищники и т.п.), теоретически способна к неограниченному росту численности. В этом случае темп (скорость) роста популяции зависит только от величины ***биотического потенциала***, а сам рост численности популяции происходит в геометрической прогрессии (по экспоненте) и называется **экспоненциальным.**

Условия экспоненциального роста. Реально экспоненциальный рост численности популяции может происходить лишь в течение ограниченного промежутка времени в следующих случаях:

- популяция находится в условиях избытка ресурсов среды (пищи, мест размножения) и не испытывает воздействия неблагоприятных факторов;
- популяция попадает в новые условия, где у нее нет врагов и конкурентов (*пример*: кролики в Австралии);
- популяция существует в искусственно созданных лабораторных условиях (бактерии, дрожжи и др.).

Рост численности популяции приводит к увеличению ее плотности. Но по мере увеличения плотности популяции начинает сказываться ограниченность ресурсов среды, и условия для размножения и роста особей становятся менее благоприятными, что приводит к замедлению роста численности популяции.

Логистический тип роста популяции - тип роста при ограниченных ресурсах, характеризующийся снижением темпа роста по мере увеличения плотности популяции.

Емкость среды - оптимальная плотность популяции в конкретных условиях среды.

- Если плотность популяции соответствует емкости среды, то численность популяции будет колебаться около среднего уровня.
- Если плотность популяции превышает емкость среды, то численность популяции и ее плотность уменьшаются.

Регуляция численности популяции

- **Две группы факторов, влияющих на численность популяции:**
  - **модифицирующие,** не зависящие от плотности популяции (это, как правило, ***абиотические*** факторы среды; например, суровая зима приводит к гибели зверей и птиц, кормящихся на земле, и др.);
  - **регулирующие,** зависящие от плотности популяции (как правило, это различные ***биотические*** факторы: рождаемость, смертность, миграции, поведенческие факторы, исчерпание ресурсов среды и др.).

Миграции — это закономерные суточные или сезонные перемещения животных между существенно различными, пространственно разобщенными средами обитания. Они вызываются изменением условий существования в местах обитания или изменением требований животных к этим условиям на разных стадиях развития.

Роль миграций. Миграции:

- позволяют организмам в течение определенного времени использовать оптимальные условия среды в тех местах, где постоянное проживание организмов этого вида невозможно;
- приводят к освоению новых биотопов и расширению общего ареала вида;
- приводят к обмену особей между популяциями, что может изменить их структуру и основные свойства, предотвратить гибель популяции, находящейся на грани вымирания, или, наоборот, привести ее к резкому сокращению;
- увеличивают единство и общую устойчивость вида;
- способствуют успеху в борьбе за существование.

В отсутствие миграции изменение численности популяции зависит от соотношения величины рождаемости и смертности.

Примеры физиологических и поведенческих факторов, регулирующих численность и плотность популяции:

- при большой плотности популяции у некоторых видов животных (у грызунов) в крови повышается концентрация гормона адреналина, вызывающего агрессивность (драки) и различные гормональные расстройства (у самок может происходить рассасывание эмбриона), что в итоге приводит к сокращению численности популяции;
- **химическое взаимодействие** особей (например, головастики выделяют в воду вещества, задерживающие рост других головастиков);
- **меченне** (секретом пахучих желез, царапинами на деревьях, пением самцов птиц и т.п.), **охрана** индивидуального участка территории и **недопущение** размножения на нем «чужих» особей позволяют наиболее рационально использовать пространство, занимаемое популяцией. Избыточная часть популяции при этом не размножается или вынуждена выселяться за пределы занятого пространства.

Множественность механизмов регуляции численности приводит к тому, что в природе очень редко происходят катастрофический рост численности, подрыв ресурсов (нехватка пищи, убежищ, пространства) и гибель популяции.

5.6. Биоценоз, биогеоценоз, экосистема

Биоценоз

Биоценоз (или **сообщество)** - исторически сложившаяся устойчивая *совокупность популяций* организмов разных видов, населяющих сравнительно однородный участок территории или акватории и связанных определенными взаимоотношениями. (К. Мебиус, 1877 г.).

Примеры биоценозов: сообщества на стволе дерева, в норе, на участке леса, луга, озера, болота, пруда и т.д.

Различные популяции биоценоза должны быть приспособлены к совместной жизни. Это означает, что:

- у всех видов биоценоза должны быть сходные требования к абиотическим условиям среды (свету, температуре, влажности и т.д.);
- должны существовать закономерные трофические (пищевые), топические, форические и фабрические (см. с. 165) взаимосвязи между организмами разных популяций, необходимые для осуществления их питания, размножения, расселения и защиты.

- **Составные части биоценоза:**
  - ***фитоценоз*** (устойчивое сообщество растений); имеет легко распознаваемые характерные черты и границы, является главным структурным компонентом любого биоценоза, определяет видовой состав зоо-, мико- и микробоценозов;
  - ***зооценоз*** (совокупность взаимосвязанных видов животных);
  - ***микоценоз*** (сообщество грибов);
  - ***микробоценоз*** (сообщество микроорганизмов).

  Границы биоценоза устанавливают по фитоценозу.

- **Свойства биоценоза:**
  - биоценоз складывается из популяций разных видов организмов;
  - части биоценоза взаимозаменяемы (один вид может занять место другого вида со сходными экологическими требованиями);
  - биоценоз существует за счет уравновешивания противоположно направленных сил (хищники и жертвы, паразиты и хозяева и т.п.) и количественной регуляции численности одних видов другими;
  - размеры биоценоза определяются его ***биотопом*** (см. ниже).

Экотоп - это *первичный* комплекс абиотических факторов среды и некоторых компонентов живого происхождения (почва, грунт), имевшихся на участке земной поверхности (суши или водоема), занимаемом тем или иным биоценозом, *без учета изменений,* привнесенных живыми существами данного биоценоза.

- Все факторы экотопа можно разделить на ***климатоп, эдафотон*** и ***гидротоп.***

Климатоп - совокупность климатических факторов экотопа.

Эдафотоп - совокупность почвенно-грунтовых факторов.

Гидротоп - совокупность гидрофакторов (наличие и характеристики водоема, содержащейся в нем воды и т.п.).

Биотоп - это *участок среды* (суши или водоема), имеющий относительно однородные условия обитания и занимаемый одним биоценозом. При этом условия среды рассматриваются *с учетом всех видоизменений,* которые были привнесены в них организмами данного биоценоза.

Биогеоценоз и экосистема

Биогеоценоз (кратко - **БГЦ)** - это лежащий в границах определенного фитоценоза и связанный взаимным обменом веществ и энергии *единый природный комплекс, образованный* участком земной поверхности (суши) с определенными условиями среды обитания (*биотопом*) и популяциями всех видов организмов, населяющих этот биотоп (*биоценозом*), см. рис. 5.2.

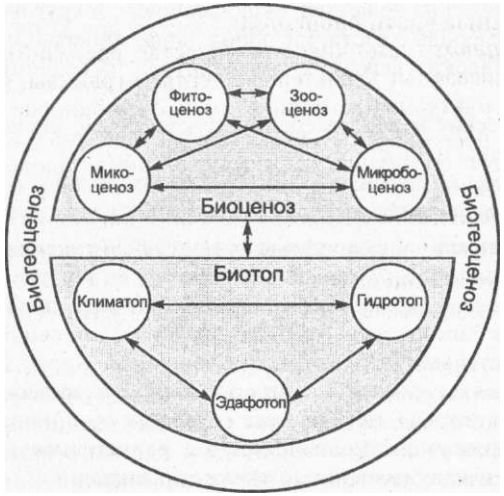


Рис. 5.2. Структура биогеоценоза

Примеры биогеоценозов: ельник, дубрава, сфагновое болото, суходольный луг и др.

Биогеоценоз функционирует как целостная самовоспроизводящаяся, саморегулирующаяся открытая система. Популяции организмов получают из неорганической среды ресурсы, необходимые для поддержания жизни, и одновременно выделяют продукты жизнедеятельности, восстанавливающие среду.

Экологическая система (или **экосистема)** - любая совокупность совместно обитающих организмов и неорганических компонентов, при взаимодействии которых происходит ***круговорот веществ и поток энергии.***

Примеры экосистем: гниющий пень, муравейник, лужа с дождевой водой, парк, аквариум, биосфера и др.

Отличие экосистемы от биогеоценоза. Понятие экосистемы не требует каких-то ограничений на занимаемую ею территорию или акваторию и может применяться к *любым* комплексам организмов и их среды обитания (включая *водную),* не только к естественным (природным), но и к созданным человеком. Биогеоценоз - это *природная,* выделяемая *на суше* экосистема, *границы* которой определены *фитоценозом,* т.е. растительным сообществом. Поэтому экосистема - понятие более широкое, чем биогеоценоз: ***любой биогеоценоз является экосистемой, но не всякая экосистема является биогеоценозом.***

- **Компоненты биогеоценоза:**
  - неорганические вещества, включающиеся в круговорот (соединения углерода и азота, кислород, вода, минеральные соли);
  - климатические факторы (температура, освещенность, влажность);
  - органические вещества (белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды и др.);
  - организмы различных функциональных групп - ***продуценты, консументы, редуценты.***

Продуценты - автотрофные организмы (в основном зеленые растения и водоросли), синтезирующие органические вещества из неорганических. Продуценты используют энергию Солнца, преобразуя ее в химическую энергию органических веществ, доступную всем остальным организмам.

Консументы - потребители органического вещества - гетеротрофные организмы, питающиеся готовыми органическими веществами. К консументам относятся все растительноядные, плотоядные и всеядные животные, а также паразиты.

Редуценты - гетеротрофные организмы (бактерии, грибы), которые в процессе своего питания разрушают органическое вещество отмерших растений и животных и экскременты животных, превращая их в простые неорганические соединения, пригодные для усвоения растениями.

Характеристики биогеоценоза (экосистемы): биомасса, продуктивность, видовое разнообразие, плотность популяций каждого вида, соотношение видов по численности и плотности популяций, пространственная и трофическая (пищевая) структуры и т.д.

Биомасса - суммарная масса всех организмов экосистемы или отдельных ее трофических уровней.

- Биомасса выражается обычно в единицах массы вещества на единицу площади или объема экосистемы (кг/га, к г ^ и др.).
- Биомасса всех организмов Земли составляет 2,4 • Ю^{12} т сухого вещества, 90% от этого количества составляет биомасса наземных растений.

Продуктивность - прирост биомассы, созданный организмами экосистемы за единицу времени на единице площади или объема.

- Продуктивность выражается в единицах массы вещества на единицу площади или объема за определенный отрезок времени (кг/м^3 в год и др.).

Первичная продуктивность экосистемы - количество ^биомассы, продуцированной за единицу времени всеми растениями этой экосистемы в результате фотосинтеза.

Вторичная продуктивность экосистемы - количество биомассы, продуцированной всеми консументами этой экосистемы за единицу времени.

- Общая годовая продукция сухого органического вещества на Земле 150-200 млрд. т (из них 2/3 дают наземные экосистемы, 1/3 - водные экосистемы).
- Наиболее продуктивные экосистемы: тропический дождевой лес (около 2 кг/м" в год) и приполярные области Мирового океана (около 0,25 кг/м^2 в год).

Видовая структура биогеоценоза (экосистемы)

Видовая структура БГЦ или экосистемы - разнообразие видов всех входящих в БГЦ (или экосистему) популяций и соотношение этих видов по численности (или биомассе) и плотности популяций.

- В каждой экосистеме происходит естественный отбор организмов, наиболее приспособленных к данным экологическим условиям.
- Различают экосистемы, богатые видами (коралловые рифы, дождевые тропические леса и др.), и бедные ими (арктическая тундра, пустыни, болота и др.).

Виды-доминанты - виды, преобладающие по численности особей или занимающие большую площадь в данной экосистеме.

Виды-эдификаторы - виды-доминанты (чаще растения, иногда животные), играющие главную роль в определении состава, структуры и свойств экосистемы путем создания среды для всего сообщества (в ельнике - ель, в березняке - береза и т. д.).

- *Например,* в еловом лесу освещенность значительно меньше, а температура воздуха ниже, чем в лиственном; дождевые воды,

стекающие с крон елей, имеют кислую реакцию, а под деревьями формируется мощная подстилка из очень медленно разлагающейся хвои с низким содержанием гумуса. В результате ель в процессе своей жизнедеятельности настолько изменяет условия среды, что данный биотоп становится непригодным для существования многих видов организмов и заселяется только видами, хорошо приспособленными к жизни в таких условиях.

Роль редких и малочисленных видов: они увеличивают разнообразие связей в сообществе и служат резервом для замещения видов-доминантов.

- Чем специфичней условия среды, тем беднее видовой состав и выше численность отдельных видов. И наоборот, в богатых сообществах все виды малочисленны.
- Чем выше видовое разнообразие, тем устойчивее сообщество.

Пространственная и экологическая структуры биогеоценоза

Пространственная структура - распределение организмов (в основном растений) по достаточно четко ограниченным в пространстве (по вертикали и/или по горизонтали) элементам структуры ***-ярусам*** и ***микрогруппировкам.***

Ярусы характеризуют *вертикальное* расчленение фитоценозов. Их образуют надземные вегетативные органы растений и их корневые системы.

- Основной фактор, определяющий вертикальное распределение растений, - количество света, обусловливающее температурный и влажностный режимы на разных уровнях над поверхностью почвы в биогеоценозе. Верхние ярусы образуются светолюбивыми и лучше приспособленными к колебаниям температуры и влажности воздуха растениями; в нижних ярусах обитают растения, менее требовательные к свету.
- Ярусы хорошо выражены в лесу (древесный, кустарниковый, травянистый, моховой и т.д.). Животные также распределены по ярусам (обитатели кустарников, мохового покрова, почвы и т. д.).
- Подземная ярусность фитоценозов выражена слабо или отсутствует. Как правило, общая масса подземных органов закономерно снижается сверху вниз.

Мозаичность - расчлененность (неоднородность) биогеоценоза по горизонтали, выражающаяся в наличии в нем различных **микрогруппировок,** которые различаются видовым составом, количественным соотношением разных видов, продуктивностью и другими признаками и свойствами.

Мозаичность обусловлена:

- неоднородностью микрорельефа;
- особенностями биологии размножения и формы растений;

- деятельностью растений, животных и человека (образованием муравейников, вытаптыванием травостоя, выборочной вырубкой деревьев и др.).

Экологическая структура БГЦ - это соотношение различных экологических групп организмов, составляющих данный биогеоценоз.

" Разнообразие и обилие представителей той или иной экологической группы зависят от условий среды (в пустынях преобладают приспособленные к жизни в условиях недостатка воды растения ***ксерофиты*** и животные ***ксерофилы***\ в водных сообществах - растения ***гидрофиты*** и животные ***гидрофилы*** и т.д.) и складываются в течение длительного времени в определенных климатических, почвенно-грунтовых и ландшафтных условиях строго закономерно.

- Это разнообразие обеспечивает высокую плотность организмов в расчете на единицу территории, их максимальную биологическую продуктивность и оптимальные конкурентные отношения.

Сообщества со сходной экологической структурой могут иметь разный видовой состав, так как одни и те же экологические ниши могут занимать разные виды (*пример*: одну и ту же экологическую нишу в европейской тайге занимает куница, в сибирской - соболь).

Трофическая структура экосистемы. Круговорот веществ и поток энергии в экосистемах

Все организмы в любой экосистеме объединяет общность питательных веществ и энергии, необходимых для поддержания жизни.

Необходимое условие существования экосистемы - постоянный приток энергии извне.

Основным способом движения веществ и энергии в экосистеме является питание.

Трофический уровень - совокупность организмов, объединенных типом питания.

Различают следующие трофические уровни:

- **первый** уровень образуют автотрофные организмы (***продуценты***), создающие органические вещества из неорганических за счет солнечной энергии;
- " **второй** трофический уровень образуют ***травоядные*** животные (***консументы 1-го порядка***: гусеницы бабочек, мыши, полевки, зайцы, козы и т. п.), потребляющие органические вещества, созданные растениями-продуцентами;
- **третий** трофический уровень составляют ***плотоядные*** животные (***консументы 2-го порядка:*** хищные насекомые, насекомоядные птицы и т.п.), поедающие мелких травоядных животных;

- **четвертый** трофический уровень образуют ***плотоядные*** животные ***(консументы 3-го порядка***: хищные птицы и звери), потребляющие консументов 2-го порядка, и т.д.

Плотоядные животные могут переходить с третьего на четвертый уровень и обратно, а также на более высокие трофические уровни.

Трофическая (пищевая) цепь (или **цепь питания)** - ряд организмов, связанных друг с другом пищевыми взаимоотношениями (путем поедания одних видов другими) и составляющих определенную последовательность, по которой осуществляется круговорот веществ и поток энергии в экосистеме путем их передачи с одного трофического уровня на другой.

- Отдельными звеньями трофической цепи являются организмы, принадлежащие к разным трофическим уровням.

Трофическая сеть экосистемы - сложное соединение всех характерных для данной экосистемы цепей питания, в которых звенья одной цепи являются составными частями других цепей.

- Трофическая сеть отражает **трофическую структуру** экосистемы.

- **Типы трофических цепей:**
  - **пастбищные цепи** (цепи выедания или ***потребления)*** начинаются с фотосинтезирующих организмов-продуцентов: ***на суше:*** растения -» насекомые —> насекомоядные птицы —> хищные птицы; *или* растения -» растительноядные млекопитающие -> хищные млекопитающие; ***в море***: водоросли и фитопланктон —» низшие ракообразные (зоопланктон) —» рыбы —> млекопитающие (и частично птицы). Пастбищные цепи преобладают в морях на относительно небольших глубинах.
  - **детритные цепи** (цепи ***разложения)*** начинаются с отмерших мелких остатков растений, трупов и экскрементов животных **(детрита):** детрит —» питающиеся им микроорганизмы-редуценты (бактерии, грибы) -» мелкие животные (детритофаги: дождевые черви, мокрицы, клещи, ногохвостки, нематоды) —> хищники (птицы, млекопитающие). Такие цепи наиболее распространены в лесах, где более 90% ежегодного прироста биомассы растений отмирает, подвергаясь разложению сапротрофными организмами и минерализации.
- **Основные характеристики пищевой цепи** внутри биогеоценоза: длина цепи, количество, размер и биомасса организмов на каждом трофическом уровне.
  - Цепь питания обычно состоит из 3-5 звеньев (трофических уровней) вследствие больших потерь энергии на построение новых тканей и дыхание организмов.

Продуктивность организмов каждого последующего трофического уровня пищевой цепи всегда меньше (в среднем в Ю раз) продукции предыдущего, поскольку:

" консументами ассимилируется лишь часть пищи (остальное выделяется в виде экскрементов);
- большая часть питательных веществ, всасываемых кишечником, расходуется на дыхание и другие процессы жизнедеятельности.

Экологическая пирамида - графическое изображение соотношения между численностями особей, биомассами или энергиями организмов, составляющих трофические уровни в экосистеме, выраженное в числе особей.

- При этом отдельные звенья пищевой цепи изображают в виде прямоугольников, площадь которых соответствует численным значениям звеньев.

- **Типы экологических пирамид:**
  " **пирамида чисел** графически отображает соотношение численностей особей разных трофических уровней экосистемы;
  - **пирамида биомасс** графически показывает количество биомассы (массы живого вещества) на каждом трофическом уровне;
  - **пирамида энергии** графически отображает величины потоков энергии, передаваемой с одного трофического уровня на другой.

Типы экологических пирамид

Пирамида чисел	Пирамида биомасс	Пирамида энергии
Число особей на каждом трофическом уровне. 1. *Прямые пирамиды:* количество растений > > числа консументов I порядка > числа консументов II порядка > > числа консументов III порядка. 2. *Перевернутые пирамиды:* число консументов I порядка(насекомые) > числа продуцентов (одно дерево)	Соотношение биомасс на каждом трофическом уровне. *На суше* - прямые пирамиды: биомасса продуцентов > биомассы консументов I порядка > > биомассы консументов II порядка. *Водные экосистемы* - перевернутые пирамиды: биомасса консументов (киты, рыбы) > биомассы продуцентов (фитопланктона)	Величина потока энергии между трофическими уровнями и скорость продуцирования органических веществ

• **Свойства экологических пирамид:**
- высота пирамид определяется длиной пищевой цепи;
- биомасса и численность особей каждого последующего звена в цепи питания прогрессивно уменьшается — **правило экологической пирамиды;** оно действует в большинстве (но не во всех) наземных экосистем; в таких экосистемах основания пирамид чисел и биомасс больше последующих уровней;
- в водных экосистемах основания пирамид чисел и биомасс могут быть меньше, чем размеры последующих уровней (пирамиды перевернуты), что объясняется небольшими размерами организмов-продуцентов (одноклеточных водорослей - фитопланктона);
- пирамида энергии в наземных и водных экосистемах всегда суживается кверху, так как энергия, затраченная на дыхание, не передается на следующий трофический уровень и уходит из экосистемы.

Самовоспроизводство, саморегуляция и устойчивость экосистем

Любая экосистема является сложной динамической системой, состоящей из многих сотен, иногда тысяч видов организмов, объединенных трофическими, топическими и другими связями.

Самовоспроизводство - способность экосистем воссоздавать поток энергии и обеспечивать круговорот основных веществ и элементов между живыми и неживыми компонентами.

" Живые организмы извлекают из среды ресурсы и поставляют в нее продукты жизнедеятельности (растения используют световую энергию, $C0_2$, H_20, пополняют атмосферу 0_2; животные поглощают из атмосферы 0_2, выделяют в нее $C0_2$ и т.д.).

Саморегуляция - способность населения экосистемы *восстанавливать* свой видовой и количественный состав после какого-либо отклонения, а также способность его различных видов *существовать совместно,* не уничтожая полностью друг друга, а лишь ограничивая численность особей каждого вида определенным уровнем.

- Регулирующие факторы формируются ***в самой экосистеме:*** хищники регулируют численность своих жертв, деятельность травоядных животных влияет на растения и т.д.
- Саморегуляция действует по **принципу обратной связи.** *Пример:* массовое размножение грызунов приводит к значительному росту численности хищников и паразитов, которые сокращают величину популяции грызунов. Вслед за этим сокращается и численность хищников, так как они начинают погибать от недостатка пищи. В итоге динамическое равновесие в экосистеме восстанавливается.

Экосистемный гомеостаз - свойство относительного постоянства видового состава и численности особей различных видов в экосистеме, а также относительной стабильности и целостности генетической структуры экосистемы.

- Указанное постоянство соблюдается лишь в среднем и отражает динамическое равновесие противоположно действующих факторов.

Устойчивость - способность экосистемы выдерживать изменения, вызванные внешними (природными или антропогенными) воздействиями, и восстанавливать связи и динамическое равновесие между основными ее компонентами, нарушенные внешним воздействием.

- Устойчивость каждой экосистемы имеет свои ***пределы:*** если интенсивность или время действия внешнего воздействия превысит некоторый порог, экосистема может погибнуть.

• **Факторы, обеспечивающие устойчивость и длительность существования экосистемы:**
* постоянный приток солнечной энергии;
- общий круговорот веществ, осуществляемый продуцентами, консументами и редуцентами;
- саморегуляция экосистемы;
* биологическое разнообразие и сложность трофических связей организмов, входящих в ее состав;
- возможность переключения организмов на питание другим видом взамен вида, ставшего редким (так как почти все виды животных могут использовать несколько источников пищи); при этом малочисленный вид, освобожденный от пресса выедания, постепенно будет восстанавливать свою численность;
- высокий потенциал размножения основных групп организмов экосистемы (экосистема устойчива, если уменьшение осадков на 50% приводит к уменьшению массы продуцентов на 25%, травоядных консументов на 12,5%, хищных консументов на 6,2% и т.д.);
- генетическое разнообразие особей популяций; чем оно выше, тем больший шанс у популяции иметь организмы с аллелями, ответственными за появление признаков и свойств, позволяющих выжить и размножаться в изменившихся условиях существования и восстановить прежнюю численность;
- невысокая степень колебаний условий внешней среды. *Например,* высоко устойчивы тропические экосистемы, поскольку для тропиков характерны относительное постоянство температуры, влажности, освещенности. Наоборот, для тундры характерны резкие перепады температуры, влажности, освещенности, поэтому тундровые экосистемы менее устойчивы, и им свойственны резкие колебания численности популяций разных видов.

Основанные на знании законов динамики экосистем расчеты их продуктивности и потоков энергии позволяют регулировать численность популяций и круговорот веществ в экосистемах так, чтобы добиться наибольшего выхода необходимой для человека продукции.

Непродуманное вмешательство человека в экосистемы может нарушить природные цепи питания и привести к неконтролируемому росту или снижению численности особей определенных популяций и к нарушению природных экосистем.

Саморазвитие и сукцессия экосистем

Абсолютно устойчивое состояние экосистемы никогда не достигается по причине:

" непостоянства условий внешней среды;

• изменений, происходящих в самой экосистеме вследствие жизнедеятельности ее организмов.

Саморазвитие экосистемы - ее способность к циклическим и поступательным изменениям, вызванным различными причинами.

• Циклические изменения обычно связаны с суточными и сезонными изменениями внешних условий и биологическими ритмами организмов.

• Поступательные изменения вызываются постоянно действующими внешними или внутренними факторами и приводят к смене одного биогеоценоза другим (***сукцессии).***

Сукцессия - закономерная, последовательная, необратимая и направленная смена (на определенной территории) одного биогеоценоза другим.

Смена одного фитоценоза в экосистеме другим составляет **сукцессионный ряд.** При отсутствии нарушений сукцессия завершается образованием более устойчивого сообщества, находящегося в относительном равновесии с абиотической средой (ельник, дубрава, ковыльные степи, торфяное болото и др.).

Пример сукцессионного ряда

Группы растений	Годы
Низкие злаки	0-1
Высокие злаки/разнотравье	1-3
Появление всходов сосны	3-10
Сосняк	10-30
Проникновение лиственных пород	30-70
Устойчивый лиственный лес	70 и далее

• **Причины сукцессии:**

• **внешние:** постоянно действующие внешние факторы: изменение на данной территории климата и почвенно-грунтовых условий (заболачивание, засоление), в том числе в результате хозяйственной деятельности человека (вырубки лесов, орошения земель в засушливых районах, осушения болот, внесения удобрений на луга, распашки, усиленного выпаса скота и т.д.);

• **внутренние:** изменения, возникающие в биотопе вследствие жизнедеятельности организмов при длительном существовании популяций на одном месте, из-за чего биотоп становится малопригодным для одних видов, но пригодным для других. В результате на этом месте развивается другой, более приспособленный к новым условиям биоценоз.

Изменение условий среды обитания (биотопа) неизбежно приводит к изменению (смене) биоценоза. В результате на месте прежнего биогеоценоза (экосистемы) возникает новый. Ведущая роль в процессе смены биогеоценозов принадлежит растениям, хотя биогеоценозы изменяются как единое целое. Одновременно с изменением растительности изменяется и животный мир.

• **Классификация сукцессии** в зависимости от состояния и свойств среды:

» **первичные,** начинающиеся на участках, лишенных почвы и растительности (на голых скалах, песчаных дюнах, образовавшихся водоемах, наносах рек, застывших лавовых потоках и т.п.; они длятся сотни и тысячи лет. Важнейшей стадией таких сукцессий является образование почвы путем накопления отмерших растительных остатков или продуктов их разложения;

• **вторичные,** происходящие на месте сформировавшихся сообществ после их нарушения в результате эрозии, пожара, вырубки, засухи, вулканического извержения и т.п. Поскольку в таких местах обычно сохраняются богатые жизненные ресурсы, эти сукцессии протекают быстро (в течение десятков лет).

Агроценоз

Агроценоз (или **агробиоценоз)** - искусственно созданная человеком экосистема, структуру и функции которой он поддерживает и контролирует в своих интересах. Это сообщество организмов, обитающих на землях сельскохозяйственного пользования, занятых посевами или посадками культурных растений.

Примеры: поля, огороды, сады, парки, лесопосадки, пастбища, оранжереи, аквариумы, водоемы для разведения рыбы и т.п.

Роль человека в агроценозе: он создает агроценоз, обеспечивает его высокую продуктивность с помощью комплекса специальных агротехнических приемов, собирает и использует урожай.

- **Роль агроценозов:**
  - в настоящее время они занимают 10% всей поверхности суши (около 1,2 млрд. га) и ежегодно дают 2,5 млрд. т сельскохозяйственной продукции (около 90% всей пищевой энергии, необходимой человечеству);
  - они обладают огромными потенциалом для увеличения продуктивности, реализация которого возможна при постоянном, научно обоснованном уходе за почвой, обеспечении растений влагой и элементами минерального питания, охране растений от неблагоприятных абиотических и биотических факторов.

В **состав агроценоза** входят культурные растения, сорняки, насекомые, дождевые черви, мышевидные грызуны, птицы, бактерии, грибы и другие организмы, связанные между собой трофическими взаимоотношениями.

Пищевые цепи в агроценозе те же, что и в природной экосистеме: продуценты (культурные растения и сорняки), консументы (насекомые, птицы, полевки, лисы) и редуценты (бактерии, грибы); обязательное звено пищевой цепи - человек.

- **Отличия агроценозов от естественных биогеоценозов:**
  - в агроценозах действует преимущественно не естественный, а ***искусственный отбор***, который направлен человеком главным образом на максимальное повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Это резко снижает экологическую устойчивость агроценозов, которые ***не способны к саморегуляции и самообновлению, не могут существовать самостоятельно*** (без поддержки человека) в течение более-менее длительного времени (превращаются в биогеоценоз) и ***могут погибнуть*** при массовом размножении вредителей или возбудителей болезней;
  - в агроценозах предельно ***ограничен видовой состав живых организмов:*** один или несколько видов (сортов) растений, культивируемых на полях, и сопутствующие ему растения (сорняки) и животные (в частности, специализированные насекомые и паразиты), возбудители болезней (грибы, бактерии) и т.д.;
  - в агроценозах ***отсутствует полный круговорот веществ*** и резко ***нарушен баланс питательных элементов*** (их основная часть изымается человеком при сборе урожая); для возмещения потерь необходимо постоянное внесение в почву различных питательных веществ в виде удобрений;
  - агроценозы, помимо солнечной энергии, ***имеют дополнительный источник энергии*** в виде энергии вносимых человеком минеральных и органических удобрений, химических средств защиты от сорняков, вредителей и болезней, энергии, затраченной на обработку почвы, орошение или осушение земель и т.д.;
  - ***смена агроценозов*** происходит по воле человека (в полевых агроценозах - **севооборот);**
  - ***продуктивность агроценозов выше,*** чем биогеоценозов.

- **Методы повышения продуктивности агроценозов:**
  - осушение и орошение почв;
  - борьба с эрозией (укрепление склонов, безотвальная вспашка, залуживание бывших торфяников);
  - нормированное внесение удобрений;
  - дозированное применение средств борьбы с сорняками, вредителями и болезнями растений;
  - применение биологических способов борьбы с вредителями;
  - использование высокопроизводительной техники;
  - выведение и использование новых высокоурожайных сортов культурных растений, устойчивых к болезням и вредителям;
  - соблюдение научно обоснованных севооборотов;
  - использование теплиц и парников;
  - применение методов выращивания овощей без грунта - гидропоники (в качестве субстрата используется гравий, орошаемый растворами солей) и аэропоники (субстрат отсутствует, а корни периодически опрыскиваются растворами минеральных солей).

Отличия биогеоценоза от агроценоза

Биогеоценоз	Агроценоз
Естественный отбор	Искусственный отбор
Разнообразие видов	Ограниченный видовой состав
Полный круговорот веществ	Неполный круговорот веществ; нарушен баланс питательных элементов
Используется энергия Солнца	Кроме энергии Солнца используется дополнительная энергия, затраченная человеком на обработку почвы, внесение удобрений и т.д.
Естественная смена биоценозов (сукцессии)	Агроценозы сменяются по воле человека
Продуктивность невысокая	Высокая продуктивность

5.7. Биосфера

Биосфера и ее границы

Биосфера - это оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяются прошлой и современной деятельностью живых организмов.

- Термин «биосфера» ввел Э. Зюсс (Австрия, 1875 г.), учение о биосфере было создано В.И. Вернадским (Россия, 1926 г.).
- Биосфера - наиболее крупная экосистема, объединяющая все биогеоценозы планеты и осуществляющая глобальный круговорот веществ.

Компоненты биосферы: ***живое вещество*** (см. ниже), биогенное вещество, биокосное вещество, косное вещество, радиоактивное вещество, космогенное вещество.

Биогенное вещество - соединения и полезные ископаемые, создаваемые и перерабатываемые живыми организмами в процессе их жизнедеятельности (нефть, газ, уголь, известняк и др.).

Бнокосное вещество - вещество, образующееся в результате совместной деятельности живых организмов и абиогенных процессов (почва, грунт водоемов).

Косное вещество - соединения, образующиеся без участия живых организмов (горные породы, минералы и др.).

Радиоактивное вещество - радиоактивные руды и конечные продукты их распада.

Космогенное вещество - метеориты, космическая пыль.

Область жизни определяется наличием условий, необходимых для существования тех или иных живых организмов.

Жизнь на Земле распространена в трех геологических оболочках ***- атмосфере, гидросфере*** и ***литосфере.*** Эти оболочки объединены в единую целостную систему посредством непрерывного обмена друг с другом веществом и энергией, обусловленного не только абиогенными процессами, но и деятельностью живых организмов.

Атмосфера - воздушная оболочка Земли. Плотность воздуха быстро уменьшается с высотой: 75% массы атмосферы сосредоточено в слое ниже 10 км, 90% - ниже 15 км, 99% - ниже 30 км. Сухой воздух состоит из азота (78,08%), кислорода (20,95%), аргона (0,93%), углекислого газа (0,03%) и примесей других газов.

Тропосфера - нижний слой атмосферы высотой от 8-10 км в полярных широтах до 16-18 км в экваториальной зоне. Выше тропосферы расположена **стратосфера.**

Озоновый слой - область с повышенным содержанием озона 0_3 - находится в стратосфере на высотах 15-25 км. Он поглощает губительное для живых организмов коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца.

Водяной пар, присутствующий в атмосфере, участвует в природном круговороте воды;

- конденсируясь, он выпадает в виде дождей, обеспечивая влажностный режим земных территорий;
- вместе с $C0_2$ он вносит главный вклад в парниковый эффект: удерживает отраженные от поверхности планеты длинноволновые тепловые лучи, благодаря чему нижние слои атмосферы оказываются теплыми.

Гидросфера - это водная оболочка Земли, образованная водами ее океанов, морей, озер, рек, подземных и ледяных покровов.

* Средняя глубина Мирового океана - 3,8 км, максимальная (Марианская впадина в Тихом океане) - 11,034 км. 97% массы гидросферы составляют соленые океанические воды, 2,2% - воды ледников, 0,8% - подземные, озерные и речные пресные воды.

Литосфера - внешняя твердая оболочка (кора) планеты. Состоит из трех слоев: верхнего — слоя осадочных пород, среднего - гранитного и нижнего, наиболее плотного - базальтового.

Границы биосферы проходят там, где начинают преобладать природные факторы, делающие существование живых организмов невозможным.

Верхняя граница биосферы определяется высокой интенсивностью ультрафиолетового солнечного излучения, низкой температурой среды, дефицитом кислорода и воды и проходит в атмосфере на высоте 25-27 км (у нижней границы озонового слоя).

- Отдельные споры бактерий и грибов найдены в тропосфере на высоте до 40 км.

Нижняя граница биосферы в **литосфере** для большинства форм жизни определяется высокой плотностью, прочностью и высокой сопротивляемостью среды, отсутствием света, недостатком кислорода и проходит на глубине нескольких десятков метров.

- Неактивные формы жизни (споры, цисты) и нефтебактерии зарегистрированы на глубинах до 4 км. Эта граница, помимо перечисленных выше факторов, определяется также высокими давлением и температурой горных пород и подземных вод (на глубине 3 км температура около +100 °С).

В гидросфере жизнь простирается на всю глубину Мирового океана. Здесь ограничивающими факторами являются давление толщи воды и отсутствие света (температура воды на дне океанических впадин - около 0 °С).

- По В.И. Вернадскому, нижняя граница биосферы проходит на 1-2 км глубже дна Мирового океана, в постепенно накапливающейся в океане толще осадочных пород, происхождение которых связано с деятельностью живых организмов.

Живое вещество

Живое вещество - совокупность всех существующих в данный момент живых организмов планеты, численно выраженная в элементарном химическом составе, массе или энергии.

- **Количественные меры** живого вещества - биомасса и продукция.

- **Особенности живого вещества.** Живое вещество:
  - является главным компонентом биосферы;
  - распределено по Земле неравномерно; его концентрация максимальна на границах раздела основных сред - в почве, в поверхностных слоях океана, на дне водоемов, в так называемых «пленках жизни»;
  - по своему элементарному химическому составу близко к составу земной коры;
  - является наиболее активным компонентом биосферы, обеспечивающим глобальный круговорот химических элементов;
  - является гигантским аккумулятором и уникальным преобразователем энергии Солнца, связывая ее в химических связях сложных органических молекул в процессе фотосинтеза.

Общее количество биомассы на Земле - 2423,2 млрд. т. Основная ее часть сосредоточена на континентах (свыше 99,8%) в зеленых растениях суши (более 99,2%). Организмы, не способные к фотосинтезу, составляют 1%.

Распределение биомассы по континентальной и океанической частям биосферы (приведенное к сухому органическому веществу) представлено в таблице.

Биомасса организмов Земли

Биомасса	Континенты		Океан	
	млрд. т	%	млрд. т	%
Зеленые растения	2400	99,2	0,2	6,3
Животные и микроорганизмы	20	0,8	3,0	93,7
Всего	2420	100	3,2	100

Распределение по продукции и количеству образуемого кислорода: около половины продукции и объема кислорода создают растения суши (главным образом влажные тропические леса), другую половину - микроскопические водоросли гидросферы - фитопланктон (при этом биомасса фитопланктона примерно в 10 000 раз меньше биомассы растений суши). Причина - в значительно большей скорости образования продукции фитопланктоном по сравнению с растениями суши.

Распределение живого вещества по объему континентальной части биосферы — неравномерное с ярко выраженной широтной и высотной зональностью. Значительная биомасса сосредоточена в почве; ее составляют корни растений, водоросли, грибы, бактерии и почвенные животные.

Широтная зональность обусловлена тем, что в различных широтных зонах планеты количество тепла и влаги, которые могут получить обитающие там живые организмы, различно. В зависимости от этого выделяют 20 главных типов природных ландшафтов: зоны тундры, тайги, смешанных лесов, влажных тропических лесов и др. Биомасса и количество видов организмов уменьшаются от экватора к полюсам. Наибольшую биомассу имеют экосистемы влажных тропических лесов, наименьшую - экосистемы пустынь и тундр.

Высотная зональность обусловлена понижением температуры и давления воздуха (а значит, и количества кислорода, углекислого газа и водяных паров) с увеличением высоты над уровнем моря. Поэтому чем выше над уровнем моря, тем меньше биомасса живого вещества. Выше 6 тыс. м растения жить не могут.

Распределение живого вещества по объему **океанической части биосферы:** жизнь сосредоточена главным образом в поверхностном слое воды на глубине до 100 м; наиболее насыщены живым веществом коралловые рифы, зоны подъема глубинных вод **(апвеллинг)** и мелководье **(шельф).** В открытом океане биомасса живого вещества низка из-за недостатка элементов минерального питания.

- **Группы организмов океанической части биосферы:**
  - **планктон** - одноклеточные водоросли, простейшие и некоторые микроскопические беспозвоночные, обитающие в поверхностных слоях океана и перемещающиеся течениями; он составляет основную массу живых организмов;
  - **нектон** - животные, активно плавающие в толще воды: рыбы, кальмары, киты и др.;
  - **бентос** - организмы, обитающие на грунте и в грунте водоемов: придонные растения, губки, полипы, ракообразные, черви и др.

Функции живого вещества

- **Важнейшие биогеохимические функции живого вещества:**
  - газовая,
  - концентрационная,
  - окислительно-восстановительная,
  - энергетическая,
  - биохимическая (минерализационная).

Газовая функция живого вещества заключается в поглощении растениями диоксида углерода и выделении кислорода в процессе фотосинтеза, в потреблении кислорода и выделении диоксида углерода при дыхании растений и животных, в восстановлении азота, образовании сероводорода, метана и ряда других газов бактериями.

" Благодаря газовой функции сформировался и поддерживается постоянным современный состав атмосферы.

Концентрационная функция заключается в поглощении из внешней среды и накоплении в живых организмах различных химических элементов (углерода, азота, водорода, кислорода, фосфора, серы, йода, железа и др.) и их соединений.

- *Примеры:* карбонат кальция $CaC0_3$ накапливается в костях, зубах и раковинах; кремнезем $8Ю_2$ накапливают диатомовые водоросли; йод - бурые водоросли, медь - ракообразные и т.д.

" Благодаря этой функции образовались залежи известняка и геохимические аномалии участков земной поверхности.

Окислительно-восстановительная функция заключается в восстановлении и окислении веществ в ходе биохимических реакций, протекающих в живых организмах. *Пример:* при фотосинтезе $C0_2$ восстанавливается до углеводов, при дыхании углеводы окисляются до $C0_2$.

- Результатом окислительно-восстановительных реакций в живых организмах является образование в почве, водной и воздушной средах солей, окислов, других веществ, формирование железных и марганцевых руд и т.п.

Энергетическая функция состоит в усвоении живым веществом зеленых растений солнечной энергии, преобразовании ее в процессе фотосинтеза и передаче ее по трофическим цепям другим организмам.

Биохимическая функция заключается в химических превращениях веществ и энергии в процессах жизнедеятельности живых организмов, а также при разложении отмерших организмов и продуктов их жизнедеятельности до простых неорганических веществ.

- Благодаря этой функции происходит биогенная миграция химических элементов в природе, способствующая их круговороту.

Круговорот веществ в биосфере (общие замечания)

- **Необходимые условия существования биосферы:**
  - непрерывный круговорот веществ,
  - непрерывный приток энергии извне.

Биологический круговорот веществ - это повторяющийся, имеющий циклический характер процесс превращения и перемещения (циркуляции) веществ между почвой, атмосферой, гидросферой и живыми организмами.

" Биологический круговорот веществ включает следующие звенья: создание продуцентами первичной (растительной) продукции; превращение первичной продукции во вторичную (животную) в процессе жизнедеятельности консументов; разрушение первичной и вторичной продукции редуцентами.

- В активный круговорот живыми организмами вовлечено около 40 химических элементов. Наибольшее значение имеют круговороты воды, кислорода, азота, углерода, водорода, железа, фосфора, серы, калия, кальция, магния и кремния. Все круговороты связаны между собой.

Биогеохимический цикл - более или менее замкнутый путь, по которому осуществляется непрерывная циркуляция химических элементов в биосфере.

Основные процессы круговорота воды, углерода и азота приведены в таблице; подробнее они рассмотрены ниже.

Круговорот воды, углерода и азота в биосфере

Вещество	Цикл
Вода	Испарение с поверхностей + транспирация —> воздушный поток —> дождь (снег)
Углерод	Фотосинтез —> органические соединения —> гетеротрофы (окисление) - удаление $C0_2$; дыхание: 0_2 —> $C0_2$
Азот	Фиксация свободного атмосферного азота —* нитрификация (нитриты, нитраты) —> растения —> белки —> животные —» аммиак, мочевина, мочевая кислота; аммиак —» денитрификация —> свободный азот —* в атмосферу

Целостность биосферы: каждый ее компонент, развиваясь по своим законам, существует не изолированно, а постоянно испытывает влияние других и сам оказывает влияние на другие компоненты. Поэтому изменение любого компонента биосферы вызывает изменение других.

Ряд компонентов биосферы, расположенных в порядке убывания скорости изменения: животный мир —» растительность почва -» вода климат рельеф -> литосфера.

Круговорот воды и кислорода

Круговорот воды

Вода испаряется с поверхности водоемов (океанов, морей и т.д.) и суши и воздушными течениями переносится на различные расстояния. Большая часть испарившейся воды выпадает в виде осадков в океан, меньшая - на сушу. Выпавшая на поверхность

суши вода способствует разрушению горных пород, размывает верхний слой почвы и возвращается вместе с растворенными и взвешенными в ней веществами в реки, моря и океаны.

Растения извлекают воду из почвы и испаряют ее в атмосферу. Масса испаряемой при этом воды может быть весьма значительна (гектар леса испаряет 20-50 т воды в сутки), и в крупных лесных зонах основное количество осадков образуется из водяного пара, поступающего в атмосферу благодаря суммарному испарению с этих же зон.

Растительный покров также удерживает воду путем замедления ее стока, поддерживает постоянным уровень фунтовых вод и др.

Часть воды в процессе фотосинтеза расщепляется на водород и кислород. Водород используется для синтеза органических соединений, а кислород выделяется в атмосферу.

Животные потребляют воду для поддержания осмотического давления и выделяют ее с продуктами диссимиляции.

Вода полностью разлагается и восстанавливается в биотическом круговороте примерно за 2 млн. лет.

Круговорот кислорода

Практически весь атмосферный кислород имеет биогенное происхождение. Свободный кислород используется аэробными организмами при дыхании для окисления органических соединений. Один из конечных продуктов окисления - диоксид углерода, поступающий в атмосферу. Пополнение содержания кислорода в атмосфере происходит при разложении воды в процессе фотосинтеза.

Весь кислород атмосферы проходит через организмы примерно за 2000 лет.

Круговорот углерода и азота

Круговорот углерода в биосфере (см. рис. 5.3) обусловливают в основном процессы фотосинтеза и дыхания. Углерод в атмосфере содержится в основном в составе диоксида углерода $C0_2$. Первичный источник $C0_2$ - вулканическая деятельность.

Биосферный цикл углерода начинается с ассимиляции атмосферного диоксида углерода наземными и водными растениями и цианобактериями в процессе фотосинтеза. При этом образуются углеводы, часть которых используется самими растениями для получения энергии, а часть потребляется животными. Кроме того, соединения углерода используются морскими организмами для построения раковин и скелетных образований.

Углерод возвращается в среду в виде диоксида, выделяемого в процессе дыхания животных и растений. Второй путь возврата - разложение мертвых растений и животных, при котором углерод «х тканей окисляется и в виде $C0_2$ поступает в атмосферу.

Цикл круговорота углерода замкнут не полностью. Часть углерода на продолжительное время выводится из круговорота, концентрируясь в залежах торфа, каменного угля, нефти и горючих сланцев, образующихся при разложении мертвых организмов без доступа кислорода, а также в мощных отложениях известняков на дне морей и океанов, образованных из остатков раковин и скелетов отмерших морских организмов.

Однако при сжигании ископаемого топлива, используемого человеком для получения энергии, образуется диоксид углерода, который возвращается в атмосферу. За счет этого за последние сто лет содержание $C0_2$ в атмосфере возросло на 25%, что нарушает отрегулированный круговорот углерода и может привести к усилению парникового эффекта.

Один цикл круговорота диоксид углерода проходит за 300 лет.

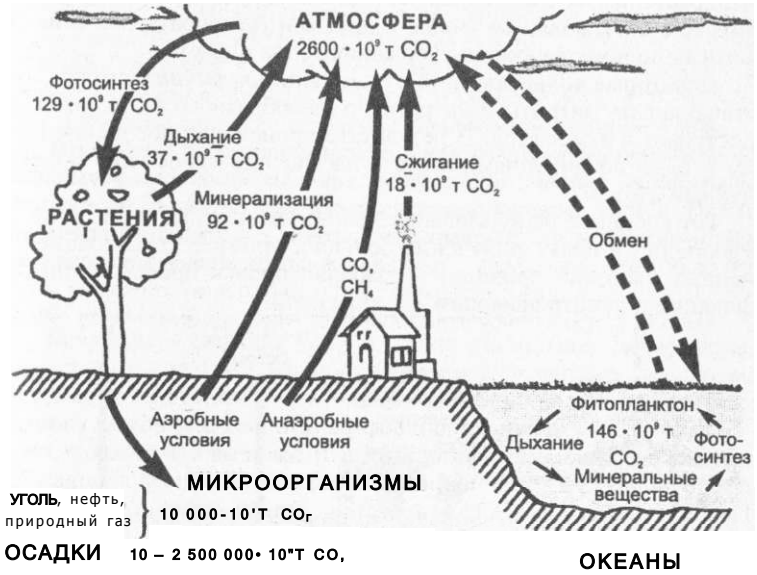


Рис. 5.3. Круговорот углерода в биосфере

Круговорот азота ***(рис. 5.4)***

Азот - один из важнейших компонентов белков, нуклеиновых кислот, АТФ и других органических веществ. Его основные запасы содержатся в атмосфере в форме недоступного для растений молекулярного азота $l\backslash l_2$. В небольших количествах атмосферный азот связывается с кислородом в процессе грозовых разрядов в атмосфере, а затем с дождями поступает на поверхность Земли.

Связывание атмосферного азота осуществляется цианобактериями, а также клубеньковыми азотфиксирующими бактериями, поселяющимися в клетках корней бобовых растений. Они синтезируют нитриты и нитраты, усваиваемые растениями. В растениях азот используется для построения нуклеиновых кислот и белков, которые затем употребляются в пищу животными и человеком.

В процессе жизнедеятельности белковые молекулы расщепляются до конечных продуктов - воды, диоксида углерода, аммиака, мочевины и мочевой кислоты, выделяющихся во внешнюю среду. При гниении погибших животных и растений также образуется аммиак.

Большая часть образующегося аммиака преобразуется ***нитрифицирующими бактериями*** в нитриты и нитраты, усваиваемые растениями. Небольшая часть аммиака уходит в атмосферу **и** вместе с $C0_2$) водяным паром и другими газообразными веществами выполняет функцию удержания тепла планеты.

Некоторые виды бактерий путем ***денитрификации*** могут восстанавливать нитриты и нитраты до газообразного азота, который поступает в атмосферу. В результате происходит обеднение почвы и воды соединениями азота и насыщение атмосферы молекулярным азотом.

Интенсивное использование человеком азотных минеральных удобрений в целях получения больших урожаев сельскохозяйственных растений приводит к разбалансировке процессов нитрификации иденитрификации.

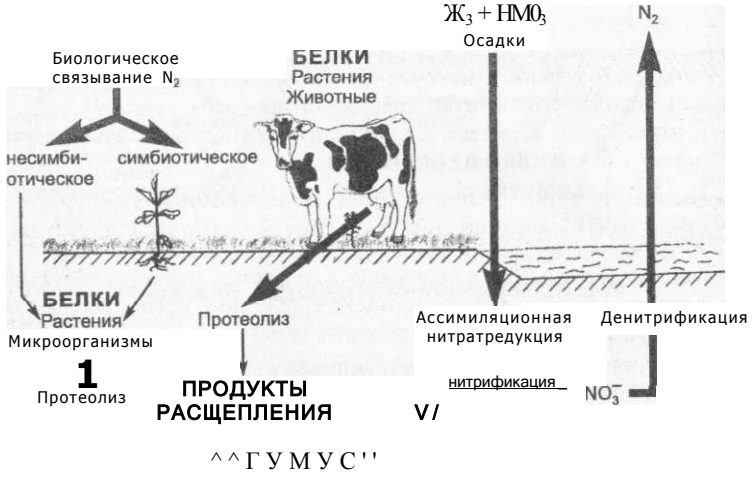


Рис. 5.4. Круговорот азота в биосфере

Превращение энергии

Биологический круговорот веществ возможен только при постоянном притоке и преобразовании солнечной энергии, поскольку полученная от Солнца энергия связывается в органических веществах и при движении по ступеням пищевой цепи ***уменьшается*** (большая ее часть тратится на осуществление процессов жизнедеятельности организмов и рассеивается в виде тепла).

Биосфера - открытая система, постоянно получающая солнечную энергию. В процессе фотосинтеза эта энергия превращается в энергию химических связей органических веществ. Живым веществом Земли ежегодно создается 4,2 • $Ю^{17}$ Дж энергии.

Накопленная энергия частично расходуется растениями в процессах жизнедеятельности, а частично переходит к растительноядным организмам. Эти организмы также используют часть энергии в процессах жизнедеятельности, а оставшаяся ее часть поступает к плотоядным животным и т.д. Таким образом, энергия запасается в тканях растений и животных в виде органических соединений. Запас энергии в биосфере Земли оценивается в 4,2- $Ю^{18}$Дж. Часть энергии законсервирована в нефти, угле, сланцах, торфе.

Выделение энергии происходит при разрушении органических веществ в процессах дыхания, брожения и гниения. В настоящее время живым веществом Земли ежегодно выделяется 4,2 • $!0^{17}$ Дж энергии - столько же, сколько и создается, т.е. в биосфере поддерживается баланс энергии.

Эволюция биосферы

Биосфера - сложная, относительно стабильная, но не застывшая, а развивающаяся, эволюционирующая экологическая система.

Доказательством и источником знаний о развитии биосферы служат ископаемые остатки древних организмов.

- Считают, что за время существования биосферы ее населяли около 500 млн. видов организмов.
- **Причины относительной стабильности биосферы:**
  - непрерывное поступление солнечной энергии, используемой фототрофными организмами;
  - многообразие живых организмов;
  - адаптация организмов к жизни в разнообразных условиях четырех сред;
  - поддержание непрерывного биогенного круговорота веществ;
  - постепенно сложившийся в течение сотен миллионов лет баланс жизнедеятельности всего многообразия организмов - продуцентов, консументов и редуцентов.
- **Основная причина эволюции биосферы** - первичная химическая эволюция (приведшая к появлению органических мак-

ромолекул и первых живых организмов - прокариот) и геологические и климатические процессы, изменявшие условия жизни на Земле (приведшие к изменению содержания кислорода в атмосфере, формированию озонового слоя, изменению содержания воды на планете и влажности атмосферы и т.д.).

- **Два основных исторических этапа эволюции биосферы:**
  - биогенез;
  - ноогенез.

Биогенез - первый и самый длительный этап эволюции биосферы от появления прокариот до формирования человеческого общества.

Основные факторы и периоды биогенеза

Основной фактор эволюции	Результат эволюции
Геологические и климатические процессы, сопровождающиеся химической эволюцией	Появление органических макромолекул
Наличие в первичном океане значительного количества органических веществ абиогенного происхождения; отсутствие свободного кислорода	Появление гетеротрофных анаэробных организмов - прокариот
Недостаток органических веществ	Появление автотрофных организмов, использующих фотосинтез
Использование солнечной энергии	Быстрый рост числа видов и биомассы; разделение органического мира на царства растений и животных
Накопление в атмосфере кислорода, выделяющегося при фотосинтезе	Появление аэробных организмов; быстрое распространение жизни по планете; появление многоклеточных
Образование озонового слоя в верхних слоях атмосферы	Поднятие организмов к поверхности воды; заселение суши растениями
Повышение концентрации кислорода в атмосфере до 3%	Развитие механизмов аэробного дыхания; выход животных на сушу
Стабилизация состава атмосферы и содержания кислорода в ней на уровне около 20%	Быстрый рост числа и многообразия видов живых организмов; заселение ими разнообразных местообитаний

Ноогенез - второй этап развития биосферы, начавшийся с момента становления человеческого общества и продолжающийся в настоящее время; характеризуется значительным и все возрастающим влиянием деятельности человечества на биосферу.

Ноосфера - «оболочка разума, сфера разумной жизни» (В.И. Вернадский), сфера, охваченная взаимодействием человеческого общества и природы.

Ноосфера - это новое состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится главным, определяющим фактором ее развития

5.8. Влияние человека на биосферу

Общие замечания

Человек получает из природной среды все жизненные ресурсы (воду, воздух, пищу, энергию, строительные материалы и др.) и возвращает в биосферу бытовые и промышленные отходы, большая часть которых не в может включиться в биологический круговорот веществ из-за чужеродности или токсичности. В результате происходит быстрое истощение природных ресурсов, вымирание многих видов живых организмов, загрязнение и отравление среды ядохимикатами и радионуклидами, разрушение естественных экосистем (лесов, лугов, озер, рек, болот).

Человек распахивает целинные земли, меняет русла рек, строит транспортные магистрали, оросительные системы и плотины ГЭС с огромными водохранилищами, создает крупные населенные пункты и промышленные предприятия, истребляет диких животных, загрязняет атмосферу, воду и почву и т.д. Все это существенно изменяет среду обитания, нарушает нормальное функционирование существующих биогеоценозов и даже разрушает их.

Причина конфликта человека с природной средой - в том, что ***человек является одновременно и биологическим, и социальным существом, причем его социальные потребности значительно выше биологических.*** Человек заменил вокруг себя природную среду искусственной, живя в которой он приобрел относительную независимость от превратностей природы.

Для предотвращения ***экологического кризиса*** человеку необходимо познать закономерности своего взаимодействия с природой, разумно управлять этим взаимодействием, регулируя всю свою техногенную деятельность.

Экологический **кризис** - такое состоянии окружающей среды, когда она становится непригодной для жизни растений, животных и самого человека.

Расходование природных ресурсов

Невозобновляемые (невосполнимые) природные ресурсы - это источники минерального сырья (угля, нефти, газа, песка, глины, гравия, мрамора и др.), образовавшегося в земной коре за сотни миллионов лет, а также исчезнувшие виды животных и растений (***пример***: ежегодно извлекается из земных недр и сжигается около 9 млрд. тонн условного топлива; запасов нефти на планете хватит лишь на 50 лет, каменного угля - на 150 лет).

Возобновляемые (восполнимые) природные ресурсы - растительный и животный мир, микроорганизмы, почва и др. (***пример***: ежегодно вырубается более 20 млн. га тропического леса - главного источника видового разнообразия жизни на планете).

Рост народонаселения (демографический взрыв)

Биосфера - саморегулирующаяся система, и она стремится установить численность людей на уровне, соответствующем ее емкости. Сейчас на Земле проживает около 6 млрд. человек, причем за последние 40 лет темп роста населения увеличился в два раза.

Биосферные механизмы, стремящиеся ограничить рост экологических потребностей людей: снижение продукции естественных экосистем, невключение в круговороты веществ производимых человечеством загрязнений, обеднение флоры и фауны, ухудшение качества почв, засухи, наводнения, истощение природных биоресурсов (например, запасов рыбы) и т.д.

Человечество может противостоять этим механизмам до тех пор, пока у него имеются надежные источники энергии.

Загрязнение окружающей среды

Виды загрязнения окружающей среды

Физические	Тепловые, шумовые, радиоактивные, электромагнитные загрязнения
Химические	Пластмассы, пестициды, удобрения, нефть, нефтепродукты, соли тяжелых металлов
Биологические	Продукты генной инженерии и микробиологической промышленности, биогенные вещества

- **Основные источники загрязнения атмосферы:**
  - выбросы вредных газов автомобильным, железнодорожным и авиационным транспортом,
  - выбросы вредных газов и аэрозолей промышленными предприятиями.

Ежегодно в атмосферу поступает более 200 млн. т оксида и диоксида углерода, 150 млн. т сернистого газа, 50 млн. т оксидов азота и др.

- **Последствия загрязнения атмосферы:**
  - нарушается режим теплоотдачи атмосферы, в результате чего на планете может существенно повыситься температура **(парниковый эффект),** начаться таяние полярных льдов и, как следствие, повышение уровня Мирового океана;
  - оксиды азота и серы в атмосфере соединяются с водяными парами, образуя азотную и серную кислоты, выпадающие на Землю в виде слабо концентрированных кислотных дождей. Эти дожди выщелачивают почву, уничтожают растительный и животный мир и вредно действуют на здоровье человека;
  - в атмосфере значительно возросло содержание фреонов, разрушающих озоновый слой. В результате облегчается проникновение на поверхность Земли коротковолнового ультрафиолетового излучения, губительного для всего живого.
- **Основные причины загрязнения водных бассейнов:**
  - сброс промышленными предприятиями неочищенных или недостаточно очищенных вод;
  - смывание с полей минеральных удобрений и ядохимикатов;
  - попадание в водоемы нефти и нефтепродуктов, образующих на поверхности воды пленку, отравляющую живые организмы и нарушающую газообмен (в результате чего гибнет планктон - первое звено экологической пирамиды в океане);
  - вынос реками теплых вод (тепловое загрязнение, нарушающее температурный режим).
- **Основные источники ухудшения качества и загрязнения почвы и литосферы:**
  - ненормированное применение в сельском хозяйстве минеральных удобрений (которых ежегодно в почву вносится около 100 млн. т), инсектицидов, дефолиантов и других препаратов;
  - выбросы отходов горнодобывающей промышленности и производства, а также бытового мусора;
  - нерациональная вырубка лесов, обработка почвы для выращивания сельскохозяйственных культур, мелиорация и другие виды деятельности человека, приводящие к эрозии почв (разрушению и сносу плодородного слоя потоками воды или ветром).
- **Загрязнение радионуклидами** связано с авариями на АЭС, испытаниями ядерного оружия, захоронением в земле и затоплением на дне Мирового океана радиоактивных отходов. Особенно опасно накопление в организме животных и человека изотопов стронция-90 и цезия-137, имеющих длительный период полураспада. Радиоактивное загрязнение может быть причиной увеличения частоты мутаций и раковых заболеваний.

Охрана природы

Охрана природы - это комплексная система мероприятий, направленных на сохранение, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в интересах существующих и будущих поколений людей.

Главная цель охраны природы - сбережение видового разнообразия (генофонда) флоры и фауны планеты, ее недр, водных ресурсов, атмосферного воздуха, естественных экосистем.

- **Система природоохранных мероприятий** включает:
  - ведение длительно постоянного контроля (***мониторинга***) за состоянием окружающей среды с целью его (состояния) оценки и прогнозирования;
  - создание охраняемых территорий (***заповедников, заказников, резерватов, национальных парков)-,***
  - создание и постоянное обновление ***Красных книг*** международного и национального уровней с целью сохранения генофонда редких и находящихся под угрозой исчезновения растений, грибов, животных;
  - разведение редких и исчезающих видов растений и животных и их переселение **(интродукция)** на охраняемые территории или новые места обитания;
  - разработку норм ПДК **(предельно допустимых концентраций)** соединений, обладающих канцерогенными, мутагенными и токсичными свойствами;
  - использование очистных сооружений, ***безотходных технологий;***
  - принятие законов, обеспечивающих правовую основу природоохранных мероприятий;
  - применение административных санкций за нарушение экологических норм (штрафы, закрытие предприятий и др.);
  - просветительскую работу - разъяснение населению, представителям органов власти и общественных организаций идеи о необходимости охраны всего живого, путей и методов решения этой задачи.

Мониторинг - это комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием антропогенных факторов с целью выявления причин, прогноза возможных изменений и предотвращения критических ситуаций в природе.

- **Виды мониторинга:**
  - **локальный** - мониторинг относительно небольших территорий:
    - биоэкологический - контроль за загрязнением окружающей среды мутагенами и ростом врожденных пороков развития;
    - санитарно-гигиенический - контроль за содержанием веществ, обладающих канцерогенным и мутагенным действием - радионуклидов, пестицидов, сернистого газа, солей тяжелых металлов и др.;
  - **региональный** - мониторинг (геосистемный, природно-хозяйственный) отдельных экосистем и крупных природно-территориальных комплексов;
  - **глобальный** - мониторинг биосферы в целом.

Заповедник - особо охраняемая законом территория или акватория, навсегда исключенная из хозяйственного пользования, где запрещены любые виды деятельности человека (в том числе их посещение), за исключением научных исследований.

Заповедники выполняют роль эталонов природы, где природные комплексов сохраняются в нетронутом виде. В Беларуси существуют два заповедника - Березинский биосферный и Полесский радиационно-экологический.

Заказник - территория, временно изъятая из хозяйственного пользования, на которой запрещены определенные виды деятельности человека (например, отлов определенных видов рыб, сбор некоторых видов дикорастущих растений и т.п.).

Резерват - относительно небольшая территория (обычно роща, озеро, участок долины или побережья и др.), на которой охраняется вид, группа видов, экосистема или отдельные объекты (пещеры, водопады, редкие и исторически ценные деревья и т.п.).

Национальный парк - обширная охраняемая природная территория, на которой сохранились природные комплексы, представляющие особую экологическую, историческую и эстетическую ценность. В национальном парке устанавливается комбинированный режим пользования: участки с заповедным и заказным режимом чередуются с территориями, где допускается регламентированная хозяйственная деятельность, связанная главным образом с обслуживанием туристов и сохранением традиционных для местного населения форм землепользования.

На территории Республике Беларусь расположены четыре государственных национальных парка: «Беловежская пуща», «Браславские озера», «Припятский» и «Нарочанский».

Памятник природы - природный объект (отдельное дерево, роща, парк, озеро, водопад, пещера и т.п.), уникальный или эталонный, имеющий ценность в научном, познавательном или эстетическом отношении

Зоопарк - учреждение, в котором экспонируются различные виды животных. В зоопарках проводится научно-исследовательская работа, связанная с изучением, сохранением и разведением

животных; зоопарки играют важную роль в сохранения генофонда планеты (в частности, они спасли от исчезновения зубра, лошадь Пржевальского, гавайскую казарку и др.).

Красная книга - это официальный документ, содержащий перечень редких и находящихся под угрозой исчезновения видов грибов, лишайников, растений и животных. Красные книги содержат краткие сведения о биологии этих видов, их распространении, численности, причинах ее сокращения, особенностях воспроизводства, методах охраны вида и др.

- **Категории растений и животных, вносимых в Красную книгу:**
- **0-я** - виды, по-видимому, исчезнувшие, не обнаруженные в течение ряда лет, но, возможно, уцелевшие в некоторых недоступных местах или в неволе (культуре);
- **1-я** - находящиеся под угрозой исчезновения виды, дальнейшее существование их невозможно без осуществления специальных мер охраны;
- * **2-я** - редкие виды, не находящиеся под непосредственной угрозой исчезновения, но встречающиеся в таком небольшом количестве, что могут быстро исчезнуть;
- * 3**-я** - сокращающиеся виды, численность и ареал которых уменьшается в течение определенного времени,
- **4-я** - не определенные (в плане систематики) виды, находящиеся под угрозой исчезновения, но недостаточно изученные.

В **Красную книгу Республики Беларусь** (1997 г.) внесено 97 видов позвоночных, 85 видов беспозвоночных животных, 214 видов растений, грибов и лишайников.

Главное направление развития промышленности по охране окружающей среды - создание безотходных технологий.

Безотходная технология - это комплекс мероприятий, направленных на максимально полное использование сырья и образующихся при этом отходов, а также создание производства с замкнутым циклом без сброса сточных вод и без выброса в атмосферу вредных веществ.

МНОГООБРАЗИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

Основные принципы систематики живых организмов

Предмет систематики. Таксономические категории

Систематика - раздел биологии, занимающийся классификацией (группировкой) современных и ископаемых организмов по признакам сходства и родства.

Цель систематики - описание, наименование, классификация и построение эволюционной (***филогенетической***) системы организмов, позволяющей отобразить родственные связи между различными классификационными группами организмов а также направления и пути эволюции органического мира.

Систематические признаки - наиболее существенные признаки внешнего и внутреннего строения, по которым систематика устанавливает сходство и родство организмов.

- **При классификации живых организмов учитывают:**
  - особенности их морфологического и анатомического строения;
  - особенности размножения, эмбрионального развития и жизнедеятельности;
  - физиологические и биохимические особенности;
  - тип запасных питательных веществ;
  - происхождение и историческое развитие группы живых организмов, определяемое по ископаемым остаткам;
  - распространение и среду обитания (экологическую нишу);
  - строение и химический состав клеток;
  - число хромосом в кариотипе и т.д.

Классификация организмов основана на выделении определенных, подчиненных друг другу систематических (***таксономических***) категорий.

Таксономические (или **систематические) категории** - это обозначения групп организмов, отличающихся степенью родства. <

Существуют таксономические категории разного уровня (см. ниже), присваиваемые конкретным группам организмов - ***таксонам.***

Таксон - группа родственных организмов, которым можно присвоить определенную таксономическую категорию. *Примеры* таксонов: хордовые, млекопитающие, собака домашняя.

- **Таксономические категории** (в порядке уменьшения подчиненности):
  - вид,
  - род,
  - семейство,
  - отряд (порядок - для растений),
  - класс,
  - тип (отдел - для растений),
  - царство,
  - надцарство.

Также существуют промежуточные категории - подцарство, подтип, надкласс, подкласс и др. В пределах вида различают подвиды, разновидности, формы и т.д.

Элементарная систематическая единица - вид.

Вид - исторически сложившаяся совокупность популяций, особи которой сходны по морфологическим, физиологическим и биохимическим особенностям, приспособлены к определенным условиям жизни, занимают в природе определенный ареал и способны скрещиваться между собой с образованием плодовитого потомства.

Бинарная номенклатура вида (введена К. Линнеем в 1753 г.): название каждого вида образуется из двух слов, первое из которых означает название рода, к которому относится вид, а второе - видовой эпитет (*примеры*: сосна обыкновенная, магнолия крупноцветная, медведь бурый). Рядом с названием организма (на латыни) в научной литературе сокращенно указывают фамилию ученого, впервые назвавшего или описавшего данный вид.

В настоящее время выделяют два надцарства и пять царств организмов (см. таблицу).

Надцарства и царства организмов

I	**Надцарство**	**Прокариоты**
/	Царство	Бактерии
II	**Надцарство**	**Эукариоты**
2	Царство	Протисты
3	Царство	Грибы
4	Царство	Растения
5	Царство	Животные

В эту систему организмов не входят ***вирусы***, представляющие собой *некпеточиые* формы жизни.

Краткая характеристика прокариот и эукариот

Прокариоты - организмы, клетки которых не имеют оформленного ядра.

К прокариотам относятся бактерии, цианобактерии и некоторые другие организмы.

У прокариот отсутствуют, кроме ядра, все органеллы, известные у эукариот (митохондрии, хлоропласты, эндоплазматический ретикулум, лизосомы, комплекс Гольджи); имеются лишь многочисленные (до 20 тысяч) рибосомы и одна крупная кольцевая молекула ДНК, связанная с очень небольшим количеством белка. У большинства бактерий присутствуют, кроме того, мелкие кольцевые молекулы ДНК, называемые **плазмидами.**

Основу клеточной стенки всех прокариот составляет **муреин** - полисахарид с несколькими присоединенными аминокислотами.

У ряда видов бактерий плазмалемма образует **мезосомы** - впячивания внутрь цитоплазмы, на складчатых мембранах которых находятся ферменты и фотосинтезирующие пигменты, благодаря чему мезосомы способны выполнять функции митохондрий, хлоропластов и других органелл.

Эукариоты - организмы, клетки которых содержат оформленное ядро, окруженное ядерной оболочкой.

К эукариотам относятся как одноклеточные (протесты), так и многоклеточные (грибы, растения и животные) организмы.

Генетический материал эукариот локализуется в хромосомах, состоящих из ДНК и белка. Кроме ядра у эукариот имеются ограниченные мембранами клеточные органеллы (иногда с собственной ДНК) - митохондрии, эндоплазматический ретикулум, лизосомы, комплекс Гольджи, а у растений - еще пластиды и крупные вакуоли.

Царства организмов

Бактерии - одноклеточные прокариотические организмы.

Протисты - эукариотические одноклеточные или колониальные организмы с клеточным уровнем организации (*примеры,* эвглена зеленая, вольвокс, амеба обыкновенная).

Грибы - неподвижные эукариотические организмы, тело которых состоит из тонких переплетающихся нитей, образующих мицелий (у некоторых видов грибов мицелий отсутствует).

Растения - многоклеточные, эукариотические, ведущие прикрепленный образ жизни автотрофные организмы, способные синтезировать органические вещества из неорганических в процессе фотосинтеза.

Животные - многоклеточные, эукариотические, гетеротрофные организмы, большинство видов которых способно к активному передвижению.

6. Вирусы, бактерии, протисты, грибы, лишайники

6.1. Вирусы

Общая характеристика вирусов

Вирус - это мельчайшая, субмикроскопическая частица, представляющая собой ***неклеточную*** форму жизни и содержащая молекулы нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белков.

Вирусы открыты в 1892 г. Д.И. Ивановским. В настоящее время известно около трех тысяч различных видов вирусов.

- **Принципиальные отличия вирусов** от клеточных организмов:
  - вирусы проявляют свою активность и размножаются только в клетках других организмов, используя их вещество и энергию;
  - вирусы содержат только *одну* из нуклеиновых кислот - ДНК *или* РНК (все *клеточные* организмы имеют обе эти кислоты);
  - у вирусов отсутствует собственная система обмена веществ, а синтез белков, необходимых для размножения вируса, осуществляется рибосомами клетки-хозяина по «команде» проникшего туда вируса.
- Особенности жизнедеятельности: в жизненном цикле вирусов наблюдаются **две стадии - *покоя*** (вирусы существуют в форме не проявляющих активности ***вирионов)*** и ***репликации*** (размножения) - генеративная стадия.

Вирион - это зрелая, полностью сформировавшаяся вирусная частица.

Строение вирусов

Размеры вирусов лежат в пределах от 20 до 300 нм;

Формы вирионов разнообразны: нитевидная, палочковидная, похожая на кирпич, в виде симметричного многогранника и др.

Вирусы состоят из молекулы нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и молекул одного или нескольких белков, образующих вокруг нуклеиновой кислоты оболочку, называемую **капсидом.** Некоторые вирусы имеют дополнительную белковую или липопротеидную оболочку.

Молекулы нуклеиновых кислот у разных вирусов имеют одноцепочечную или двухцепочечную форму и могут быть свернуты в спираль. У некоторых вирусов молекула РНК находится в виде

набора кусочков-фрагментов, каждый из которых несет часть генетической программы вируса.

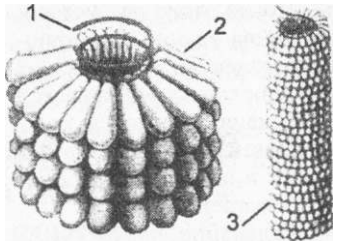


Рис. 6.1. **Строение вируса табачной мозаики:**
1 - нуклеиновая кислота;
2 - капсид; 3 - фрагмент вируса

Вирусная нуклеиновая кислота (как ДНК, так и РНК) имеет от 3 до 200 генов, несет в себе всю информацию, необходимую для функционирования и воспроизводства вируса, обусловливает его специфичность и выполняет роль и-РНК (служит матрицей при синтезе вирусных белков рибосомами клетки-хозяина молекулы по «команде» и «проекту» вируса).

Белковая оболочка вируса защищает его нуклеиновую кислоту от неблагоприятных условий внешней среды и препятствует проникновению ферментов клетки-хозяина к нуклеиновой кислоте вируса и ее расщеплению.

Ретровирусы

Ретровирусы - это РНК-содержащие вирусы, в состав которых входит также особый фермент - **обратная транскриптаза (ревертаза),** с помощью которого оказывается возможным осуществление ***обратной транскрипции*** и, соответственно, передачи генетической информации от РНК к ДНК, а не, как обычно, от ДНК к РНК. *Примеры* ретровирусов: вирусы гриппа, краснухи, энцефалита, бешенства, иммунодефицита человека.

Механизм обратной транскрипции: после проникновения вируса в клетку его РНК и фермент ревертаза освобождаются от капсида. Ревертаза, используя вирионную РНК как матрицу, синтезирует по ее подобию молекулу ДНК (так называемую минус-ДНК). Затем, как зеркальное отражение этой молекулы, синтезируется другая нить ДНК - плюс-ДНК. Две эти молекулы образуют ДНК-копию вирусного генома, который проникает в ядро инфицированной клетки и встраивается в ее геном.

Бактериофаги

Бактериофаги - особая группа вирусов, поражающих бактерии. Открыты Ф. Туортом в 1915 г.

Бактериофаг имеет **головку,** в которой находится молекула ДНК, полый стержень - **хвост,** окруженный белковым чехлом и способный сокращаться, **базальную** (т.е. лежащую в основании) **пластинку** и **хвостовые нити** (см. рис. 6.2). При помощи хвостовых нитей бактериофаг прикрепляется к поверхности бактерии и в месте соприкосновения с ней растворяет с помощью фермента прочную клеточную стенку.

После этого за счет сокращения хвоста бактериофага молекула ДНК фага из его головки впрыскивается через канал стержня в клетку. Геном бактериофага попадает в цитоплазму, а оболочка остается снаружи.

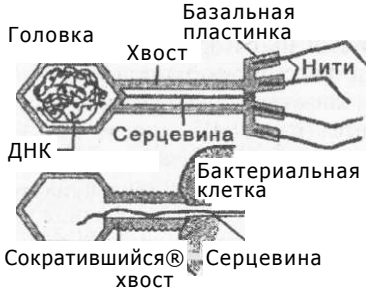


Рис. 6.2. **Строение бактериофага Т2** (вверху) и внедрение фаговой нуклеиновой кислоты в клетку бактерии-хозяина (внизу)

Примерно через 10-15 мин под действием ДНК перестраивается весь метаболизм бактериальной клетки и она начинает синтезировать нуклеиновую кислоту бактериофага, а не собственную ДНК. При этом синтезируется и фаговый белок. Завершается этот процесс составлением 200-1000 новых фаговых частиц, после чего клетка бактерии погибает.

Способы проникновения вирусов в клетку

• **Основные способы проникновения вирусов в клетку:**
- пиноцитозный,
- фагоцитоз ный,
- в местах механических повреждений растительных клеток,
- рецепторный;
- впрыскиванием ДНК через полый стержень (бактериофаги).

Пиноцитозный способ - проникновение вирусов в не имеющую жесткой клеточной стенки и защищенную одной мембраной ***животную*** клетку или в одноклеточный организм вместе с жидкостью в процессе ***пиноцитоза*** (т.е. при поглощении клеткой питательной жидкости в виде мелких капель путем их захвата выростами цитоплазмы). Если клетки соединены друг с другом, вирус может путешествовать по клеткам, заражая их одну за другой.

Фагоцитозный способ - проникновение вирусов в ***животную*** клетку или в одноклеточный организм в процессе ***фагоцитоза*** (при этом вирус обволакивается клеточной мембраной и втягивается в цитоплазму).

Способ проникновения в клетки в местах их механических повреждений характерен для вирусов ***растений*** и ***бактерий,*** клетки которых (растений) защищены не только плазматической мембраной, но и прочной целлюлозной оболочкой.

Рецепторный **способ** проникновения характерен для вирусов, на поверхности которых имеется особый белок, способный «узнавать» другой специфический белок-«рецептор», находящийся на внешней плазматической мембране определенных клеток, и присоединяться к нему. После этого участок мембраны, к которому присоединился вирус, погружается в цитоплазму клетки.

Рецепторный механизм проникновения вируса в клетку обеспечивает специфичность (избирательность) инфекционного процесса. ***Примеры***: вирус гепатита А или В проникает и размножается только в клетках печени, аденовирусы и вирус гриппа - в клетках эпителия слизистой оболочки верхних дыхательных путей.

Размножение вирусов

Вирусы - внутриклеточные паразиты на генетическим уровне.

Проникший в клетку вирус начинает размножаться, перестраивая в своих интересах многие внутриклеточные процессы. Процесс размножения происходит так. Сначала нуклеиновая кислота вируса сбрасывает капсид. Затем с нее, как с матрицы, по заложенной в ней программе синтезируется информационная РНК (и-РНК), которая переключает работу биохимических конвейеров инфицированной клетки на производство ферментов, необходимых для репликации вирусной молекулы ДНК (или РНК) и вирусных белков. После этого происходит репликация (удвоение) вирусного генома. При этом репликация ДНК или РНК вируса в инфицированной клетке может повторяться многократно. Наконец, в клетке происходит сборка из образованных нуклеиновых кислот и белков многочисленных потомков одного попавшего в эту клетку вируса.

Вирусные инфекции

• **Типы вирусных инфекций** (в зависимости от длительности пребывания вируса в клетке и характера изменения ее функционирования): логический, персистентный и латентный.

Литическая инфекция развивается, если образовавшиеся в клетке вирусы покидают ее одновременно, разрывая клетку (и тем самым приводя ее к гибели). Вышедшие из нее вирусы поражают новые клетки.

При **персистентной инфекции** новые вирусы покидают клетку-хозяина постепенно. Клетка продолжает жить и делиться, производя новые вирусы, хотя ее функционирование может измениться.

При **латентной** (скрытой) **инфекции** гены попавшего в клетку вируса встраиваются в хромосомы клетки и при ее делении воспроизводятся и передаются дочерним клеткам. В таком виде геном вируса может существовать в клетке-хозяине длительное время. При определенных условиях в некоторых из инфицированных клеток латентный вирус активизируется, начинает размножаться, и его потомки покидают клетки. Далее инфекция может развиваться по литическому или персистентному типу.

Изменчивость вирусов

- **Механизмы изменчивости вирусов:**
  - мутации;
  - прямой обмен фрагментами нуклеиновых кислот между вирусами разных видов *(пример:* возникновение новых разновидностей вируса гриппа).

Роль вирусов

- **Положительная роль:**
  - вирусы - одни из «двигателей» эволюции органического мира. Они способствуют обмену генетической информацией между организмами разных видов (не скрещивающихся друг с другом). Вирионы, образующиеся в результате внутриклеточного развития, могут «прихватывать» отдельные гены клетки-хозяина и переносить их новому хозяину, организм которого в результате может приобрести новые, иногда полезные свойства;
  - латентные вирусы, встраивающиеся в геном клетки, могут своим воздействием «разбудить» молчавшие до этого гены клетки-хозяина и этим также вызвать изменение ее свойств;
  - человеком вирусы используются в генной инженерии, а бактериофаги - в микробиологической промышленности.
- **Отрицательная роль:**
  - вирусы вызывают многие опасные заболевания растений, животных и человека;
  - многие вирусы являются паразитами.
- **Некоторые вирусные заболевания:**
  - **сельскохозяйственных растений:** мозаичная болезнь табака, томатов и огурцов, скручивание листьев, карликовость и др.;
  - **домашних животных:** ящур, чума свиней и птиц, инфекционная анемия лошадей, птичий грипп и др.;
  - **человека:** грипп, гепатит, корь, оспа, энцефалит, полиомиелит, свинка, бешенство и др.

Организмы, обладающие хорошим иммунитетом, способны бороться с вирусами, образуя ***интерферон.***

Интерферон - белок, вырабатываемый клетками млекопитающих и птиц и обладающий защитными противовирусными свойствами.

СПИД и вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)

СПИД (синдром приобретенного иммунодефицита) - эпидемическое заболевание человека, поражающее преимущественно иммунную систему, осуществляющую защиту организма от различных болезнетворных факторов, и центральную нервную систему, а также ослабляющее способность организма противостоять развитию злокачественных новообразований. Для СПИДа характерен

длительный (до 5 и более лет) **инкубационный период,** исчисляемый с момента заражения до появления первых признаков болезни.

Возбудитель СПИДа - вирус иммунодефицита человека (ВИЧ, см. рис. 6.3), размножающийся главным образом в клетках его иммунной системы, в результате чего организм становится беззащитным к микробам, которые в обычных условиях не вызывают заболеваний. У инфицированных людей ВИЧ находится в крови, сперме и влагалищных выделениях женщин.

- **Особенности ВИЧ:**
  - он принадлежит к семейству ретровирусов;
  - его геном представлен двумя идентичными молекулами РНК, состоящими из примерно 10 тысяч нуклеотидов каждая;
  - он обладает уникально высокой изменчивостью (более чем в 100 раз превосходящей изменчивость вируса гепатита В);
  - считается, что этот вирус может сохраняться в организме человека пожизненно. Это значит, что до конца своей жизни инфицированные люди могут заражать других, а при соответствующих условиях могут сами заболеть СПИДом.

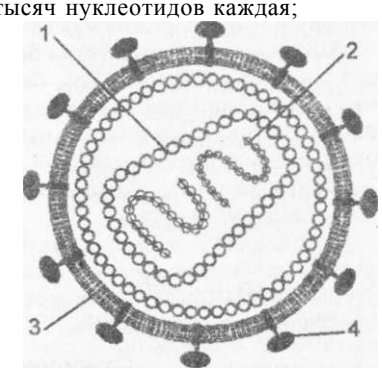


Рис. 6.3. **Строение** вируса **иммунодефицита человека:**
1 - белки защитной оболочки; 2 - геном; 3 - липопротеидная оболочка; 4 - гликолротеиды

- **Основные пути передачи ВИЧ-инфекции:**
  - половые контакты (особо опасны гомосексуальные контакты между мужчинами), проституция и частая смена половых партнеров;
  - через нестерильные медицинские инструменты (которыми часто пользуются наркоманы);
  - через кровь и некоторые лекарственные препараты при пересадке органов и тканей и др.;
  - от матери, инфицированной ВИЧ, к ребенку - при вынашивании плода, во время рождения ребенка или в период его грудного вскармливания.
- **Меры профилакт ики СПИДа:**
  - здоровый образ жизни;
  - крепость брачных уз и семьи;
  - использование физических контрацептивов - презервативов;
  - борьба с наркоманией, половой распущенностью и сексуальными извращениями.

6.2. Бактерии

Общая характеристика бактерий

К царству Бактерии относятся собственно ***бактерии*** и ***цианобактерии.***

Бактерии - это мельчайшие ***одноклеточные прокариотические*** (безъядерные) организмы.

Размеры бактерий: обычно от **0,1** до **15** мкм, но иногда достигают **30-100** мкм.

Численность видов бактерий: около 3 млрд.

Распространенность бактерий: в почве (в **1** г до **2,5-3** млрд.), в воздухе (на высоте до 20 км), в воде (особенно в верхних слоях водоемов), в живых организмах (в форме мутуализма и паразитизма).

Морфологические типы бактерий (в зависимости от формы тела): **кокки** (сферические), **бациллы** (прямые палочковидные), **спириллы** (спиралевидные), **вибрионы** (в виде запятой), **спирохеты** (извитые), **колониальные формы** (диплококки, стрептококки, стафилококки) и др.

Подвижность: некоторые бактерии подвижны благодаря наличию ***жгутиков,***

В обычном состоянии бактерии неустойчивы при высушивании и воздействии прямых солнечных лучей, повышении температуры до 65-80 °С, погибают от воздействия спирта и других дезинфицирующих веществ.

Строение бактерий

Бактериальная клетка не имеет оформленного ядра, покрыта **оболочкой,** состоящей из ***плазматической мембраны, клеточной стенки*** и (у многих видов бактерий) внешней слизистой ***капсулы.***

Плазматическая мембрана полупроницаема и обеспечивает избирательное поступление веществ в клетку и выделение в окружающую среду продуктов обмена веществ. Она образует складчатые впячивания внутрь цитоплазмы **(мезосомы).** На мембранах мезосом находятся различные окислительно-восстановительные ***ферменты,*** участвующие в дыхании, и (у фотосинтезирующих бактерий) ***пигменты,*** участвующие в фотосинтезе. Т.е. мезосомы выполняют функции ***митохондрий*** (синтезируют АТФ), ***хлоропластов*** (осуществляют фотосинтез), ***комплекса Гольджи*** и ***эндоп.изматической сети*** (накапливают и преобразуют органические вещества и осуществляют их транспорт внутри клетки и выведение за ее пределы).

Клеточная стенка - тонкая, прочная и эластичная, придает бактериальной клетке определенную форму, защищает ее содержимое от воздействия неблагоприятных факторов внешней среды и выполняет ряд других функций. Опорным каркасом клеточной стенки служит сетка из одного или несколько слоев муреина

(см. с. 209). В состав клеточной стенки бактерий не входят хитин и целлюлоза, характерные для клеток грибов и растений.

Слизистая капсула предохраняет клетку от высыхания и является ее защитным покровом, а также служит для образования колоний из отдельных клеток.

Генетический материал бактерий представлен ***нуклеоидом,*** не ограниченным мембранами и находящимся в центре клетки.

Нуклеоид (или **бактериальная хромосома)** - это зона, обычно находящаяся в центре бактериальной клетки, содержащая кольцевую молекулу ДНК и не ограниченная мембранами. Молекула ДНК в нуклеоиде не связана с гистоновыми белками и прикрепляется к выросту цитоплазматической мембраны в одной точке. Нуклеоид является носителем генетической информации и контролирует нормальный ход всех внутриклеточных процессов.

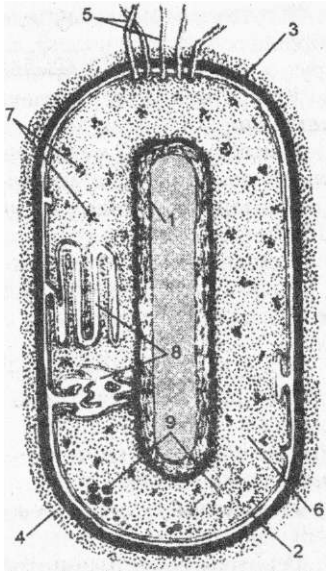


Рис. 6.4. Схема строения клетки бактерии

1 - кольцевая молекула ДНК; 2 - клеточная мембрана; 3 - клеточная стенка, 4-слизистая капсула; 5 - жгутики, 6 - цитоплазма; 7 - рибосомы, 8 - мезосомы, 9 - включения запасаемых веществ

Молекула ДНК у бактерий имеет до 5 000 000 пар ***нуклеотидов;*** но суммарное содержание ДНК в одной бактериальной клетке значительно меньше, чем в ядерной (эукариогической).

Цитоплазма бактериальной клетки представляет собой смесь белков, жиров, углеводов, других органических соединений, минеральных веществ и воды и имеет зернистый вид. В ней содержится до 20 тысяч ***рибосом*** класса 708 (медленно осаждаемых), на которых синтезируются белки. В цитоплазме бактерий также содержатся многочисленные ***включения*** - гранулы запасаемых веществ. У некоторых бактерий в цитоплазме имеются **плазмиды** - небольшие кольцевые молекулы ДНК, участвующие в обмене генетической информацией между различными бактериальными «.летками.

В клетках бактерий отсутствуют митохондрии, лизосомы, комплекс Гольджи и другие органеллы, однако в них хорошо развиты мембранные структуры в виде канальцев, пузырьков и тилакоидов, часто содержащих ферменты и пигменты и являющихся аналогами многих органелл эукариотической клетки.

Жгутики - это органоиды движения бактерий, состоящие из собранных в спираль глобул особого белка - **флагеллина.** Они берут свое начало под цитоплазматической мембраной, закрепляясь там с помощью пары дисков. Количество жгутиков у бактерии - от 1 до 50. У одних бактерий жгутики расположены только на одном конце клетки, у других - на двух или по всей поверхности. Способ расположения жгутиков является характерным ***признаком при классификации*** подвижных бактерий.

У некоторых безжгутиковых водных и почвенных бактерий в цитоплазме имеются **газовые вакуоли,** позволяющих погружаться в толщу воды, подниматься на ее поверхность или передвигаться в капиллярах почвы.

Классификация бактерий

- **Классификация бактерий по типу питания (ассимиляции):**
  - автотрофные,
  - гетеротрофные.
- Автотрофные бактерии сами синтезируют нужные им органические вещества из неорганических.
- В зависимости от способа получения энергии, необходимой для этого синтеза, автотрофные бактерии подразделяются на ***фотосинтезирующие*** и ***хемосиитезирушщие.***

Фотосинтезирующие бактерии (*например*, зеленые и пурпурные) осуществляют фотосинтез органических веществ, используя световую (солнечную) энергию.

В клетках фотосинтезирующих бактерий (в отличие от клеток растений) нет пластид, а фотосинтезирующие пигменты **(бактериохлорофиллы)** находятся в тилакоидах, образующихся в результате выпячивания цитоплазматической мембраны. По своей структуре бактериохлорофиллы подобны хлорофиллам растений и отличаются от них природой белковых цепей.

Хемосинтезирующие бактерии получают нужную для синтеза энергию от экзотермических реакций окисления неорганических веществ (молекулярного водорода, сероводорода, аммиака, закиси железа и др.).

- **Гетеротрофные бактерии** (их большинство) используют в пищу готовые органические вещества, которые служат этим бактериям источником энергии и атомов углерода.
- В зависимости от источника пищи гетеротрофные бактерии подразделяются на ***сапротрофы*** и ***симбионты.***

Сапротрофы извлекают органические вещества из разлагающихся мертвых остатков организмов (бактерии ***гниения,*** получающие энергию от расщепления азотсодержащих соединений), выделений живых организмов (бактерии ***брожения,*** получающие энергию от расщепления.углеродсодержащих соединений).

Симбионты поглощают органические вещества тела хозяина (растения, животного или человека), в котором они живут. При этом симбионты или:

- продуцируют вещества, необходимые организму хозяина (***пример***: клубеньковые азотфиксирующие бактерии, поселяющиеся на корнях бобовых растений и находящиеся с ними во взаимовыгодном сосуществовании), или
- наносят вред организму хозяина, вызывая в нем болезни **(бактерии-паразиты).**

- **Классификация бактерий по типу диссимиляции** (потребности в кислороде для высвобождения энергии, запасенной в молекулярных связях):
  - аэробные,
  - анаэробные,
  - факультативные.

Аэробные бактерии (туберкулезная палочка, гнилостные бактерии) живут только в кислородной среде (в верхних слоях почвы, в воздухе) и получают энергию путем окисления органических соединений до воды и диоксида углерода.

Анаэробные бактерии (бактерии желудочно-кишечного тракта, столбнячная палочка, возбудители гангрены, палочка ботулизма и др.) обитают в бескислородных средах и получают энергию в процессе реакций гликолиза и брожения.

Факультативные бактерии могут обитать как в кислородных, так и в бескислородных средах (*пример:* молочнокислая бактерия).

Размножение бактерий

- **Тип размножения бактерий - *бесполый.*** Бактериальная клетка начинает размножаться, попав в благоприятные условия и достигнув определенного размера.
- **Формы (способы) размножения бактерий:**
  - делением клетки надвое,
  - почкованием (встречается как исключение),
  - спорообразованием.

Размножение делением клетки надвое: сначала путем репликации ДНК удваивается генетический материал клетки. После этого белки, прикрепляющие молекулы ДНК к выростам цитоплазматической мембраны, разделяют (растаскивают) дочерние молекулы ДНК и происходит оформление обособленных бактериальных хромосом (***нуклеоидов***). Затем клетка удлиняется, и в ней постепенно образуется поперечная перегородка. Наконец, две дочерние клетки расходятся. Деления клеток происходят примерно через каждые 15—20 минут.

Спорообразование свойственно некоторым бактериям при наступлении неблагоприятных условий. При этом в бактериальной клетке значительно уменьшается количество свободной воды, снижается ферментативная активность, цитоплазма сжимается, а клетка покрывается очень плотной оболочкой. Споры бактерий устойчивы к различным воздействиям (выдерживают длительное высыхание, нагревание свыше 100 °С и охлаждение примерно до -200 °С) и сохраняют жизнеспособность в течение длительного времени. При попадании в благоприятные условия споры набухают и прорастают, образуя новую вегетативную клетку бактерий.

- **Виды спор бактерий:**
  - **микроцисты** (образуются из целой клетки),
  - **эндогенные** (образуются внутри клетки).

Циста - временная форма существования многих одноклеточных и ряда простейших многоклеточных организмов, характеризующаяся наличием защитной оболочки. Позволяет перенести неблагоприятные условия или предохраняет клетку в период ее деления.

- **Формы полового процесса у бактерий:**
  - трансформация,
  - конъюгация,
  - трансдукция.

Трансформация осуществляется при попадании фрагментов ДНК разрушенных клеток одной культуры бактерий в живую культуру другой бактерии. Эти фрагменты ДНК могут поглощаться клеткой-реципиентом и встраиваться в ее нуклеоид.

При конъюгации перенос участка ДНК от донора (выполняющего мужские функции) к клетке-реципиенту осуществляется при непосредственном контакте через **половую фимбрию** (тонкую белковую трубочку), которая формируется у клетки-донора. После этого клетки разъединяются. При конъюгации очень часто наблюдается передача не всей молекулы ДНК, а только ее фрагментов.

При **трансдукции** небольшой фрагмент ДНК переносится от одной клетки к другой ***бактериофагами.***

Значение бактерий

- **Положительное значение:**
  - они участвуют в круговороте веществ и являются конечным звеном всех цепей питания;
  - являются редуцентами в биогеоценозе (разлагают и минерализуют экскременты и органические остатки);
  - участвуют в процессе почвообразования;
  - служат источником азота для бобовых растений;
  - принимают участие в образовании торфа, каменного угля, железной руды, других полезных ископаемых;

  - участвуют в биохимических процессах пищеварения животных и человека;
  - применяются в пищевой промышленности (для консервирования, получения молочнокислых продуктов и т.д.);
  - используются в микробиологической и химической промышленности (для получения спиртов, ацетона, Сахаров, органических кислот и других химических соединений),
  - используются в фармацевтической промышленности для получения антибиотиков, вакцин, витаминов, аминокислот, ферментов и других биологически активных веществ;
  - применяются в процессах обработки льна, дубления кож и т.д.;
  - являются удобным объектом для генной инженерии;
  - применяются для борьбы с вредителями сельского хозяйства.
- **Отрицательное значение:**
  - многие виды бактерий **(болезнетворные,** или **патогенные,** бактерии) паразитируют на растениях, животных и человеке, вызывая их **инфекционные заболевания;**
  - сапротрофные бактерии гниения и брожения вызывают гниение и порчу продуктов питания.

Некоторые инфекционные заболевания человека

Дифтерия вызывается **дифтерийной палочкой,** поражающей верхние дыхательные пути. Токсин, выделяемый этими бактериями, разносится кровью и воздействует на сердце. Способ борьбы - прививка неактивным токсином.

Тиф: возбудитель - бактерии **риккетсии,** их переносчик - вши. При заболевании поражаются стенки кровеносных сосудов и образуются тромбы. Возможна прививка с помощью убитых бактерий, а также лечение антибиотиками тетрациклинового ряда.

Туберкулез: возбудитель - **туберкулезная палочка,** поражающая легкие и кости. Заражение происходит воздушно-капельным путем, а также через молоко больных животных. Профилактика - вакцинацией; лечение производится специальными препаратами.

Сифилис: возбудитель - **спирохета** рода **трепонема.** Сначала поражаются половые органы, затем глаза, кости, суставы, кожа, центральная нервная система. Передается при половом контакте. Лечение - антибиотиками и специальными препаратами.

Холера вызывается **холерным вибрионом,** в результате жизнедеятельности которого выделяется токсин, поражающий слизистую кишечника. Заражение происходит при употреблении в пищу грязных продуктов питания и воды. Для лечения применяются антибиотики тетрациклинового ряда.

- **Токсины** - ядовитые продукты жизнедеятельности бактерий, которые, как правило, или сами являются поражающими факторами, или угнетают защитные силы организма, усиливая патогенное действие возбудителей болезни.

Методы борьбы с бактериями

- **Методы борьбы с гнилостными бактериями:**
  - высушивание плодов, грибов, мяса, рыбы, зерна;
  - охлаждение и замораживание продуктов;
  - маринование продуктов в уксусной кислоте;
  - создание высокой концентрации сахара (например, при изготовлении варенья), что вызывает плазмолиз в клетках бактерий и нарушает их жизнедеятельность;
  - консервирование (засолка).
- **Другие методы борьбы с бактериями,** в том числе болезнетворными:
  - **дезинфекция (обеззараживание)** - уничтожение болезнетворных микроорганизмов специальными химическими веществами (хлорной известью, хлорамином, раствором йода, этиловым спиртом и др.);
  - **пастеризация** - уничтожение бактерий в пищевых продуктах нагреванием до температуры 65-70 °С в течение 15-30 мин;
  - **стерилизация** — уничтожение бактерий с помощью ультрафиолетового излучения, химикатов или кипячения в автоклавах при температуре 120-130 °С и повышенном давлении;
  - соблюдение гигиены;
  - профилактические прививки.

Цианобактерии

Цианобактерии (или **сине-зеленые водоросли)** - группа микроскопических фоготрофных одноклеточных, колониальных и многоклеточных (нитчатых) прокариотических организмов.

- Цианобактерии осуществляют обычный двухфазный (со световой и темновой фазами) кислородный фотосинтез.
- **Распространение:** в пресных и соленых водоемах (входят в состав ***планктона*** и ***бентоса),*** на поверхности почвы, на скалах; могут вступать в симбиоз с грибами (образуя лишайники), протистами, водорослями, мхами.
- В Беларуси.в прудах и почве обитают осцилатория, анабена, микроцистис и носток сливовидный (внесен в Красную книгу Республики Беларусь).

Планктон - совокупность организмов (бактерий, микроскопических водорослей, животных и их личинок), населяющих толщу воды и пассивно переносимых течением.

Бентос - совокупность организмов, обитающих в грунте и на поверхности дна водоема.

- **Строение** - сходное с бактериями: клетки ***безъядерные,*** имеют», толстые ***многослойные стенки,*** состоящие из полисахаридов, пектиновых веществ и целлюлозы; часто покрыты слизистым

чехлом. В цитоплазме расположены мембранные ***фотосинтезирующие структуры*** и ***пигменты:*** хлорофиллы, каротиноиды, фикоэритрин и др. (благодаря их разнообразию цианобактерии могут поглощать свет различных длин волн), а также ***нуклеоид, рибосомы,*** включения запасного вещества - ***гликогена,*** а также (у некоторых видов) ***газовые вакуоли,*** наполненные азотом и регулирующие плавучесть клетки. У ряда нитчатых форм цианобактерий имеются специализированные клетки с сильно утолщенными бесцветными оболочками - **гетероцисты,** участвующие в фиксации азота и размножении.

- **Размножение:** бесполое, делением клетки надвое; колониальные и нитчатые цианобактерии - распадом колоний или нитей.
- **Значение бактерий:**
  - обогащают воду кислородом, а почву - органикой и азотом;
  - очищают воду, минерализуя продукты гниения;
  - являются кормом для зоопланктона и рыб;
  - используются для получения ряда ценных веществ (аминокислот, пигментов, витамина $B|_2$ и др.), вырабатываемых ими в процессе жизнедеятельности;
  - отдельные виды (спирулина, носток) используются в пищу;
  - ***(отрицательное)*** вызывают «цветение» воды в период массового размножения, обычно сопровождающегося гибелью (из-за недостатка пищи) и гниением большинства дочерних особей, что делает воду непригодной для питья и вызывает гибель рыбы.

6.3. Протисты

Общая характеристика протистов

Протисты - это одноклеточные или (реже) колониальные ядерные организмы (***эукариоты***) с клеточным уровнем организации (***примеры:*** эвглена зеленая, хламидомонада, амеба обыкновенная, инфузория туфелька, вольвокс; см. рис. 6.5-6.8).

Протисты отличаются высокой способностью адаптироваться к разнообразным внешним условиям, неприхотливостью и высокой физиологической пластичностью.

Известно около 30 000 видов протистов, среди которых имеются паразитические (малярийный плазмодий, трипаносома, дизентерийная амеба, балантидий, лямблия и др.).

- **Распространение** - по всему земному шару: в пресных и соленых водоемах, на поверхности и в толще почвы, на скалах, в снегу и в горячих источниках, на различных строениях и т.д.

Строение протистов

- **Форма тела:** ***постоянная*** (шаровидная, удлиненная или грушевидная) и покрыта плотной оболочкой - **пелликулой,** или

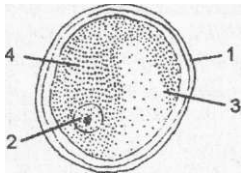


Рис. 6.5. **Хлорелла:**
1 - оболочка, 2 - ядро, 3 - цитоплазма, 4 - хроматофор

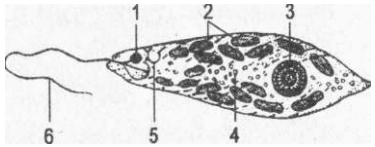


Рис. 6.6. **Эвглена зеленая:**
1 - глазок (стигма), 2 - хлоропласты, 3 - ядро, 4 - запасные питательные вещества, 5-сократительная вакуоль, 6 - жгутик

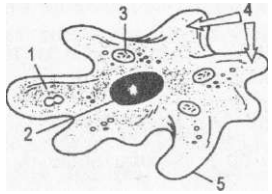


Рис. 6.7. **Амеба обыкновенная:**
1 - цитоплазма, 2 - ядро, 3 - пищеварительная вакуоль, 4 - псевдоподия, 5 - клеточная мембрана

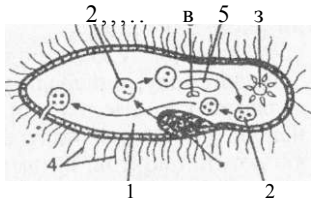


Рис. 6.8. **Инфузория туфелька:**
1 - цитоплазма, 2 - пищеварительная вакуоль, 3 - сократительная вакуоль, 4 - ресничка, 5 - макронуклеус, 6 - микронуклеус

непостоянная (как у амебы) и покрыта цитоплазматической мембраной. Некоторые обитатели океана (фораминиферы, лучевики) имеют известковую раковину.

- **Строение клетки** простое, малодифференцированное. В клетках имеются одно или два ***ядра, органеллы*** общего назначения (рибосомы, митохондрии, эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи), органеллы специального назначения (органеллы движения - ложноножки, жгутики, реснички, органеллы защиты - ***трихоцисты,*** сократительная и пищеварительная ***вакуоли***, у некоторых протистов - клеточный рот, клеточная глотка, хроматофоры, ***стигма*** и др.). У колониальных форм протистов нередко существуют специализированные клетки, выполняющие различные функции.
- **Цитоплазма** у большинства протистов неоднородна и делится на гомогенную эктоплазму (наружный слой) и зернисгую эндоплазму (внутренний слой).

Микронуклеус - малое ядро в клетках инфузорий, участвующее в конъюгации.

Макронуклеус - большое ядро у инфузорий, обеспечивающее регуляцию обмена веществ.

Сократительная вакуоль - органелла пресноводных протистов, участвующая в удалении избытка воды из клетки.

Стигма - светочувствительный глазок у некоторых протистов (хламидомонады, эвглены).

Трихоцисты - цитоплазматические органеллы некоторых протистов, «выстреливаемые» при механическом или химическом раздражении; выполняют защитную функцию.

Таксис - двигательная реакция организма на раздражение.

- **Классификация таксисов:**
  - в зависимости от источника раздражения: фототаксисы (реакция на свет), хемотаксисы (реакция на химические вещества), гидротаксисы (реакция на влагу), термотаксисы (реакция на температуру) и др.;
  - в зависимости от направления движения после раздражения: положительные и отрицательные.

Питание и дыхание протистов

- **Типы питания протистов:**
  - **гетеротрофный** - у большинства протистов *(примеры:* амеба обыкновенная, инфузория туфелька, фитофтора); у таких протистов органические вещества служат одновременно и источником энергии;
  - **автотрофный** - у некоторых протистов *(примеры:* хлорелла, плеврококк, вольвокс);
  - **миксотрофный** (автогетеротрофный, или смешанный) - у некоторых протистов *(примеры:* эвглена зеленая, хламидомонада).
- **Способ питания протистов** - голозойный (см. с. 62).
- **Способы поступления питательных веществ в организм:**
  - фагоцитоз и пиноцитоз через клеточный рот с последующим образованием пищеварительных вакуолей;
  - осмос *(пример:* споровики);
  - всасывание *(пример:* фитофтора), диффузия, облегченная диффузия, активный перенос.

Жидкие продукты диссимиляции выделяются через сократительную вакуоль и поверхность тела. Сократительная вакуоль также участвует в осморегуляции и дыхании.

- **Дыхание протистов:** протисты дышат кислородом, растворенным в воде. Дыхание осуществляется всей поверхностью тела.

Размножение протистов

Размножение протистов осуществляется бесполым или половым путем.

- **Формы бесполого размножения протистов** (см. также с. 65):
  - деление клетки надвое *(примеры:* амеба, эвглена зеленая);

- шизогония;
- почкование;
- спорогония(*пример:* споровики);
- распад колонии на отдельные фрагменты.

- **Формы полового процесса у протистов:**
  - **конъюгация,** при которой происходит обмен ядрами между клетками (характерна для некоторых инфузорий);
  - **копуляция** (характерна для паразитических протистов), при которой клетки протистов преобразуются в макро- и микрогаметы и происходит их слияние. Образовавшаяся зигота делится путем ***спорогонии*** (т.е. в этом случае происходит ***чередование полового процесса и бесполого размножения).***

Значение протистов

- **Положительное значение:**
  - они участвуют в круговороте веществ и являются конечным звеном всех цепей питания;
  - являются продуцентами огромного количества органических веществ в водоемах;
  - поглощая из воды углекислый газ, протисты насыщают ее кислородом;
  - многие протисты — активные санитары загрязненных водоемов, хозяйственных и бытовых стоков городской канализации;
  - принимали участие в образовании горных и меловых пород, известняков, рифов, особых разновидностей угля, ряда горючих сланцев;
  - хлореллу, которая способна ассимилировать от 10 до 18% световой энергии, можно использовать для регенерации воздуха в замкнутых биологических системах жизнеобеспечения человека при длительных космических полетах;
  - протисты, способные накапливать радионуклиды (хлорелла, сценедесмус и др.), используются для дополнительной очистки слабоактивных сточных вод атомных электростанций.
- **Отрицательное значение:** отдельные виды протистов являются паразитами растений, животных и человека, вызывая их заболевания. ***Примеры.***
  - **дизентерийная амеба,** проникая под слизистую оболочку толстого отдела кишечника человека, разрушает ее с образованием язв;
  - **малярийный плазмодий** является возбудителем малярии - тяжелого заболевания человека, сопровождающегося приступами лихорадки с повышением температуры до 40 °С и выше, головной болью, ознобом;
  - **фитофтора** - опасный паразит картофеля и томатов, вызывает у них болезнь под названием фитофтороз.

Характеристика некоторых видов протистов

Вид	Строение	Жизнедеятельность	Размножение
Хлорелла	Форма тела округлая: 1 ядро; целлюлозная клеточная стенка, хроматофор. Стигма и жгутики отсутствуют	Питание ***автотрофное***, накапливает белки, витамины В, С, К. Передвигается с током воды	Размножение бесполое. Интенсивное деление (образуются неподвижные безжгутиковые споры — **апланоспоры)**
Амеба обыкновенная	Тело покрыто мембраной, форма непостоянная; цитоплазма неоднородная (экто-и эндоплазма); псевдоподии; 1 ядро, органоиды общего и специального назначения	Питание ***гетеротрофное*** (фаго- и пиноцитоз), удаление непереваренных остатков через *сократительную вакуоль* путем экзоцитоза. Газообмен путем диффузии. Ответная реакция на раздражение - *таксис.* Образует *цисты*	Размножение бесполое - делением надвое (ядро делится митозом, цитоплазма перешнуровывается, сократительная вакуоль в одной из дочерних клеток образуется заново)
Инфузория туфелька	Размеры 0,1-0,3 мм; тело покрыто ресничками: есть клеточный рот. клеточная глотка, порошица, 2 ядра (макро- и микронуклеус), 2 сократительные вакуоли и приводящие канальцы, трихоцисты	Питание ***гетеротрофное***, пища поступает через *клеточный рот* и *глотку.* непереваренные остатки удаляются через *порошицу. Макронуклеус* регулирует процессы жизнедеятельности, *микронуклеус* – половой процесс и передачу генетической информации. Положительный *хемотаксис.* Образует *цисты*	Бесполое - поперечным делением. ***Конъюгация:*** две особи сближаются, макронуклеусы растворяются, микронуклеусы делятся мейозом, по 3 дочерних ядра погибают, четвертое делится митозом на ***стационарное*** и ***мигрирующее*** ядра; затем клетки обмениваются мигрирующими ядрами
Эвглена зеленая	Постоянная веретеновидная форма тела, 1 жгутик, около 20 хлоропластов, стигма, 1 ядро, сократительная вакуоль	Питание ***миксотрофное:*** в темноте — гетеротрофное, на свету - автотрофное. Положительный *фототаксис.* При неблагоприятных условиях инцистируется	Размножение бесполое - продольным делением каждые сутки

6.4. Грибы

Общая характеристика грибов

Грибы - это царство эукариотических организмов (насчитывающее более 120 тыс. видов), представители которого характеризуются сочетанием признаков как растений, так и животных.

- **Признаки грибов, сходные с признаками растений:**
  - наличие клеточных стенок и центральных вакуолей в клетках;
  - неподвижность (прикрепленный образ жизни);
  - неограниченный верхушечный рост;
  - поглощение пищи путем всасывания (адсорбции);
  - размножение спорами;
  - способность к синтезу витаминов.
- **Признаки грибов, сходные с признаками животных:**
  - гетеротрофный тип питания;
  - наличие *хитина* в клеточных стенках;
  - отсутствие хлоропластов и фотосинтезирующих пигментов;
  - накопление углевода *гликогена* как запасного вещества;
  - образование и выделение *мочевины* как продукта метаболизма.
- **Распространение грибов:** грибы обитают в сырых затененных местах или на открытых пространствах в богатой органическими веществами влажной почве, в опавших листьях, гниющих пнях, на растениях и растительных остатках, на продуктах питания, в организмах животных и аеловека.
- В Красную книгу Республики Беларусь занесены трюфель летний, спарассис курчавый, зонтик девичий.

Строение грибов

Вегетативное тело у большинства видов грибов — **грибница,** или **мицелий,** образованный ***гифами*** (см. рис. 6.9-6.13).

- Дрожжи и некоторые грибы-паразиты - мицелия не имеют.

Гифы - тонкие (толщиной 2-30 мкм) ветвящиеся нити, образующие вегетативное тело гриба. Обладают верхушечным ростом. Имеют разное строение у ***низших*** и ***высших*** грибов (см. ниже).

Различают ***субстратный*** и ***воздушный мицелий.***

Субстратный мицелий служит для фиксации к субстрату и всасывания воды и минеральных веществ.

Воздушный мицелий (у некоторых грибов) поднимается над субстратом и содержит ***спорангии.***

У **шляпочных грибов** мицелий расположен в почве, а на поверхности находится ***плодовое тело.***

Плодовое тело - это видимая, поднимающаяся над субстратом часть гриба, представляющая собой множество плотно переплетенных гифов, являющаяся вместилищем спороносных органов гриба и служащая для защиты спор и их распространения.

Видоизменения мицелия (наблюдаются у многих грибов): ризоиды, гаустории, столоны, ризомицелий и др.

Ризоиды - нитевидные корнеобразные выросты, служащие для прикрепления мицелия к субстрату и поглощения из него воды и минеральных веществ.

Гаустории (обычно встречаются у грибов-паразитов) - выросты, с помощью которых мицелий проникает в клетки хозяина и поглощает питательные вещества.

Столоны служат для распространения гриба по субстрату.

Ризомицелий - это зачатки мицелия в виде тонких безъядерных нитей.

Клеточная стенка грибов содержит в основном полисахариды (связанные с белками и липидами), хитин, пигменты. В цитоплазме находятся одно или несколько ядер и клеточные органеллы.

Плектенхима - ложная ткань у многих шляпочных грибов, мицелий которых образован плотным переплетением многоклеточных гиф.

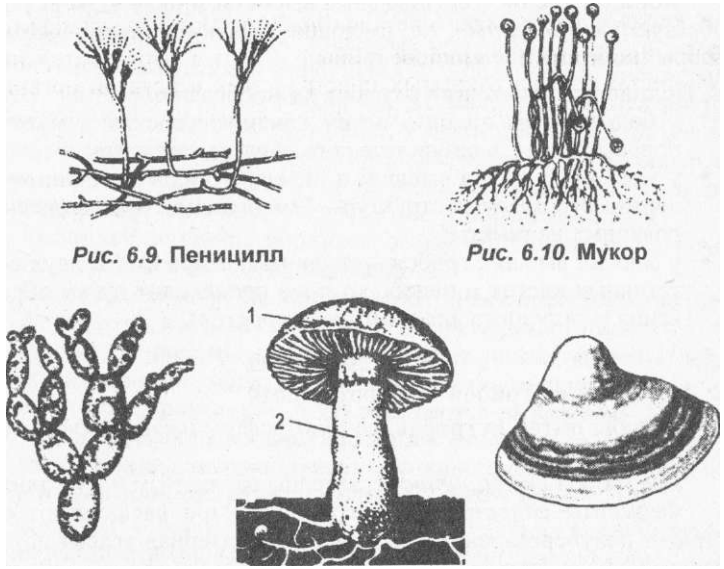


Рис. 6.9. Пенициллл *Рис. 6.10.* Мукор

Рис. 6.11. Дрожжи *Рис. 6.12.* Шляпочный гриб: 1 - шляпка, 2 - ножка *Рис. 6.13.* Трутовик

Низшие грибы - грибы, гифы которых не имеют перегородок и представляют гигантскую ветвящуюся многоядерную клетку *(пример*: мукор). Длительность жизни мицелия низших грибов - несколько дней.

Высшие грибы - грибы, гифы которых разделены на отдель-г ные отсеки поперечными перегородками (септами). В центрах перегородок имеются поры, через которые перемещается цитоплазма. Имеют многоклеточный мицелий *{примеры,* пеницилл, шляпочные грибы). -Длина клеток мицелия высших грибов может достигать нескольких метров. Длительность жизни мицелия высших грибов - несколько лет.

Размножение грибов

- **Способы размножения грибов:** бесполое и половое.
- **Формы бесполого размножения грибов:**
  - вегетативное размножение (частями мицелия);
  - почкование *{пример-,* дрожжи);
  - спорообразование (посредством образования эндогенных (в ***спорангиях)*** или экзогенных (на ***конидиеносцах)*** спор.

Спорангий - орган бесполого размножения, в котором образуются эндогенные споры.

Конидиеносцы - специальные выросты мицелия, на которых образуются ***экзогенные***, т.е. имеющие *наружное* происхождение, споры **(конидии);** *пример:* пеницилл.

- **Половое размножение** у грибов разнообразно:
  - у большинства видов - путем слияния женских и мужских половых гамет, в результате чего образуется зигота;
  - у некоторых видов высших и низших грибов - слиянием содержимого половых структур - ***гаметангиев,*** не дифференцированных на гаметы;
  - у многих высших грибов - слиянием содержимого двух вегетативных клеток мицелия, которое происходит путем образования между ними анастомозов (выростов).

Питание грибов

- **Тип питания грибов** - гетеротрофный.
- **Способы питания грибов:** симбиотрофное и сапротрофное (см. стр. 62).

Для ***грибов-симбионтов*** характерны паразитизм и мутуализм.

Ферменты ***сапротрофных*** грибов быстро расщепляют субстрат и полупереваренный питательный материал всасывают поверхностью субстратного мицелия. К сапротрофным относятся большинство шляпочных грибов, плесневые грибы (мукор, аспергилл, пеницилл и др.) и дрожжи.

Отдельные группы грибов

- **Деление грибов на группы:**
  - **плесневые грибы** *(примеры:* мукор, пеницилл, аспергилл);
  - **грибы-паразиты** *(примеры:* головня, спорынья, ржавчина);

  - **почкующиеся грибы** - сборная группа грибов без мицелия *(пример:* дрожжи);
  - **шляпочные** грибы:
    - трубчатые *(пример:* белый гриб);
    - пластинчатые *(пример:* сыроежка).

Плесневые грибы - микроскопические грибы, образующие на поверхности органических субстратов характерные пушистые или паутинистые налеты (плесень) серого, зеленого, черного или сизого цвета. Поселяются в верхних слоях почвы, на увлажненных продуктах, плодах, овощах, бумаге, коже, текстиле, навозе и т.д. Вызывают порчу продуктов, разрушают многие промышленные материалы; некоторые вызывают болезни растений. Продолжительность жизни субстратного мицелия - несколько дней. Питание сапротрофное. Размножение бесполое, ***спорами.*** У низших плесневых фибов (мукор и др.) споры образуются эндогенно в спорангиях; у высших плесневых грибов (пеницилл, аспергилл и др.) - споры (конидии) образуются экзогенно на конидиеносцах.

Грибы-парази гы - грибы, которые поселяются на телах других организмов - растений, животных или человека - и питаются готовыми органическими веществами. У большинства грибов-паразитов, поселяющихся на растениях, мицелий развивается внутри тканей корня, стебля, листа и плода, у некоторых *(пример:* мучнисторосяные) - на поверхности органов растения. Размножаются *спорами.* Вызывают различные заболевания кожи, ногтей, волос (бластомикозы, молочница, парша, стригущий лишай и т.д.).

- **Головневые грибы** поражают злаки, образуя на их колосьях большое количество черных спор.
- **Спорыньевые** грибы паразитируют преимущественно на ржи, формируя в колосьях спорангии в виде черных рожек.
- **Мучнисто-росяные грибы** поражают рожь, пшеницу, крыжовник, люпин, образуя беловатый мучнистый налет.
- **Трутовые грибы** (рис. 6.13) поселяются на деревьях. Из спор трутовиков, попадающих в раны в коре деревьев, формируется грибница, которая разрушает древесину. Продолжительность жизни субстратного мицелия - много лет.

Дрожжи - сборная группа грибов, не имеющих типичного мицелия и существующих в виде отдельных почкующихся или делящихся клеток овальной или округлой формы и их колоний (рис. 6.11). Встречаются на поверхности растений, в нектаре цветков, на плодах и ягодах, в почве. Имеют окислительный или бродильный тип обмена веществ. Питание сапротрофное. Размножаются почкованием. У некоторых дрожжей имеет место половой процесс в виде копуляции. При размножении дочерние клетки не отделяются от материнской. Продолжительность жизни субстратно-

го мицелия - несколько дней. Дрожжи используются в хозяйственной деятельности человека (в хлебопечении, виноделии, пивоварении). Некоторые дрожжи патогенны *(пример:* кандилозы).

Шляпочные грибы (рис. 6.12) обитают на богатой органическими веществами почве или на гниющей древесине *(пример:* опята). Субстратный мицелий шляпочного гриба образует ***грибницу***, а воздушный формирует ***плодовое тело***, являющееся органом спороношения и состоящее из **шляпки** и **ножки.** Верхний слой шляпки покрыт кожицей и окрашен, на нижней стороне шляпки находятся пластинки *(примеры:* сыроежки, грузди) или трубочки *(примеры:* белые грибы, маслята). Продолжительность жизни субстратного мицелия - несколько лет.

Питание большинства шляпочных грибов - сапротрофное. Некоторые виды являются симбионтами: их грибница вступает в симбиоз с корнями растений, образуя ***микоризу*** *(примеры:* подберезовик, подосиновик, белый гриб). Для симбионтов необходимы определенные условия жизни: конкретные растительные сообщества, достаточное количество влаги и оптимальная температура.

Размножение шляпочных грибов - бесполое (осуществляется участками мицелия и спорами, образующимися в спорангиях эндогенно) и половое: в архегониях и антеридиях образуются гаметы, оплодотворение происходит с участием воды.

Съедобные шляпочные грибы (белый гриб, подберезовик, сыроежка, лисичка и др.) употребляются в пищу.

Условно-**съедобные** грибы можно употреблять в пищу ***после длительной термической обработки*** (сморчки, строчки).

Ядовитые грибы в процессе метаболизма накапливают ядовитые вещества; ***в пищу не употребляются*** (мухомор, бледная поганка, ложная лисичка и др.),

" **Один из отличительных признаков ядовитых грибов** - наличие на ножке пленчатого кольца (за исключением ложных опят).

Микориза - это симбиоз мицелия грибов и корней высших растений. При этом мицелий (грибница) оплетает мелкие корни растения и проникает внутрь их, выполняя функцию корневых волосков. Гриб получает от растения органические вещества, а растение от гриба - воду и минеральные соли.

Значение грибов

- **Положительное значение:**
  - грибы участвуют в круговороте веществ и почвообразовании;
  - минерализуют органические остатки;
  - служат пищей для некоторых животных и человека;
  - используются в фармацевтической промышленности (пенициллин), хлебопечении, виноделии, пивоварении (дрожжи).

- **Отрицательное значение:**
  - ядовитые грибы вызывают отравления;
  - грибы-паразиты вызывают болезни растений, животных и человека;
  - некоторые грибы вызывают порчу продуктов, древесины, произведений искусства, изделий из кожи, ткани и т.д.

6.5. Лишайники

Общая характеристика лишайников

Лишайники - это группа живых организмов, в состав тела ***(таллома)*** которых входят два организма - гриб ***(микобионт)*** и цианобактерия или водоросль (***фикобионт***), находящиеся в симбиозе друг с другом.

- В составе лишайников обнаружено около 20 тыс. видов грибов и около 26 родов фототрофных организмов.
- У 90% всех видов лишайников фикобионтами являются зеленые водоросли родов требуксия, трентеполия и цианобактерия носток.

Таллом, или **слоевище,** — это вегетативное тело водорослей, лишайников, грибов и некоторых моховидных, не дифференцированное на органы и не имеющее настоящих тканей.

Микобионт - грибной компонент таллома лишайников. Гифы гриба впитывают всей своей поверхностью атмосферную влагу, снабжают фикобионт водой и минеральными веществами, защищают его от высыхания и прикрепляют к субстрату.

* Один и тот же микобионт может входить в состав только одного вида лишайников.

Фикобионт - автотрофный водорослевый компонент таллома лишайников. Обычно представлен бурыми, зелеными или сине-зелеными водорослями. В клетках фикобионта в результате фотосинтеза образуются органические вещества, часть которых идет на питание гриба (микобионта).

- Один и тот же фикобионт может входить в состав разных видов лишайников.
- **Распространение лишайников:** на почве, скалах, камнях, коре деревьев, крышах домов.

Строение лишайников

Таллом лишайников имеет разнообразную окраску: белую, желто-зеленую, оранжевую, коричневую, серую, черную и др.

- **Классификация лишайников по внешнему виду (типу) таллома:**

" **накипные,** или **корковые,** - имеют таллом в виде тонкой корочки, прочно сросшейся с субстратом и неотделимой от него *(примеры:* письменный лишайник, лишайниковая манна);

- **листоватые** - имеют вид чешуек или пластинок, прикрепляющихся к субстрату пучками гиф - ***ризинами***; обитают на камнях и коре деревьев ***(примеры:*** пармелия, ксангория);
- **кустистые** - имеют вид прямостоящих кустиков или провисающей бороды, образованных тонкими ветвящимися нитями или стволиками, прикрепленными к субстрату своими основаниями (*пример:* ягель - олений лишайник).

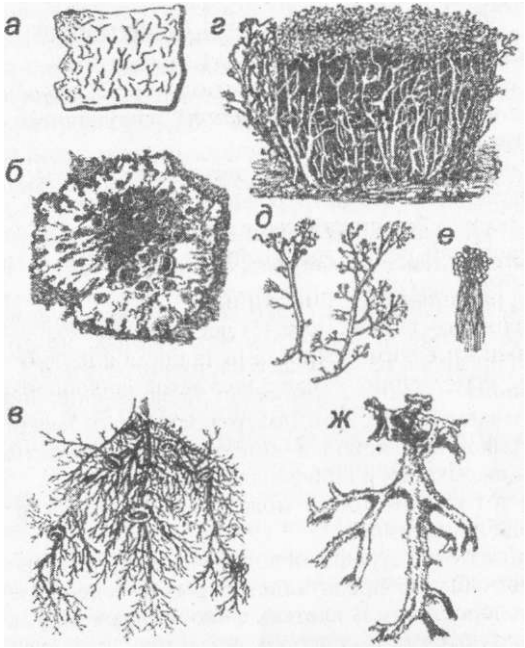


Рис. 6.14. **Формы слоевища лишайников:**
а - корковая (накипная); б - листоватая; *в, г, д*- кустистая; е - соредий; ж - кустистое слоевище некоторых лишайников рода уснея

Классификация лишайников по типу внутреннего строения: (см. рис. 6.15):

- **гомеомерные лишайники:** таллом образован рыхлым сплетением гиф гриба, среди которых равномерно расположены клетки или нити водоросли;
- **гетеромерные лишайники:** в талломе имеется ряд дифференцированных слоев, каждый из которых выполняет определенную функцию: верхний и нижний слои ***(кора)*** - защитную; один или два ***альгальных*** (фотосинтезирующих) слоя, образованных водорослями, - фотосинтезирующую и запасающую; ***сердцевина,*** образованная грибом, прикрепляет таллом к субстрату и обеспечивает аэрацию фикобионта.

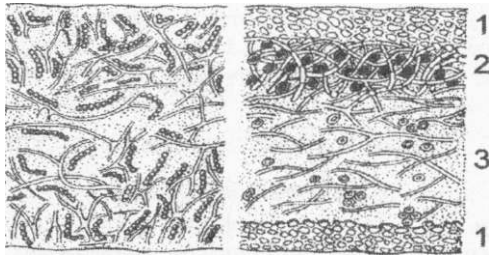


Рис. 6.15. **Разрез гомеоморфного** (а) **и гетероморфного** (б) **талломов:**
1 - верхняя и нижняя кора, 2 - альгальный слой, 3 - сердцевина

Размножение лишайников

Размножение лишайников - бесполое.

- **Способы размножения лишайников:**
  - **вегетативное** - осуществляется частями таллома;
  - **изидиями** - мелкими выростами таллома в виде бугорков или палочек, содержащих несколько клеток фикобионта и покрытых снаружи корой из гиф гриба. Изидии слущиваются с поверхности таллома и в благоприятных условиях прорастают в новые талломы лишайников;
  - **соредиямн** — фрагментами таллома, которые формируются в фотосинтезируюгцем слое и содержат несколько клеток фикобионта, оплетенных гифами гриба. Под давлением большой массы соредий происходит разрыв коркового слоя таллома, соредии освобождаются и разносятся ветром и водой.

Значение лишайников:

- одними из первых заселяют безжизненные территории;
- отмирая, образуют перегной и тем самым создают условия для обитания других организмов;
- являются индикаторами загрязнения воздуха;
- используются в качестве сырья в химической (в производстве спиртов и органических кислот), парфюмерной (в производстве ароматических веществ) и фармацевтической (в производстве лекарств) промышленности;
- многие лишайники служат кормом для животных *(пример:* ягелем питаются северные олени, косули, лоси);
- некоторые виды (гирофора, лишайниковая манна) могут употребляться в пищу человеком.

7. Растения

7.1. Общая характеристика растений

Признаки растений

Растение - это многоклеточный эукариотический организм, способный синтезировать органические вещества из неорганических в процессе фотосинтеза.

Ботаника - комплекс наук о растениях, изучающих их классификацию, эволюционное развитие, внешнее и внутреннее строение, химический состав, процессы жизнедеятельности, размножение, эмбриональное развитие, взаимоотношения с окружающей средой, географическое распространение, ископаемые растения и др.

- **Важнейшие отличительные признаки растений:**
  - наличие плотных клеточных стенок, состоящих из целлюлозы;
  - * поглощение пищи путем всасывания;
  - наличие пластид с хлоропластом;
  - наличие больших клеточных вакуолей с клеточным соком;
  - запасным углеводом является крахмал;
  - размножение и расселение - спорами или семенами.
- **Дополнительные признаки** (не являются общими для всех групп растений):
  - прикрепленный образ жизни;
  - неограниченный рост;
  - своеобразные ***жизненные циклы;***
  - своеобразные способы закладки органов.

Распространение растений: растения заселяют почти всю поверхность суши (в том числе значительные участки безводных пустынь, топких болот и гор) и все пресные и соленые водоемы (реки, озера, моря и океаны до больших глубин). Особенно богаты видами растений тропические регионы.

Известно около 400 тыс. видов растений. Их общая биомасса в биосфере - примерно 1850 млрд. т; ежегодно растения создают 170 млрд. т органического вещества.

Классификация растений

- **Подцарства растений:**
  - низшие растения;
  - высшие растения.

Низшие растения - подцарство растений, которые не имеют тканей или тело которых не дифференцировано на вегетативные органы - корень, стебель и листья. Возникли около 2 млрд. лет назад. К низшим растениям относятся **водоросли** (см. п. 7.2).

Высшие растения - подцарство внутренне и внешне дифференцированных растений, т.е. растений, имеющих различающиеся своими функциями ткани и органы разной степени сложности. Возникли около 430 млн. лет назад; насчитывают более 300 тыс. видов.

- **Систематика растений** (в скобках приведены примеры):
  - " отдел (Покрытосеменные, или Цветковые);
  - класс (двудольные);
  - порядок (коричникоцветные);
  - семейство (пасленовые);
  - род (паслен);
  - * вид (паслен черный).

Значение растений

- **Значение растений:**
  - они обеспечивают кислородом всю планету;
  - " очищают воздух от двуокиси углерода;
  - формируют фитоценозы, в которых обитают представители других царств живых организмов;
  - являются источником органического вещества для животных и человека;
  - являются источником сырья для химической, бумажной, текстильной, строительной, мебельной, фармацевтической и ряда других отраслей промышленности;
  - служат топливом;
  - являются продуктами питания человека (злаки, овощи, фрукты, ягоды);
  - имеют эстетическое значение (комнатные растения, зеленые насаждения парков, скверов, аллей и т.д.).

7.2. Водоросли

Общая характеристика водорослей

Водоросли - это многоклеточные, преимущественно водные, эукариотические фотосинтезирующие организмы, которые не имеют тканей или тело которых не дифференцировано на вегетативные органы (т.е. относящиеся к подцарству низших растений).

- **Систематические отделы водорослей** (различаются по структуре таллома, набору фотосинтезирующих пигментов и запасных питательных веществ, особенностям размножения и циклов развития, местообитанию и т. п.):

- Золотистые;
- Зеленые (***примеры,*** спирогира, улотрикс);
- Красные (*примеры*: порфира, филлофора);
- Бурые (*примеры*: лессония, фукус);
* Харовые (*примеры*: хара, нителла);
- Диатомовые (*пример*: ликмофора) и др.

Количество видов водорослей - более 40 тыс.

- **Среда обитания водорослей:** пресные и соленые водоемы, влажная почва, кора деревьев, горячие источники, ледники и т.д.
- **Экологические группы водорослей:** планктонные, бентосные (см. с. 222), наземные, почвенные и др.

Планктонные формы представлены зелеными, золотистыми и желто-зелеными водорослями, имеющими специальные приспособления для облегчения переноса водой: уменьшающие плотность организмов (газовые вакуоли, включения липидов, студенистую консистенцию) и увеличивающие их поверхность (разветвленные выросты, приплюснутую или вытянутую форму тела и др.).

Бентосные формы обитают на дне водоемов или обволакивают находящиеся в воде предметы; к субстрату прикрепляются ризоидами, базальными дисками и присосками. В морях и океанах они представлены преимущественно бурыми и красными водорослями, а в пресных водоемах - всеми отделами водорослей, кроме Бурых. Бентосные водоросли содержат крупные хлоропласты с высоким содержанием хлорофилла.

Наземные, или **воздушные,** водоросли (это обычно Зеленые или Желто-зеленые водоросли) образуют налеты и пленки различного цвета на коре деревьев, влажных камнях и скалах, заборах, крышах домов, на поверхности снега и льда и т.п. При недостатке влаги наземные водоросли пропитываются органическими и неорганическими веществами.

Почвенные водоросли (в основном Желто-зеленые, Золотистые и Диатомовые) живут в толще почвенного слоя на глубине до 1-2 м.

Особенности строения водорослей

Тело водорослей не разделено на вегетативные органы и представлено прочным в упругим ***талломом (слоевищем***). Структура таллома - нитчатая (*примеры*: улотрикс, спирогира), пластинчатая *{пример:* ламинария), разветвленная или кустистая *(пример:* хара). Размеры - от 0,1 мм до нескольких десятков метров (у некоторых бурых и красных водорослей). Таллом разветвленных и кустистых водорослей - рассеченный и имеет линейно-членистое строение; в нем можно различить главную ось, «листья» и ризоиды.

У некоторых водорослей имеются специальные ***воздушные пузыри,*** которые удерживают слоевище у поверхности воды, где есть возможность максимального улавливания света для фотосинтеза.

Таллом многих водорослей выделяет слизь, которая заполняет их внутренние полости и частично выводится наружу, помогая лучше удерживать воду в препятствуя обезвоживанию.

Клетки таллома водорослей не дифференцированы и имеют проницаемою клеточную оболочку, внутренний слой которой состоит из целлюлозы, а наружный - из пектиновых веществ **и** (у многих видов) ряда добавочных компонентов: извести, лигнина, кутина (задерживающего ультрафиолетовые лучи и предохраняющего клетки от излишней потери воды в период отлива) и др. Оболочка выполняет защитную и опорную функции, обеспечивая при этом возможность роста. При дефиците влаги оболочки значительно утолщаются.

Цитоплазма клетки у большинства водорослей образует тонкий слой между большой центральной вакуолью и клеточной стенкой. В цитоплазме имеются органеллы: ***хроматофоры,*** эндоплазматический ретикулум, митохондрии, аппарат Гольджи, рибосомы, одно или несколько ядер.

Хроматофоры - это органеллы водорослей, содержащие фотосинтезирующие пигменты, рибосомы, ДНК, липидные гранулы и ***пиреноиды.*** В отличие от хлоропластов высших растений хроматофоры более разнообразны по форме (могут быть чашевидными, лентовидными, пластинчатыми, звездчатыми, дисковидными и др.), размерам, числу, строению, местоположению и набору фотосинтезирующих пигментов.

У мелководных ***(зеленых)*** водорослей фотосинтезирующими пигментами являются в основном хлорофиллы а и Ъ, поглощающие красный и желтый свет. У ***бурых*** водорослей, обитающих на средних глубинах, куда проникает зеленый и синий свет, фотосинтезирующими пигментами являются хлорофиллы а и с, а также **каротин** и **фукоксантин,** имеющие бурый цвет. У ***красных*** водорослей, обитающих на глубинах до 270 м, фотосинтезирующими пигментами являются хлорофилл *с1* (характерный только для этой группы растений) и имеющие красноватую окраску **фикобилины** - фикоэритрин, фикоцианин и аллофикоцианин, хорошо поглощающие синие и фиолетовые лучи.

Пиреноиды - особые включения, входящие в состав матрикса хроматофор и являющиеся зоной синтеза и накопления запасных питательных веществ.

Запасные вещества водорослей: крахмал, гликоген, масла, полисахариды и др.

Размножение водорослей

Водоросли размножаются бесполым итоловым путем.

- **Органы размножения водорослей** (одноклеточные):
  - спорангии (органы бесполого размножения);
  - гаметангии (органы полового размножения).
- **Способы бесполого размножения водорослей:** вегетативное (фрагментами таллома) или одноклеточными зооспорами.
- **Формы полового процесса у водорослей:**
  - ***изогамия*** - слияние одинаковых по строению и величине подвижных гамет,
  - ***гетерогамия*** - слияние подвижных гамет разных размеров (более крупную считают женской),
  - ***оогамия*** - слияние крупной неподвижной яйцеклетки со сперматозоидом,
  - ***конъюгация*** - слияние содержимого двух неспециализированных клеток.

Половой процесс завершается образованием диплоидной зиготы, из которой формируется новая особь или образуются подвижные жгутиковые ***зооспоры,*** служащие для расселения водоросли.

- **Особенности размножения водорослей:**
  - у некоторых видов водорослей каждая особь способна формировать (в зависимости от времени года или условий среды) и споры, и гаметы;
  - у отдельных видов водорослей функции бесполого и полового размножения выполняют разные особи - ***спорофиты*** (они образуют споры) и ***гаметофиты*** (они формируют гаметы);
  - в цикле развития многих видов водорослей (красных, бурых, некоторых зеленых) наблюдается строгое чередование поколений - спорофита и гаметофита;
  - гаметы водорослей, как правило, обладают таксисами, определяющими направление их движения в зависимости от интенсивности света, температуры и т.п.;
  - безжгутиковые споры совершают амебоидное движение;
  - у морских водорослей выход спор или гамет совпадает с приливом; период покоя в развитии зиготы отсутствует (т.е. зигота начинает развиваться сразу же после оплодотворения, чтобы не быть унесенной в море).

Значение водорослей

- **Значение водорослей:**
  - они за счет фотосинтеза продуцируют органические вещества;
  - насыщают воду кислородом и поглощают из нее двуокись углерода;

  - являются пищей для водных животных;
  - являются родоначальниками растений, заселивших сушу;
  - участвовали в образовании горных известняковых и меловых пород, некоторых видов каменного угля и горючих сланцев;
  - зеленые водоросли очищают водоемы, загрязненные органическими отбросами;
  - используются человеком как органические удобрения и кормовые добавки в рацион животных;
  - используются в биохимической, пищевой и парфюмерной промышленности для получения белков, витаминов, спиртов, органических кислот, ацетона, йода, брома, агар-агара (необходим для изготовления мармелада, пастилы, суфле и т.п.), лаков, красителей, клея;
  - многие виды используются в пищу человеком (ламинария, некоторые зеленые и красные водоросли);
  - некоторые виды применяются при лечении рахита, зоба, желудочно-кишечных и других заболеваний;
  - ил из отмерших водорослей **(сапропель)** используется в грязелечении;
  - могут вызывать «цветение» воды.
- В Красную книгу Республики Беларусь занесено 8 видов водорослей: хара грубая, нителла грациозная, батрихоспермум четковидный, сальвиния и др.

Зеленые водоросли

- **Спирогира**
  - **Местообитание:** пресные стоячие и медленно текущие водоемы, где она образует тину ярко-зеленого цвета; распространена в Беларуси.
  - **Форма тела:** тонкая нитевидная; клетки расположены в один ряд.
  - **Особенности строения** (рис. 7.1) клетки - цилиндрической формы с хорошо выраженной клеточной стенкой; покрыты пектиновой оболочкой и слизистым чехлом. Хроматофор лентовидный, спирально закрученный. Вакуоль занимает большую часть клетки. Ядро расположено в центре и соединяется тяжами с пристенной цитоплазмой; содержит гаплоидный набор хромосом.

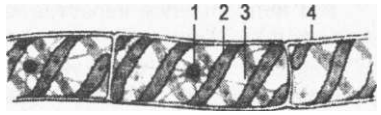


Рис. 7.1. Спирогира:
1- ядро, 2 - цитоплазма, 3 - хроматофор, 4 - клеточная стенка

  - **Размножение:** ***бесполое*** осуществляется путем разрыва нити на короткие участки; спорообразование отсутствует. ***Половой процесс*** — конъюгация. При этом две нити водорослей обычно

располагаются параллельно друг другу и срастаются при помощи копуляционных выростов или мостиков. Затем оболочки клеток в местах соприкосновения нитей растворяются, образуя сквозной канал, через который содержимое одной из клеток перемещается в клетку другой нити и сливается с ее протопластом, образуя зиготу с плотной оболочкой. Зигота делится мейозом; образуются 4 ядра, три из них погибают; из оставшейся клетки после периода покоя развивается взрослая особь.

- **Улотрикс**
  - **Местообитание:** пресные, реже морские и солоноватые водоемы, почва; распространен в Беларуси.
  - **Жизненный цикл** (см. с. 64) - сложный, с чередованием полового и бесполого поколений: многоклеточный ***гаметофит*** (половое поколение, формирующее гаметы) сменяется одноклеточным ***спорофитом*** (бесполым поколением, способным образовывать споры).
  - **Форма тела гаметофита:** нитевидная, неразветвленная; в водоемах формирует ярко-зеленые кустики высотой около 10 см.
  - **Особенности строения гаметофита** (рис. 7.2): клетки - цилиндрической формы, покрыты толстой целлюлозной оболочкой, расположены в один ряд. Нити таллома прикрепляются к субстрату бесцветной конической базальной клеткой, выполняющей функции ризоида. Все клетки, кроме базальной, способны делиться, обусловливая непрерывное нарастание таллома. Хроматофор имеет вид пластинки, образующей незамкнутый поясок или кольцо (цилиндр) вдоль клеточной стенки.

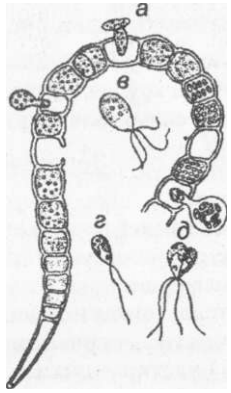


Рис. 7.2. **Улотрикс:**
а, б - общий вид и фрагмент нити с зооспорами и гаметами; в - зооспора; з, *д*- гаметы и их копуляция

  - **Строение спорофита:** спорофит образован одной безжгутиковой клеткой, которая представляет собой зиготу, окруженную плотной оболочкой и снабженную слизистой ножкой, которой спорофит прикрепляется к субстрату.
  - **Размножение:**
    - ***бесполое*** - путем распада нити на короткие участки или путем образования жгутиковых зооспор (в одной клетке образуются 4 зооспоры);

    - ***половой процесс*** - изогамный; после оплодотворения зигота плавает, затем оседает на дно, теряет жгутики и образует спорофит. После периода покоя ядро спорофита делится, образуются зооспоры, которые затем прорастают.

Харовые водоросли

Харовые водоросли (или **харофиты)** - высокоорганизованная группа пресноводных водорослей длиной от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров, по внешнему виду похожих на высшие растения - хвощи (рис. 7.3).

Местообитание: чистые пресные водоемы с жесткой водой, насыщенной растворимыми солями кальция, на глубине 1-5 и более метров; образуют заросли на илистом или песчаном дне.

В чистых водоемах Беларуси встречается нителла грациозная.

Особенности строения: те^ ло мутовчато разветвленное, его главная ось («стебель») расчленена узлами на длинные (до 1 м) междоузлия. Каждое междоузлие образовано одной длинной многоядерной клеткой, часто покрытой коркой. От каждого узла отходит по четыре и более боковых побегов («листьев»). Органы прикрепления таллома к субстрату - нитевидные ризоиды. Хроматофоры содержат хлорофиллы а и А и каротиноиды. Запасный продукт - крахмал.

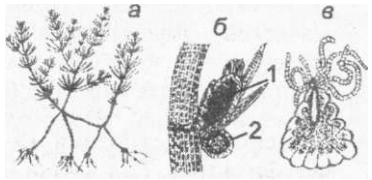


Рис. 7.3. **Хара:**
а - общий вид таллома; б - органы полового размножения;
в - щиток антеридия со сперматогенными нитями; 1 - оогоний; 2-антеридий

Размножение:

- ***бесполое*** - клубеньками или участками таллома; споры не образуются;
- ***половой процесс*** - оогамный.

Органы полового размножения - *многоклеточные-,* мужские - антеридии (в которых развивается по несколько сотен двужгутиковых сперматозоидов) и женские - оогонии (в каждом из них образуется одна яйцеклетка). Сперматозоиды проникают к яйцеклетке через щель в оогонии. После оплодотворения развивается ооспора (зигота) с толстой оболочкой, которая прорастает после периода покоя.

Красные и бурые водоросли

- **Красные водоросли**
  - Обитают в морях и океанах (иногда в пресных водоемах) на глубине более 200 метров. В Республике Беларусь встречается вид батрахоспермум четковидный (занесен в ***Красную книгу).***

- Размеры таллома - от долей миллиметра до нескольких десятков сантиметров (большинство видов).
- Форма таллома - нитчатая, кустистая, пластинчатая, корко- и коралловидная и др.
- Цвет - от ярко-красного до голубовато-зеленого и желтого.
- Структура таллома - нитчатая или пластинчатая.
- Органы прикрепления - ризоиды, присоски, подошвы.
- Хроматофоры пластинчатые, содержат хлорофиллы а и с! и пигменты фикоэритрин (красный) и фикоцианин (синий).
- Размножаются бесполым (спорами) и половым путем. В цикле развития большинства красных водорослей происходит чередование поколений - гаметофита и спорофита.

- **Бурые водоросли.**
  - Это - наиболее высокоразвитые (по морфологической и анатомической дифференцировке таллома) среди всех групп низших растений; они, возможно, являются предками высших растений.
  - Обитают в морях и океанах (обычно на глубинах 40-100 м).
  - Размеры таллома - от нескольких сантиметров до 100 м и более.
  - Форма таллома - ветвисто-кустистая, пластинчатая или ленточная, расчлененная на стебле- и листовидные «органы».
  - Цвет-желтовато-бурый.
  - Структура таллома - пластинчатая или ленточная. У большинства представителей талломы имеют ложно- или истинно-тканевое строение (выделяют ассимиляционные, запасающие, проводящие ткани). Некоторые представители имеют воздушные капсулы для поддержания вертикального положения в воде.
  - Органы прикрепления - ризоиды или базальный диск - дисковидное разрастание в основании таллома.
  - Таллом разрастается в результате вставочного роста или за счет деления верхушечных клеток.
  - Хроматофоры пластинчатые, содержат хлорофиллы а и с и пигменты каротин и фукоксантин (имеют бурый цвет).
  - Размножаются бесполым (спорами) и половым путем. Период покоя в развитии зиготы в новую особь отсутствует. В цикле развития большинства бурых водорослей происходит чередование поколений - гаметофита и спорофита.

7.3. Общая характеристика высших растений

Высшие растения - это многоклеточные фототрофные организмы, приспособленные к жизни в наземной среде и характеризующиеся правильным чередованием полового и бесполого поколений и наличием дифференцированных тканей и органов.

- **Основные признаки, отличающие высшие растения от низших:**
  - приспособленность к обитанию в наземной среде;
  - наличие четко дифференцированных тканей, выполняющих конкретные специализированные функции;
  - наличие *многоклеточных* органов размножения - полового (*гаметангий)* и бесполого ***(спорангий).*** Мужские гаметангии высших растений называются ***антеридиями,*** женские - ***архегониями.*** Гаметангии высших растений (в отличие от низших) защищены оболочками из стерильных (бесплодных) клеток и (у отдельных групп растений) могут быть редуцированы, т.е. уменьшены и упрощены;
  - " превращение зиготы в типичный многоклеточный ***зародыш,*** клетки которого первоначально не дифференцированы, но генетически детерминированы на специализацию в определенном направлении;
  - правильное чередование двух поколений - гаплоидного полового ***(гаметофит),*** развивающегося из споры, и диплоидного бесполого ***(спорофит),*** развивающегося из зиготы;
  - доминирование в жизненном цикле спорофита (у всех отделов кроме Моховидных);
  - разделение тела спорофита (у большинства отделов высших растений) на специализированные вегетативные органы - корень, стебель и листья.

Классификация высших растений

- **Отделы высших растений:**
  - Риниофиты (полностью исчезли),
  - Моховидные (25 000 видов; в РБ - 450 видов),
  - Плауновидные (1 200 видов; в РБ - 7 видов),
  - Хвощевидные (30 видов; в РБ - 8 видов),
  - Папоротниковидные (10 000 видов; в РБ - 20 видов),
  - Голосеменные (около 700 видов; в РБ - 4 вида),
  - " Покрытосеменные, или Цветковые (250 000 видов; в РБ - 1750 видов).

  Краткая характеристика отделов приведена в таблице на с. 246.

Высшие споровые растения - высшие растения, у которых процессы полового и бесполого размножения разделены, причем бесполое размножение и расселение растений осуществляется ***преимущественно*** гаплоидными ***спорами,*** образующимися в результате мейоза в спорангиях бесполых спорофитов. Споры дают начало половому поколению - гаметофитам, способным образовывать гаметы.

- К высшим споровым растениям относятся Риниофиты, Моховидные, Плауновидные, Хвощевидные, Папоротниковидные.

Краткая характеристика отделов высших растений

Отдел	Характеристика
Моховидные	У большинства тело расчленено на стебель и листья, у некоторых тело представлено листовидным талломом; механические ткани и корни отсутствуют. Прикрепляются к субстрату и всасывают воду и минеральные вещества ризоидами. Размножаются спорами. В жизненном цикле преобладает гаметофит
Плауновидные	Многолетние, травянистые, обычно вечнозеленые растения. Побеги - стелющиеся, дихотомически ветвящиеся. Листья простые, расположены на стебле супротивно, спирально или мутовчато. Имеются флоэма и ксилема. Подземные органы - корневища, на которых образуются придаточные корни. Размножаются спорами. Спорофиллы образуют спороносные зоны на стебле или спороносные «колоски» на верхушках стеблей - стробилы
Хвощевидные	Травянистые растения. Имеют членистые побеги. Листорасположение мутовчатое. Рост вставочный. Проводящая система сложная. Подземная часть - корневища с придаточными корнями. Вегетативное размножение - частями корневища. Размножаются спорами.
Папоротниковидные	Многолетние травянистые растения. Листья (вайи) крупные, перисторассеченные, прикреплены к подземному многолетнему корневищу. Корни придаточные. Имеются водные формы и эпифиты. Размножаются спорами. Многие виды - разноспоровые; гаметофит развивается внутри споры за счет ее питательных веществ
Голосеменные	Обычно вечнозеленые деревья. Вегетативные органы хорошо развиты; имеется корневая система с главным корнем. В древесине нет сосудов и древесных волокон. Проводящую функцию выполняют трахеиды. Гаметофиты утратили самостоятельность и живут на спорофите. Размножаются семенами. Оплодотворение простое. Семязачатки голые. Семена защищены семенной кожурой, плода нет.
Покрытосеменные	Высокодифференцированные ткани и многообразные вегетативные органы у спорофита. Имеют сложное внутреннее строение. Помимо трахеид появляются сосуды. Основная особенность - наличие цветка. Размножаются вегетативно и семенами. Оплодотворение двойное.

Семенные растения - высшие растения, у которых размножение и расселение осуществляется *преимущественно* многоклеточными образованиями - ееиенодш, формирующимися в результате взаимосвязанных и последовательно протекающих процессов бесполого и полового размножения; характеризуются независимостью оплодотворения от наличия воды.

- К семенным растениям относятся отделы Голосеменные и Покрытосеменные.

Жизненные Формы высших растений

Жизненная форма - характерный облик (вид) конкретной группы растений, отражающий их приспособленность к условиям окружающей среды.

Дерево - крупное растение с одним многолетним, в разной степени одревесневающим, разветвленным или не ветвящимся главным стеблем - стволом, сохраняющимся в течение всей жизни растения, и кроной из боковых ветвей (*примеры:* дуб, береза, клен).

Кустарник - многолетнее растение со многими одревесневающими разветвленными стволами (стволиками), высотой 0,5-6 м; отдельные стволики обычно живут меньше, чем растение (*пример:* орешник).

Кустарничек - невысокий (не выше 0,5 м) кустарник; часто обладает длинными подземными корневищами (*примеры,* черника, клюква).

Травы - растения, имеющие, как правило, сочные, зеленые, неодревесневающие стебли относительно небольшой высоты (исключения: высота банана достигает 6 м, сахарного тростника - 7 м).

Трава многолетняя - трава, стебли которой отмирают при наступлении неблагоприятных сезонных условий (зима, засуха) почти до основания; почки возобновления (из которых на следующий год развиваются новые побеги) сохраняются на уровне почвы или в почве на корневищах, клубнях, луковицах (*примеры,* одуванчик, пырей, подорожник).

Трава однолетняя - травянистое растение, у которого жизненный цикл от прорастания семени до образования собственных семян и отмирания завершается в течение одного вегетационного периода *(примеры:* фиалка полевая, лебеда, бамбук).

Трава двулетняя - травянистое растение, живущие два вегетационных периода, но цветет и плодоносит, после чего отмирает на второй год жизни *(примеры:* морковь, свекла).

Трава поликарпическая - травянистое растение, неоднократно цветущее и плодоносящее в течение жизни (большинство многолетних трав).

Трава монокарпическая - травянистое растение, которое цветет и плодоносит только один раз в жизни, после чего целиком отмирает ***(примеры:*** тмин, бамбук).

7.4. Ткани высших растений

Понятие ткани

Ткань - это устойчивый комплекс клеток, имеющих общее происхождение и сходное строение и выполняющих одинаковые функции.

Виды растительных тканей: ***основные, образовательные, механические, проводящие, покровные, выделительные.***

Простые ткани - ткани, состоящие из одного вида клеток и выполняющие только основные функции *(пример:* ткани листа, молодого корня).

Сложные ткани - ткани, состоящие из различных по строению клеток, выполняющих, наряду с основными, некоторые дополнительные функции *(пример:* клетки ксилемы выполняют проводящую и опорную функции).

Основная ткань (паренхима)

- **Основная ткань (паренхима)** - это ткань растений, обеспечивающая многообразные функции (см. ниже) и образованная крупными живыми клетками, среди которых располагаются различные специализированные ткани.
- Продольные и поперечные размеры клеток паренхимы отличаются не более чем в два раза.
- * **Основные** функции **паренхимы:** фотосинтезирующая (ассимилирующая), запасающая, воздухоносная и др.
- **Виды основной ткани:** ***хлоренхима, запасающст паренхима, аэренхима, водоносная паренхима.***

Хлоренхима (хлорофиллоносная, или **ассимиляционная паренхима)** - ткань растений, в клетках которой в большом количестве содержатся хлоропласты. Состоит из тонкостенных клеток; выполняет функцию фотосинтеза и образуется в зеленых листьях и приповерхностных слоях стеблей растений.

Запасающая паренхима - ткань, в клетках которой откладываются в твердом или растворенном виде запасные питательные вещества (крахмал, сахара, белки), впоследствии использующиеся растением в процессе его жизнедеятельности.

Аэренхима (или **воздухоносная паренхима)** - воздухоносная ткань растений, образованная клетками разной формы и имеющая хорошо развитые межклетники, по которым циркулируют газы; способствует снабжению растения кислородом или углекислым газом (рис. 7.4).

- Аэренхима развивается в разных органах болотных и водных высших растений (кувшинок и др.) и обеспечивает у них нормальный газообмен в условиях пониженной аэрации.

Водоносная паренхима - особая ткань растений, образованная крупными клетками паренхимы, имеющими тонкие стенки и лишенными хлоропластов, в вакуолях которых содержатся слизистые вещества, удерживающие воду; способствует снабжению клеток растения водой.

- Водоносная паренхима характерна для высших растений засушливых районов (кактусов, агав, алоэ и др.) и солончаков и обеспечивает у них нормальное водоснабжение в условиях длительного отсутствия влаги.

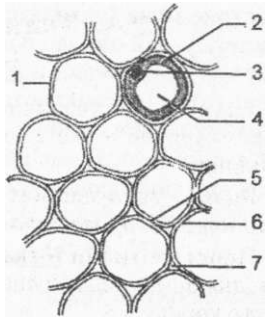


Рис. 7.4. **Строение аэренхимы:**
1 - клетка; 2 - периферический слой цитоплазмы; 3 - ядро; 4 - центральная вакуоль; 5 - срединная пластинка; 6 - тонкая целлюлозная клеточная стенка; 7 - заполненный воздухом межклетник

Образовательные ткани (меристемы)

- Образовательная ткань, или меристема, состоит из активно делящихся клеток с интенсивным обменом веществ и обеспечивает рост растения в течение всей его жизни за счет постоянного деления и образования новых клеток (рис. 7.5).

Особенности клеток образовательной ткани: клетки не дифференцированы, многогранны, плотно прилегают друг к другу, имеют тонкие стенки, крупное, расположенное в центре ядро, густую цитоплазму и небольшие вакуоли; могут делиться в разных направлениях. Одна часть клеток меристем постепенно дифференцируется, превращаясь в клетки различных постоянных тканей растения и формируя его тело, другая их часть задерживается на эмбриональной стадии развития в течение всей жизни растения.

- **Виды меристем:**
  - **верхушечные** (находятся на кончиках корней и верхушках стеблей);

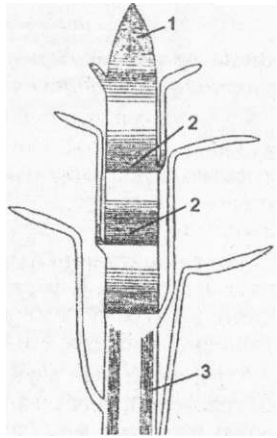


Рис. 7.5. **Расположение меристем в растении:**
1 - верхушечная меристема;
2 - вставочная меристема;
3 - боковая меристема

- **вставочные** (находятся у оснований цветоносных побегов и междоузлий однодольных растений);
- **боковые - *камбий*** и др. (находятся внутри стеблей и корней);
- **раневые** (формируются в любом органе растения, где возникло повреждение).

Камбий - боковая образовательная ткань, за счет деления клеток которой происходит вторичное утолщение (рост в толщину) стеблей и корней голосеменных и двудольных растений.

Механические ткани

- **Механические ткани** - ткани, придающие прочность растению и образованные клетками, имеющими сильно утолщенные и одревесневевшие оболочки и тесно примыкающими друг к другу.
- Механические ткани образуют каркас растения, который заполняется мягкими и тонкостенными клетками остальных тканей.

Виды механической ткани: *колленхима* и ***склеренхима.***

- **Колленхима** образована живыми паренхимными клетками с неравномерно утолщенными, легко растягивающимися оболочками, не препятствующими росту клеток, что способствует укреплению молодых растущих органов растения (рис. 7.6).
- Колленхима располагается под эпидермисом молодого стебля и черешков листьев и окаймляет жилки в листьях двудольных.

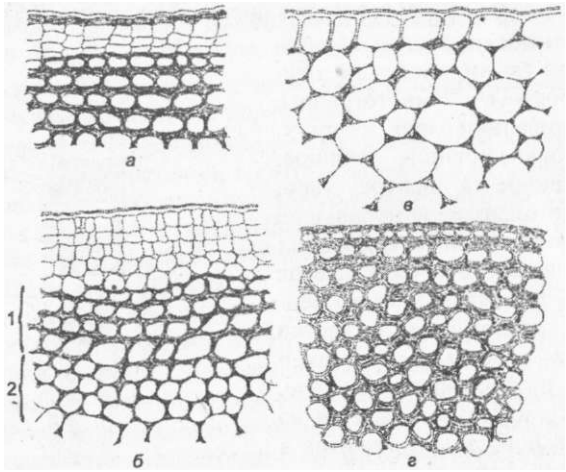


Рис. 7.6. **Типы колленхимы:**
а - пластинчатая колленхима в однолетнем побеге дуба;
б - пластинчатая (1) и уголковая (2) колленхимы в стебле баклажана; *в* - уголковая колленхима в черешке листа бегонии;
з - рыхлая колленхима в черешке листа лопуха большого

- **Склеренхима** образована вытянутыми (прозенхимными) толстостенными клетками с отмершим на ранних стадиях содержимым и равномерно утолщенными, одревесневшими, прочными оболочками (рис. 7.7).
- Склеренхима образует каркас наземных растений и их вегетативных органов.

Типы склеренхимных клеток: *волокна* и ***склереиды.***

Волокна - это длинные тонкие клетки, обычно собранные в тяжи или пучки (*примеры*: лубяные и древесинные волокна).

Склереиды представляют собой округлые мертвые клетки с очень толстыми одревесневшими оболочками.

- Из склереид образуются семенная кожура, скорлупа орехов, косточки (вишни, сливы, персика и др.) и т.п.

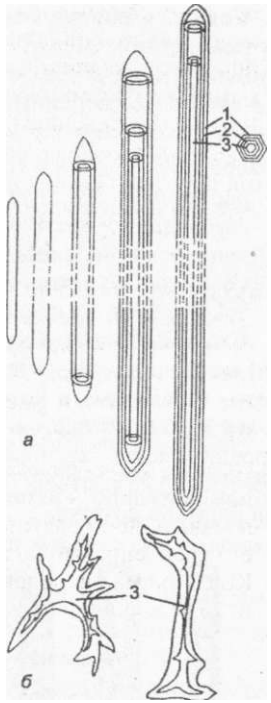


Рис. 7.7. **Склеренхима:**
а - дифференциация склеренхимного волокна; б - склереиды;
1 - первичная оболочка;
2 - вторичная оболочка;
3 - полость клетки

Проводящие ткани

- **Проводящие ткани** - это ткани, обеспечивающие передвижение воды и питательных веществ по растению.
- **Виды проводящих тканей** (рис. 7.8):
  - ***ксилема*** обеспечивает восходящий ток;
  - ***флоэма*** обеспечивает нисходящий ток.
- **Ксилема** - сложная проводящая ткань растений, выполняющая проводящую (обеспечивает транспорт воды и минеральных веществ от корней к листьям) и механическую функции. В состав ксилемы входят ***трахеиды*** или ***сосуды, паренхимные клетки*** и клетки механической ткани.

Трахеиды - отдельные вытянутые мертвые (одревесневшие) клетки с утолщенными оболочками и скошенными концами, имеющими поры, через которые вода и растворенные в ней вещества проникают из одной трахеиды в другую. Имеются у голосеменных, папоротников, хвощей и плаунов.

Сосуды - сплошные длинные полые трубки, образованные из мертвых клеток, между которыми разрушены поперечные перегородки. Имеются только у покрытосеменных растений. По сосудам вода с растворенными в ней минеральными солями перемещается от корней к другим органам растения.

- **Флоэма** - сложная (комплексная) проводящая ткань высших растений, состоящая из собственно проводящих элементов - ***ситовидных клеток*** и ***клеток-спутниц,*** а также клеток механической и основной ткани.
- **Основная функция флоэмы** - транспорт органических продуктов фотосинтеза от листьев к другим органам (нисходящий ток).

Ситовидные трубки - ряд расположенных друг за другом в флоэме и проходящих по всей длине растения вытянутых живых клеток (члеников), в которых отсутствуют ядра, цитоплазма прилегает к стенкам клеток в виде тонкого слоя, а поперечные перегородки имеют сквозные округлые отверстия (наподобие сита), через которые растворы органических веществ проникают из одной клетки в другую.

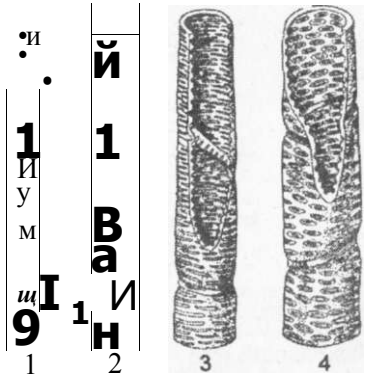


Рис. 7.8. **Элементы ксилемы (а) и флоэмы (б):**
1-4 - кольчатая, спиральная, лестничная и пористая (4) трахеи соответственно; 5- кольчатая и пористая трахеиды; 6 - ситовидная трубка с клеткой-спутницей

Клетки-спутницы - типичные по строению растительные клетки, залегающие рядом с ситовидными трубками и способствующие передвижению по ним органических веществ. У голосеменных клетки-спутницы отсутствуют.

- Ксилема и флоэма тесно взаимодействуют друг с другом и обычно образуют в органах растения особые тканевые комплексы — **проводящие пучки.**

Древесина - вторичная ксилема; ежегодно нарастающий и составляющий основную часть ствола ***дерева*** комплекс проводящей (сосуды), механической (древесные волокна) и основной тканей, расположенных ***внутрь*** от камбия (рис. 7.9).

- Древесина является опорой стебля дерева и служит для проведения воды и минеральных солей от его корней к листьям.

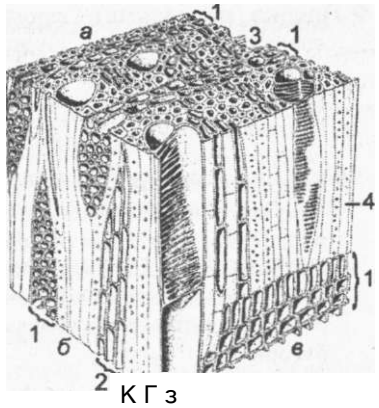


Рис. 7.9. **Строение древесины дегенерии фиджийской:**
а - поперечный разрез; б - продольный разрез; *в* - радиальный разрез; 1 - древесинные лучи; 2 - древесинная паренхима; 3 - сосуд; 4 - волокна

Покровные ткани

- **Покровные ткани** - ткани, покрывающие тело растения снаружи и защищающие его от неблагоприятных внешних воздействий.
- **Виды покровной ткани:** ***эпидерма, пробка, корка, ризодерма.***
- **Кора** - совокупность тканей многолетних растений, расположенных в их стеблях и корнях снаружи от камбия.
- Кора состоит из ***эпидермы, пробки, лубяных волокон*** (механической ткани коры) и ***ситовидных трубок*** (которые выполняют проводящую функцию).
- **Эпидерма** - покровная ткань, кожица, состоящая из одного слоя плотно расположенных клеток, имеющих утолщенные наружные стенки (рис. 7.10). Снаружи клетки эпидермиса покрыты ***кутикулой*** и - нередко - многочисленными волосками и восковым налетом, защищающими растение от излишних потерь воды.
- Эпидермой покрыты однолетние стебли и листья растений.

Кутикула - особая пленка, состоящая из жироподобных веществ, вырабатываемых клетками эпидермиса

Устьице - своеобразный клапан в эпидермисе, представляющий собой щелевидное отверстие, ограниченное с обеих сторон двумя клетками бобовидной формы (их называют ***замыкающими),*** которые могут изменять свою форму и тем самым регулировать ширину устьичного отверстия.

- **Функции устьиц:** осуществление газообмена между растительным организмом и внешней средой и испарение воды растением **(транспирация).**

- **Пробка (перидерма)** - ***вторичная*** покровная ткань у стеблей и корней многолетних двудольных и голосеменных растений, со временем ***заменяющая эпидерму*** и состоящая из нескольких слоев отмерших клеток (см. рис. 7.11).
- Пробка образуется из боковой образовательной ткани - ***пробкового камбия.*** Оболочки клеток этой ткани содержат особое вещество ***суберин***, не пропускающее воду и воздух, вследствие чего клетки постепенно отмирают и заполняются воздухом, предохраняя растения от неблагоприятных воздействий среды.
- Газообмен и испарение воды через пробку обеспечивается за счет образования в ней **чечевичек** - разрывов, заполненных рыхло расположенными клетками и имеющих вид небольших бугорков.

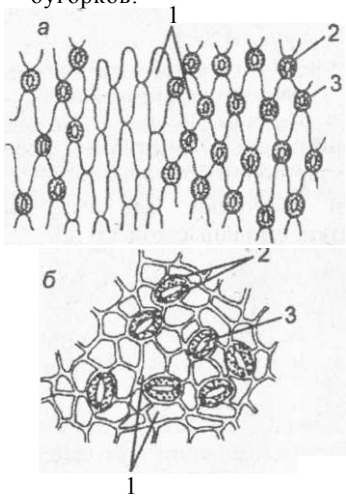


Рис. 7.10. **Эпидерма листа различных растений:**
а - хлорофитум; б - шелковица белая; 1 —клетки эпидермы; 2 - замыкающие клетки устьиц; 3 - устьичная щель.

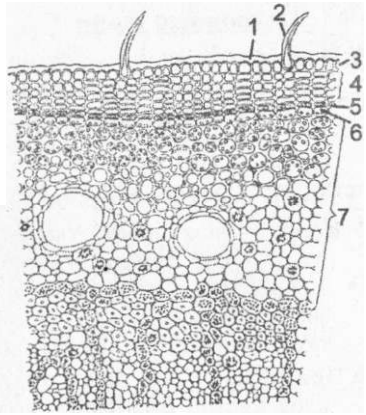


Рис. 7.11. **Строение перидермы зизифуса обыкновенного:**
1 - кутикула; 2-эпидермальный волосок; 3 - эпидермис; 4 - феллема; 5 - феллоген; 6 - феллодерма; 7 - первичная кора

- **Корка** - наружный слой коры, формирующийся в течение многих лет защитный слой тканей на стеблях и корнях древесных растений, образующийся в результате ежегодного наращивания отдельных слоев пробки.

Луб - вторичная флоэма древесных растений, внутренний слой их коры, представляющий собой комплекс проводящей (ситовидные трубки), механической (лубяные волокна) и основной (лубяная паренхима) тканей, расположенных ***кнаружи*** от камбия.

- **Функция луба** - проведение растворов органических веществ (углеводов) от листьев к корням.

Лубяные волокна - механическая ткань стебля растения, представляющая собой клетки с разрушенным содержимым и одревесневевшими клеточными стенками.

- **Ризодерма (эпиблема)** - первичная покровная ткань корня, формирующаяся вблизи конуса нарастания и несущая корневые волоски.
- **Функция ризодермы** - активное поглощение веществ из почвенного раствора.

Выделительные ткани

Выделительные, или **секреторные,** ткани - ткани, образованные тонкостенными живыми клетками, выделяющими различные (в зависимости от выполняемой функции) секреты, и выполняющие выделительные (выделение гормонов - регуляторов роста растения, пигментов, дубильных веществ, ингибиторов или стимуляторов роста соседних растений и т.д.), защитные (фитонциды, смолы) и некоторые иные (нектарники и др.) функции.

Типы выделительных тканей: млечники, выделительные клетки, нектарники, железистые клетки, смоляные ходы и др.

Млечники - ткани, состоящие из живых многоядерных клеток, расположенных во флоэме и содержащих млечный сок (латекс); защищают от повреждений и поедания животными (***примеры:*** мак, молочай, одуванчик).

Выделительные клетки - мертвые клетки, содержащие ядовитые вещества; защищают от поедания животными ***(примеры:*** чай, лавр, лекарственные растения).

Смоляные ходы - это группы мертвых клеток, заполненных смолой (живицей); сосредоточены во внутренней части стеблей хвойных растений; защищают растения от насекомых-вредителей (рис. 7.12).

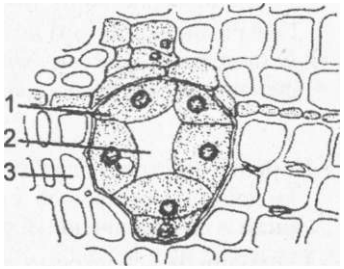


Рис. 7.12. **Выделительная ткань:**
смоляной канал древесины сосны; 1 - эпителиальные клетки: 2 - межклетник; 3 - трахеиды

Нектарники состоят из клеток, выделяющих ***нектар*** - раствор углеводов, привлекающий насекомых. Имеются в цветках растений, опыляемых насекомыми.

Железистые клетки - живые клетки, заполненные жидким секретом, состоящим из исключенным из газообмена веществ, и выделяющие газообразные,

жидкие, твердые вещества во внешнюю среду. Находятся на поверхности некоторых листьев, стеблей (герань) и защищают растения от чрезмерного испарения и поедания животными.

7.5. Органы высших растений

Типы органов растений

Орган - часть многоклеточного организма, имеющая определенное строение и выполняющая вегетативные или генеративные функции.

Типы органов высших растений:

- ***вегетативные*** (корень, стебель, лист);
- ***генеративные*** (спорангии, антеридии, архегонии, цветок).

- Вегетативные органы - органы, выполняющие основные функции питания и обмена веществ с внешней средой, обеспечивая фотосинтез, водоснабжение, дыхание и рост растения.

  Особенности вегетативных органов. Эти органы:

  - образуют ***систему побегов*** и ***корневую систему;***
  - не участвуют в спорообразовании и половом размножении;
  - могут выполнять функцию вегетативного размножения;
  - при изменении функций претерпевают метаморфозы (видоизменяются).
- Генеративные (или репродуктивные) органы — специальные органы, обеспечивающие размножение растений.

  Генеративные органы ***бесполого*** размножения растений:

  - у споровых растений - ***спорангии,***
  - у семенных растений - ***пыльцевой мешок*** и ***семязачаток.***

  Генеративные органы ***полового*** размножения растений:

  - мхов и папоротников - ***антеридии*** и ***архегонии,***
  - цветковых растений - ***цветки, плоды, семена.***

Корень

- Корень - это подземный осевой вегетативный орган растения, имеющий радиальную симметрию, положительный ***геотропизм*** и неограниченный верхушечный рост.
- Геотропизм - ростовые движения растений по отношению к центру Земли. Различают ***положительный*** и ***отрицательный геотропизм.***
  - положительный геотропизм - направление роста к центру Земли (наблюдается у корней);
  - отрицательный геотропизм - направление роста от центра Земли (наблюдается у побегов).

- **Функции корня:**
  - опорная (механическая): закрепление растения в почве;
  - проводящая: всасывание из почвы воды и минеральных веществ и проведение их в стебель;
  - запасающая: в придаточных или главных корнях могут откладываться в запас питательные вещества;
  - вегетативного размножения (у корнеотпрысковых растений - малины, бодяка полевого и др.);
  - симбиотическая: корни бобовых вступают в симбиоз с клубеньковыми растениями, а некоторых деревьев - с грибницей гриба;
  - синтетическая: в клетках корня могут синтезироваться органические кислоты (яблочная, винная), витамины и т.д.;
  - выделительная: выделение в почву веществ, облегчающих продвижение корня в почве и всасывание некоторых органических соединений;
  - дыхательная (у некоторых тропических растений).
- **Виды корней** (рис. 7.13):
  - **главный корень** - корень, развивающийся из зародышевого корешка семени при прорастании;
  - **придаточные корни** - корни, формирующиеся на наземных частях растений - стеблях и листьях; могут ветвиться;
  - **боковые корни** - корни, отходящие от главного или придаточных корней; могут ветвиться.
- **Форма корней:**
  - цилиндрическая (хрен),
  - коническая (одуванчик),
  - нитевидная (злаковые).

- **Корневая система** - совокупность всех корней растения.

Типы корневых систем (в зависимости от соотношения роста главного, боковых и придаточных корней): ***стержневая*** и ***мочковатая*** (см. таблицу и рис. 7.13).

Типы корневых систем

Типы корневых систем	Особенности	Примеры
Мочковатая	Развиты боковые и придаточные корни, главный корень не выражен	Однодольные растения, особенно злаки (рожь, кукуруза, пшеница)
Стержневая	Развит и хорошо выражен (длиннее и толще других) главный, корень стержневой формы	Двудольные растения (люпин, фасоль, свекла)

•> **Зоны корня** - участки корня, последовательно сменяющие друг друга по мере роста корня в длину. В корне выделяют четыре зоны (их особенности и функции приведены в таблице):

- **размножения** (или **деления клеток)** длиной около 1 мм;
- **растяжения** (или **роста)** длиной несколько миллиметров;
- **всасывания** (или **поглощения)** длиной до нескольких сантиметров;
- **проведения.**

Зоны корня, их особенности и функции

Зона	Особенности	Функции
Размножения (деления клеток)	**Покрыта корневым чехликом; представлена конусом нарастания с верхушечной меристемой**	**Рост корня в длину; корневой чехлик обеспечивает положительный геотропизм и защиту**
Растяжения (или роста)	**Клетки вытягиваются и увеличиваются в размерах**	**Начинается дифференцировка клеток**
Всасывания (или поглощения)	**Расположена выше зоны роста; содержит корневые волоски**	**Всасывание воды и минеральных веществ из почвы**
Проведения	**Расположена выше зоны • всасывания; имеет развитые сосуды (по которым перемещаются вода и минеральные вещества) и ситовидные трубки (по ним перемещаются органические вещества); покрыта пробкой**	**Проведение воды и минеральных веществ к стеблю, а органических веществ - к корню.**

Корневой чехлик - многослойное образование на кончике корня, состоящее из живых, способных слущиваться клеток; стенки наружных клеток чехлика выделяют слизь.

- **Функции корневого чехлика:** он защищает делящиеся клетки верхушечной меристемы от механических повреждений **и** способствует продвижению корня в почве.

Конус нарастания - многоклеточный массив верхушечной образовательной ткани корня или побега (см. ниже), из которой **за** счет постоянного деления клеток формируются другие ткани.

Корневые волоски - тонкие выросты ризодермы корня, **по**глощающие из почвы воду с растворенными в ней минеральными веществами.

Рис. 7.13. **Типы корневых систем и виды корней:**
1 - главный корень; 2 - боковые корни; 3 - придаточные корни

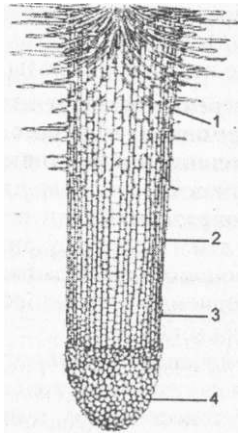


Рис. 7.14. **Зоны корня:**
1 - зона всасывания; 2 - зона роста; 3 - зона деления клеток; 4 - корневой чехлик

Корневой черенок - отрезок корня с придаточными почками у корнеотпрысковых растений (одуванчик, малина, вишня, осот).

- **Рост корня:**
  - **в** толщину - делением клеток камбия; при этом образуются новые элементы ксилемы, флоэмы и механической ткани;
  - **в длину** - за счет деления клеток конуса нарастания.
- **Механизмы передачи веществ от корней к другим органам:**
  - **в корневые волоски** вода из почвы поступает посредством ***осмоса***, растворы минеральных солей - ***диффузией*** и ***активным транспортом',***
  - **по паренхиме** растворы переходят от клеток с меньшей сосущей силой к клеткам с большей сосущей силой;
  - движение растворов веществ **от корней к другим органам** растения осуществляется в результате совместного действия корневого давления, капиллярности и испарения воды листьями.

Осмотическое давление избыточное давление, обусловленное различием концентраций растворенных солей в почве и цитоплазме клеток.

Сосущая сила - сила, определяемая разностью осмотического и тургорного давлений.

Тургорное давление - давление живого содержимого клетки на ее оболочку; оно увеличивается по мере поступления воды в клетку.

Корневое давление - давление в сосудах ксилемы корней, благодаря которому происходит снабжение наземных органов

растения водой и минеральными веществами. Оно возникает в результате работы ионных насосов в живых клетках корня и пассивного поступления воды в сосудах.

- **Внутреннее (поперечное) строение корня** (снаружи внутрь):
  - **ризодерма** — кожица с корневыми волосками;
  - **первичная кора корня;** состоит из слоев ***экзодермы,*** рыхлой ***паренхимы*** и ***эндодермы,***
  - **центральный,** или **осевой цилиндр;** состоит из ***перицикла, флоэмы*** (имеющей ситовидные трубки), слоя ***камбия*** (развивающегося по мере роста корня) и ***ксилемы*** (содержащей трахеиды или сосуды); обеспечивает восходящий и нисходящий токи веществ.

Замечание: у папоротниковых и однодольных растений первичная структура корня сохраняется в течение всей жизни растения. У голосеменных и двудольных растений за счет деятельности камбия образуется вторичная структура корня: в центральном цилиндре камбий образует вторичные проводящие ткани, обусловливающие рост корня в толщину.

Экзодерма - слой (или слои) клеток, лежащих под ризодермой снаружи от паренхимных клеток основной коры корня; состоит из живых .клеток с опробковевшими, но сохраняющими проницаемость оболочками.

Эндодерма - внутренний однорядный слой коры, прилегающий к центральному цилиндру; состоит из мертвых клеток, среди которых расположены живые пропускные клетки, по которым идет транспорт веществ.

Перицикл - слой живых клеток, способных к меристематической (образовательной) деятельности; за счет этих клеток образуются боковые корни.

Видоизменения корней

Видоизменение органа - необратимое изменение формы и/или строения органа, обусловленное изменением **его** (органа) основных функций (в частности, выполнением новых функций, не характерных для данного типичного органа).

Видоизменения корня - корни, имеющие нехарактерное для них строение, связанное с выполнением различных дополнительных функций.

- **Основные видоизменения корней:** корнеплоды, корневые клубни, сократительные, ходульные, воздушные, дыхательные корни, корни-присоски.

Корнеплод - видоизмененный утолщенный главный корень, содержащий большое количество запасных питательных веществ (примеры: свекла, морковь, репа, редька). Корнеплоды формируются у двухлетних растений на втором году жизни. В формировании верхней части корнеплода участвуют нижние части стебля.

Корневой клубень - видоизмененный утолщенный боковой или придаточный корень, в котором откладываются питательные вещества в запас *(примеры:* георгин, картофель, топинамбур).

Сократительные, или **втягивающие** корни - корни, способные сокращаться в продольном направлении и втягивать глубоко в почву клубни, луковицы и т.п., предохраняя их от замерзания зимой *(примеры:* тюльпан, нарцисс, гладиолус).

Ходульные корни - многочисленные придаточные корни, поднимающие растение над водой *(пример:* мангровые деревья тропиков).

Воздушные корни - придаточные корни, развивающиеся из стебля и свободно свисающие в воздухе; служат для конденсации атмосферной влаги *(пример:* тропические деревья семейства орхидных).

Дыхательные корни (у растений, произрастающих на болотах или бедных кислородом почвах) - отростки боковых корней, богатые аэренхимой, растущие вертикально вверх и выступающие над почвой или водой; служат проводником воздуха.

Корни-присоски - корни растений-паразитов, внедряющиеся в ткани питающего их растения, после чего проводящие системы обоих растений объединяются *(примеры:* омела, повилика).

Побег и почки

- **Побег** - вегетативный орган высших растений, имеющий, как правило, отрицательный геотропизм и представляющий собой ***стебель*** (ось побега) с расположенными на нем ***листьями*** и ***почками***; один из двух (вторым является корень) основных органов растения.
- Любой побег развивается из почки.

- **Функции побега:** опорная, фотосинтезирующая (автотрофное питание), газообмена, проводящая, запасающая, генеративная (вегетативное размножение).

Рис. 7.15. **Схема побега (после опадания листьев):**

1 - верхушечная почка, 2- боковая пазушная почка, 3- междоузлие, *4* - листовой рубец, 5 - узел, 6 - граница годичного прироста с кольцевыми рубцами от почечной чешуи, 7 - чечевички, 8- листовые следы (проводящие пучки), *9* - годичный прирост

- **Виды побегов** (в зависимости от выполняемых функций):
  - **вегетативный побег** - побег, несущий листья и почки и не имеющий генеративных органов; может быть однолетним (травянистым) и многолетним (одревесневающим), надземным и подземным;
  - **генеративный побег** - побег, несущий генеративные органы; у голосеменных растений это побеги с ***шишками***, у покрытосеменных - ***цветки*** или ***соцветия.***
- **Виды побегов** (в зависимости от происхождения):
  - **главный побег** - первый побег, появляющийся при прорастании семени; начало ему дает ***почка зародыша;***
  - **боковой побег** - побег, формирующийся из ***пазушной почки;*** за его счет происходит ветвление стебля;
  - **придаточный побег** - побег, формирующийся из ***придаточной почки.***
- **Почка** - зачаточный (неразвившийся) побег, имеющий укороченный стебель, на верхушке которого находится ***конус нарастания*** (см. п. **Корень);** снаружи почка окружена ***почечной чешуей.***
  - **Почечная чешуя** - группа плотных, задержавшихся в развитии листьев, покрытых смолистыми веществами, имеющих густое опушение или пробковый слой и выполняющих защитную функцию.
- **Виды почек** (в зависимости от внутреннего строения; рис. 7.**16):**
  - **вегетативные** - несколько вытянутые по форме почки, в которых находятся зачаточные стебли или зачаточные листья;
  - **генеративные** (или **цветочные)** - более округлые и крупные, чем вегетативные, почки, содержащие зачатки цветка или соцветия.

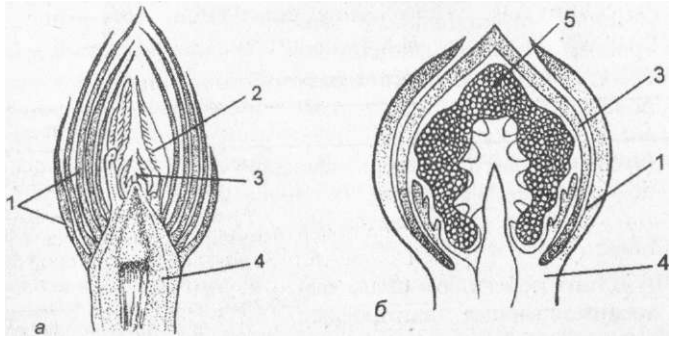


Рис. 7.1 **б. Строение вегетативной (а) и цветочной (б) почек:**
1 - почечная чешуя; 2 - зачаточные листья; 3 - конус нарастания; 4 - зачаточный стебель; 5 - соцветие в зачаточном состоянии

- **Разновидности вегетативных почек:**
  - **верхушечная** - почка, расположенная на верхушке стебля, за счет ее развития побег нарастает в длину;
  - **пазушная** - почка, расположенная в пазухе листа и обеспечивающая рост боковых побегов и ветвление стебля;
  - **придаточная** - почка, образующаяся вне пазухи листа (на стебле, корне или листе) и дающая придаточный (случайный) побег;
  - **спящая** - пазушная почка древесных пород, длительное время (до нескольких лет) находящаяся в состоянии покоя;
  - **почка возобновления** - зимующая почка многолетнего растения, из которой развивается побег.

Стебель

- **Стебель** - это осевая часть побега, осевой наземный вегетативный орган высших растений, обладающий радиальной симметрией, неограниченным верхушечным или вставочным ростом и положительным гелиотропизмом.
- **Функции стебля:**
  - **опорная** (несет листья, цветки и плоды);
  - **проводящая** (обеспечивает восходящий, нисходящий и горизонтальный ток веществ);
  - **запасающая:** в стеблях могут откладываться в запас питательные вещества (*пример*: капуста кольраби) или вода (*пример:* кактусы);
  - **защитная** (выросты стебля - ***колючки*** - защищают растение от поедания животными; *пример* - шиповник);
  - **генеративная** (один из органов вегетативного размножения).
- Виды стеблей (по степени одревеснения):
  - **травянистые** - имеют слабое утолщение и существуют обычно один вегетационный период; способны к фотосинтезу;
  - **деревянистые** - многолетние, могут утолщаться неопределенно долго; не способны к фотосинтезу.

Морфологическое разнообразие стеблей

Стебель	Особенности	Примеры
Прямостоячий	Растет вверх, перпендикулярно поверхности почвы	Кукуруза, лен, рожь, ель
Ползучий	Стелется по поверхности почвы и укореняется с помощью придаточных корней	Земляника, клубника
Вьющийся	Обвивается вокруг опоры	Вьюнок, фасоль
Цепляющийся	Растет вверх, цепляясь за опору усиками	Плющ, виноград, хмель

- Продольное строение стебля: стебель состоит из узлов и междоузлий.

  Узел - участок стебля, от которого отходит лист.

  Междоузлие - участок стебля между двумя соседними узлами.

  Стеблевой черенок - часть побега с несколькими почками.

  Соломина - тип прямостоячего стебля, полого в междоузлиях и заполненного тканью только в области узлов (пшеница, рожь).

  Ствол - многолетний деревянистый стебель дерева.

- Внутреннее строение стебля соответствует его главным функциям и несколько отличается у голо- и покрытосеменных, одно- и двудольных растений (см. ниже). Основные виды тканей стебля, их элементы, структура и функции приведены в таблице.

Внутреннее строение стебля (поперечный срез)

Слой стебля	Ткань	Элементы ткани	Структура	Функции
Кора. наружный слой	Покровная	а) Кожица (у молодых стеблей)	Живые клетки, плотно прилегающие друг к другу; устьица	Защитная, газообмен, фотосинтез
		б) Пробка, корка (у старых стеблей)	Мертвые клетки, пропитанные суберином' и заполненные воздухом. Чечевички - крупные клетки с большими межклетниками	Защитная Газообмен
внутренний слой **(луб, флоэма)**	а) Механическая ткань	Лубяные волокна	Вытянутые клетки с толстыми одревесневевш ими оболочками	Гибкость и прочность стебля
	б) Проводящая ткань	Ситовидные трубки, клетки-спутницы	Живые вытянутые клетки, цитоплазма без ядра, поперечные перегородки с отверстиями	Нисходящий ток органических веществ
	в) Основная ткань	Лубяная паренхима	Стенки клеток целлюлозные, большое число межклетников	Накопление запасных питательных веществ или продуктов обмена

Продолжение таблицы

Слой стебля	Ткань	Элементы ткани	Структура
Древесина (ксилема)	а) Древесинная паренхима	Клетки живые, с тонкими оболочками, различных размеров и формы	Запасающая
	б) Механические волокна (склеренхима)	Клетки мертвые, длинные, с одревесневшими оболочками	Обеспечивают прочность и гибкость стебля
	в) Трахеи и трахеиды	Протоплазма частично отмирает, клетки одревесневают	Восходящий ток воды и минеральных солей
Сердцевина	а) Основная ткань	Крупные клетки с тонкими оболочками, иногда крупные межклетники	Депо запасных питательных веществ
	б) Сердцевинные лучи	Крупные клетки прямоугольной формы, живые, стенки могут одревесневать	Горизонтальный ток питательных веществ

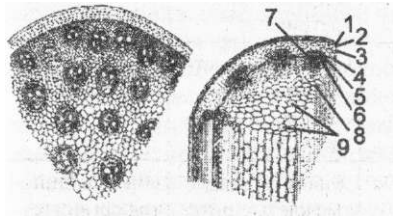


Рис. 7.17. Строение стеблей однодольного (слева) и двудольного травянистых растений:
1 - эпидермис; 2 - механическая ткань: 3 - паренхима; 4 - флоэма: 5, 6 - камбий; 7 - ксипема; 8 - сердцевинные лучи: 9 - сердцевинная паренхима

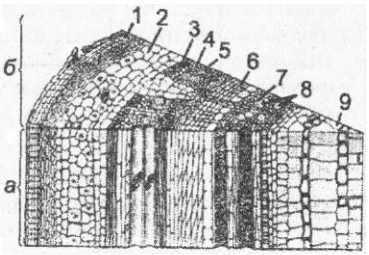


Рис. 7.18. Внутреннее строение стебля древесных растений:
а - продольный разрез стебля;
б - поперечный разрез стебля:
1 - пробка; 2 - клетки коры; 3 - лубяные волокна; 4 - запасающие клетки луба; 5 - ситовидные трубки и клетки-спутницы; 6 - камбий; 7 - живые клетки и волокна древесины; 8 - сосуды; 9 - клетки сердцевины

- **Различия в строении стеблей:**
  - **по водопроводящим элементам в ксилеме:** у голосеменных (хвойных) - ***трахеиды***, у покрытосеменных - ***сосуды;***
  - **по типу строения:** у однодольных растений - ***пучковое строение*** (флоэма и ксилема образуют проводящие пучки, разбросанные по всей паренхиме); у двудольных растений - ***кольцевое строение*** (проводящие ткани образуют кольцо).
- **Рост стебля:**
  - **в высоту или длину** - ***верхушечный*** или ***вставочный;***
  - **в толщину** - делением клеток камбия, расположенного на границе коры и древесины (ксилемы); в сторону коры от клеток камбия образуются клетки луба, в сторону древесины дифференцируются клетки древесины;
  - рост стебля в длину сопровождается его ***ветвлением.***

Верхушечный рост - рост стебля в высоту или длину за счет деления и роста клеток конуса нарастания верхушечной почки (у большинства высших растений).

Вставочный рост - рост стебля в высоту или длину за счет деятельности вставочной меристемы, расположенной в основании ***междоузлий*** (у злаков и хвощей).

Годичное кольцо (или **зона прироста)** - слой древесины, образующийся за счет работы камбия в течение одного вегетационного периода.

Ветвление - процесс образования боковых побегов из пазушных почек побега.

- **Типы ветвления стеблей** (см. рис. 7.19):
  - **дихотомическое** - конус нарастания верхушечной почки дает две равнозначные новые ветви (***примеры:*** мхи, плауны);
  - **моноподиальное** - главный стебель растет верхушкой в течение всей жизни растения; боковые ветви образуются из боковых (пазушных) почек главного побега и также дают моноподиальное ветвление (***примеры***: ель, сосна, кедр);
  - **симподиальное** - верхушечная почка главного (или бокового) побега отмирает или отстает в росте, а развиваются боковые (пазушные) почки, лежащие непосредственно под верхушечной; они отклоняют главный стебель (ствол), остающийся коротким. Продолжением главного стебля (ствола) являются стебли (оси) последующих порядков (***примеры***: береза, яблоня).

Лист

Лист - боковой пластинчатый вегетативный орган растения, растущий от стебля, имеющий двустороннюю симметрию и нарастающий основанием. Рост листа ограничен.

Функции листа: фотосинтез, газообмен, транспираиия.

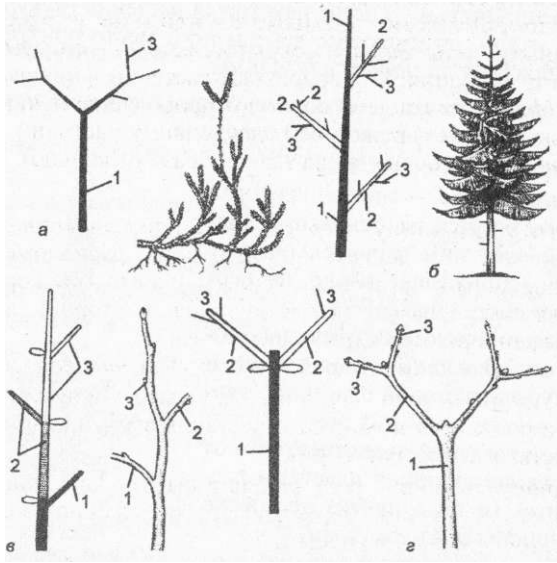


Рис. 7.19. **Типы ветвления стеблей:**

а - дихотомическое, б - моноподиальное, в - симподиальное э-ложнодихотомическое (клен); 1 - ось I порядка ветвления' ^ - ось II порядка ветвления, 3 - ось Ш порядка ветвления

Составные части листа: листовая пластина, черешок, основание, прилистники (рис. 7.20).

Листовая пластина — расширенная плоская часть листа.

Черешок - суженная часть листа, соединяющая листовую пластину с основанием листа (береза, каштан, липа).

Основание листа - часть листа, соединяющая лист со стеблем.

Прилистники - мелкие чешуевидные или листовидные образования у основания листа, выполняющие защитную функцию.

Узел - место прикрепления листа к стеблю.

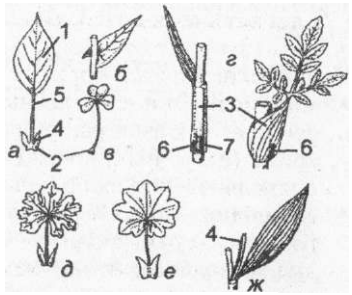


Рис. 7.20. **Лист и его части:**

а - черешковый; б - сидячий; в - с подушечкой в основании; з - с влагалищем; <Э - со свободными прилистниками; е - со сросшимися прилистниками; ж - с пазушными прилистниками; 1 - пластина; 2 - основание; 3 - листовое влагалище; 4 - прилистники; 5 - черешок; 6 - пазушная почка; 7 - вставочная меристема

Сидячие листья - листья некоторых растений (кукуруза, алоэ, гвоздика и др.), не имеющие черешков; в месте прикрепления к стеблю образуют ***листовое влагалище.***

•> **Жилкование листа** - определенное расположение ***жилок*** (проводящих пучков) в листовой пластине.

Типы жилкования (рис. 7.21):

- **параллельное** - многочисленные жилки тянутся от основания листовой пластины параллельно друг другу, сближаясь только на верхушке листа (злаки);
- " **дуговидное** - жилки дуговидно изогнуты и сближаются у основания и верхушки листовой пластины (ландыш);
- **пальчатое (пальчатосетчатое)** - от основания листовой пластины расходится (в виде лучей) несколько равноценных жилок (клен);
- **перистое (перистосетчатое)** — от одной главной жилки под углом отходят мелкие боковые жилки (береза).

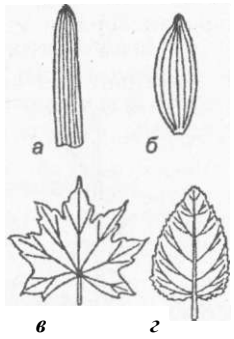


Рис. 7.21. **Типы жилкования листа:**
а - параллельное; б - дуговидное; *в* - пальчатое; з - перистое

Замечание: для двудольных растений характерны пальчатое и перистое жилкование, для однодольных - параллельное и дуговидное.

- **Простые** и **сложные** листья:
  - **простой лист** имеет только одну листовую пластинку на черешке (***примеры***: осина, сирень, ландыш).
  - **сложные листья** содержат несколько листовых пластин, прикрепленных к общему черешку при помощи собственных черешочков.

Типы сложных листьев:

- **перистосложный** - листочки расположены по всей длине общего черешка (*примеры:* акация, рябина, горох);
- **пальчатосложный** - листочки прикреплены к верхушке общего черешка и расходятся радиально (***примеры***: каштан, арахис);
- **тройчатосложный** - пальчатосложный лист, образованный тремя листочками (***примеры:*** клевер, земляника);
- комбинированные типы (см., например, рис. 7.22 *д, е).*

Рис. 7.22. **Сложные листья:**
а - тройчатосложный; б - пальчатосложный; *в* - непарноперистосложный; е - парноперистосложный; *д* - дваждыперистосложный; *в* - триждыперистосложный

- **Листорасположение** - особенности расположения листьев на стебле.

Виды листорасположения (рис. 7.23):

- **очередное** (или спиральное) - от узла отходит только один лист (***примеры***: крестоцветные, береза, яблоня);
- **супротивное** - от узла отходят два листа, расположенные друг против друга (***пример:*** сирень);
- **мутовчатое** - от узла отходят не менее трех листьев (*примеры:* олеандр, конопля);
- **прикорневая розетка** - особый тип листорасположения у растений, имеющих побег или участок побега с очень короткими междоузлиями (***примеры:*** одуванчик, подорожник).

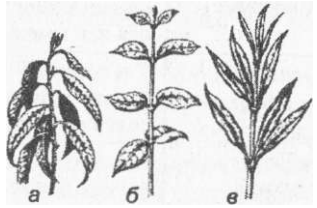


Рис. 7.23. Листорасположение:
а - очередное, б —супротивное, *в* - мутовчатое

Листья на побеге располагаются так, что верхние, более мелкие листья не затеняют нижние, образуя листовую мозаику, что обеспечивает равномерное освещение и активный фотосинтез.

- **Внутреннее строение листа:** ткани листа, их структура и функции приведены в таблице на с. 270; строение листовой пластины схематически изображено на рис. 7.24.
- **Листопад** - сбрасывание листьев осенью (или во время засухи) покрытосеменными растениями. Перед листопадом листья стареют и отмирают. На стебле на месте отделения листа остается ***листовой рубец,*** который покрывается слоем пробки.

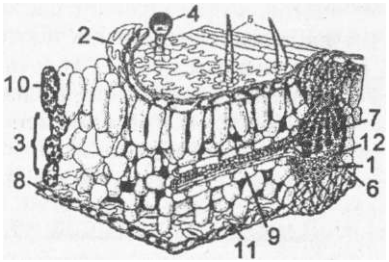


Рис. 7.24. **Строение листовой пластины:**
1 - волокна, 2 - верхний эпидермис; 3 - губчатый мезофилл; 4 - железистый волосок; 5 - кроющий волосок; 6 - колленхима; 7 - ксилема; 8 - нижний эпидермис; 9 - обкладочные клетки пучка; 10 - палисадный (столбчатый) мезофилл; 11 - устьице; 12 - флоэма

Внутреннее строение листа

Ткань	Структура	Функции
Покровная - кожица	Клетки расположены плотно, бесцветные, содержат устьица	Защита листа от высыхания, повреждений, микробов
и нижний эпидермис)	Устьица - две замыкающие клетки с хлоропластам и,устьичная щель между ними	Газообмен, транспирация
Основная - столбчатая	Клетки цилиндрической формы, плотно прилегают друг к другу, содержат много хлоропластов	Фотосинтез
губчатая хлоренхима	Клетки округлые, расположены рыхло, ближе к нижней кожице; хлоропластов мало	Фотосинтез, газообмен. транспирация, запасающая
Проводящая- сосудисто-волокнистые пучки	Содержат колленхиму, трахеи и ситовидные трубки	Проведение воды и минеральных веществ в лист; отток органических веществ из листа.
Механическая	Механические волокна сосудисто-волокнистых пучков или отдельные клетки с одревесневшими оболочками	Опорная - обеспечивают прочность и упругость листьев

Значение листопада:

- листопад предохраняет растения от переохлаждения, вымерзания и потери влаги, а также от обламывания ветвей под тяжестью снега;
- избавляет растения от вредных продуктов метаболизма, накопившихся в листьях за вегетационный период;
- опавшие листья предохраняют корни растения от вымерзания и служат органическим удобрением.

Видоизменения побегов, стеблей, листьев, почек

Видоизмененные побеги - побеги, у которых стебель, листья, почки (или все вместе) необратимо меняют свои функции и, как следствие, свою форму (см. рис. 7.25).

Подземные видоизмененные побеги - побеги, находящийся под землей и обеспечивающие перезимовку растений и накопление питательных веществ (***корневище, клубень, луковица, клубнелуковица).***

Корневище - видоизмененный, многолетний, подземный, внешне похожий на корень, растущий горизонтально побег с узлами, междоузлиями, чешуевидными листьями, верхушечной и пазушными почками (корневой чехлик отсутствует) и служащий для вегетативного размножения, возобновления и запасания питательных веществ (пырей, ландыш).

Клубень - видоизмененный подземный побег, представляющий собой утолщение с сильно развитой запасающей паренхимой на верхушке ***столона,*** имеющий верхушечную и пазушные почки **(глазки)** и служащий для запасания питательных веществ и вегетативного размножения (картофель).

Луковица - подземный укороченный побег с сочными, сильно разрастающимися чешуевидными листьями, прикрепленными к короткому стеблю, называемому **донцем.** На верхушке донца располагается верхушечная почка, а в пазухах сочных листьев-чешуй - боковые почки, дающие начало молодым луковицам-деткам (лук, чеснок). Снаружи луковица обычно покрыта сухими чешуями, выполняющими защитную функцию.

- **Функции** луковицы: запасающая (в сочных листьях-чешуях) и вегетативного размножения.
- Луковицы могут формироваться как видоизменения не только подземных, но и наземных побегов *(примеры:* у некоторых лилий луковички формируются в пазухах листа, а у некоторых видов лука - в соцветиях).

Детка луковицы - разросшаяся боковая почка, отделившаяся от луковицы (лук, гладиолус).

Клубнелуковица - видоизмененный побег, похожий на луковицу, покрытый снаружи сухими чешуями и имеющий сильно разросшееся донце, в котором (в отличие от луковицы) запасаются питательные вещества (гладиолус, крокусы).

Надземные видоизменения побегов, стеблей, листьев, почек: ***колючки, кочаны, усы, мясистые листья, части цветка*** (чашелистики, лепестки, тычинки, пестики), ***ловчие аппараты*** **и др.**

Колючка - острый, твердый, одревесневший, видоизмененный побег *(пример:* боярышник), прилистник (*пример:* белая акация) или лист *(пример:* кактус), служащий для защиты от поедания животными или для уменьшения испарения.

Кочан - видоизмененный зачаточный побег (гигантская почка) с многочисленными толстыми, перекрывающими друг друга листьями, почти лишенными хлоропластов *(пример:* капуста).

Усы - длинные, тонкие, надземные, ползучие видоизменения побега или листа, образующие на верхушках розеточные побеги, укореняющиеся с помощью придаточных корней (***пример:*** земляника); надземные ***столоны,*** служат для вегетативного размножения путем захвата территории.

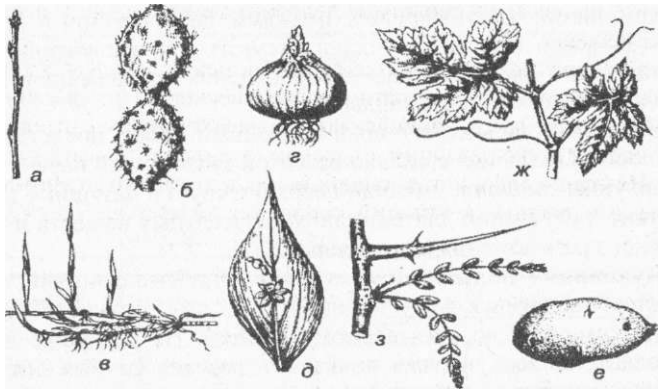


Рис. 7.25. **Надземные и подземные видоизменения побега:**
а - обычный удлиненный побег, б - мясистый побег кактуса с редуцированными листьями, *в* - корневище пырея (пример длиннокорневищного растения), г-луковица лука, д- филлокладии иглицы, е - клубень картофеля, ж - усы-прицепки винограда (видоизмененные соцветия), з- колючка гледичии

Ловчие аппараты - видоизмененные листья, образующиеся у насекомоядных растений (*примеры*: росянка круглолистая, пузырчатка обыкновенная) и служащие для захвата и переваривания насекомых с целью восполнения недостатка питательных веществ в почве.

Столон - длинный, тонкий, недолговечный, не содержащий запасов питательных веществ видоизмененный побег с протяженными междоузлиями и чешуевидными, бесцветными, иногда зелеными листьями; служит для вегетативного размножения и расселения растений.

- На подземных столонах обычно образуются клубни или луковицы. Надземные столоны - усы.

Цветок и соцветие

- **Цветок** - генеративный орган покрытосеменных (цветковых) растений, представляющий собой видоизмененный укороченный побег с ограниченным ростом, в котором происходит опыление, оплодотворение, образование спор, гамет, семян и плодов.
  - Размеры цветков: от 1 мм до 1 м в диаметре (у тропической раффлезии Арнольди).
- **Биологическая роль цветка:**
  - в обоеполом цветке (см. ниже) осуществляются микро- и мегаспорогенез, микро- и мегагаметогенез, опыление, оплодотворение, образование семян и плодов;

  - все процессы бесполого и полового размножения в цветке совмещены;
  - все перечисленные выше функции осуществляются в цветке с минимальными затратами пластических веществ и энергии;
  - содержит нектар, привлекающий насекомых-опылителей;
  - цветки легко различимы насекомыми-опылителями.

Нектар - сахаристая жидкость, выделяемая **нектарниками** - железами, расположенными у основания лепестков.

Строение цветка (рис. 7.26)

Части цветка	Строение	Функции
Цветоножка - стеблевая часть цветка; у *сидячих* цветков отсутствует	Участок побега между кроющим листом и цветком; на нем может иметься *прицветничек*	Прикрепление цветка к цветоносу
Цветоложе	Расширенная часть цветоножки; может быть плоским, выпуклым и вогнутым	Несет на себе околоцветник, тычинки, пестик
Околоцветник - видоизмененные листья; а) *двойной;* б) *простой* (чашечковидный или венчиковидный)	Двойной околоцветник состоит из *чашечки* и *венчика* (яблоня). В простом околоцветнике чашелистики и лепестки не различаются	Защита тычинок и пестиков; привлечение насекомых для опыления (венчик), фотосинтез (чашечка)
Тычинка(и) - видоизмененные листья; мужская часть цветка	Состоит из *тычиночной нити* и *пыльника*	Образование в пыльцевых гнездах мелких спор, а затем *пыльцы*
Пестик - видоизмененные листья; женская часть цветка	Центральная часть цветка, образованная одним или несколькими сросшимися *плодолистиками;* состоит из *завязи, столбика* и *рыльца*	Рыльце улавливает пыльцу, столбик приподнимает рыльце над завязью, завязь защищает семязачатки и образует плод

Прицветничек - два (у двудольных) или один (у однодольных) маленьких листочка, которые могут располагаться на цветоножке.

Пыльник - верхняя часть тычинки цветка, состоящая из двух симметричных половинок - **пыльцевых мешков,** соединенных связником.

" У большинства цветковых растений каждая из половинок пыльника несет два пыльцевых гнезда - ***микроспора н г ия.***

Микроспорангий - орган бесполого размножения, в котором у разноспоровых растений образуются гаплоидные споры - ***микроспоры***, из которых развиваются мужские заростки.

Чашечка - совокупность **чашелистиков** - зеленых наружных листочков околоцветника.

Венчик - совокупность внутренних, ярко окрашенных или белых листочков **(лепестков)** околоцветника; может быть ***раздельнолепестным*** или ***спайнолепестным.***

Плодолистики - видоизмененные листья, внутри которых развиваются семязачатки.

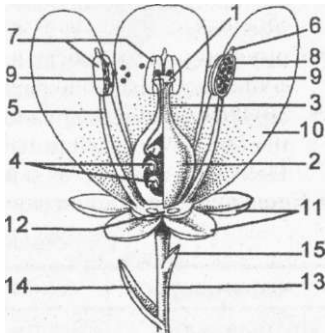


Рис. 7.26. **Обобщенная схема строения цветка:**

I - рыльце, 2 - завязь, 3 - столбик, 4 - семязачаток, 5 - тычиночная нить, 6 - связник, 7 - пыльник, 8 - пыльник в разрезе, 9 - пыльцевые зерна, 10-лепесток, II - чашелистик, 12 - цветоложе, 13 - цветоножка, 14 - прицветник, 15 - прицветничек

Завязь - нижняя расширенная часть пестика с одной или несколькими семяпочками.

*

Рыльце - самая верхняя часть пестика; только та пыльца, которая попала на рыльце, способна прорасти внутрь завязи.

- **Виды цветков:**
  - **обоеполые цветки** содержат и тычинки, и пестики (яблоня, картофель, рожь);
  - **однополые цветки** (у огурца, кукурузы, тополя) содержат только либо тычинки **(тычиночные цветки),** либо пестики **(пестичные цветки).**

•> **Классификация растений с однополыми цветками** в зависимости от местоположения цветков:

" **однодомные растения** - растения, на одной особи которых развиваются и женские (пестичные), и мужские (тычиночные) цветки (*примеры:* кукуруза, огурец, тыква);

- **двудомные растения** - растения одного вида, у которых женские (пестичные) и мужские (тычиночные) цветки развиваются на разных особях (*примеры:* тополь, ива, облепиха);
- **многодомные растения** - цветковые растения, которые наряду с обоеполыми цветками имеют и однополые; при этом на одном растении могут быть обоеполые и мужские цветки (у чемерицы), обоеполые и женские цветки (у смолевки), обоеполые, мужские и женские цветки (у каштана).

Соцветие - это побег (или система побегов) растения, несущий цветки, расположенные на нем в определенном порядке.

1 Количество цветков в соцветии: от 1-3 (у гороха) до нескольких десятков тысяч (у некоторых пальм).

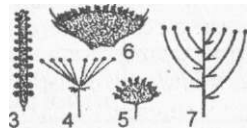
1 Размеры соцветий: от 2-3 мм до 5 м в диаметре и 14 м длиной.

Биологическая роль соцветий:

- соцветия легче опыляются, так как пыльца при переносе ветром на своем пути встречает не одиночные цветки, а целую группу цветков;
- на мелкие цветки соцветий расходуется небольшое количество пластичного материала;
- соцветия хорошо заметны насекомым-опылителям;

" из соцветий образуется больше плодов и семян.

Ж



10

Рис. 7.27. **Некоторые типы соцветий:**

1 - кисть, 2 - простой колос, 3 - початок, 4 - зонтик, 5 - головка, 6 - корзинка, 7 - щиток, 8 - сложный зонтик, 9 - метелка, 10 - сложный щиток

- **Классификация соцветий по типу строения** (рис. 7.27):
- **простые соцветия** имеют одну ось, на которой на цветоножках или без них располагаются цветки (см. таблицу);
- **сложные соцветия** состоят из простых соцветий (с осями второго порядка), расположенных на главной оси (см. таблицу).

, ***Простые соцветия***

Соцветие	Строение	Примеры
Головка	Главная ось сильно укорочена и утолщена; цветки расположены тесно, имеют короткие цветоножки и поэтому кажутся сидячими	Клевер
Зонтик	Главная ось укорочена; ножки цветков отходят от одной точки, цветки располагаются куполообразно или в одной плоскости	Вишня, лук
Кисть	Главная ось удлинена; на ней расположены боковые цветки, имеющие примерно одинаковые по длине цветоножки	Черемуха, наперстянка
Колос	Сидячие (без цветоножек) цветки располагаются на длинной главной оси	Подорожник

Продолжение таблицы

Соцветие	Строение	Примеры
Корзинка	Главная ось - **цветоложе** — сильно расширена и имеет форму толстого блюдца или шара, на котором располагаются мелкие сидячие цветки. Снаружи соцветие окружают зеленые прицветные листья - **обертка**	Подсолнечник, василек
Початок	Главная ось сильно утолщена и мясиста; на ней располагаются сидячие цветки	Кукуруза, аир
Сережка	Имеет длинную свисающую ось в виде поникшего колоса, на которой расположено большое количество мелких боковых однополых цветков, опадающих целиком после цветения или созревания плодов	Грецкий орех, ива
Щиток	Все цветки располагаются в одной плоскости, а цветоножки имеют разную длину и отходят от оси из разных точек; при этом нижние краевые цветки имеют более длинные цветоножки	Груша

Сложные соцветия

Соцветие	Строение	Примеры
Сложный* зонтик	Боковые оси заканчиваются не цветками, а простыми зонтиками - **зонтичками.** В основании общего зонтика прицветные листья образуют обвертки	Морковь, борщевик, укроп
Метелка, или сложная кисть	Главная удлиненная ось образует кисть, ветвящиеся боковые ветки которой образуют простые соцветия - кисти, колоски, корзинки	Сирень, овес, мятлик, тростник, мелколепестник
Сложный колос	Главная ось моноподиально ветвится на простые колосья (колоски)	Пшеница, рожь
Сложный щиток	Главная ось представляет собой щиток, боковые оси - щитки или корзинки	Тысячелистник,! рябина

- **Классификация соцветий по направлению цветения:**
  - **ботриоидные** (или **нижнецветные) соцветия** - соцветия, зацветающие снизу вверх (***пример***: черемуха);
  - **цимопдные** (или **верхнецветные) соцветия** - соцветия, зацветающие сверху вниз и характеризующиеся симподиальным ветвлением (***примеры:*** тирс, дихазий).

Плод

- **Плод** - орган цветкового растения, образующийся из завязи цветка (как правило, после оплодотворения), состоящий из сухого или сочного ***околоплодника*** и ***семян*** и служащий для защиты и распространения семян.

Околоплодник - стенка плода, развивающаяся обычно из стенки завязи путем ее разрастания и видоизменения; обеспечивает формирование семян и их защиту от неблагоприятных факторов и способствует их (семян) распространению.

- У некоторых плодов околоплодник формируется из завязи, цветоложа (земляника), околоцветника и оснований тычинок.
- В околоплоднике выделяют три слоя: наружный - внеплодник, средний - межплодник, и внутренний - внутриплодник.

- **Классификация плодов** (см. таблицу на с. 278):
  - **по консистенции** - сухие и сочные;
  - **по числу семян** - односеменные и многосеменные;
  - **по наличию приспособлений для распространения** - с крыловидными придатками, летучками (для распространения ветром), прицепками, крючочками (для распространения на шерсти животных), с яркой окраской и ароматным запахом (для распространения птицами и животными путем поедания) и т.д.

Сочный плод - плод, который в зрелом состоянии в составе околоплодника имеет хорошо развитую ***мякоть,*** в крупных паренхимных клетках которой накапливается много воды и питательных веществ (углеводов, органических кислот, ароматических соединений и т.д.), необходимых для развития растения из семени.

Сухой плод - плод, имеющий ***кожистый*** или ***деревянистый*** околоплодник (рис. 7.28).

Соплодие - несколько сросшихся между собой плодов, образовавшихся из цветков одного соцветия (ананас, свекла).

Сборные плоды - плоды, развивающиеся из завязей нескольких пестиков одного цветка (сборный орешек костяники, сборная костянка малины или ежевики).

Распространение плодов: ветром (легкие плоды небольших размеров с крыловидными придатками), водой, животными (поедающими сочные плоды, семена которых не перевариваются и с экскрементами попадают в почву), на шерсти животных и т.д.

Классификация плодов

	Многосемянные	Односемянные
Сухие	**Боб** - семена лежат на двух раскрывающихся створках (горох, фасоль) **Стручок** - семена лежат на пленчатой перегородке; раскрывается двумя створками (капуста, сурепка) **Коробочка** - кубышкорбразный плод, открывающийся крышечкой (белена), отверстиями (мак) или разрывами стенок (дурман) **Листовка** - плод, образованный одним плодолистиком и вскрывающийся с одной стороны (пион)	**Семянка** - невскрывающийся плод с кожистым околоплодником, не сросшимся с семенем (подсолнечник) **Зерновка** - плод с тонким кожистым околоплодником, сросшимся с кожурой семени (пшеница, кукуруза) **Орех** - невскрывающийся плод с деревянистым околоплодником; семя лежит свободно (лещина, фундук) **Крылатка** - невскрывающийся плод с перепончатым выростом, обеспечивающим распространение семени с помощью ветра (береза)
Сухие	**Ягода** - плод с тонким кожистым внеплодником, у которого семена располагаются внутри сочной мякоти (помидор, виноград, ландыш) **Яблоко** - плод с тонким кожистым внеплодником, у которого семена лежат в пленчатых околоплодниках, а мякоть плода образована сросшимися завязью и чашечкой (яблоня, груша) **Тыквина** - невскрывающийся плод с твердым, деревянистым околоплодником; семена лежат в сочной мякоти плода (огурец) **Померанец** - плод цитрусовых; состоит из плотного кожистого окрашенного внеплодника, губчатого межплодника, кожистого внутриплодника (апельсин)	**Костянка** - невскрывающийся плод,околоплодник которого состоит из трех слоев: тонкого верхнего — кожицы, среднего - сочной мякоти, и одревесневшего внутреннего слоя, образующего твердую косточку; семя лежит свободно внутри косточки (вишня, абрикос, черемуха)

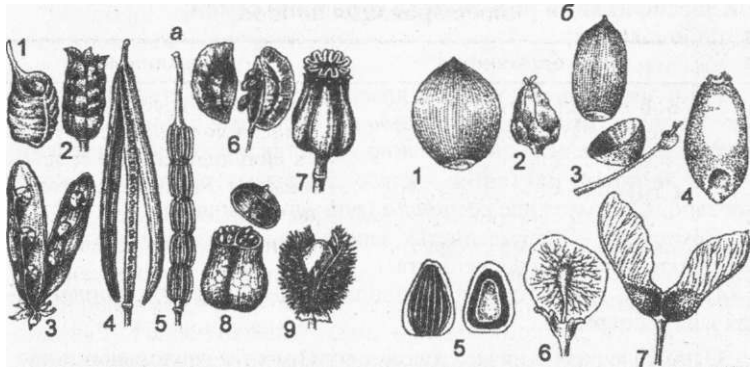


Рис. 7.28. **Сухие плоды:**
а - многосемянные. 1 - листовка (живокость), 2 - сборная листовка (водосбор), 3 - боб (горох), 4 - стручок (капуста), 5 - членистый стручок (редька), 6 - стручочек (ярутка), 7 - 9 - коробочки (соответственно мак, белена и дурман); б - односемянные- 1 - орех (лещина), 2 - орешек (гречиха), 3 - желудь (дуб), 4 - зерновка (пшеница), 5 - семянка (подсолнечник), 6 - крылатка (вяз), 7 - дробная крылатка (клен)

Семя

- ***Ряд понятий, встречающихся в этом разделе, разъясняется в п. 2.3 «Размножение организмов» и п.*** 7.7 ***«Размножение растений».***
- > **Семя** - один из генеративных органов цветкового или голосеменного растения, образующийся из ***семязачатка*** после его оплодотворения, представляющий собой зародышевое растение, снабженное запасом питательных веществ и служащее для расселения растений.

Семязачаток (или **семяпочка)** - видоизмененный ***спорангий*** семенных растений, в котором образуются ***споры,*** формируется женский ***заросток*** и происходит оплодотворение.

* У покрытосеменных семязачаток находится в ***завязи,*** у голосеменных - в шишках на поверхности семенных чешуи.

Нуцеллус - центральная часть семязачатка, в которой находятся ***архегонии*** (у голосеменных растений) или ***зародышевый мешок*** (у покрытосеменных растений).

Заросток - половое поколение (***гаметофит***) у высших споровых растений (плаунов, хвощей, папоротниковидных), развивающееся из споры и образующие мужские (***антеридии***) и женские ***(архегонии)*** органы полового размножения.

- Заростки имеют вид цельных или расчлененных пластинок, нитей или клубеньков, зеленую окраску, размеры от 1-2 мм до 5 см. снабжены ризоидами.

• **Классификация растений по строению семян:**
" однодольные;
• двудольные.

Однодольные растения - класс цветковых растений, у которых зародыш имеет одну ***семядолю (примеры:*** злаковые, лук); семя таких растений одновременно является и плодом (зерновка).

Двудольные растения - класс цветковых растений, у которых зародыш имеет две ***семядоли (пример:*** бобовые).

Семядоли - первые листья зародыша, которые могут содержать запас питательных веществ.

Щиток - единственная семядоля зародыша злаков, прилегающая к эндосперму.

Основные различия между однодольными и двудольными растениями, а также между их семенами приведены в таблице.

Различия между двудольными и однодольными растениями

Двудольные растения	Однодольные растения
Сетчатое или пальчатое жилкование листьев	Параллельное или дуговидное жилкование листьев
Листья имеют листовую пластину, черешок и прилистники	Листья сидячие, обычно без черешков и прилистников
В стебле имеются кольца из проводящих пучков	Проводящие пучки разбросаны по объему стебля
Имеется камбий, за счет которого стебель растет в толщину	Камбий отсутствует; вторичный рост не наблюдается (исключение - пальмы)
Корневая система - стержневая, главный корень хорошо развит	Корневая система обычно мочковатая, главный корень рано отмирает
Зародыш в семени имеет две семядоли	Зародыш в семени имеет одну семядолю
Цветок четко дифференцирован на чашечку и венчик	Дифференциация цветка на чашечку и венчик отсутствует
Число частей цветка обычно кратно пяти, реже четырем	Число частей цветка обычно кратно трем, реже двум
Обычно опыляются насекомыми или другими животными	Обычно опыляются ветром

• Строение семени: семя состоит из ***зародыши*** и (у однодольных и некоторых двудольных растений - льна, моркови и др.) ***эндосперма.***, окруженных семенной кожурой.
• Семена двудольных и однодольных растений несколько отличаются по своему строению (см. таблицу на с. 281).

Зародыш семени - зачаток нового поколения, образующийся в результате развития зиготы; это миниатюрный ***спорофит,*** имеющий диплоидный набор хромосом и состоящий обычно из зародышевых органов - корешка, стебелька с ***семядолями*** и зародышевой верхушечной почечки.

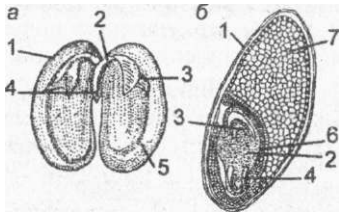


Рис. 7.29. **Строение семени:**
а - семя фасоли, б - семя (зерновка) пшеницы: 1 - кожура, 2 - стебелек, 3 - почечка зародыша, 4 - корешок, 5 - семядоля, 6 - щиток (семядоля), 7 - эндосперм

Эндосперм - триплоидная (у покрытосеменных) или гаплоидная (у голосеменных) ткань, содержащая запас питательных веществ и формирующаяся из вторичного ядра ***зародышевого мешка.***

• У большинства двудольных растений эндосперм поглощается зародышем на ранних стадиях развития, и семена его не содержат; запас питательных веществ в семенах этих растений сосредоточен в семядолях.

Отличия семян двудольных и однодольных растений

Двудольные растения	Однодольные растения
Семена двустороннесимметричные	Семена ассиметричные
Кожура не срастается с семядолями	Кожура срастается с околоплодником
Две семядоли; сбоку на вогнутой стороне семени находится рубчик - след от семяножки	Одна семядоля; располагается между зародышем и эндоспермом
В состав зародыша входят:	
зародышевый корешок, зародышевый стебелек, почечка, две крупные подковообразные семядоли	зародышевый корешок, зародышевый стебелек, почечка, щиток
Запас питательных веществ содержится в:	
семядолях	эндосперме

• **Прорастание семени:**
* разрывается семенная кожура:
• из семени выходит зародышевый корешок, который быстро растет и укрепляется а почве, всасывая из нее воду и растворенные минеральные вещества и передавая их зародышу;

- начинает расти зародышевый стебелек, который выносит из почвы верхушечную почечку (при **подземном прорастании;** горох, пшеница, дуб) или почечку и семядоли (при **надземном прорастании;** огурец, морковь);
- из верхушечной почечки развивается побег.

Проросток - молодое растущее растение, питание которого полностью или частично осуществляется за счет запасных питательных веществ семени.

- С появлением первых листьев проросток переходит на самостоятельное питание.

- **Условия прорастания семян:**
  - живой зародыш после периода покоя;
  - " запас питательных веществ;
  - определенная температура (обычно 10-25 °С);
  - наличие влаги;
  - доступ кислорода.

- **Значение плодов и семян:**
  - они способствуют расселению и размножению растений;
  - обеспечивают непрерывность и стабильность экосистем;
  - являются элементами пищевых цепей экосистем;
  - употребляются в пищу человеком;
  - служат кормом для домашних животных;
  - используются в качестве сырья в промышленности и медицине.

7.6. Транспорт веществ, газообмен, выделение

Восходящий ток воды и минеральных веществ

Восходящий ток - ток воды и растворенных в ней минеральных веществ от корня растения через его стебель к листьям и другим органам; это ток «вверх».

Вода из почвы поступает в тело растений путем всасывания клетками корня (главным образом в области кончика корня, где имеется множество мелких корневых волосков) за счет осмоса и (иногда) активного переноса.

Из корневых волосков вода по клеткам корня перемещается к центральному цилиндру: либо по цитоплазме клеток через специальные органеллы, обеспечивающие межклеточные цитоплазматические контакты у растений - плазмодесмы **(симпластный путь);** либо через вакуоли **(вакуолярный путь);** либо диффузией по оболочкам между клетками **(апопластный путь).**

Проникновение воды в центральный цилиндр регулируется слоем эндодермы - ткани, расположенной на границе первичной коры и центрального цилиндра и содержащей водонепроницаемое вещество ***суберин.*** Центральный цилиндр содержит проводящую ткань - ***ксилему***, по которой вода поднимается вверх к листьям.

Минеральные соли проникают в корневые волоски и затем поступают в клетки коры и центрального цилиндра путем диффузии и активного переноса.

Растения не имеют никакого «насосного» механизма для передвижения веществ, что резко отличает их от животных с развитой сердечно-сосудистой системой. ***Вода.в растении перемещается из областей с большей концентрацией ее молекул в области с меньшей концентрацией молекул.***

В листьях в сухую погоду вода диффундирует наружу через устьица и испаряется (процесс ***транспирации,*** испарение воды происходит также с наружных клеток эпидермиса листьев и зеленых стеблей через покрывающий их восковой налет - ***кутикулу,*** а у листопадных растений после сбрасывания листьев - через ***чечевички).*** Испарение воды приводит к уменьшению концентрации ее молекул в листьях растений. В корнях же растений во влажной почве концентрация этих молекул велика. В результате разности концентраций молекул возникает ток молекул воды от корня к листьям. Вместе с током воды перемещаются растворенные в ней минеральные вещества. Этот ***восходящий*** ток воды и минеральных веществ осуществляется по ***ксилеме,*** содержащей транспортные ***трахеиды*** или ***сосуды*** (см. с. 251) и находящейся обычно во внутренних частях многочисленных пучков проводящих тканей, идущих от корня через стебель к листьям.

Растворенные в воде вещества, достигнув места назначения (верхушечной или пазушной меристемы, молодого листа, развивающегося цветка, плода и т.п.), «выделяются» из ксилемы на тончайших концах ее жилок и затем поступают в клетки путем диффузии и активного поглощения.

Нисходящий ток органических веществ

Нисходящий ток - ток органических веществ, прежде всего продуктов фотосинтеза, от листьев к другим органам растения.

Транспортировка органических веществ по телу растения осуществляется по ***флоэме*** - проводящей ткани, состоящей из ситовидных клеток и клеток-спутниц, а также клеток механической и основной ткани (см. с. 252), и находящейся обычно в наружных слоях проводящих пучков. Передвижение веществ по флоэме осуществляется путем активного переноса; необходимая для этого энергия вырабатывается молекулами АТФ, содержащимися в клетках-спутницах.

Органические вещества по флоэме транспортируются не только вниз, но и вверх, т.е. в двух направлениях. Это отличает флоэму от ксилемы, по которой вещества передвигаются только вверх.

Кроме органических веществ, по флоэме в различной форме переносятся азот и сера (в форме аминокислот), фосфор (в виде фосфорилированных Сахаров и ионов неорганического фосфата), калий (в виде ионов), витамины, ростовые вещества, вирусы, поступившие через листья из воздуха химические вещества и т.д.

Газообмен у высших растений

Специализированная дыхательная система у высших растений отсутствует.

Водные растения для дыхания используют растворенный в воде кислород, накапливают и хранят его в специальной основной ткани - ***аэренхиме*** (см. с. 248).

В тело *наземных* растений кислород поступает из воздуха через устьица в эпидермисе листьев и зеленых стеблей, диффузно через ризодерму корня, а также через чечевички и трещины в коре на одревесневших стеблях и корнях. Захваченный растением газообразный кислород перемещается по межклетникам, постепенно растворяясь в воде, содержащейся в клеточных оболочках. В растворенном виде кислород перемещается вместе с водой либо по ***плазмодесмам*** из клетки в клетку **(симпластный путь),** либо по оболочкам клеток **(апопластный путь),** затем диффундируя вместе с водой внутрь клеток, где и потребляется.

Кислород, выделяемый в процессе фотосинтеза в клетках, содержащих хлорофилл, может сразу же потребляться митохондриями.

Диоксид углерода поступает из воздуха через устьица, затем по межклетникам доходит до клеток, где осуществляется процесс фотосинтеза, и проникает внутрь этих клеток путем диффузии. К фотосинтезирующим клеткам стебля диоксид углерода может также проникать через чечевички.

Выделение у высших растений

Растения синтезируют все необходимые им органические вещества ровно в том количестве, сколько необходимо для потребления в данный момент. Поэтому у растений нет специальной выделительной системы, как у животных.

Избыток диоксида углерода из клеток путем диффузии поступает в межклеточное пространство и через устьица, чечевички или трещины в корке выводится в окружающую среду. Через устьица и чечевички осуществляется также испарение воды и выделенных в межклетники спиртов, альдегидов, терпенов.

Многие органические отходы метаболизма и избыток некоторых минеральных солей, поглощаемых растениями, откладываются у растений в отмерших тканях (например, в древесине) и

листьях, которые периодически сбрасываются. Вредные органические кислоты связываются с избыточными катионами и выпадают в виде нерастворимых кристаллов, которые могут сохраняться в клетках растения (особенно в вакуолях листьев), не причиняя им вреда. Ионы железа, марганца, некоторые органические кислоты (например, никотиновая) также поступают в листья, где они накапливаются и сбрасываются вместе с листвой во время листопада.

Подлежащие удалению вещества удаляются не только с листвой, но и с лепестками, плодами и семенами. У водных растений основная масса отходов метаболизма выводится путем диффузии прямо в окружающую среду.

7.7. Размножение растений

- *Смысл ряда понятий, встречающихся в этом параграфе, разъясняется в п. 2.3 «Размножение организмов».*

Способы размножения растений:
- бесполое;
- половое.

Бесполое размножение растений

Бесполое размножение - древнейшая форма размножения, осуществляющаяся без участия половых клеток (гамет) и характеризующаяся отсутствием ***полового процесса.***

- У растений бесполое размножение может осуществляться наряду с половым размножением.

- **Основные способы бесполого размножения растений:**
  - ***вегетативное*** размножение (характерно для большинства групп растений, а у некоторых семенных растений - малины, земляники, ивы и др. оно преобладает над половым);
  - размножение ***спорами,*** или ***споруляция*** (водоросли, мхи, хвощи, плауны, папоротники);
  - размножение ***делением клетки,*** или ***шизогония*** (у некоторых водорослей).

- **Вегетативное размножение** - способ бесполого размножения растений с помощью вегетативных органов - корня, стебля, листа или видоизмененных побегов, из которых в благоприятных условиях формируются полноценные дочерние особи.
  - Вегетативное размножение возможно только при наличии у растения свойства **регенерации,** т.е. способности возрождать себя из части.
  - Вегетативно могут размножаться одноклеточные (водоросли) и многоклеточные, гаплоидные и диплоидные растения.

- **Способы вегетативного размножения *низших* растений:**
  - делением клетки (одноклеточные водоросли);
  - делением таллома на фрагменты;
  - фрагментами колонии.
- **Способы вегетативного размножения *высших* растений:**
  - **луковицами** или **клубнелуковицами** (лук, чеснок, тюльпаны, нарциссы);
  - стеблевыми и корневыми **клубнями** (картофель, георгины);
  - **усами** (земляника, костяника);
  - **корневищами** (многие травянистые растения);
  - **черенками** (виноград, смородина, крыжовник, ива);
  - **делением кустов** материнского растения (флоксы, пион);
  - **отводками** (крыжовник, виноград, лещина);
  - **листьями** (каланхоэ Дегремона);
  - **прививкой** черенка или почки (многие сортовые деревья);
  - **клонированием.**

Прививка - пересадка черенка или почки ***привоя*** на ***подвой*** (укорененный сеянец) с последующим их срастанием (яблоня, груша).

Привой - часть (черенок или почка) одного растения, пересаженная на другое.

Подвой - растение, на которое пересаживают привой другого растения.

Черенок - искусственно отделенный участок вегетативного органа растения (корня, стебля, листа), используемый с целью его укоренения.

Отводок - укоренившийся боковой побег (обычно нижняя ветка), отделенный от материнского растения с целью вегетативного размножения.

- **Споруляция** (или **спорогония)** - способ бесполого размножения организмов посредством спор.
  - Споруляция характерна для большинства водорослей и высших споровых растений (см. ниже).

Споровые растения - растения, которые могут распространяться (расселяться) при помощи спор, образующихся как половым, так и бесполым путем.

К споровым растениям относятся водоросли и часть высших растений: мхи, плауны, хвощи, папоротники. Высшие споровые растения обитают во влажных местах (обычно под пологом леса или на болотах) или на полях с кислыми почвами.

- В цикле развития высших споровых растений чередуются ***спорофит*** (бесполое поколение) и ***гаметофит*** (половое поколение - заросток).

Спора - особая клетка, обычно покрытая защитной оболочкой, служащая для переживания неблагоприятных условий и ***бесполого размножения*** путем расселения организмов. В благоприятных условиях спора способна прорасти в новый организм.

- Споры многих водных растений могут активно перемещаться в водной среде благодаря особым двигательным жгутикам (такие споры называют **зооспорами).**
- Споры наземных растений меньше семян, легки и свободно переносятся ветром.

Мейоспоры - гаплоидные клетки, образующиеся в ***спорангиях*** высших растений в результате мейоза и обычно (за исключением семенных растений) выполняющие функцию расселения.

- У семенных растений мейоспоры являются необходимым этапом жизненного цикла; они не выпадают из спорангия (семязачатка), в котором происходит формирование заростка.

Равноспоровые высшие растения - растения, у которых образуется множество мейоспор примерно одного размера (хвощи, плауны, папоротники).

Разноспоровые высшие растения - растения, у которых образуются мейоспоры двух видов: 4 ***мегаспоры*** и множество ***микроспор*** (голосеменные и покрытосеменные).

Мегаспора (или **макроспора)** - крупная гаплоидная спора у разноспоровых растений, дающая начало ***женскому*** заростку (женскому гаметофиту). У споровых растений выпадают на почву, у семенных остаются в мегаспорангии, при этом из четырех мегаспор одна развивается, а три отмирают.

Микроспора - мелкая гаплоидная спора у разноспоровых растений, из которой формируется пыльца (незрелый,-***мужской*** гаметофит).

- **Места образования спор** у споровых растений:
  - у некоторых **водорослей** - из вегетативной клетки или зиготы;
  - * у **мхов** - в спорангиях, находящихся в специальных ***коробочках',***
  - у **папоротников** - в спорангиях, собранных в ***сорусы*** на вайях (листостеблях);
  - у **хвощей** и **плаунов** - в спорангиях на ***спорофиллах,*** собранных в спороносные колоски;
  - » у **равноспоровых** высших растений (и грибов) - в специальных тканях и органах - ***спорангиях',***
  - у **разноспоровых** высших растений: мегаспоры - в ***мегаспорангиях,*** микроспоры - в ***микроспорангиях.***

Спорангий - мешковидный орган бесполого размножения высших растений (и грибов), в котором путем мейоза образуются споры. Спорангии могут располагаться либо одиночно, либо группами, образуя ***сорусы.***

Спорофилл - видоизмененный (часто лишенный хлорофилла) лист растений, на котором образуются спорангии.

Мегаспорангий (или макроспоранг ий) - орган бесполого размножения высших разноспоровых растений, в котором путем мейоза образуются мегаспоры. У высших споровых он имеет шаровидную форму с однослойной стенкой.

Мегаспорофилл - видоизмененный лист или подобный ему орган у растений, на котором образуются мегаспорангии (у голосеменных — чешуя шишки).

Микроспорангий - орган бесполого размножения высших разноспоровых растений, в котором путем мейоза образуются микроспоры. У высших споровых имеет шаровидную форму с однослойной стенкой, у голосеменных также однослойный, у покрытосеменных преобразован в гнездо пыльника с четырехслойной стенкой.

Микроспорофилл - видоизмененный лист у растений, на котором образуются микроспорангии (у покрытосеменных гомологичен тычинке).

Сорусы - группа спорангиев на вайях (листостеблях) папоротников, покрытая общим покрывальцем индузием.

- Что формируется из спор:
  - у равноспоровых растений - раздельнополый или обоеполый ***заросток*** (гаметофит);
  - у разноспоровых растений: из мегаспор - женский ***заросток*** (женский гаметофит), из микроспор — мужской ***заросток*** (мужской гаметофит).
- Шизогония (или множественное деление) — способ бесполого размножения организмов посредством многократного митотического деления ядра исходной материнской клетки, после чего эта клетка распадается на соответствующее число одноядерных дочерних клеток.
  - Шизогония встречается у некоторых одноклеточных водорослей *(примеры:* эвглена, хламидомонада) и протистов (*пример*: малярийный плазмодий).

Половое размножение растений

Половое размножение - размножение на основе ***полового процесса***, в котором, как правило, участвуют две особи, причем новый организм развивается из ***зиготы,*** образующейся в результате ***оплодотворения -*** слияния родительских половых клеток (гамет).

Половое размножение присуще практически всем растениям кроме некоторых групп водорослей (например, хлореллы).

В жизненном цикле высших наземных растений наблюдается закономерное чередование полового и бесполого поколений.

Половое поколение - стадия в сложном жизненном цикле, представленная особями ***(гаметофитами),*** в организмах которых образуются ***гаметы.***

Бесполое поколение - стадия в сложном жизненном цикле, представленная особями (***спорофитами***), в организме которых образуются ***споры.***

Гаметы - половые (репродуктивные) клетки с гаплоидным набором хромосом, обеспечивающие передачу наследственной информации от родителей потомкам.

- Гаметы растений:
  - мужские - ***сперматозоиды*** и ***спермии,***
  - женские - ***яйцеклетки.***

Сперматозоид - зрелая *подвижная* мужская половая клетка у мхов, папоротников, хвощей, плаунов.

Спермий - зрелая, не имеющая хвостика и поэтому *не обладающая подвижностью* мужская половая клетка у голосеменных и покрытосеменных растений, достигающая яйцеклетки с помощью ***пыльцевой трубки.***

Яйцеклетка - зрелая женская половая клетка.

Гаметангии - специальные многоклеточные органы полового размножения высших растений, в которых развиваются гаметы.

Заросток - половое поколение (гаметофит) у высших споровых растений. У ***споровых*** растений заростки развиваются из спор, выпадающих из спорангия на почву; они имеют вид цельной или расчлененной зеленой пластинки, нити или клубенька размером от нескольких мм до 3-5 см и снабжены ризоидами; живут самостоятельно и образуют мужские (антеридии) и/или женские (архегонии) органы полового размножения. У ***семенных*** растений споры не выпадают из спорангиев, и заростки развиваются из спор внутри спорангиев. После слияния мужской и женской гамет заросток дает начало новому растению.

- Мужской заросток у семенных растений - ***пыльца*** (не имеет антеридиев).
- Женский заросток у голосеменных растений - первичный эндосперм с двумя ***архегониями,*** у покрытосеменных - восьмиядерный ***зародышевый мешок*** (без архегониев).

- Семенные растения - растения, размножающиеся при помощи семян.

Классификация семенных растений:

- ***голосеменные-,***
- ***покрытосеменные*** (или ***цветковые).***

10 Зак 2103

Шишка - орган семенного размножения голосеменных (обычно хвойных) растений. Различают **пыльниковые** (мужские) шишки, в которых формируется пыльца, и **семенные** (женские) шишки, на которых после оплодотворения яйцеклеток из семязачатков образуются семена.

Цветок - основной орган размножения покрытосеменных (цветковых) растений (см. с. 272).

- **Мужские гаметангии** (органы полового размножения) **растений:** антеридий, андроцей.

Антеридий - мужской орган полового размножения растений, в котором образуются мужские гаметы (сперматозоиды). У водорослей он одноклеточный, у высших растений (мхов, хвощей, плаунов, папоротников) - многоклеточный. Имеется у растений, возможность размножения которых зависит от наличия в окружающей среде капельножидкой воды.

Андроцей - мужской орган полового размножения цветковых растений, представляющий собой совокупность ***тычинок,*** находящихся на одном цветке, в которых развиваются ***пыльцевые зерна.***

Тычинка - это мужская часть цветка, состоящая из пыльника (образованного двумя пыльцевыми мешками, соединенными связником) и тычиночной нити (рис. 7.30); ***микроспорофилл*** покрытосеменного растения. Каждый пыльцевой мешок тычинки состоит из двух гнезд пыльника - микроспорангиев, где происходит микроспорогенез и образуются микроспоры, в дальнейшем развивающиеся в ***пыльцу*** (мужской заросток - гаметофит). При созревании пыльцы гнезда вскрываются и освобождают пыльцу.

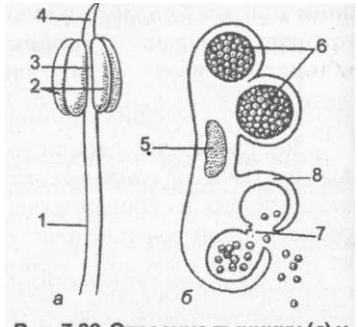


Рис. 7.30. Строение тычинки (*а*) и продольный разрез пыльника (*б*):
1 - тычиночная нить, 2 - пыльник, 3 - связник, 4 - надсвязник, 5 - сосудистый пучок, 6 - гнездо пыльника (соответствующее одному микроспорангию), 7 - раскрывающаяся половинка пыльника с высыпающимися пыльцевыми зернами, 8 - стенка пыльника

Стенки гнезда пыльника выполняют защитную (наружный слой - эпидерма), механическую (промежуточный фиброзный слой, разрывающий пыльник при созревании пыльцы) и запасающую (внутренний, выстилающий слой - тапетум) функции.

- **Женские гаметангии** (органы полового размножения) **растений:**
  - у низших растений - ***оогонии;***
  - у высших растений (кроме покрытосеменных) - ***архегонии;***
  - у покрытосеменных - ***зародышевые мешки***; в этом случае яйцеклетку сопровождают две клетки-спутницы **(синергиды),** играющие в процессе оплодотворения вспомогательную роль.

Оогоний - женский, обычно одноклеточный, орган полового размножения у низших растений (водорослей) и некоторых грибов, внутри которого образуется одна или несколько яйцеклеток.

Архегоний - женский орган полового размножения у мхов, хвощей, плаунов, папоротников и голосеменных растений, в котором образуются яйцеклетки (отсутствует у покрытосеменных). Состоит из расширенного брюшка, где формируется яйцеклетка, и узкой шейки, имеющей канал, по которому сперматозоид проникает в брюшко, где происходит оплодотворение.

Зародышевый мешок - женский ***заросток*** (гаметофит) покрытосеменного растения, расположенный в центральной части семяпочки, внутри которого образуется яйцеклетка и происходит двойное оплодотворение (см. также с. 292).

Пестик - основная, центральная часть цветка, образованная одним или несколькими плодолистиками и состоящая из завязи, столбика и рыльца. **Столбик** выносит рыльце для опыления, **рыльце** улавливает пыльцу, **завязь** покрывает семязачатки и преобразуется в плод. В цветке может быть один пестик (яблоня, огурец), или несколько (земляника, малина).

Гинецей - совокупность плодолистиков ***(мегаспорофилл),*** составляющих один или много ***пестиков*** (женских органов полового размножения цветковых растений) цветка, несущих ***семязачатки*** (семяпочки).

Семязачаток (семяпочка) - сложная многоклеточная структура у семенных растений, представляющая собой видоизмененный и окруженный несколькими оболочками спорангий семенных растений, в котором образуются споры, формируется женский заросток (гаметофит) и происходит оплодотворение, после которого, в процессе развития зародыша, семязачаток превращается в семя.

- Семязачаток включает зародышевый мешок, несколько окружающих его оболочек и внутренние структуры завязи.
- У голосеменных растений семязачатки прикрепляются с помощью семяножки к семенным чешуям женских шишек и лежат на них открыто, у покрытосеменных растений семязачаток находится на внутренней поверхности завязи пестика.

У высших семенных растений наблюдается только один тип полового процесса - ***оогамия,*** кроме того, у них в результате сочетания бесполого размножения с половым образуются особые зачатки - ***семена,*** при помощи которых происходит расселение растений.

Оогамия - тип полового процесса, при котором в оплодотворении участвуют разные гаметы - крупная неподвижная женская яйцеклетка и мелкий мужской сперматозоид или спермий, перемещающийся к яйцеклетке.

Половые поколения растений

В жизненном цикле высших наземных растений закономерно чередуются половое и бесполое поколения (см., например, схемы на с. 299,301).

Бесполое поколение представлено ***спорофитами.***

Половое поколение представлено ***гаметофитами.***

- **Спорофит** - организм ***бесполого*** диплоидного поколения растений, на котором образуются ***споры.***
  - Спорофит образуется в результате **оплодотворения** - слияния яйцеклетки со сперматозоидом (или спермием) и последующего развития зиготы и зародыша.
  - Спорофиты являются преобладающими организмами у всех высших растений (кроме мхов).
- **Гаметофит** - гаплоидный организм ***полового*** поколения растений, в котором образуются гаметы.
  - Гаметофит может быть как обоеполым, т.е. может нести и мужские (***антеридии***), и женские (***архегонии***) органы полового размножения **(гаметангии),** так и однополым - мужским или женским.
  - После полового процесса из гамет образуется зигота, из которой развивается спорофит.
- **Особенности строения гаметофитов:**
  - **при изоморфной смене поколений** особи-гаметофиты внешне неотличимы от особей-спорофитов;
  - **при гетероморфной смене поколений** особи-гаметофиты резко отличаются от особей-спорофитов.
- **Гаметофиты мхов и папоротников:**
  - **мхов** - листостебельные растения;
  - **папоротников** - заростки.
- **Гаметофиты высших растений:**
  - **мужской** гаметофит - ***пыльцевое зерно,*** прорастающее в ***пыльцевую трубку*** с образованием ***спермиев',***
  - **женский** гаметофит - гаплоидный многоклеточный ***эндосперм*** с ***архегониями*** (у голосеменных) или семиклеточный ***зародышевый мешок*** (у покрытосеменных).

Пыльца - совокупность пыльцевых зерен (пылинок), образующихся в гнездах пыльника ***(микроспорангиях)*** голо- и покрытосеменных растений. У голосеменных образуется в спорангиях пыльниковых (мужских) шишек, у покрытосеменных - в пыльниках тычинок.

Пыльцевое зерно - мужской гаметофит семенного растения; начинает свое развитие из микроспоры в микроспорангии и завершает его после опыления, т.е. после перенесения в пыльцевую камеру семязачатка (у голосеменных) или на рыльце пестика (у покрытосеменных).

Пыльцевое зерно покрыто **спородермой,** наружный слой которой **(экзина)** обладает высокой прочностью **и** стойкостью к воздействию внешних факторов, а внутренний слой **(интина)** состоит из клетчатки и пектиновых веществ. Ко времени опыления пыльцевое зерно состоит из двух (или более) клеток - одной генеративной и одной (у покрытосеменных) или нескольких (у голосеменных) вегетативных клеток.

Вегетативная клетка дает начало ***пыльцевой трубке,*** а генеративная делится с образованием двух ***спермиев,*** которые по пыльцевой трубке доставляются к архегониям женских заростков (у голосеменных) или к зародышевым мешкам (у покрытосеменных).

Образование пыльцы: диплоидная материнская клетка микроспоры, имеющаяся в пыльцевом мешке (спорангии) пыльника тычинки цветка, ***мейотически*** делится на четыре гаплоидные клетки-**микроспоры,** которые после ***митотического*** деления превращаются в двуклеточные пыльцевые зерна.

- **Образование зародышевого мешка** (происходит в **семяпочке,** находящейся в пестике цветка):
  - диплоидная материнская клетка мегаспоры, имеющаяся в семяпочке, ***мейотически*** делится на четыре гаплоидные клетки-**мегаспоры,** три из которых разрушаются;
  - * ***ядро*** четвертой мегаспоры, наиболее удаленной от пыльцевхода, ***трижды митотически*** делится (образуется 8 дочерних ядер);
  - по три дочерних ядра остаются у каждого из полюсов мегаспоры и разделяются тонкими клеточными перегородками, обособляясь в полярные клетки, а два ядра (по одному от каждого полюса) перемещаются к центру мегаспоры и затем сливаются, образуя **диплоидное ядро центральной клетки;**

Рис. 7.31. Образование **женского гаметофита:** 1 - **яйцеклетка,** 2 - **центральная клетка, 3 - вторичное ядро, 4 - антиподы - зародышевый**

- одна из трех клеток у полюса, ближайшего к пыльцевходу, становится **яйцеклеткой**, а две ее соседние клетки – клетками-спутницами;
- вся образованная система из семи клеток составляет **зародышевый мешок**. Три клетки зародышевого мешка, находящиеся у полюса, противоположного пыльцевходу (**клетки-антиподы**), некоторое время участвуют в обеспечении системы питательными веществами, а затем отмирают.

Опыление растений

❖ **Опыление** – перенос пыльцы из пыльников тычинок на рыльце пестика цветка; характерно для семенных растений. Происходит с помощью ветра или насекомых, а также человека (в селекционных или производственных целях).

❖ **Способы опыления**:
- **самоопыление** – происходит в одном обоеполом цветке и не зависит от погодных условий и посредников (*пример*: ячмень);
- **перекрестное опыление**: пыльца переносится на рыльце пестика другого цветка того же или другого растения (*примеры*: рожь, кукуруза). Перекрестное опыление растений повышает уровень гетерозиготности потомства, что позволяет лучше адаптироваться к постоянному изменению условий среды.

Приспособление цветковых растений к опылению

	Ветром	Насекомыми	Птицами	Летучими мышами
Особенности цветков	Цветки мелкие, невзрачные, околоцветники редуцированы, пыльники на длинных свисающих нитях, рыльца пестиков липкие, мохнатые. Цветут до распускания листьев; растут массивами	Цветки крупные, яркие, ароматные; одиночные, иногда собраны в соцветия; развиты нектарники	Цветки крупные, содержат много жидкого нектара, без запаха, ярко окрашенные	Цветки крупные, содержат много нектара, имеют запах фруктов, светлую окраску; распускаются к вечеру
Пыльца	Пыльца легкая, сухая, мелкая	Пыльца крупная, шероховатая		
Примеры	Ольха, рожь, пшеница, дуб, береза	Яблоня, груша, вишня, огурец	Канновые, водосбор, стрелиция	Баобабы, кактусы

Сравнение репродуктивных органов высших растений

Органы	Высшие споровые (равноспоровые)	Высшие споровые (разноспоровые)	Голосеменные	Покрытосеменные	Что образуется из данного органа (в органе) у покрытосеменных
Орган спороношения	Спороносный колосок или сорус	Спороносный колосок	Шишка	Цветок	В отдельных случаях цветок в целом может участвовать в образовании плода
Спорофилл	Спорофилл	Спороносный колосок	Микроспорофилл	Тычинка	Пыльца
		Мегаспорофилл	Семенная чешуя	Пестик (плодолистик)	Из завязи – плод
Спорангий	Спорангий	Микроспорангий	Микроспорангий	Гнездо пыльника	Пыльца
		Мегаспорангий	Семязачаток – видоизмененный мегаспорангий	Семязачаток – видоизмененный мегаспорангий	Семя
Заросток (гаметофит)	Заросток	Мужской заросток (гаметофит)	Пылинка с базальной, вегетативной и генеративной клетками	Пылинка из двух клеток – вегетативной и генеративной	При прорастании пыльцы из вегетативной клетки образуется пыльцевая трубка, из генеративной – два спермия
		Женский заросток (гаметофит)	Первичный эндосперм с двумя архегониями	Восьмиядерный зародышевый мешок	Из оплодотворенной яйцеклетки (зиготы) образуется зародыш семени, из триплоидного ядра – эндосперм
Архегоний	Многоклеточный; состоит из брюшка и шейки	Многоклеточный; брюшко не имеет своей стенки, ее заменяет ткань заростка	Брюшко архегония одноклеточное, заполнено яйцеклеткой, шейка малоклеточная	Отсутствует	

Двойное оплодотворение у растений

•> **Двойное оплодотворение** - половой процесс у цветковых растений, при котором один из двух спермиев сливается с яйцеклеткой, а второй-с центральным ядром зародышевого мешка.

Особенности процесса двойного оплодотворения (рис. 7.33): после попадания на рыльце пестика в пыльцевом зерне образуется пыльцевая трубка с двумя спермиями которая через пыльцевход входит в семязачаток, находящийся на внутренней поверхности завязи пестика. После этого ядро трубки разрушается, а ее кончик при соприкосновении с оболочкой зародышевого мешка разрывается, освобождая мужские гаметы. Спермии проникают внутрь зародышевого мешка. Один спермий сливается с яйцеклеткой, образуя ***диплоидную зиготу.*** Второй спермий сливается с диплоидной центральной клеткой, образуя ***триплоидную*** клетку, из которой формируется питательная ткань - **эндосперм.**

Дальнейшее развитие:

- из ***зиготы*** развивается **зародыш семени** (две или одна семядоля, зародышевый побег с почечкой и зародышевый корешок);
- ***эндосперм*** в процессе развития семян растений расходуется на рост семядолей;
- из покровов семязачатка развивается ***семенная кожура***; от пыльцевхода на ней остается отверстие - ***семявход;***
- из стенок завязи пестика развивается ***плод.***

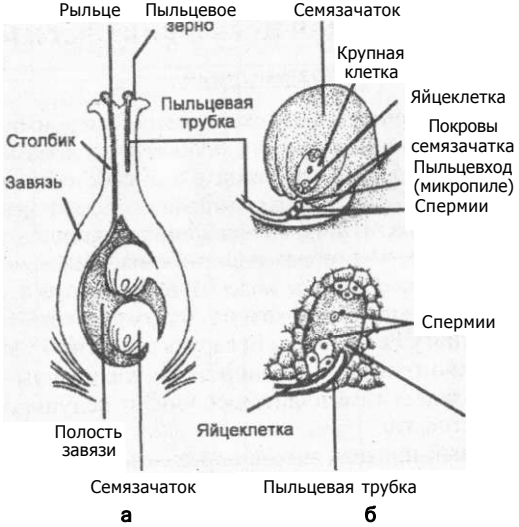


Рис. 7.32. **Проникновение пыльцевой трубки в семязачаток:**
а - рост пыльцевой трубки, б - оплодотворение.

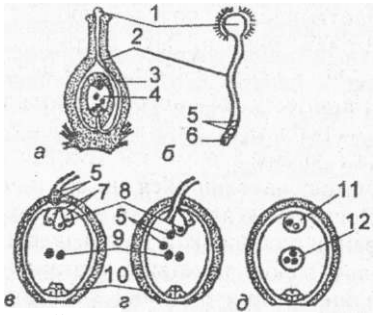


Рис. 7.33. **Схема двойного оплодотворения у цветковых растений:**
а - продольный разрез пестика,
б - прорастание пыльцевого зерна,
в **- проникновение пыльцевой трубки в зародышевый мешок,**
з - излияние содержимого пыльцевой трубки (двух спермиев) в зародышевый мешок, г-зародышевый мешок после оплодотворения:
1 - прорастающее пыльцевое зерно, 2 - пыльцевая трубка, 3 - завязь,
4 - зрелый зародышевый мешок, 5 - спермии,
6 - вегетативное ядро, 7 - синергиды, 8 - яйцеклетка,
9 - полярные ядра, 10 - антиподы, 11 - зигота,
12 -триплоидное ядро эндосперма

7.8. Краткая характеристика некоторых отделов высших растений

Моховидные

Общая характеристика. Моховидные - это наиболее примитивная группа высших растений с особой линией развития. Подразделяются на два класса (печеночные и листостебельные мхи) и насчитывают около 20 тыс. видов. Широко распространены во всех широтах от тундры до тропиков. Большинство видов - тенелюбивые. Растут на почве, на стволах растений, на скалах и стенах домов. Некоторые виды живут в воде. В Беларуси мхи обитают в хвойных лесах, на стволах деревьев, на сырых лугах и болотах.

В Красную книгу Республики Беларусь занесено 15 видов.

Главная отличительная особенность: в жизненном цикле моховидных преобладает гаметофит, а спорофит редуцирован и развивается на гаметофите.

Прогрессивный признак моховидных - наличие дифференцированных тканей: эпидермиса, основной (ассимиляционной паренхимы), проводящего пучка. Механическая ткань отсутствует.

Строение. Моховидные представляют собой небольшие (до нескольких сантиметров), многолетние (редко однолетние) расте-

ния. Тело ***печеночных мхов*** представлено слоевищем. У ***листостебельных мхов*** тело гаметофита состоит из простых или разветвленных стеблей, покрытых мелкими листьями с одной жилкой. Листостебельный побег покрыт эпидермисом, под которым располагается кора; в центре находится проводящий пучок, состоящий из удлиненных мертвых клеток (они проводят воду и минеральные вещества) и окружающих их живых клеток, проводящих органические вещества.

Корни отсутствуют, их роль выполняют вытянутые клетки **в** нижней части стебля (ризоиды). Настоящих сосудов нет. На гаметофите вместо устьиц имеются поры, лишенные замыкающих клеток.

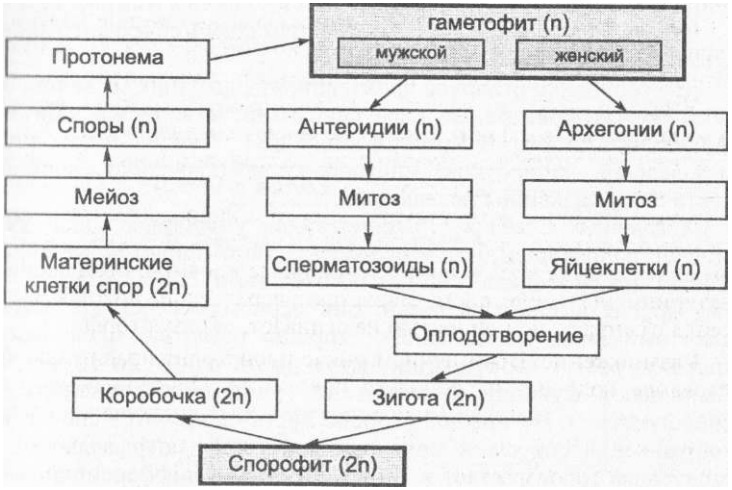
У ***сфагновых мхов*** стебель гаметофита несет мутовки ветвей, густо покрытых листьями. Листья не имеют средней жилки. Клетки в листьях дифференцированы на ассимиляционные (с хлоропластами) и мертвые водосборные клетки с порами в клеточной оболочке. Ризоиды отсутствуют; воду и минеральные вещества эти мхи всасывают стеблем и листьями, являясь мощным сорбентом воды, и выделяют в почву гуминовые кислоты, обладающие бактерицидным действием. Нарастают верхушкой, нижняя часть стебля отмирает, но полностью не сгнивает, образуя торф.

Размножение. В жизненном цикле происходит правильное чередование полового и бесполого поколений. Половое поколение (гаметофит с гаплоидным набором хромосом) представлено зелеными растениями и преобладает над бесполым (спорофитом). На гаметофите образуются органы полового размножения - антеридии и архегонии. В антеридиях созревают подвижные двужгутиковые споры, а в архегониях - по одной неподвижной яйцеклетке. Оплодотворение происходит в капельножидкой среде. После слияния гамет образуется зигота, которая дает начало бесполому поколению - спорофиту. Спорофит развивается на гаметофите и представляет собой коробочку, расположенную на ножке и прикрываемую колпачком (калиптрой). Ножка спорофита в нижней части переходит в стопу, с помощью которой он прикрепляется к телу гаметофита. Бесполое размножение осуществляется спорами. Образование спор на спорофите происходит в спорангиях, расположенных внутри коробочек. Споры гаплоидны. При попадании **в** благоприятную среду они прорастают с образованием разветвленной нити (протонемы). На ней закладываются почки, из которых прорастают листостебельные побеги мха.

У мхов широко распространено вегетативное размножение: почками, молодыми побегами, листьями, выводковыми телами.

Значение. Мхи одними из первых заселяют бесплодные участки (камни, скалы, пески). При отмирании создают обогащенный органическими веществами субстрат, пригодный для поселения других высших растений. Формируют в лесу покров (ковер), способствующий поддержанию водного баланса почвы и обеспечивающий постепенный переход поверхностного стока воды в подземный, предотвращая эрозию почвы. Сфагновые мхи могут приводить к заболачиванию местности и принимают участие в образовании торфа (используется как удобрение, топливо, сырье).

Схема жизненного цикла мхов (на примере зеленого мха кукушкина льна)



Папоротниковидные

Общая характеристика. Папоротниковидные - высшие споровые, преимущественно травянистые растения с большими раскидистыми листьями, стеблями и корнями; реже встречаются древесные формы. Произошли в девонский период палеозойской эры от риниофитов. В настоящее время сохранилось около 12 тыс. видов. Широко распространены во всех частях света; наиболее многочисленны в Юго-Восточной Азии. Обитают в тенистых и сырых местах.

Основная жизненная форма - диплоидный спорофит (лисгостебельное растение). ~

В Республике Беларусь произрастают щитовник мужской, орляк, болотный щитовник, страусник и др. В водоемах обитают сальвиния и азолла. В Красной книге РБ - 7 видов, в том числе королевский папоротник, многоножка обыкновенная, костенец постенный, сальвиния плавающая.

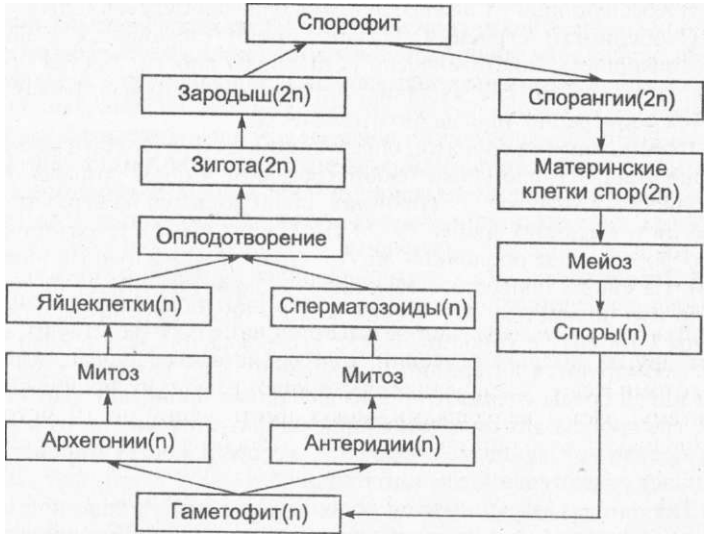
Строение. Стебель у папоротников умеренной зоны представлен корневищем, от которого отрастают придаточные корни. Листья папоротников (они называются **вайи)** соответствуют ветвям других высших растений; они перисторассеченные, имеют дихотомическое жилкование и хорошо развитую проводящую систему; растут верхушками, могут иметь длину до 10 метров. Выполняют функции фотосинтеза, газообмена, транспирации, спороношения. На нижней стороне листа образуются спорангии, собранные в сорусы и покрытые индузией (покрывальцем). У страусника (произрастает в Беларуси) листья дифференцированы на фотосинтезирующие (стерильные) и несущие спорангии (фергильные). В стебле и листьях ткани дифференцированы на эпидермис, механическую ткань, флоэму (с ситовидными клетками), ксилему (с трахеидами), паренхиму.

Размножение. В жизненном цикле происходит правильное чередование полового и бесполого поколений. Половое поколение (гаметофит) представлено заростком, бесполое поколение (спорофит) самим растением со спорангиями на листьях. Спорофит преобладает над гаметофитом. В спорангиях образуются споры, которые при созревании разносятся ветром и, попав на влажную почву, прорастают, образуя гаметофит (заросток). Гаметофит представляет собой гаплоидную зеленую пластинку размером около 0,5 см, на которой формируются архегонии и антеридии. В архегониях созревают многожгутиковые сперматозоиды, в антеридиях - неподвижные яйцеклетки. Оплодотворение происходит в капельно-жидкой среде с образованием зиготы. Из зиготы образуется зародыш, из которого прорастает взрослое растение.

Значение. В умеренном климате роль папоротников незначительна. В странах с теплым влажным климатом папоротники - важный компонент многих растительных сообществ. Человеком

часто используются как декоративные растения (асплениум, нефролепис и др.). Некоторые виды папоротников употребляются в пищу (орляк); их экстракты применяются для лечения болезней легких, изгнания глистов.

Схема жизненного цикла папоротников



Плауновидные

Плауны - высшие споровые многолетние травянистые лесные растения размером от нескольких десятков сантиметров до 3 м, внешне напоминающие некоторые виды мхов. Насчитывают около 400 видов. Основная жизненная форма - диплоидный спорофит.

В Красную книгу РБ занесен плаун баранец булавовидный.

Особенности строения. Плауны имеют стелющиеся и приподнимающиеся, дихотомически ветвящиеся побеги. Листья простые, цельные, мелкие, сидячие, линейно-шиловидные, располагаются поочередно, иногда дихотомически.

Размножаются спорами, образующимися в результате мейоза и содержащих гаплоидный набор хромосом. Споры созревают в спороносных колосках - стробилах, образующихся на верхушках побегов и имеющих длину 15-20 см. Споры имеют тетраэдрическую форму и две оболочки - внутреннюю и наружную (шиповатую). Из споры прорастает гаметофит - заросток. Живет он частично или полностью под землей до 15 и более лет, питаясь благодаря симбиозу с грибами. После его появления над землей на нем формируются антеридии и архегонии. При наличии капельно-жидкой среды сперматозоид из антеридия проникает в архегоний, где происходит оплодотворение. Образуется зигота, из которой прорастает зародыш спорофита, который после укоренения начинает существовать самостоятельно.

Значение. Споры плаунов используются в медицине при лечении пролежней и в качестве детской присыпки. Древовидные формы, существовавшие в карбоне, внесли значительный вклад в формирование залежей каменного угля.

Хвощевидные

Хвощи - это высшие споровые многолетние травянистые лесные растения размером 40-60 см (некоторые виды - до 10-12 м). Были широко распространены в палеозое. В настоящее время представлены одним родом хвощом, который насчитывает около 20 видов. Распространены везде, кроме Австралии и Новой Зеландии. Растут на полях, лугах, болотах, по берегам водоемов, реже на сухих песчаных почвах в сосновых лесах. Жизненный цикл осуществляется с чередованием поколений и подобен жизненному циклу папоротников. Основная жизненная форма - диплоидный спорофит.

В Красную книгу РБ занесен хвощ большой.

Особенности строения. Хвощи имеют членистое, ветвистое корневище с придаточными корнями. Надземнвю побеги - обычно двух видов: вегетативные (зеленые, летние) и спороносные (бурые, неветвящиеся, весенние, несущие на верхушке спороносный колосок). Для хвощей характерно членение стебля на четко выраженные ребристые междоузлия и вздутые узлы, к которым прикрепляются мутовки боковых побегов. Чешуевидные листья также располагаются мутовчато, срастаясь между собой в трубку почти до самой верхушки. Листья не способны к фотосинтезу, эту функцию выполняет зеленый стебель и побеги, имеющие хорошо развитую ассимиляционную ткань, сосудисто-волокнистые проводящие пучки и содержащие участки механической ткани.

Размножение. Хвощи размножаются при помощи спор, образующихся в специальных колосках, развивающихся либо на спороносных, либо на обычных побегах. Из спор после их падения на землю вырастают заростки (половое поколение), на которых затем формируются архегонии и антеридии, где созревают гаметы. Оплодотворение происходит в капельно-жидкой среде. После него образуется зигота, затем формируется спора, из которой прорастает взрослое растение - спорофит.

Значение. Хвощ полевой используется как лекарственное растение в качестве мочегонного и кровеостанавливающего средства. Некоторые виды хвоща используются для чистки посуды и мебели. Хвощ болотный ядовит для животных, хвощ полевой является трудноискоренимым сорняком.

Голосеменные

Общая характеристика. Голосеменные - это семенные растения, имеющие незащищенные семяпочки, расположенные открыто на семенной чешуе шишки; семена защищены только семенной кожурой. Голосеменные не имеют настоящих цветков и не образуют плодов. Они являются наиболее древними из семенных растений; произошли от семенных папоротников в начале мезозойской эры (около 350 млн. лет назад). В настоящее время насчитывают около 650 видов.

В жизненном цикле происходит правильное чередование полового и бесполого поколений. Основная жизненная форма - диплоидный спорофит (само растение), гаметофит редуцирован, утратил самостоятельность и живет на спорофите. Мужской гаметофит не имеет антеридиев. Растения опыляются в основном ветром.

Особенности строения. ***Спорофит*** голосеменных - это одно- или двудомное растение с хорошо развитыми стеблем (имеющим моноподиальное ветвление) и стержневой корневой системой с выраженными главным и боковыми корнями. Представлен в основном древесными вечнозелеными формами, реже встречаются листопадные деревья (лиственница), имеются кустарники (можжевельник) и лианы (эфедра); травянистых растений нет. Листья игловидные (хвоя) или чешуевидные; располагаются поодиночке, по два или несколько в пучках. В древесине большинства голосеменных нет настоящих сосудов и древесных волокон; трахеиды выполняют водопроводящую и опорную (механическую) функции.

Важнейшие ароморфозы: появление семени и пыльцевой трубки, что обеспечило опыление и оплодотворение без воды.

Характерные особенности образования семян: оплодотворение - простое (в нем участвует один спермий из двух, имеющихся в пыльцевом зерне), эндосперм образуется в семязачатке *до оплодотворения,* а семена покрыты только семенной кожурой.

Голосеменные широко распространены во всех частях света; составляют большинство и доминируют в растительном покрове в умеренном климатическом поясе. Подразделяются на четыре класса: Хвойные, Гнетовые, Саговниковые, Гинкговые. В Беларуси широко распространены хвойные - сосна обыкновенная и ель обыкновенная. В Красную книгу РБ занесена пихта белая.

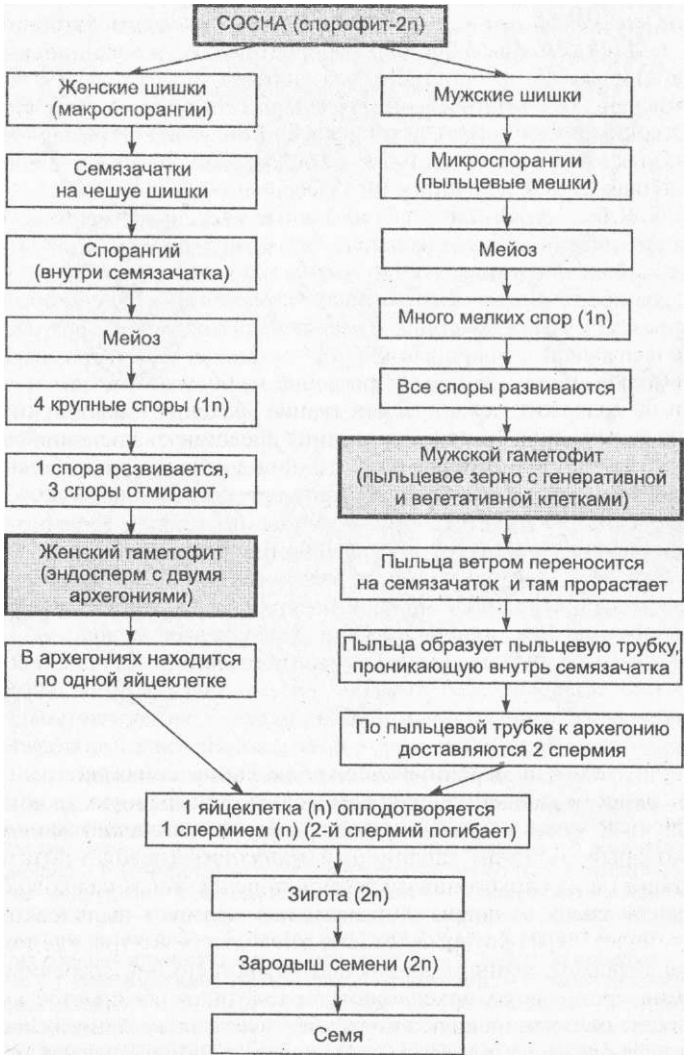
Класс Хвойные - вечнозеленые растения, имеющие видоизмененные игольчатые листья. Листья игловидные, покрыты кутикулой или восковым налетом; устьиц мало, глубоко посажены (это обеспечивает жизнестойкость растений в засушливые и зимние периоды). У хвойных стебель прямостоячий, покрыт корой, содержащей ситовидные клетки, механическую ткань, паренхиму, смоляные ходы, камбий. Древесина на 90-95% состоит из трахеид и не содержит механической ткани. Трахеиды имеют плотные одревесневевшие стенки. Сердцевина представлена основной тканью.

Сосна обыкновенная - это однодомное светолюбивое растение, у которого весной формируется раздельнополые мужские и женские шишки (стробилы). Мужские шишки формируются у основания побега, имеют зеленовато-желтый цвет и длину около 5 мм. На осях таких шишек расположены слои мелких чешуек - микроспорофилл. На нижней поверхности каждой из чешуек расположены два микроспорангия (пыльцевых мешка), в которых образуется пыльца ***(мужской гаметофит).*** Каждое пыльцевое зерно содержит вегетативную клетку, два спермия и имеет два воздушных мешка, облегчающих перенос пыльцы ветром,

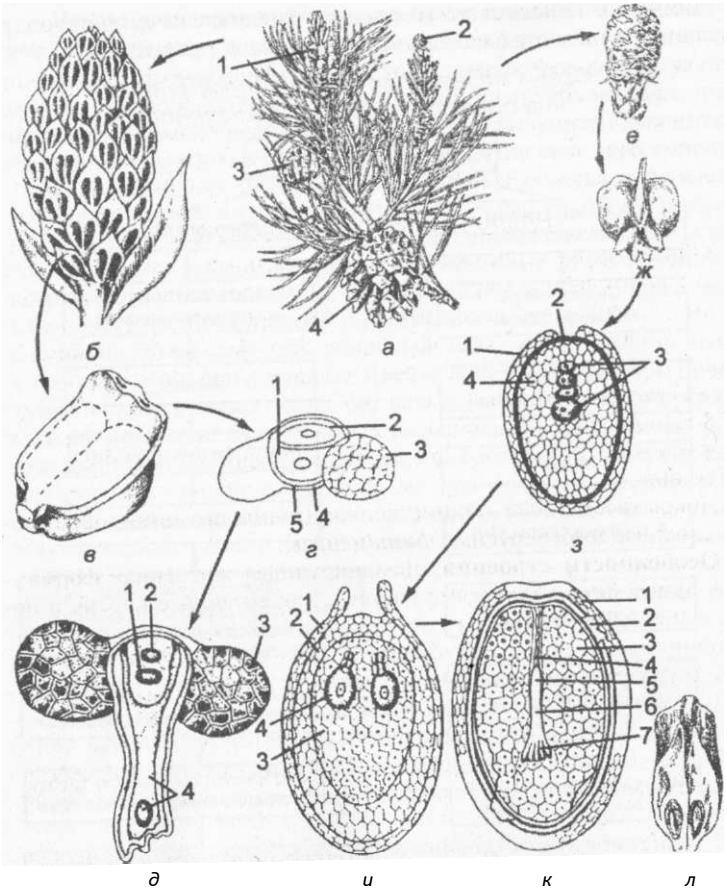
Женские шишки имеют красноватый цвет и содержат крупную, толстую семенную чешую (с двумя семязачатками на поверхности каждой чешуйки) и мелкую прозрачную кроющую чешую. В каждом семязачатке формируется ***женский гаметофит,*** который содержит гаплоидный ***эндосперм*** (особую питательную ткань) и два архегония с крупной яйцеклеткой в каждом. Семязачаток снаружи покрыт интегументом и имеет пыльцевход (микропиле), через который пыльца втягивается внутрь, где прорастает с формированием пыльцевой трубки. По ней созревшие спермии проникают к архегониям. Оплодотворение простое и не требует присутствия воды; в нем участвует только один из спермиев, сливающийся с одной из яйцеклеток, второй спермий погибает. Образовавшаяся зигота делится, из нее формируется зародыш семени, а вся семяпочка превращается в семя.

У сосны обыкновенной семена созревают на второй год, разносятся ветром и в благоприятных условиях прорастают.

Схема жизненного цикла голосеменных (на примере сосны обыкновенной)



| СОСНА (спорофит-2~



Семенное размножение сосны обыкновенной:

а **- ветка с мужскими (1) и женскими шишками: 2 - первого года жизни; 3 - второго года жизни после опыления; 4 - зрелая с высыпавшимися семенами; б - мужская шишка; *в* - микроспорофилл с двумя микроспорангиями; з - строение пылинки (мужского гаметофита): 1 - сифоногенная клетка трубки; 2 - антеридиальная клетка; 3 - воздушные мешки; 4 - экзина; 5 - интина; д- прорастание пылинки: 1- ядро спермагенной клетки; 2 - ядро базальной клетки; 3 - воздушные мешки; 4 - пыльцевая трубка; е - женская шишка; ж- семенная чешуя с двумя семязачатками; з - семязачаток после образования мегаспор: 1 - интегумент; 2 - микропиле; 3 - мегаспоры; 4 - нуцеллус; и - женская шишка после развития женского гаметофита: 1 - интегумент; 2 - нуцеллус; 3 - эндосперм; 4 - архегоний; к - семя: 1 и 2 - соответственно деревянистая и пленчатая семенная кожура; 3 - эндосперм; 4 - подвесок; 5 - корешок; 6 - стебелек; 7 - семядоли (5 . 7 - зародыш); л - семенная чешуя с семенами**

Значение голосеменных: выделяют в атмосферу кислород и фитонциды, являются источником сырья для строительной, деревообрабатывающей и целлюлозной промышленности, получения скипидара, канифоли, спирта, лекарств; многие используются в декоративных целях (ели, туя, саговниковые); семенами многих хвойных питаются птицы (клесты, синицы, дятлы) и млекопитающие; семена кедровой сосны и пинии используются в пищу человеком.

Покрытосеменные (цветковые)

Общая характеристика. Покрытосеменные - самый большой отдел растительного мира. Произошли от древней формы голосеменных в начале мелового периода мезозойской эры (около 125 млн. лет назад). Насчитывают около 250 тыс. видов. Занимают господствующее положение в растительном мире; произрастают во всех климатических зонах и в самых разных климатических условиях. Наибольшее разнообразие видов - во влажных тропиках. В Беларуси известно более 1750 видов. В Красную книгу РБ занесено 180 видов.

Покрытосеменные - единственная группа растений, образующая сложные многоярусные ***фитоценозы.***

Особенности строения. Доминирующая жизненная форма - диплоидный ***спорофит*** (само растение, включающее корень и побег). Спорофиты разных групп покрытосеменных представлены различными жизненными формами (древесными, кустарниковыми, кустарничковыми, лиановыми, одно- и многолетними травами) и могут очень сильно отличаться друг от друга. Большинство покрытосеменных - многолетние растения, а травы могут быть одно- и двулетними. Органы покрытосеменных делятся на вегетативные (корень, стебель, лист) и генеративные (цветок, плод, семя).

В зависимости от строения семян и морфологических особенностей органов отдел делится на два класса: Однодольные (зародыш семени имеет одну семядолю) и Двудольные (зародыш семени имеет две семядоли). Основные различия между одно- и двудольными растениями приведены в таблицах на с. 280-281. При делении классов на семейства, роды и виды учитываются общие признаки растений - строение цветка и плода, тип соцветия, особенности внешнего и внутреннего строения вегетативных органов.

Основные ароморфозы: цветок, плод, двойное оплодотворение; симподиальное ветвление, прогрессивное развитие проводящей ткани: ксилема содержит настоящие сосуды - широкие трахеи (а не трахеиды, как у голосеменных), флоэма - ситовидные трубки с клетками-спутницами, а не ситовидные клетки; наличие специализированной механической ткани (волокон), придающей проч-

ность коре и древесине; прогрессивное развитие вегетативных органов; способность образовывать ядовитые вещества, защищающие растения от растительноядных животных (у некоторых групп покрытосеменных).

Семязачатки находятся в полости завязи пестика и защищены его тканями от неблагоприятных условий среды, семена защищены не только семенной кожурой, но и плодом.

Развитие эндосперма одновременно с развитием зародыша (а не до оплодотворения, как у голосеменных) позволяет избежать ненужной траты питательных веществ и энергии в том случае, когда зародыш не образуется.

Гаметофиты более упрощены, чем у голосеменных. ***Мужской гаметофит*** покрытосеменных представлен пыльцевым зерном, содержащим вегетативную клетку с диплоидным набором хромосом (2п) и генеративную гаплоидную клетку (1п). У некоторых до опыления путем митоза из генеративной клетки образуется два спермия с гаплоидным набором хромосом. ***Женский гаметофит*** представлен зародышевым мешком, содержащим две клетки - синергиды, три клетки-антиподы, яйцеклетку с гаплоидным набором хромосом (I п) и диплоидную центральную клетку (2п).

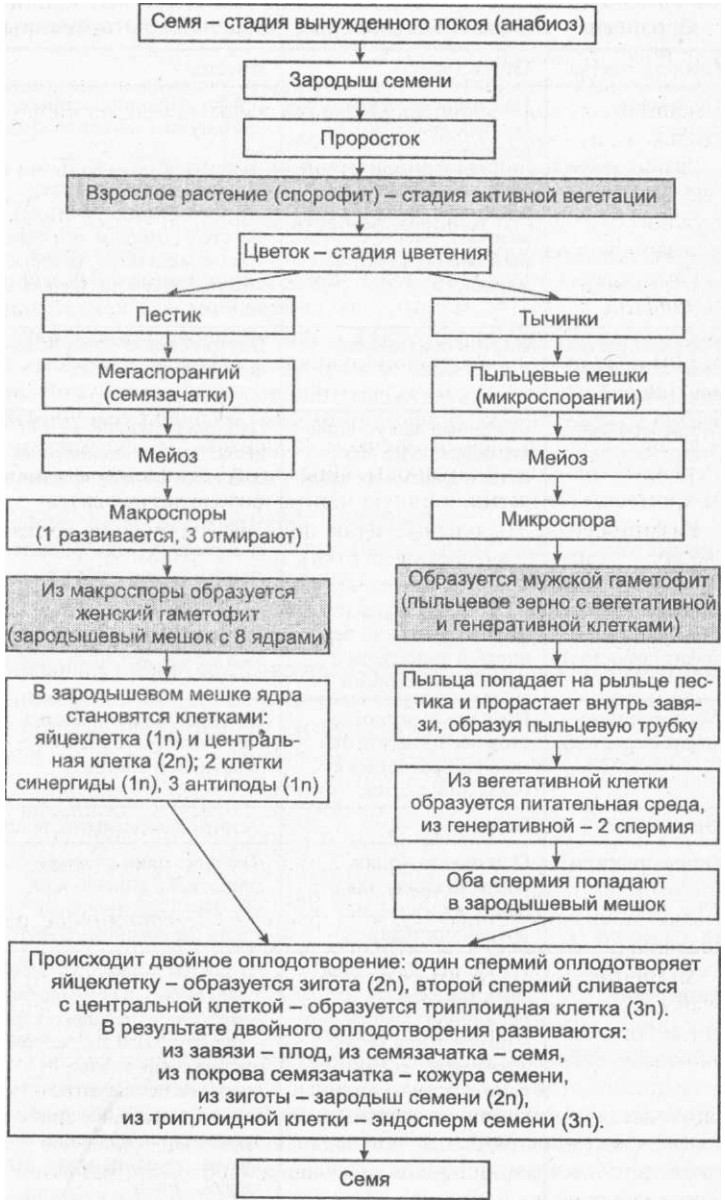
Размножение. Пыльцевые зерна попадают на рыльце пестика (а не сразу в пыльцевход семязачатка), предназначенного именно для улавливания пыльцы; в пыльцевход семязачатка проникает пыльцевая трубка, образующаяся в пыльцевом зерне. Оплодотворение ***двойное***: в нем участвуют два спермия: один сливается с яйцеклеткой, образуя диплоидную зиготу, из которой развивается ***зародыш,*** другой спермий сливается с диплоидной центральной клеткой женского гаметофита, образуя триплоидную клетку, из которой впоследствии возникает ***эндосперм,*** содержащий запас питательных веществ, необходимых для развития зародыша.

После оплодотворения семязачаток развивается в ***семя,*** завязь пестика формирует ***плод.*** Наличие и уникальность плода обеспечивают распространение покрытосеменных птицами, млекопитающими, насекомыми, ветром, водой и т.д.

Для покрытосеменных также характерно ***вегетативное*** размножение (с помощью вегетативных органов).

Значение покрытосеменных: поддерживают стабильный газовый состав атмосферы; образуют сложные многоярусные фитоценозы; растения и их плоды служат пищей для многих видов животных; покрытосеменные широко используются человеком: обеспечивают человека хлебом (хлебные злаки), используются им в пищу (овощные и плодово-ягодные) и в качестве лечебных средств, являются источником сырья для деревообрабатывающей, целлюлозной, легкой и медицинской промышленности, применяются в декоративных целях и т.д.

Схема жизненного цикла покрытосеменных (цветковых)



Сводная таблица особенностей размножения семенных растений

Признаки	Отдел Голосеменные	Отдел Покрытосеменные
Наличие цветка	Отсутствует	Имеется
Положение семени	На семенной чешуе (мегаспорофилле); не покрытое	Покрыто околоплодником (сомкнутым мегаспорофиллом)
Мегаспорангий	Мегаспорангий окружен покровом (интегументом), вместе с которым они образуют семязачаток	Мегаспорангий окружен покровом (интегументом), вместе с которым они образуют семязачаток, который находится внутри завязи пестика
Где развивается женский заросток (гаметофит)	Внутри семязачатка	Внутри семязачатка, лежащего внутри завязи
Мегаспорофиллы	Семенные чешуи шишки, несущие по два мегаспорангия (семязачатка)	Плодолистики. Один или несколько плодолистиков, срастаясь своими краями, формируют пестик (состоящий из завязи, столбика и рыльца). Внутри завязи находятся семязачатки (мегаспорангии)
Женский гаметофит (заросток)	Многоклеточный первичный эндосперм с двумя архегониями	Восьмиядерный зародышевый мешок без архегониев
Мужской гаметофит (заросток)	Пыльцевое зерно, состоящее из вегетативной, генеративной и базальной клеток	Пыльцевое зерно, состоящее из вегетативной и генеративной клеток
Опыление	Ветром	Ветром, насекомыми, водой
Оплодотворение	Одинарное – один спермий сливается с одной яйцеклеткой, другой погибает	Двойное: один спермий сливается с яйцеклеткой, другой – с центральным ядром зародышевого мешка
Результат оплодотворения	Из зиготы образуется зародыш семени, из первичного эндосперма – питательная ткань эндосперм, из покрова семязачатка – кожура семени, из семязачатка – семя	Из зиготы образуется зародыш семени, из оплодотворенного центрального ядра – триплоидный эндосперм (питательная ткань), из покровов семязачатка – кожура семени, из семязачатка – семя, из стенки завязи – околоплодник, из завязи – плод

8. Животные

8.1. Общая характеристика животных

Признаки животных

Животное - это многоклеточный эукариотический гетеротрофный организм, способный, как правило, к активному передвижению.

Зоология - комплекс наук о животных, изучающих их видовое многообразие, внешнее и внутреннее строение, особенности жизнедеятельности, закономерности индивидуального и исторического развития, размножение, взаимоотношения между организмами и организмов с окружающей средой, географическое распространение, ископаемых животных и др.

- **Отличительные признаки животных:**
  - гетеротрофный тип питания (используют уже готовые органические вещества растительного и животного происхождения);
  - способность к активному передвижению (имеют специальные органы передвижения);
  - наличие специализированных органов: движения, кровообращения, дыхания, пищеварения, выделения, покровные, чувств и др.;
  - проявление активности в поисках пищи;
  - наличие приспособлений для захвата пищи, ее удержания, измельчения и переваривания;
  - постоянство формы тела, в полости которого расположены все основные внутренние органы;
  - наличие симметрии тел многих групп животных - двусторонней (или билатеральной), когда у животного имеются симметрично расположенные парные органы, или лучевой (радиальной);
  - ограниченность роста (во времени и по массе тела), который, как правило, происходит лишь на определенных стадиях развития организма (***исключения***: некоторые раки, черепахи, крокодилы, рыбы);
  - цикл развития состоит из следующих основных стадий: зигота - зародыш - детеныш (личинка) - молодое животное - взрослое животное - половозрелое активное животное - стареющее животное - умершее животное;

- расселение во взрослом или в личиночном состоянии;
- наличие у большинства многоклеточных животных четырех видов тканей: эпителиальной, мышечной, нервной и соединительной;
- отсутствие в клетках клеточной стенки, пластид и вакуолей с клеточным соком;
- переносчик кислорода - гемоглобин или гемолимфа;
- запасной питательный углевод - гликоген;
- конечные продукты метаболизма белков - мочевина, аммиак, мочевая кислота;
- регулирование процессов жизнедеятельности с помощью эндокринной и нервной систем;
- наличие ответной реакции на раздражение в форме рефлекса, осуществляемого и контролируемого нервной системой;
- наличие (у большинства животных, кроме низкоорганизованных) высшей нервной деятельности и сложных поведенческих функций.

Значение животных

- **Значение в природе:**
  - животные участвуют в круговороте веществ;
  - при дыхании выделяют в окружающую среду углекислый газ, используемый зелеными растениями в процессе фотосинтеза;
  - являются важнейшими звеньями пищевых (.трофических) цепей и сетей;
  - в цепях питания обычно являются консументами (некоторые животные - редуцентами);
  - осуществляют перекрестное опыление растений, способствуют распространению их семян и плодов;
  - регулируют численность популяций других видов животных (хищники и паразиты);
  - являются «санитарами» природы (животные, питающиеся падалью);
  - влияют на возобновление растительности, используя в пищу растения, их плоды и семена;
  - участвуют в почвообразовании, улучшении структуры почвы (черви, личинки насекомых, термиты, роющие грызуны и др.), в изменении ландшафтов (копытные животные вытаптывают травяной покров) и образовании осадочных пород и т.д.
- **Значение для человека:**
  - животные являются важнейшими объектами и источниками питания человека (животная пища является высококалорийной и содержит необходимые человеку легкоусвояемые белки);
  - источники сырья для промышленности: шерсти (овцы), кожи (крупный рогатый скот, свиньи и др.), ценного меха (соболь, песец, куница, енот, норка, бобр и др.), пуха (птицы), воска (пчелы), натурального шелка (тутовый шелкопряд) и т.д.;
  - источники сырья для получения ценных лекарственных веществ - змеиного яда (змеи), меда и прополиса (пчелы), лечебных сывороток (лошади) и гормональных препаратов;
  - поставщики органических удобрений (навоза и птичьего помета) для сельского хозяйства;
  - отдельные виды животных используются в качестве лабораторных объектов в учебных и исследовательских целях;
  - ряд животных используется для передвижения, на физических работах (лошади, верблюды, олени, буйволы, слоны), для сторожевых и спортивных целей (собаки, лошади), уничтожения вредных грызунов (кошки) и насекомых (летучие мыши, муравьи, наездники, пауки), в эстетических целях, как «успокаивающее» средство (кошки, собаки, птицы, аквариумные рыбки) и т.д.;
  - многие виды животных являются вредителями лесного и сельского хозяйства (саранча, гусеницы бабочек, клещи, грызуны), опасными паразитами, переносчиками (малярийный комар, москиты, мухи) и возбудителями (чесоточный клещ, вши, блохи, личинки оводов и др.) болезней человека и животных;
  - ядовитые животные опасны для человека (змеи, пауки, скорпионы, медузы, осы, пчелы и др.).

Классификация животных

Животный мир чрезвычайно разнообразен по строению, особенностям жизнедеятельности, размерам (от долей миллиметра до 30 м) и массе (от нескольких миллиграмм до 150 г).

В настоящее время известно около 2 млн. видов животных (из них более 1 млн. видов насекомых).

- **Классификация животных по среде обитания:**
  - **водные животные** обитают на поверхности, в толще воды или на дне пресных и морских водоемов;
  - **сухопутные животные** обитают на поверхности суши, на деревьях, в траве, под камнями и т.д. (паукообразные, насекомые, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие);
  - **летающие животные** приспособлены к полету в воздухе, имеют крылья (насекомые, птицы, рукокрылые);
  - **почвенные животные** живут в толще почвы, в лесной подстилке, в норах и т.д. (насекомые, черви, грызуны);
  - **паразитические животные** используют в качестве среды обитания других животных и человека (черви и др.);
  - **животные нескольких сред обитания** (лягушки живут в водной и в наземно-воздушной средах, полевые мыши - в наземно-воздушной и почвенной).

- **Классификация животных по способности к перемещению в пространстве:**
  - **свободнопередвигающиеся,** которые могут перемещаться в пространстве самостоятельно благодаря своим органам движения (большинство животных);
  - **прикрепленные,** которые фиксированы на субстрате в течение всей своей жизни (коралловые и гидроидные полипы).
- **Классификация животных по симметрии тела:**
  - **радиально-симметричные** (лучевые);
  - **двусторонние,** или **билатеральные** (см. с. 311);
  - **асимметричные.**
- **Классификация животных по интенсивности обменных процессов:**
  - **холоднокровные** (у них интенсивность обменных процессов низкая, температура тела непостоянна и зависит от температуры окружающей среды; *примеры:* беспозвоночные, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся);
  - **теплокровные,** у которых интенсивность обменных процессов высокая, температура тела постоянна и не зависит от температуры окружающей среды (*примеры:* птицы и млекопитающие).
- **Классификация животных по количеству зародышевых листков:**
  - **двуслойные животные** (губки и кишечнополостные), развивающиеся из двух слоев клеток: наружного - ***эктодермы,*** и внутреннего - ***энтодермы;***
  - **трехслойные животные** (все животные, кроме губок и кишечнополостных), у которых все органы и ткани развиваются из трех зародышевых листков: наружного - ***эктодермы,*** среднего - ***мезодермы*** и внутреннего - ***энтодермы.***
- **Классификация животных по типу полости тела:**
  - **бесполостные:** полость тела отсутствует, промежутки между органами заполнены паренхимой - соединительной тканью, выполняющей опорную функцию и служащей для накопления запасных питательных веществ (плоские черви);
  - **первичнополостные:** полость тела не имеет собственной эпителиальной выстилки и ограничена стенками внутренних органов и внешним кожно-мускульным мешком (круглые черви);
  - **вторичнополостные:** полость тела **(целом)** ограничена однослойным эпителием, выстилающим покровы тела изнутри и покрывающим полые внутренние органы снаружи (к ним относятся кольчатые черви, моллюски и хордовые).

- **Функции целомической жидкости:** она
  - отделяет пищеварительный тракт от стенок тела;
  - является гидростатическим скелетом;
  - позволяет пищеварительному тракту и стенкам тела функционировать независимо друг от друга;
  - с помощью жидкости обеспечивает транспорт питательных веществ, продуктов обмена и газов;
  - участвует в процессе осморегуляции и т.д.
- **Классификация животных в зависимости от формирования рогового отверстия** у взрослого организма:
  - **первичноротые:** у них первичный рот зародыша на стадии гаструлы - **бластопор** - остается ртом взрослого организма (это все типы животных, кроме иглокожих и хордовых);
  - **вторичноротые:** у них бластопор преобразуется в анальное отверстие, а истинный рот формируется вторично в виде эктодермального кармана на противоположном конце зародыша (к ним относятся иглокожие и хордовые, в том числе рыбы, птицы, млекопитающие).
- **Классификация животных по наличию или отсутствию позвоночника:**
  - **беспозвоночные** - животные, имеющие наружный скелет (к ним относятся все типы животных, кроме хордовых);
  - **позвоночные** - животные, у которых внутренний осевой скелет представлен **позвоночником.** К позвоночным животным относятся все хордовые: рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие.
- **Общие критерии вида:** морфологический, физиологический, географический, экологический, генетический и биохимический.

Близкие виды животных объединяются в **роды,** роды - в **семейства,** семейства - в **отряды,** отряды - в **классы,** классы - в **типы.** Дополнительные уровни классификации обозначаются с помощью приставок «над-» и «под-» (*например:* подтип, надотряд).

Основные типы царства Животные: Губки, Кишечнополостные, Плоские черви, Круглые черви, Кольчатые черви, Моллюски, Членистоногие, Иглокожие, Хордовые.

Тип Хордовые делится на три **подтипа:** Личиночно-хордовые, Бесчерепные и Позвоночные (Черепные).

Подтип Позвоночные делится на **надклассы:** Челюстноротые и Бесчелюстные.

Надкласс Челюстноротые делится на классы: Хрящевые рыбы (акулы, скаты), Костные рыбы, Земноводные (Амфибии), Пресмыкающиеся (Рептилии), Птицы, Млекопитающие (Звери).

Основные отряды класса Млекопитающие: Насекомоядные (землеройки, кроты, ежи и др.), Рукокрылые (летучие мыши,

крыланы), Грызуны (мыши, крысы, белки, бобры, дикобразы и др.), Зайцеобразные (кролики, зайцы, пищухи), Хищные (кошки, собаки, куницы, гиены, медведи и др.), Ластоногие (тюлени, морские львы, моржи и др.), Парнокопытные (свиньи, антилопы, верблюды, бегемоты и др.), Непарнокопытные (лошади, носороги, тапиры и др.), Хоботные (слоны), Приматы (лемуры, обезьяны, люди).

Примерное количество видов в главных типах животных

Тип	Количество видов
Губки	5000
Кишечнополостные	9000
Плоские черви	25 000
Круглые черви	20 000
Кольчатые черви	9000
Моллюски	130 000
Членистоногие	1 000 000
Иглокожие	5000
Хордовые	43 000

8.2. Ткани животных и человека

•> **Основные типы тканей животных:**

- эпителиальная (покровная);
- соединительная;
- мышечная;
- нервная.

Эпителиальная ткань

Эпителиальная ткань, или **эпителий, -** вид покровной ткани у животных, образующей внешние покровы организма, железы, а также выстилающей внутренние стенки полых органов тела.

- **Функции эпителия:**
  - защита нижележащих структур от механических повреждений, воздействия вредных веществ и проникновения инфекций;
  - участие в обмене веществ (обеспечивает всасывание и выделение веществ);
  - участие в газообмене (у многих групп животных осуществляет дыхание через всю поверхность тела);
  - рецепторная (чувствительный эпителий может содержать клетки с рецепторами, воспринимающими внешнее раздражение, например, запахи);
  - секреторная (к примеру, слизь, выделяемая бокаловидными клетками цилиндрического эпителия желудка, защищает его от воздействия желудочного сока).

Эпителий формируется, как правило, из экто- и энтодермы и обладает высокой способностью к восстановлению. Он образует один или несколько слоев клеток, лежащих на тонкой ***базальной мембране***, лишенной кровеносных сосудов. Клетки плотно прилегают друг к другу, образуя сплошной пласт; межклеточного вещества почти нет. Питание эпителия осуществляется за счет подлежащей соединительной ткани.

Базальная мембрана - слой межклеточного вещества (белков и полисахаридов), располагающихся на границах между различными тканями.

- **Классификация эпителия по форме клеток:**
  - ***плоский*** (состоит из клеток многоугольной формы, образует поверхностный слой кожи и выстилает сосуды кровеносной и лимфатической систем, легочные альвеолы, полости тела);
  - ***кубический*** (состоит из кубовидных клеток; присутствует в почечных канальцах, сетчатке глаза позвоночных, выстилке поджелудочной и слюнных желез, отмечается в наружных эпителиях беспозвоночных);
  - ***цилиндрический,*** или ***столбчатый*** (его клетки имеют продолговатую форму и напоминают столбики или колонны; этот эпителий выстилает кишечный тракт животных, образует наружный эпителий многих беспозвоночных);
  - ***мерцательный,*** или ***ресничный*** (разновидность цилиндрического), на поверхности столбчатых клеток которого находятся многочисленные реснички или одиночные жгутики (выстилает дыхательные пути, яйцеводы, желудочки головного мозга, спинномозговой канал).
- **Классификация поверхностного эпителия в зависимости от количества слоев клеток** (см. рис. 8.**1):**
  - ***однослойный*** (его клетки образуют только один слой); характерен для беспозвоночных и низших хордовых. У позвоночных он выстилает кровеносные и лимфатические сосуды, полость сердца, внутреннюю поверхность роговицы глаза и др. (плоский эпителий), сосудистые сплетения мозга, канальцы почек (кубический эпителий), желчный пузырь, сосочковые протоки почек (столбчатый эпителий);
  - ***многослойный*** (его клетки состоят из нескольких слоев); образует наружные поверхности кожи, некоторые слизистые оболочки (ротовую полость, глотку, некоторые части пищевода - столбчатый и плоский эпителий), протоки слюнных и млечных желез, влагалище, потовые железы (кубический эпителий) и др.

Эпидермис - наружный слой ***кожи,*** непосредственно контактирующий с окружающей средой и состоящий из живых и мертвых, утолщенных, ороговевших и постоянно слущивающихся кле-

ток, которые заменяются новыми благодаря **регенерации** - клеточному делению, происходящему в этой ткани очень быстро.

- У человека клетки эпидермиса обновляются каждые 7-10 дней.

Кожа - наружный покров тела наземных позвоночных (рептилий, птиц, млекопитающих), выполняющий функцию поддержания постоянства температуры тела (подробнее см. с. 336).

Бокаловидные клетки - одноклеточные ***железы,*** имеющие характерную форму бокала, разбросанные среди эпителиальных клеток (см. рис. 8.2) некоторых органов (к примеру, слизь, выделяемая некоторыми бокаловидными клетками, необходима сухопутным организмам для дыхания и предохранения от высыхания).

Железа - орган животного или человека, вырабатывающий особые вещества - **секреты** (молоко, пот, пищеварительные ферменты и др.), которые участвуют в обмене веществ (***примеры:*** слюнные, потовые, молочные, сальные железы, железы внутренней секреции - щитовидная, поджелудочная и др.).

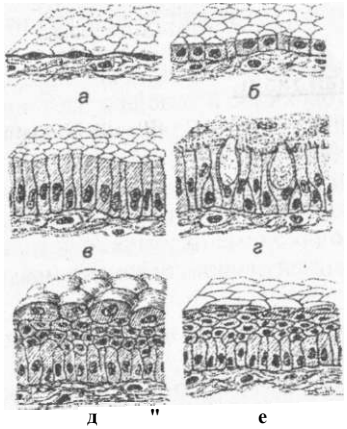


Рис 8.1. **Строение эпителиальной ткани:**

а - однослойный плоский эпителий; б - однослойный кубический эпителий; е - однослойный цилиндрический эпителий; *г*- ресничный эпителий; *д* - переходный эпителий; е - неороговевающий многослойный плоский эпителий

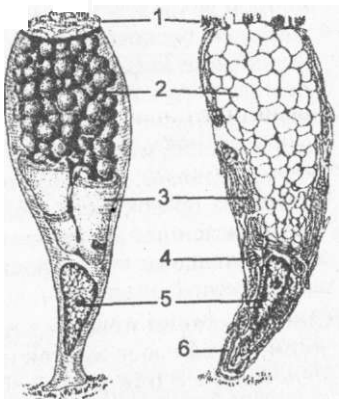


Рис. 8.2. **Строение бокаловидной клетки:**

1 - клеточные микроворсинки; 2 - гранулы слизи; 3 - комплекс Гольджи; 4 - митохондрия; 5 - ядро; 6 - зернистая эндоплазматическая сеть

Чувствительный эпителий - эпителий, содержащий клетки, воспринимающие внешние раздражения ***(пример:*** эпителий носовой полости, который имеет рецепторы, воспринимающие запахи).

Железистый эпителий - особый вид эпителиальной ткани у позвоночных, состоящий из скопления клеток, образующих многоклеточную ***железу.***

- **Типы секреторных клеток железистого эпителия** (рис. 8.3):
  - **экзокринные клетки,** образующие **экзокринные железы** (печень, поджелудочную железу, железы желудка и кишечника, слюнные железы), выделяют секрет на свободную поверхность эпителия через выводные протоки желез;
  - **эндокринные клетки,** образующие **эндокринные железы** (щитовидную железу, гипофиз, надпочечники и др.), выделяют секреты непосредственно в межклеточное пространство, пронизанное кровеносными сосудами, откуда они поступают в кровь и лимфу.

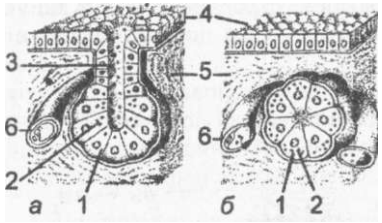


Рис. 8.3. Строение экзокринных и эндокринных желез:

а - экзокринная железа;
б - эндокринная железа:
1 - начальный отдел; 2 - секреторные гранулы; 3 - выводящий проток экзокринной железы;
4 - покровный эпителий;
5 - соединительная ткань;
6 - кровеносный сосуд

Соединительная ткань

Соединительная ткань - главная опорная ткань организма, связывающая между собой остальные ткани и органы и образующая внутренний скелет многих животных.

Соединительная ткань образуется из мезодермы.

- **К соединительной относят ткани:**
  - костей, хрящей, связок, сухожилий, дентина (расположенного между зубной эмалью и пульпарной полостью зуба);
  - красного костного мозга;
  - крови и лимфы, а также ткань, окружающую кровеносные сосуды и нервы в местах их входа или выхода в тот или иной орган;
  - подкожной жировой клетчатки и т.д.
- **> Функции соединительной ткани:**
  - опорная (главная функция),
  - защитная (фагоцитоз),
  - обменная (перенос веществ по телу),
  - питательная (трофическая),
  - кроветворная (красный костный мозг),
  - восстановительная (регенерация).
- **Особенности соединительной ткани:** различные ее виды имеют разное строение, но во всех случаях
  - ткань имеет сложную структуру;
  - она обладает очень высокой способностью к восстановлению;
  - в ее состав могут входить разнообразные ***клетки (фибробласты, фиброциты, тучные, жировые*** и пигментные клетки,

плазмоциты, лимфоциты, зернистые лейкоциты, макрофаги и др.), расположенные рыхло, на значительном расстоянии друг от друга;

- хорошо выражено бесструктурное (аморфное) мягкое ***межклеточное вещество,*** отделяющее клетки одну от другой, которое может включать ***волокна*** белковой природы ***(коллагеновые, эластические*** и ***ретикулярные),*** различные кислоты и сульфаты и неживые продукты жизнедеятельности клеток.

Коллагеновые волокна - гибкие, особо прочные, нерастягивающиеся волокна, образованные из белка ***коллагена,*** молекулярные цепи которого имеют спиральное строение и могут скручиваться и объединяться друг с другом; легко поддаются температурной денатурации.

Эластические волокна - волокна, образованные в основном белком ***эластином,*** способные растягиваться примерно в 1,5 раза (после чего возвращаются в исходное состояние) и выполняющие опорную функцию. Эластические волокна переплетаются между собой, образуя сети и мембраны.

Ретикулярные волокна - это тонкие, разветвленные, малорастяжимые, переплетающиеся между собой волокна, образующие мелкопетлистую сеть, в ячейках которой расположены клетки. Эти волокна образуют каркасы органов кроветворения и иммунной системы, печени, поджелудочной железы и некоторых других органов, окружают кровеносные и лимфатические сосуды и т.д.

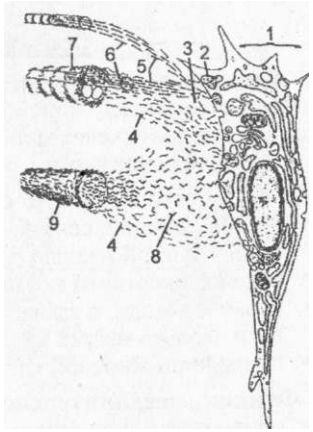


Рис. 8.4. **Схема строения фибробласта и образования межклеточного вещества:**

1 - фибробласт; 2 - полипептидные цепочки; 3 - молекулы тропоколлагена гликозаминогликаны; 5 - полимеризация молекул тропоколлагена; 6 - протофибрилла; 7 - пучок протофибрилл (коллагеновая фибрилла); 8 - молекула эластика; 9 - эластическая фибрилла

Фибробласты - основные специализированные фиксированные клетки соединительной ткани, синтезирующие и секретирующие основные компоненты межклеточного вещества, а также вещества, из которых образуются коллагеновые и эластические волокна (рис. 8.4).

Фиброциты - многоотростчатые веретенообразные клетки, в которые по мере старения превращаются фибробласты; фиброциты синтезируют межклеточное вещество очень слабо, но образуют трехмерную сеть, в которой удерживаются другие клетки.

Тучные клетки - это клетки, очень богатые крупными (до 2 мкм) гранулами, содержащими биологически активные вещества.

Ретикулярные клетки - удлиненные многоотростчагые клетки, которые, соединяясь своими отростками, образуют сеть. При неблагоприятных условиях (инфекция и пр.) они округляются и становятся способными к ***фагоцитозу*** (захвату и поглощению крупных частиц).

Жировые клетки бывают двух типов - белые и бурые. Белые жировые клетки имеют шаровидную форму и почти полностью заполнены жиром; они осуществляют синтез и внутриклеточное накопление липидов в качестве запасного вещества. Бурые жировые клетки содержат капли жира и большое количество митохондрий.

Плазмоциты - клетки, синтезирующие белки и располагающиеся вблизи мелких кровеносных сосудов в органах иммунной системы, в слизистой оболочке пищеварительной и дыхательной систем. Они вырабатывают ***антитела*** и тем самым играют важнейшую роль в защите организма.

Классификация соединительных тканей в зависимости от состава клеток, типа и свойств межклеточного вещества и связанных с этим функций в организме: ***рыхлая волокнистая*** соединительная ткань, ***плотные волокнистая, хрящевая*** и ***костная*** соединительные ткани и ***кровь*** (см. с. 329).

Рыхлая волокнистая соединительная ткань (рис. 8.5) - очень гибкая и эластичная ткань, состоящая из редко расположенных клеток разных типов (много клеток звездчатой формы), переплетающихся ретикулярных или коллагеновых волокон и жидкого межклеточного вещества, заполняющего промежутки между клетками и волокнами. Образует **сгрому** - каркас органов и наружную оболочку внутренних органов; размещается в прослойках между органами, соединяет кожу с мышцами и выполняет защитную, запасающую **и** питающую функции.

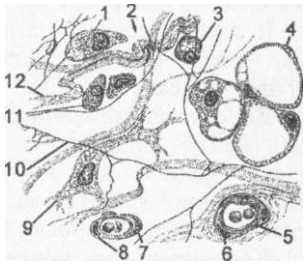


Рис. 8.5. **Строение рыхлой волокнистой соединительной ткани:**

1 - макрофагоцит; 2 - аморфное основное межклеточное вещество; 3 - плазмоцит; 4 - жировая клетка (липоцит); 5 - кровеносный сосуд; 6 - миоцит; 9 - фибробласт; 10 - эластическое волокно; 11 - тканевый базофил; 12 - коллагеновое волокно

Плотная волокнистая соединительная ткань состоит в основном из пучков коллагеновых волокон, расположенных плотно и параллельно друг другу или переплетающихся в разных направлениях; свободных клеток и аморф-

ного вещества немного. Главная функция плотной волокнистой соединительной ткани - опорная. Эта ткань образует связки, сухожилия, надкостницу, глубокие слои кожи (дерму) животных и человека, выстилает изнутри череп и позвоночный канал и т.д.

Хрящевая ткань - это упругая ткань, состоящая из круглых или овальных клеток **(хондроцитов),** лежащих в капсулах (от одной до четырех штук в каждой капсуле) и погруженных в хорошо развитое, плотное, но эластичное основное межклеточное вещество, содержащее тонкие волокна. Хрящевая ткань покрывает суставные поверхнрсти костей, образует хрящевую часть ребер, носа, ушной раковины, гортани, трахеи, бронхов и межпозвоночные диски (в последних она играет роль амортизатора).

Функции хрящевой ткани - механическая и соединительная.

В зависимости от количества межклеточного вещества и типа преобладающих волокон выделяют ***гиалиновый, эластический*** и ***волокнистый*** хрящи.

В гиалиновом хряще (он самый распространенный; выстилает суставные головки и впадины суставов) клетки располагаются группами, основное вещество хорошо развито, преобладают коллагеновые волокна (см. рис. 8.6).

В эластическом хряще (образует ушную раковину) преобладают эластические волокна.

Волокнистый хрящ (находится в межпозвонковых дисках) содержит мало клеток и основного межклеточного вещества; в нем преобладают кояпагеновые волокна.

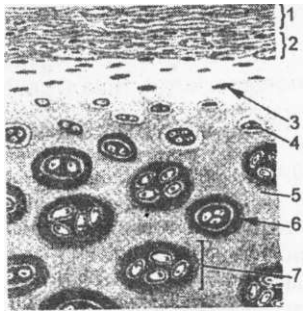


Рис. 8.6. **Строение гиалинового хряща, покрытого надхрящницей:**
1, 2 - волокнистый и клеточный слои надхрящницы; 3- молодые хондроциты;4 - хондроцит в полости межклеточного вещества - лакуне; 5 - хрящевой матрикс; 7 - изогенные группы хондроцитов

Костная ткань образуется из эмбриональной соединительной ткани или из хряща и отличается тем, что в ее межклеточном веществе откладываются неорганические вещества (кальциевые соли и др.), придающие ткани твердость и хрупкость. Характерна для позвоночных животных и человека, у которых она образует кости.

Главные функции костной гкани - опорная и защитная; эта ткань также участвует в обмене минеральных веществ и в кроветворении (красный костный мозг).

Типы костных клеток: ***остеобласты, остеоциты*** и ***остеокласты*** (участвуют в рассасывании старых остеоцитов); см. рис. 8.7.

Остеобласты - многоугольные отростчатые молодые клетки, богатые элементами зернистой эндоплазматической сети, развитым комплексом Гольджи и др. Остеобласты синтезируют органические компоненты межклеточного вещества (матрикс).

Остеоциты - зрелые, многоотростчатые веретенообразные клетки с крупным ядром и малым количеством органелл. Не делятся; при возникновении необходимости в структурных изменениях костей активизируются, дифференцируются и превращаются в остеобласты.

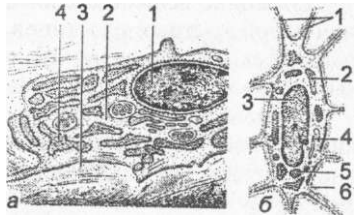


Рис. 8.7. **Костные клетки:**
а - строение остеобласта: 1 - ядро; 2 - цитоплазма; 3 - остеоид; 4 - развитая эндоплазматическая сеть; б-строение остеоцита: 1 - отростки остеоцитов; 2 - эндоплазматическая сеть; 3 - ядро; 4 - внутриклеточный сетчатый аппарат; 5 - митохондрия; 6 - остеоидное вещество кости по краям лакуны

Строение костной ткани. Костные клетки соединяются между собой клеточными отростками. Плотное основное ***межклеточное вещество*** этой ткани содержит кристаллы кальциевых солей фосфорной и угольной кислот, ионы нитратов и карбонатов, придающие ткани твердость и хрупкость, а также коллагеновые волокна и белково-полисахаридные комплексы, придающие ткани упругость и эластичность (на 30% костная ткань состоит из органических соединений и на 70% - из неорганических: кальция (костная ткань-депо этого элемента), фосфора, магния и др.). В костной ткани имеются **гаверсовы каналы** - трубчатые полости, в которых проходят кровеносные сосуды и нервы.

Полностью сформированная костная ткань состоит из **костных пластинок,** имеющих разную толщину. В отдельной пластинке коллагеновые волокна располагаются в одном направлении, но в соседних пластинках они расположены под углом друг к другу, что придает костной ткани дополнительную прочность.

В зависимости от расположения костных пластин различают *компактное* и ***губчатое костное вещество.***

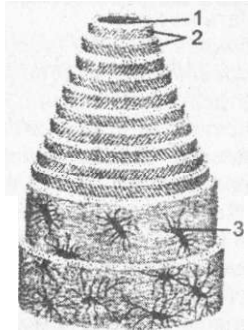


Рис. 8.8. **Строение остеона:**
1 - центральный канал остеона; 2 - пластинки остеона; 3 - костная клетка (остеоцит)

В **компактном веществе** костные пластинки расположены концентрическими кругами около гаверсовых каналов, образуя **остеон** (см. рис. 8.8). Между остеонами находятся **вставочные пластинки.**

Губчатое вещество состоит из тонких, перекрещиваются между собой костных пластинок и перекладин, образующих множество ячеек. Направление перекладин совпадает с линиями основных напряжений, поэтому они образуют сводчатые конструкции.

Все кости сверху покрыты плотной соединительной тканью - **надкостницей,** обеспечивающей питание и рост костей в толщину.

Жировая ткань образована жировыми клетками (см. с. 321) и выполняет трофическую (питательную), формообразующую, запасающую и терморегулирующую функции. В зависимости от типа жировых клеток подразделяется на ***белую*** (выполняет в основном запасающую функцию) и ***бурую*** (ее главная функция - производство тепла для поддержания температуры тела животных во время спячки и температуры новорожденных млекопитающих).

Ретикулярная соединительная ткань - разновидность соединительной ткани, образующая, в частности, ***красный костный мозг*** - основное место кроветворения - и ***лимфатические узлы.***

Мышечная ткань

Мышечная ткань - ткань, составляющая основную массу мышц животных и человека и выполняющая двигательную функцию. Характеризуется способностью к сокращению (под действием различных раздражителей) и последующему восстановлению длины; входит в состав опорно-двигательного аппарата, стенок полых внутренних органов, сосудов.

- **Особенности мышечной ткани:**
  - она состоит из отдельных ***мышечных волокон*** и обладает свойствами:
  - ***возбудимости*** (способна воспринимать раздражения и отвечать на них);
  - ***сократимости*** (волокна могут укорачиваться и удлиняться),
  - ***проводимости*** (способна проводить возбуждение);
  - отдельные мышечные волокна, пучки и мышцы одеты оболочкой из соединительной ткани, в которой проходят кровеносные сосуды и нервы. Цвет мышц зависит от количества присутствующего в них белка ***миоглобина.***

Мышечное волокно образовано тончайшими сократительными волоконцами - **миофибриллами,** каждое из которых представляет собой регулярную систему нитей молекул белков ***миозина*** (более толстые) и ***актина*** (более тонкие). Мышечное волокно покрыто возбудимой плазматической мембраной, по своим электрическим свойствам сходной с мембраной нервных клеток.

Источники энергии для мышечного сокращения: АТФ (основной), а также креатинфосфат или аргининфосфат (при энергичном мышечном сокращении), запасы углеводов в форме гликогена и жирные кислоты (при интенсивной мышечной работе).

- **Типы мышечной ткани:**
  - ***поперечнополосатая (скелетная***); образует скелетную мускулатуру, мышцы рта, языка, глотки, верхней части пищевода, гортани, диафрагмы, мимические мышцы лица;
  - ***сердечная-,*** образует основную массу ткани сердца;
  - ***гладкая***; у низших животных образует практически всю массу их мышц, у позвоночных животных входит в состав стенок сосудов и полых внутренних органов.

Скелетные (поперечнополосатые) мышцы - мышцы, прикрепляющиеся к костям скелета и обеспечивающие движение туловища и конечностей (рис. 8.9). Состоят из пучков, образованных множеством длинных (1-40 мм и более) многоядерных мышечных волокон диаметром 0,01-0,1 мм, имеющих поперечную исчерченность (которая обусловлена регулярно расположенными друг относительно друга тонкими ***миофибриллами).***

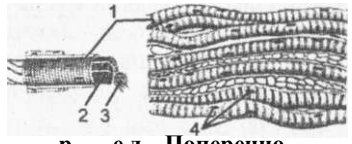


рис. е.д. Поперечнополосатая скелетная мышечная ткань:
1 - мышечное волокно; 2 - плазмолемма (сарколемма), 3-миофибриллы; 4-ядра

- **Особенности поперечнополосатой мышечной ткани:**
  - она иннервируется спинномозговыми нервами (через центральную нервную систему),
  - способна к быстрым и сильным сокращениям,
  - но в ней быстро развивается утомление, и для ее работы требуется много энергии.

Сердечная мышца образует основную массу ткани сердца и состоит из поперечно исчерченных миофибрилл, но отличается от скелетной мышцы структурой: *волокна* у нее расположены не параллельным пучком, а *ветвятся,* причем соседние волокна соединяются друг с другом конец в конец, вследствие чего все волокна сердечной мышцы образуют *единую сеть.* Каждое волокно сердечной мышцы заключено в отдельную мембрану, а между волокнами, соединенными своими концами, образуется множество особых щелевых контактов (блестящих полосок), позволяющих нервным импульсам поступать от одного волокна к другому.

- **Особенности сердечной мышечной ткани:**
  - ее клетки содержат большое число митохондрий;
  - она обладает ***автоматией:*** способна генерировать сократительные импульсы без участия центральной нервной системы;
  - сокращается непроизвольно и быстро;
  - обладает низкой утомляемостью;

" сокращение или расслабление сердечной мышцы на одном участке быстро распространяется по всей мышечной массе, обеспечивая одновременность процесса;

Гладкая мышечная ткань - разновидность мышечной ткани, характеризующаяся медленным сокращением и медленным расслаблением и образованная клетками веретенообразной формы (иногда разветвленными) длиной около 0,1 мм, с одним ядром в центре, в цитоплазме которых находятся изолированные миофибриллы. В гладкой мышечной ткани имеются все три вида сократительных белков - актин, миозин и тропомиозин.

Гладкие мышцы лишены поперечной исчерченности, так как у них отсутствует упорядоченное расположение нитей актина и миозина.

- **Особенности гладкой мышечной ткани:**
  - она иннервируется вегетативной нервной системой;
  - сокращается непроизвольно, медленно (время сокращения - от нескольких секунд до нескольких минут), с небольшой силой;
  - может долго оставаться в сокращенном состоянии;
  - медленно утомляется.

У низших (беспозвоночных) животных гладкая мышечная ткань образует всю массу их мышц (исключение - двигательная мускулатура членистоногих, некоторых моллюсков и др.). У позвоночных гладкие мышцы образуют мышечные слои внутренних органов (пищеварительного тракта, кровеносных сосудов, дыхательных путей, матки, мочевого пузыря и др.). Гладкая мускулатура иннервируется вегетативной нервной системой.

Нервная ткань

Нервная ткань - ткань животных и человека, состоящая из нервных клеток - ***нейронов*** (главных функциональных элементов ткани) - и находящихся между ними клеток **нейроглии** (вспомогательных клеток, выполняющих питательную, опорную и защитную функции). Нервная ткань образует нервные узлы, нервы, головной и спинной мозг.

- **Основные свойства нервной ткани:**
  - ***возбудимость*** (она способна воспринимать раздражения и отвечать на них);
  - ***проводимость*** (способна проводить возбуждение).

Функции нервной ткани - рецепторная и проводниковая: восприятие, переработка, хранение и передача информации, поступающей как из окружающей среды, так и изнутри организма.

- **Нейрон** - нервная клетка, основная структурная и функциональная единица нервной ткани; образуется из эктодермы.

Строение нейрона. Нейрон состоит из ***тела*** звездчатой или веретеновидной формы с одним ядром, нескольких коротких ветвящихся отростков - ***дендритов*** - и одного длинного отростка - ***аксона.*** Тело нейрона и его отростки пронизывает густая сеть из тонких нитей - **нейрофибрилл;** в его теле также имеются скопления особого вещества, богатого РНК. Между собой различные нейроны связаны межклеточными контактами - ***синапсами.***

Скопления тел нейронов образуют нервные узлы - ***ганглии*** - и нервные центры ***серого вещества*** головного и спинного мозга, отростки нейронов образуют нервные волокна, нервы и ***белое вещество*** мозга.

Основная функция нейрона - получение, переработка и передача возбуждения (т.е. информации, закодированной в виде электрических или химических сигналов) другим нейронам или клеткам других тканей. Нейрон способен пропускать возбуждение только в одном направлении - от дендрита к телу клетки.

- Нейроны обладают секреторной активностью: могут выделять ***медиаторы*** и ***гормоны.***
- **Классификация нейронов** в зависимости от их функций:
  - **чувствительные,** или **афферентные, нейроны** передают возбуждение, вызванное внешним раздражением, от периферийных органов тела к нервным центрам;
  - **двигательные,** или **эфферентные, нейроны** передают двигательные или секреторные импульсы от нервных центров к органам тела;
  - » **вставочные,** или **смешанные, нейроны** осуществляют связь между чувствительными и двигательными нейронами; они обрабатывают информацию, поступившую от органов чувств по чувствительным нервам, переключают импульс возбуждения на нужный двигательный нейрон и передают соответствующую информацию в высшие отделы нервной системы.
- **Классификация нейронов** по числу отростков: ***униполярные*** (ганглии беспозвоночных), ***биполярные, псевдоуниполярные*** и ***мультиполярные*** (рис. 8.10).

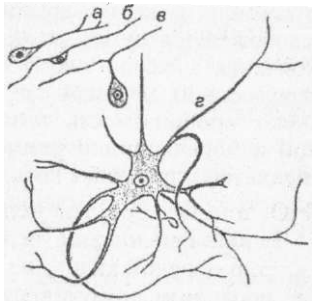


Рис. 8.10. **Различные типы нейронов:**
а - униполярный; б - биполярный; е - псевдоуниполярный; *г* - мультиполярный

Дендрнты - короткие, сильно разветвленные отростки нейронов, обеспечивающие восприятие и проведение нервных импульсов к телу нейрона. Не имеют миелиновой оболочки (см. с. 508) и синаптических пузырьков.

Аксон - покрытый миелиновой оболочкой длинный тонкий отросток нейрона, по которому возбуждение передается от данного нейрона другим нейронам или клеткам других тканей. Аксоны могут объединяться в тонкие пучки, а те в свою очередь - в более толстый пучок, покрытый общей оболочкой, - **нерв.**

Синапс (рис. 8.11) - специализированный контакт между нервными клетками или нервными клетками и клетками иннервируемых тканей и органов, через который передается нервный импульс. Образован двумя мембранами с узкой щелью между ними. Одна мембрана принадлежит нервной клетке, посылающей сигнал, другая мембрана — клетке, принимающей сигнал. Передача нервного импульса происходит с помощью химических веществ - ***медиаторов,*** синтезируемых в передающей нервной клетке при поступлении электрического сигнала.

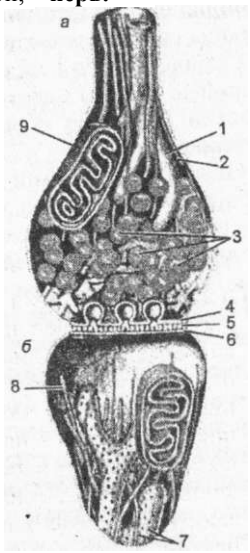


Рис. 8.11. **Строение синапса:** а - пресинаптическая часть; б - постсинаптическая часть; 1 - гладкая эндоплазматическая сеть; 2 - нейротрубочка; 3 - синаптические пузырьки, содержащие медиатор - химическое вещество, осуществляющее передачу импульса; 4 - присинаптическая мембрана с гексагональной сетью; 5 - синаптическая щель, 6 - постсинаптическая мембрана; 7 - зернистая эндоплазматическая сеть; 8 - нейрофиламенты; 9 - митохондрия

Медиатор - физиологически активное вещество (ацетилхолин, норадреналин и др.), синтезируемое в нейронах, накапливаемое в специальных пузырьках синапсов и обеспечивающее передачу возбуждения через синапс с одного нейрона на другой или на клетку другой ткани. Освобождается путем экзоцитоза из окончания аксона возбужденной (передающей) нервной клетки, изменяет проницаемость плазматической мембраны принимающей нервной клетки и вызывает появление на ней потенциала возбуждения.

Глиальные клетки (нейроглия) - клетки нервной ткани, не способные проводить возбуждение в виде нервных импульсов, служащие для переноса веществ из крови в нервные клетки и обратно (питательная функция), образующие миелиновые оболочки, а также выполняющие опорную, защитную, секреторную и другие функции. Образуются из мезодермы. Способны делиться.

Ганглий - группа нервных клеток (нейронов), осуществляющая переработку и интеграцию нервных импульсов.

Кровь, тканевая жидкость и лимфа и их особенности у человека

Кровь - один из видов соединительной ткани; циркулирует в кровеносной системе; состоит из жидкой среды - ***плазмы*** (55-60% объема) - и взвешенных в ней клеток - ***форменных элементов*** крови (***эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов).***

- Состав и количество крови у разных организмов различны. У человека кровь составляет около 8% от общей массы тела (при массе 80 кг объем крови - около 6,5 л).
- Большая часть имеющейся в организме крови циркулирует по организму, остальная ее часть находится в ***депо*** (легких, печени и др.) и пополняет кровоток во время интенсивной мышечной работы и при кровопотерях.
- Кровь является основой для образования других жидкостей внутренней среды организма (межклеточной жидкости и лимфы).

•> Основные функции крови:

- дыхательная (перенос кислорода от органов дыхания к другим органам и тканям организма и перенос двуокиси углерода от тканей к органам дыхания);
- питательная (перенос питательных веществ от пищеварительной системы к тканям);
- выделительная (перенос продуктов обмена веществ от тканей к органам выделения);
- защитная (захват и переваривание чужеродных для организма частиц и микроорганизмов, образование ***антител,*** способность к свертыванию при кровотечениях);
- регуляторная (перенос гормонов от желез внутренней секреции к тканям);
- терморегуляторная (путем регуляции тока крови через капилляры кожи; основана на высокой теплоемкости и теплопроводности крови);
- гомеостатическая (участвует в поддержании постоянства внутренней среды организма).

Плазма - бледно-желтая жидкость, состоящая из воды и растворенных и взвешенных в ней веществ (в плазме человека около 90% воды, 9% белков и 0,87% минеральных солей и т.д.); осуществляет перенос различных веществ и клеток по организму. В частности, она переносит около 90% двуокиси углерода в виде карбонатных соединений.

• Основные компоненты плазмы:

- белки **фибриноген** и **протромбин** необходимы для обеспечения нормальной свертываемости крови;
- белок альбумин придает крови вязкость и связывает присутствующий в ней кальций;

- а-**глобулин** связывает тироксин и билирубин;
- (3 -**глобулин** связывает железо, холестерол и витамины А, Б и К;
- у-**глобулины** (называемые **антителами)** связывают антигены и играют важную роль в иммунологических реакциях организма.

Плазма переносит около 90% двуокиси углерода в виде карбонатных соединений.

Сыворотка - это плазма без фибриногена (не свертывается).

- **Эритроциты** - красные клетки крови у позвоночных и некоторых беспозвоночных животных (иглокожих), содержащие ***гемоглобин*** и фермент ***карбоапгидразу*** и участвующие в транспорте соответственно кислорода и углекислого газа по организму и в поддержании уровня pH крови посредством гемоглобинового буфера; определяют цвет крови.

Количество эритроцитов в одном кубическом миллиметре крови у человека составляет около 4,5 млн. (у женщин) и 5 млн. (у мужчин) и зависит от возраста и состояния здоровья; всего в крови человека насчитывается в среднем 23 трлн. эритроцитов.

- **Особенности строения эритроцитов:**
  - у человека они имеют форму двояковогнутых дисков диаметром около 7-8 мкм (немного меньше диаметра самых узких капилляров);
  - их клетки *не имеют ядра;*
  - мембрана клеток эластична и легко деформируется;
  - клетки содержат ***гемоглобин*** - специфический белок, связанный с атомом железа.

Образование эритроцитов: эритроциты образуются в красном костном мозге плоских костей грудины, черепа, ребер, позвонков, ключиц и лопаток, головок длинных трубчатых костей; у эмбриона с еще не сформировавшимися костями эритроциты образуются в печени и селезенке. Скорости образования и разрушения эритроцитов **в** организме обычно одинаковы и постоянны (у человека - примерно 115 млн. клеток в минуту), но **в** условиях низкого содержания кислорода скорость образования эритроцитов возрастает (на этом основан механизм адаптации млекопитающих к пониженному содержанию кислорода в высокогорье).

Разрушение эритроцитов: эритроциты разрушаются в печени или селезенке: их белковые компоненты расщепляются на аминокислоты, а входящее в состав гема железо удерживается печенью, хранится в ней в составе белка ферритина и может использоваться при образовании новых эритроцитов и при синтезе цитохромов. Остальная часть гемоглобина расщепляется с образованием пигментов билирубина и биливердина, которые вместе с желчью выводятся в кишечник и придают окраску каловым массам.

Гемоглобин - дыхательный пигмент, содержащийся в крови некоторых животных и человека; представляет собой комплекс из сложных белков и **гема** (небелкового компонента гемоглобина), в состав которого входит железо. Основная функция - перенос кислорода по организму. В участках с высокой концентрацией 0_2 (например, в легких у наземных животных или в жабрах рыб) гемоглобин связывается с кислородом (превращаясь в оксигемоглобин) и отдает его в участках с низкой концентрацией 0_2 (в тканях).

Карбоангидраза - фермент, обеспечивающий транспорт углекислого газа по кровеносной системе.

Анемия (или **малокровие)** - состояние организма, при котором уменьшается число эритроцитов в крови или снижается содержание в них гемоглобина, что приводит к кислородной недостаточности и, как следствие, к снижению интенсивности синтеза АТФ.

- **Лейкоциты,** или **белые кровяные клетки,** - бесцветные клетки крови, способные к захватыванию (фагоцитозу) и перевариванию чужеродных для организма белков, частиц и болезнетворных микроорганизмов, а также к образованию ***антител.*** Играют важную роль в защите организма от болезней, обеспечивают выработку иммунитета.

- **Особенности строения лейкоцитов:**
  - по размерам превосходят эритроциты;
  - не имеют постоянной формы;
  - клетки имеют ядро;
  - способны к делению;
  - способны к самостоятельному амебоидному передвижению.

Лейкоциты образуются в красном костном мозге, тимусе, лимфатических узлах, селезенке; продолжительность их жизни составляет несколько дней (у некоторых видов лейкоцитов - несколько лет); разрушаются в селезенке, очагах воспаления.

Лейкоциты могут проходить сквозь небольшие отверстия в стенках капилляров; обнаруживаются как в крови, так и в межклеточном пространстве тканей. В I $мм^3$ крови человека насчитывается примерно 8000 лейкоцитов, но это число сильно изменяется в зависимости от состояния организма.

- **Основные типы лейкоцитов человека:** ***зернистые*** (гранулоциты) и ***незернистые*** (агранулоциты).

- **Зернистые лейкоциты,** или **гранулоциты,** образуются в красном костном мозге и содержат в цитоплазме характерные гранулы (зерна) и ядра, разделенные на доли, которые связаны друг с другом попарно или по три тонкими перемычками. Главная функция гранулоцитов - борьба с проникшими в организм чужеродными микроорганизмами.

Признак, отличающий кровь женщины от крови мужчины: в гранулоцитах крови женщин от одной из долей ядра отходит отросток, имеющий форму барабанной палочки.

- **Формы гранулоцитов** (в зависимости от окрашивания гранул цитоплазмы определенными красителями): ***нейтрофилы, эозинофилы, баюфилы*** (все они называются **микрофагами).**

Нейтрофилы осуществляют захват и переваривание бактерий; они составляют около 70% от общего числа лейкоцитов; их гранулы окрашиваются основными (синими) и кислыми (красными) красителями в фиолетовый цвет.

Эозинофилы эффективно поглощают комплексы ***антиген - антитело Б***\ они обычно составляют около 1,5% всех лейкоцитов, однако при аллергических состояниях их количество резко возрастает; при обработке кислым красителем эозином их гранулы окрашиваются в красный цвет.

Базофилы вырабатывают **гепарин** (ингибитор системы свертывания крови) и **гистамин** (гормон, регулирующий тонус гладких мышц и выделение желудочного сока); составляют около 0,5% всех лейкоцитов; основными красителями (типа метиленового синего) их гранулы окрашиваются в синий цвет.

- **Незернистые лейкоциты,** или **агранулоциты,** содержат крупное округлое или овальное ядро, которое может занимать почти всю клетку, и незернистую цитоплазму.
- **Формы агранулоцитов:** ***моноциты*** и ***лимфоциты.***

Моноциты (макрофаги) - наиболее крупные лейкоциты, способные мигрировать через стенки капилляров в очаги воспаления в тканях, где они активно фагоцитируют бактерии и другие крупные частицы. В норме их количество в крови человека составляет около 3-11% от общего числа лейкоцитов и возрастает при некоторых заболеваниях.

Лимфоциты - самые мелкие из лейкоцитов (немного крупнее эритроцитов); имеют округлую форму и содержат очень мало цитоплазмы; способны вырабатывать антитела в ответ на попадание в организм чужеродного белка, участвуют в выработке иммунитета. Образуются в лимфатических узлах, красном костном мозге, селезенке; составляют около 24% от общего числа лейкоцитов; могут жить более десяти лет.

Лейкоз - заболевание, при котором в красном костном мозге начинается неконтролируемое образование патологически измененных лейкоцитов, содержание которых в 1 мм" крови может достигать 500 тыс. и более.

- **Тромбоциты (кровяные пластинки)** - это форменные элементы крови, представляющие собой клетки или фрагменты клеток неправильной формы и содержащие вещества, участвующие в ***свертывании крови.*** Образуются в красном костном мозге из крупных клеток - мегакариоцитов. В 1 мм^ крови находится примерно 250 тыс. тромбоцитов. Разрушаются в селезенке.

- **Особенности строения тромбоцитов:**
  - размеры примерно такие же, как и у эритроцитов;
  - имеют округлую, овальную или неправильную форму;
  - клетки не имеют ядра;
  - окружены мембранами.
- **Свертывание крови** - цепной процесс остановки кровотечения путем ферментативного формирования фибриновых тромбов, в котором принимают участие все клетки крови (особенно тромбоциты), некоторые белки плазмы, ионы Ca^{2+}, стенка сосуда и окружающая сосуд ткань.
- **Этапы свертывания крови:**
  - * при разрыве тканей, стенок сосудов и т.п. разрушаются **тромбоциты,** высвобождая фермент **тромбопластин,** который инициирует процесс свертывания крови;
  - под воздействием ионов Ca^{2+}, витамина К и некоторых компонентов плазмы крови тромбопластин превращает неактивный фермент (белок) **протромбин** в активный **тромбин;**
  - * тромбин при участии ионов Ca^{2+} инициирует превращение **фибриногена** в тончайшие нити нерастворимого белка **фибрина;**
  - фибрин образующего губчатую массу, в порах которой застревают форменные элементы крови (эритроциты, лейкоциты и др.), образуя сгусток крови - тромб. Тромб плотно закупоривает отверстие в сосуде, останавливая кровотечение.
- **Особенности крови некоторых групп животных**
  - В крови **кольчатых червей** гемоглобин присутствует в растворенном виде, кроме того, в ней циркулируют бесцветные амебоидные клетки, выполняющие защитную функцию.
  - У **членистоногих** кровь ***{гемолимфа)*** бесцветная, не содержит гемоглобина, имеет бесцветные амебоидные лейкоциты и служит для транспорта питательных веществ и продуктов метаболизма, подлежащих экскреции. В крови крабов, омаров и некоторых моллюсков вместо гемоглобина присутствует сине-зеленый пигмент ***гемоцианин,*** содержащий медь вместо железа.
  - У **рыб, амфибий, рептилий** и **птиц** в крови имеются эритроциты, которые содержат гемоглобин и (в отличие от эритроцитов человека) имеют ядро.
- **Тканевая (межклеточная) жидкость** - один из компонентов внутренней среды организма; окружает все клетки организма, по составу сходна с плазмой, но почти не содержит белков.

Образуется в результате просачивания плазмы крови через стенки капилляров. Обеспечивает клетки питательными веществами, кислородом, гормонами и др. и удаляет конечные продукты клеточного обмена.

Значительная часть тканевой жидкости возвращается обратно в кровяное русло путем диффузии, либо непосредственно в венозные концы капиллярной сети, либо (большая часть) в замкнутые с одного конца лимфатические капилляры, образуя ***лимфу.***

- **Лимфа** - один из видов соединительной ткани; бесцветная или молочно-белая жидкость в организме позвоночных животных, близкая по составу к плазме крови, но с меньшим (в 3-4 раза) количеством белков и большим количеством лимфоцитов, циркулирующая по лимфатическим сосудам и образующаяся из тканевой жидкости.
- Выполняет транспортную (транспорт белков, воды и солей из ткани в кровь) и защитную функции.
- Объем лимфы в организме человека 1-2 л.

Гемолимфа - бесцветная или слабо окрашенная жидкость, циркулирующая в сосудах или межклеточных полостях многих беспозвоночных животных, имеющих незамкнутую кровеносную систему (членистоногие, моллюски и др.). Часто содержит дыхательные пигменты (гемоцианин, гемоглобин), клеточные элементы (амебоциты, экскреторные клетки, реже эритроциты) и (у ряда насекомых: божьих коровок, некоторых кузнечиков и др.) сильнодействующие яды, обусловливающие их несъедобность для хищников. Обеспечивает транспорт газов, питательных веществ, продуктов.

Гемоцианин - медьсодержащий дыхательный пигмент голубого цвета, содержащийся в гемолимфе некоторых беспозвоночных животных и обеспечивающий перенос кислорода.

8.3. Органы животных и человека

Общие понятия

Орган - это более или менее обособленная часть многоклеточного организма, несущая определенную функцию. Органы образуются в процессе эмбрионального развития организма. Состоят из нескольких видов тканей, но с преобладанием одного или двух видов.

Временные органы - органы, имеющиеся у зародыша или личинки и исчезающие у взрослого животного, заменяясь другими образованиями *{примеры:* временные эмбриональные органы - хорда у позвоночных, жаберные щели наземных позвоночных; временные личиночные органы - наружные жабры и хвост головастиков лягушки, трахейные жабры личинок насекомых, «маска» личинок стрекозы).

Постоянные органы характеризуют взрослое животное.

Рудиментарные органы - упрощенные, недоразвитые, утратившие свое функциональное значение и сохранившиеся в виде незначительных остатков - **рудиментов (***примеры*: ушные мышцы человека; рудиментарный пояс задних конечностей китообразных; глаза у пещерных и роющих животных).

Аналогия - морфологическое сходство в строении тела и его отдельных частей и/или органов, не являющееся унаследованным от общих предков (*примеры* аналогичных органов: жабры рака и жабры рыбы, крыло бабочки и крыло птицы).

Гомология - сходство в строении и соотношении частей органов у организмов различных видов, основанное на общности их происхождения (*примеры* гомологичных органов: нога ящерицы, крыло птицы, ласт кита).

Система органов - группа органов, объединенных выполнением одной определенной функции, развивающихся из общего эмбрионального зачатка и связанных между собой (*примеры*: пищеварительная система, кровеносная система и т.д.). Связь между органами одной системы является в основном физиологической (внутрисекреторная система, мускулатура, органы чувств, иногда скелет), но может выражаться и в морфологическом объединении (выделительная, половая система и т.д.).

- **Основные системы органов высших животных:**
  - покровная,
  - опорно-двигательная,
  - пищеварительная,
  - кровеносная,
  - лимфатическая,
  - система газообмена (дыхательная),
  - выделительная,
  - нервная,
  - органы чувств,
  - эндокринная,
  - половая.

Покровы тела

Покровная система - система органов, покрывающих снаружи тела животных и защищающих их от неблагоприятных внешних воздействий (тепла, холода, вредных микроорганизмов, механических повреждений и т.д.).

Покровы большинства животных состоят из наружного слоя - ***эпидермиса*** (см. с. 317) и внутреннего слоя - **дермы** (или **кориума).** Сообщение животного с внешней средой осуществляется через эктодерму, основные функции которой (особенно у беспозвоночных животных) - восприятие раздражения и защита.

У ***беспозвоночных*** эпидермис однослойный.

У ***низших животных*** и ***личинок беспозвоночных*** (кроме членистоногих и нематод) эпидермис мерцательный (снабжен ресничками).

Эпидермис может продуцировать защитную ***кутикулу*** (нематоды, кольчатые черви и др.) или ***раковину*** (моллюски), образующих ***наружный скелет*** (см. с. 339); у членистоногих кутикула образована из хитина. В эпидермисе беспозвоночных располагаются одноклеточные железы различного назначения: слизистые, ядовитые, восковые и т.д.

В покровах ***кольчатых червей, головоногих моллюсков*** и ***иглокожих*** имеется слой соединительной ткани. У иглокожих в этом слое формируется известковый кожный скелет.

Кожа - наружный, постоянно обновляемый посредством физиологической ***регенерации*** покров тела ***наземных позвоночных*** (рептилий, птиц, млекопитающих);

- **Функции кожи:**
  - « она является механическим барьером, защищающим организм от механических повреждений, воздействия ряда химических веществ, от инфекций и потери жидкости;
  - играет важную роль в терморегуляции;
  - участвует в поддержании постоянства внутренней среды организма;
  - участвует в обмене веществ (водно-солевом, мочевины и др.);
  - является депо крови;
  - является органом осязания, воспринимающим прикосновение, давление и температуру.
- **Строение кожи:** кожа состоит из трех четко выраженных слоев: ***эпидермиса,*** хорошо развитой ***дермы*** и слоя ***подкожной жировой клетчатки.***
  - ***Эпидермис*** кожи представляет собой многослойный плоский эпителий и дифференцирован на два слоя: наружный - мертвый, ***ороговевший,*** и внутренний - живой, ***ростковый;***
  - **ороговевший слой** предохраняет кожу от высыхания и повреждений. Его мертвые ороговевшие клетки слущиваются и заменяются новыми. Утолщение и видоизменение этого слоя приводят к образованию чешуи (у рептилий и рыб), перьев (у птиц), волос (у млекопитающих), когтей, рогов и копыт;
  - клетки росткового слоя кожи делятся и образуют новые клетки, заменяющие омертвевшие клетки рогового слоя;
  - дерма - слой кожи, состоящий из соединительной ткани, образованной системой волокон, придающих коже прочность и упругость, и отдельных клеток между ними;

  - в дерме находятся многочисленные кровеносные и лимфатические сосуды, рецепторы (в том числе болевые), пигментные клетки - хроматофоры и др.;
  - в коже позвоночных (кроме рептилий) имеются различные ***железы:*** у птиц - копчиковая железа, вырабатывающая маслянистый секрет для смазки перьев, у рыб и амфибий - железы, вырабатывающая слизь (которая может быть ядовита), у млекопитающих - потовые, сальные и молочные железы.

Потовые железы - железы внешней секреции у млекопитающих, участвующие в выделении продуктов обмена и ***терморегуляции-,*** расположены в коже.

Терморегуляция - совокупность физиологических процессов в организме теплокровных животных и человека, направленная на поддержание постоянной температуры тела. Происходит с участием кожи и контролируется нервной и эндокринной системами.

- При нарушении терморегуляции может возникнуть **тепловой** или **солнечный удар.**

- **Способы терморегуляции:**
  - с помощью ***кровеносных сосудов кожи,*** просвет которых сужается или расширяется в зависимости от температуры тела, изменяя скорость циркуляции крови в коже и, тем самым, скорость теплоотдачи;
  - путем ***потоотделения*** из потовых желез;
  - " с помощью ***волосяного покрова*** (см. с. 475);
  - Изменением толщины слоя ***подкожной жировой клетчатки*** (обычно сезонная терморегуляция).

Потоотделение - процесс выделения **пота** (бесцветной жидкости, содержащей минеральные соли, мочевину, мочевую кислоту и другие продукты обмена веществ) потовыми железами. Происходит рефлекторно при повышении температуры окружающей среды; способствует охлаждению тела.

- **Производные эпидермиса** (не содержат сосудов **и** нервных окончаний): ***волосы, ногти, когти, рога, копыта.***

Волосы - это роговое производное верхнего слоя кожи - эпидермиса. Волос состоит из двух частей: над поверхностью кожи расположен ***стержень,*** а в толще кожи - ***корень,*** оканчивающийся расширением - ***волосяной луковицей,*** в области которой происходит рост волос. Корень волоса охвачен волосяным мешочком ***(волосяной сумкой),*** внутренний слой которого состоит из эпителиальной, а наружный - соединительной ткани. В просвет волосяной сумки открываются сальные железы; см. также с. 475.

Ногти (у человека) - роговые образования, защищающие тыльную поверхность фаланг пальцев; производные эпидермиса. Ног-

тевая пластинка лежит на ***ногтевом ложе*** - участке кожи, состоящем из соединительной ткани, покрытой ростковым эпителие:... В ногте различают ***свободный край*** и ***корень ногтя***; по бокам у корня расположены ***ногтевые валики*** - складки кожи, прикрывающие ноготь. Рост ногтя в длину происходит из области корня.

- **Подкожная жировая клетчатка** - самый глубокий слой кожи;
  * состоит из рыхлой соединительной ткани, содержащей много жировых клеток;
  - жировые запасы слоя защищают организм животного от механических воздействий и переохлаждения, служат депо питательных веществ;
  - толщина слоя зависит от вида животного, образа его жизни, питания, обмена веществ.

Опорно-двигательная система. Скелет. Суставы

Опорно-двигательная система - это совокупность костных и мышечных образований, обеспечивающих опору тела и отдельных органов, защиту их от механических повреждений, сохраняющих характерную форму тела, обусловленную определенными потребностями организма и обеспечивающих возможность осуществления организмом (или отдельными его частями) разнообразных движений в пространстве.

- Состоит из ***скелета*** (пассивная часть системы) и ***мышц*** (ее активная часть).
- **Скелет** - это *пассивная* часть опорно-двигательной системы ~""анизма, состоящая из костей, суставов и связок, соединенных друг с другом в определенном порядке.
- **Функции скелета:**
  - опорная (является местом прикрепления мышц);
  - защитная (защищает внутренние органы от повреждения);
  * кроветворная (в красном костном мозге образуются форменные элементы крови);
  - участие в регуляции минерального обмена (является депо солей фосфора и кальция).
- **Типы скелетов:** ***гидростатический, наружный, внутренний.***

Гидростатический скелет характерен **для** мягкотелых животных (круглых и кольчатых червей), у которых имеется полостная жидкость, заключенная внутри мышечных стенок тела. Эта жидкость оказывает давление на мышцы, которые получают возможность сокращаться, преодолевая давление. Мышцы у этих животных не прикреплены к каким-либо структурам, и поэтому при сокращении они тянут лишь друг друга.

Наружный скелет, или **экзоскелет,** характерен для ***членистоногих,*** у которых представлен ***панцирем*** из хитиновых пластинок или трубчатых образований, соединенных гибкими пленками, и некоторых ***моллюсков,*** у которых он представлен твердой **раковиной.** Наружный скелет предохраняет тело животного от обезвоживания, обеспечивает его надежную защиту, но ограничивает его рост. Поэтому животные, имеющие толстую кутикулу или хитиновый панцирь, в период роста проходят ряд **линек.**

Наружный скелет, наряду с внутренним, имеется также и у некоторых позвоночных животных (*примеры*: панцирь черепах, образованный из отдельных пластинок, которые сильно разрослись и затем слились между собой; «броня» броненосцев, образованная чешуями на спине животного).

Внутренний скелет (эндоскелет) характерен для губок (представлен кремниевыми или известковыми иглами **- спикулами),** головоногих моллюсков (представлен внутренней раковиной) и позвоночных, у которых он построен из хрящевой (у более примитивных видов, например акул) или костной ткани и расположен в теле под слоем мышц.

Скелет высших позвоночных - внутренний, образован костной тканью и делится на осевой скелет (позвоночник), скелет черепа, скелет передних и задних конечностей и их поясов. В состав скелета человека входит более 200 костей.

- **Типы костей:**
  - ***трубчатые;***
  - ***плоские*** (состоят из двух пластинок ***компактной*** костной ткани, между которыми находится слой ***губчатой*** костной ткани - обычно с кровеобразующим ***красным костным мозгом);***
  - ***губчатые*** кости (состоят из ***губчатой*** костной ткани, покрытой тонким слоем компактной ткани);
  - ***смешанные*** кости, имеющие различное строение.
- **Строение трубчатых костей:**
  - трубчатые кости состоят из ***тела*** **(диафиза)** в виде полого цилиндра и двух утолщений на концах - ***головок*** **(эпифизов);**
  - наружный слой тела кости состоит из прочной ***компактной*** костной ткани;
  - внутренняя осевая часть тела трубчатой кости состоит из ***губчатой*** костной ткани, между вставочными пластинками которой находится ***желтый костный мозг*** (жировая ткань); трубчатые кости птиц внутри имеют полости, заполненные воздухом;
  - между телом и головками расположен **метафизарный хрящ,** обеспечивающий рост кости в длину;
  - головки трубчатых костей образованы губчатой костной тканью, между вставочными пластинками которой находится ***красный костный мозг;***
  - снаружи кость покрыта **надкостницей,** которая плотно сращена с костной тканью и состоит из двух слоев - ***наружного,*** содер-

жащего сосуды и нервные окончания, и *внутреннего,* содержащего молодые костные клетки - ***остеобласты,*** обеспечивающие рост кости *в толщину* и заживление костных переломов.

Рост кости в длину осуществляется за счет **зон роста,** расположенных на границе диафиза и эпифизов.

- **Типы соединения костей:**
  - непрерывное (неподвижное) сочленение, осуществляемое с помощью ***швов*** (кости черепа) и ***срастанием костей;***
  - прерывное (подвижное) соединение с помощью **суставов;**
  - полупрерывное (полуподвижное) соединение с помощью **хрящей** (хрящевое соединение; *пример*: межпозвоночные диски).
- **Сустав** - прерывное соединение костей, обеспечивающее подвижность частей тела.
- **Строение сустава:**
  - к суставу относятся концы **(суставные поверхности)** сочленяющихся костей, покрытые гладкими суставными хрящами; одна из этих суставных поверхностей **(головка)** выпуклая, другая **(впадина)** - вогнутая;
  - суставные поверхности костей охватывает **суставная сумка,** образующая **суставную полость,** заполненную вязкой **суставной жидкостью,** которая действует как смазка и уменьшает трение между суставными поверхностями;
  - в суставе кости удерживаются с помощью прочных **связок,** располагающихся внутри или вне суставной сумки.
- **Классификация суставов по сложности:**
  - **простые** суставы состоят из двух костей;
  - **сложные** суставы состоят из трех и более костей;
  - **комбинированные** суставы состоят из двух простых суставов, движение в которых происходит только одновременно.
- **Классификация суставов по форме суставных поверхностей:**
  - **цилиндрические** суставы (локтевой); имеют одну ось вращения, допускают движение в основном в одной плоскости;
  - **шаровидные и эллипсовидные** суставы (плечевой **и** тазобедренный) имеют три оси вращения;
  - **плоские** суставы (запястье и предплечье) допускают скользящие движения костей.
- **Классификация суставов по характеру движений:**
  - **одноосные** суставы имеют одну ось вращения и допускают сгибание и разгибание (межфаланговые суставы);
  - **двухосные** суставы имеют две оси вращения, допускают сгибание и разгибание, приведение и отведение (лучезапястные суставы);
  - **трехосные** суставы имеют три оси вращения, допускают сгибание и разгибание, приведение и отведение, вращение внутрь и наружу и круговые движения (плечевые суставы).

Опорно-двигательная система. Мышцы

Мышцы - *активная* часть опорно-двигательной системы, обеспечивающая все многообразие движений животного или человека.

У человека мышцы составляют около 40% массы тела.

У ***кишечнополостных*** мышечные элементы еще не обособлены, а представлены особыми сократительными отростками эпителиальных клеток.

У ***плоских червей*** мускулатура обособлена от эпителия и вместе с последним образует кожно-мускульный мешок, в состав которого входят кольцевые, продольные и диагональные мышцы.

У ***круглых червей*** имеются только продольные мышцы.

У ***кольчатых червей*** кожно-мускульный мешок образован покровным эпителием, кольцевыми и продольными мышцами и мышцами, обеспечивающими движение щетинок и параподий. У этих червей имеется кольцевая мускулатура вокруг кишечника, обусловливающая его перистальтику.

У ***моллюсков*** кожно-мускульный мешок дифференцируется на отдельные мускульные образования (например, нога).

- Мышцы кожно-мускульных мешков червей, моллюсков относятся к гладкой мускулатуре.

У ***членистоногих*** имеется поперечнополосатая мускулатура, которая в виде отдельных мышц прикрепляется к наружному скелету.

- **Скелетная (соматическая) мускулатура *позвоночных*** - поперечнополосатая и обеспечивает в основном движение конечностей тела. У рыб она разделена на ряд отдельных сегментов, обеспечивая волнообразные движения тела; у наземных животных она дифференцирована на сложную систему мышц различного назначения.
- Поперечнополосатые мышцы способны к более быстрым и энергичным сокращениям, чем гладкие, и могут возникать в любом органе на месте гладких мышц при повышении интенсивности работы органа.

Скелетная мышца состоит из сокращающейся части - **мышечного тела** (брюшка) и несокращающихся плотных ***сухожилий,*** отходящих от обоих концов скелетной мышцы и прикрепляющих ее к костям. При сокращении мышцы происходит относительное движение этих костей в суставах. Некоторые мышцы (например, мимические мышцы приматов и человека) прикрепляются одним концом к кости, а другим - к коже.

Сухожилие - разновидность волокнистой соединительной ткани; плотный волокнистый тяж, обеспечивающий прикрепление мышцы к кости.

Начало мышцы - это тот конец мышцы, который при ее сокращении остается относительно неподвижным.

Место прикрепления мышцы - тот конец мышцы, который при ее сокращении перемещается.

- **Типы мышц в зависимости от характера движения:**
  - **сгибатель** - мышца, сокращение которой вызывает изгиб органа (например, ноги) в суставе;
  - **разгибатель** - мышца, сокращение которой вызывает распрямление органа в суставе;
  - **отводящие мышцы** - те мышцы, с помощью которых конечности движутся от тела (например, дельтовидная мышца, отводящая руку в сторону); *
  - **приводящие мышцы** - те, с помощью которых конечности прижимаются к телу;
  - **вращатели** - мышцы, обеспечивающие вращение конечностей.

Мышцы, прикрепленное к одной кости, обычно образуют пары антагонистов - одна из низ тянет кость в одну сторону, другая - в противоположную. В зависимости от характера использования этих мышц они обладают различной силой.

Мышечная координация - согласованность действий всех мышц, позволяющая достичь максимально эффективного движения.

- **Висцеральная** (т.е. относящаяся к внутренностям) **мускулатура** — частично гладкая, частично поперечнополосатая, приводящая в движение внутренние органы (кишечник, сосуды и т.д.); к ней также относятся мышцы, обслуживающие работу челюстей и жаберного аппарата и образующие шейную и лицевую мускулатуру млекопитающих; она дифференцирована: например, в верхней части кишечника она поперечнополосатая.

Перистальтика - волнообразно распространяющиеся кольцевые сокращения стенок пищевода, желудка, кишечника, мочеточника и других полых органов, благодаря чему происходит перемещение их содержимого к периферическим частям тела.

- **Механизм работы мышц:**
  - нервный импульс приводит мышцу в возбужденное состояние и увеличивает проницаемость мембраны мышечного волокна для ионов Ca^{A+};
  - ионы Ca^{2+} проникают внутрь мышечного волокна и активируют миозин, содержащийся в миофибриллах;
  - активированный миозин отщепляет от молекулы АТФ остаток фосфорной кислоты, высвобождая энергию, запасенную в АТФ;
  - эта энергия затрачивается на образование актин-миозинового комплекса; при этом мышца сокращается;
  - после этого актин-миозиновый комплекс разрушается, ионы Ca^{2+} выходят из мышечного волокна и мышца расслабляется;

  - в процессе мышечного сокращения затрачиваются гликоген (он идет на образование молочной кислоты) и кислород (он используется на окисление молочной кислоты, сопровождающейся выделением энергии в форме АТФ) и образуются вода и двуокись углерода, а также могут накапливаться запасы неокислившейся молочной кислоты.

- **Причины усталости мышц:**
  - нарушение питания мышцы и недостаток кислорода, вследствие чего в мышце накапливается неокислившаяся молочная кислота (наблюдается при большой нагрузке на мышцы и/или большой частоте их сокращения);
  - торможение нервных центров, регулирующих работу мышц;
  - " нарушение передачи нервных импульсов от нервных центров к мышцам.

Питание

Питание - совокупность процессов, включающих поступление в организм, переваривание, всасывание и усвоение им питательных веществ. Благодаря питанию организм получает различные химические соединения, которые используются для роста, жизнедеятельности и воспроизведения.

В организм животного питательные вещества поступают вместе с пищей, которую животные заглатывают. В связи с этим все животные имеют рот и специальный мускульный орган - глотку.

- **Основные способы питания животных:**
  - фильтрация пищи из жидкости с помощью щетинок, ресничек, роговых пластинок и т.п. (у животных, потребляющих мелкие пищевые частицы; *примеры,* двустворчатые моллюски, сельдевые рыбы, усатые киты, некоторые птицы);
  - соскабливание, перетирание, жевание и сверление с помощью специальных органов - терок, роговых челюстей и т.п. (*примеры*: садовая улитка, некоторые насекомые и позвоночные и др.);
  - всей поверхностью тела (паразитические животные; *пример:* ленточные черви);
  - заглатывание пассивных пищевых масс (у животных, потребляющих крупные частицы; *примеры:* дождевые черви, нематоды);
  - " ловля (захват) и заглатывание жертвы целиком (*примеры:* кишечнополостные, рыбы, змеи, летучие мыши);
  - захват и перетирание или жевание пищи роговыми пластинами или зубами *(пример:* млекопитающие):
  - " с помощью лижущего (у мух), сосущего (у бабочек) или лакающего (у пчел) ротового аппарата;
  - с помощью колюще-сосущего ротового аппарата (у комаров).

•> **Классификация животных по склонности к типу пищевого рациона:** фитофаги, зоофаги, сапрофаги, некрофаги, копрофаги, детритофаги.

Фитофаги - растительноядные животные (многие насекомые, парнокопытные, непарнокопытные животные и т.д.).

Зоофаги - плотоядные организмы, питающиеся животными других (или своих) видов: хищники, поедающие других животных, и паразиты, питающихся за счет питательных веществ и живых тканей хозяина.

Сапрофаги - животные, питающиеся отмершим органическим веществом. Сапрофаги подразделяются на некрофаги, копрофаги и детритофаги.

Некрофаги питаются трупами животных. К некрофагам относятся некоторые птицы (грифы, марабу), млекопитающие (гиены, шакалы), насекомые (жуки-могильщики, мертвоеды).

Копрофаги - животные, питающиеся экскрементами других животных - главным образом млекопитающих (жуки-навозники, личинки многих двукрылых и др.).

Детритофаги - организмы, питающиеся детритом - мертвым или частично разложившимся органическим веществом. К детритофагам относятся малощетинковые и многощетинковые черви, личинки многих насекомых, некоторые рыбы и др.

• **Классификация животных в зависимости от степени требовательности к определенному т ипу пищи:** монофаги, олигофаги, полифаги, пантофаги.

Монофаги - животные, питающиеся представителями одного вида или близкими видами одного рода (*примеры*: тля филлоксера живет только на виноградных лозах; гороховая зерновка).

Олигофаги - животные, питающиеся родственными видами, относящимися к одному или немногим близким родам (*пример:* колорадский жук, питающийся растениями семейства пасленовых).

Полифаги питаются многими (несколькими десятками) видами организмов (*примеры*: хищные млекопитающие, травоядные копытные).

Пантофаги - всеядные организмы, питающиеся организмами разных царств - животными, растениями, грибами.

Пищеварительная система

Пищеварение — это процесс механической **и** химической обработки пищи в ***пищеварительном тракте,*** в результате которого питательные вещества, содержащиеся в пище, расщепляются до мономеров, способных усваиваться организмом.

Пищеварительная система - совокупность специализированных органов пищеварения у животных и человека, предназначенных для извлечения пищи из окружающей среды, ее механической обработки, временного запасания, перемещения (с перемешиванием) по ***пищеварительному тракту,*** выделения ***пищеварительных ферментов*** и всасывания питательных продуктов расщепления и воды в кровь и лимфу.

Пищеварительные ферменты - это белки-катализаторы, содержащиеся в пищеварительных соках и играющие основную роль в химической обработке пищи.

• **Свойства пищеварительных ферментов:**

• специфичность - каждый фермент расщепляет питательные вещества только определенной группы:

- ***протеолитические*** ферменты расщепляют белки до полипептидов и аминокислот,
- ***иполитические*** ферменты расщепляют жиры до глицерина и жирных кислот,
- ***амилолитические*** ферменты расщепляют углеводы до дисахаридов и моносахаридов,
- ***нуклеолитические*** ферменты расщепляют нуклеиновые кислоты до нуклеотидов;

" действуют только в определенной химической среде (кислой или щелочной);

" действуют только в определенном, очень узком интервале температур;

• имеют высокую биохимическую активность.

Внутриклеточное пищеварение - пищеварение, при котором расщепление питательных веществ пищеварительными ферментами происходит в клетках (преобладает у многих низших животных, например у губок).

Внеклеточное пищеварение - пищеварение, при котором расщепление питательных веществ пищеварительными ферментами происходит в полостях пищеварительного тракта, куда выделяются ферменты, синтезирующиеся в клетках секреторных органов (свойственно большинству животных - круглым и кольчатым червям, ракообразным, насекомым, хордовым).

Смешанное пищеварение - пищеварение, осуществляемое частично внеклеточно, а частично внутриклеточно: сначала пища, поступившая через рот в кишечную полость, переваривается внеклеточно под действием пищеварительных ферментов, но как только пища распадается на мелкие полупереваренные частички, они захватываются фагоцитирующими клетками эктодермы, и процесс пищеварения заканчивается внутриклеточно *(примеры:* кишечнополостные, плоские черви).

Полостное пищеварение - внеклеточное пищеварение, осуществляемое в специализированных полостях желудочно-кишечного тракта (свойственно круглым червям, большинству кольчатых червей, членистоногих, моллюскам и хордовым).

Мембранное, или **пристенное,** пищеварение осуществляется ферментами, локализованными на структурах клеточной мембраны эпителиальных клеток кишечника, и обеспечивает промежуточные и конечные этапы переваривания и начальные этапы всасывания. Оно свойственно многим беспозвоночным (червям, ракообразным, насекомым, моллюскам) и всем позвоночным.

- У многих организмов сочетаются все типы пищеварения.

Пищеварительный (или **желудочно-кишечный) тракт** - совокупность органов пищеварения у животных и человека, образующих единый канал и предназначенных для извлечения пищи из окружающей среды, ее механической обработки, временного запасания, перемешивания и перемещения по данному каналу с целью ее (пищи) химической обработки.

- Пищеварительный тракт может быть ***слепым*** или ***сквозным.***

Слепой (несквозной) пищеварительный тракт имеет только одно отверстие - ***ротовое,*** через которое происходит как поглощение пищи, так и выведение из организма ее непереваренных остатков (у кишечнополостных и плоских червей).

Сквозной пищеварительный тракт представляет собой неправильную трубку переменного диаметра, на одном конце которой имеется ***ротовое отверстие***, куда поступает пища, а на другом - ***анальное отверстие,*** через которое выделяются непереваренные остатки (у всех животных, начиная с круглых червей).

- Пищеварительные тракты многих животных снабжены небольшими слепыми выростами, в которых пища задерживается для более полного усвоения.

- В **состав пищеварительного тракта** могут входить: ***ротовая полость, глотка, зоб, пищевод, желудок, кишечник, анальное отверстие*** или ***клоака.***

Ротовая полость - начальный отдел пищеварительного тракта, имеющий спереди **ротовое отверстие** в теле животного (через которое происходит поглощение пищи), а сзади сообщающийся с ***глоткой*** (у некоторых трупп животных, например у коралловых полипов, отсутствует; у них ртом является наружное отверстие глотки).

- На дне ротовой полости позвоночных имеется **язык** (у наземных позвоночных он имеет мускулатуру, у рыб - не имеет). В рот открываются **слюнные железы** (отсутствуют у рыб и водных амфибий), которые у большинства видов животных служат для смачивания пищи, а у млекопитающих - и для ее предварительной химической обработки с помощью ферментов, расщепляющих углеводы.

Структуры, служащие для измельчения пищи (у большинства животных они расположены на переднем конце пищеварительного тракта): **зубы** (у млекопитающих), **клюв** (у черепах и птиц), **терка** (у большинства моллюсков, кроме двустворчатых), **мускульный желудок** со специальными выростами или набитый камешками (у дождевых червей, насекомых, большинства птиц, крокодилов).

Глотка - участок пищеварительного тракта, находящийся сразу за ротовой полостью и продолжающийся в ***пищевод.*** У наземных животных в глотку открываются ***гортань*** и ***евстахиевы трубы.***

- В области глотки развивается ***жаберный аппарат*** (у рыб), а у высших позвоночных - ***щитовидная*** и ***зобная железы*** внутренней секреции. У наземных позвоночных в области глотки происходит соединение двух путей - пищеварительного и дыхательного, которые потом разделяются.

Зев - отверстие, соединяющее ротовую полость с глоткой (у млекопитающих).

Пищевод - отдел пищеварительного тракта, представляющий собой не имеющую пищеварительных желез мышечную трубку, соединяющую глотку с желудком (у большинства позвоночных и некоторых беспозвоночных) или средней кишкой (у большинства беспозвоночных животных) и служащую для проведения пищи.

- У многих костных рыб из выроста пищевода развивается **плавательный пузырь,** заполненный смесью газов и служащий гидростатическим органом. Плавательный пузырь может сохранять связь с пищеводом в течение всей жизни (у сельди, сазана) или замыкаться на стадии личинки (у окуня). У некоторых рыб выполняет также дыхательную и звукоиздающую функции, роль резонатора и преобразователя звуковых волн.

Зоб - расширенная часть пищевода позади глотки, обильно снабженная железами и служащая для накопления, набухания, а в ряде случаев и для первичной переработки пищи (имеется у дождевых червей, некоторых членистоногих и птиц).

Жевательный желудок - мускулистая тонкостенная камера в пищеварительном тракте дождевых червей и некоторых членистоногих (расположена за зобом), выстилка которой снабжена твердыми выступами, напоминающими зубы, которые при сокращении мышечных стенок дробят пищу на мелкие частицы.

Желудок - расширенный отдел пищеварительного тракта многих беспозвоночных и всех позвоночных животных, в котором происходят некоторые из первых этапов пищеварения. Имеет раз-

нос строение у разных групп животных; у наиболее примитивных хордовых обособленный желудок отсутствует; у некоторых животных он представляет собой простое расширение пищеварительного тракта, предназначенное для механической и (не всегда) предварительной химической обработки пищи; у высших животных его стенки выстланы особой слизистой оболочкой и имеют характерную сеть складок и развитую систему желез; он может быть не разделен на ***отделы*** или состоять из двух (у птиц) или четырех (у млекопитающих) отделов.

Отделы желудка - части желудка, имеющие функциональные и морфологические различия. Могут не иметь четких морфологических границ, образуя одну камеру (у человека), или иметь перегородки, разделяющие желудок на несколько камер (***пример:*** желудок у жвачных млекопитающих).

Кишечник - отдел пищеварительного тракта беспозвоночных (кроме кишечнополостных) и позвоночных животных. У позвоночных животных он дифференцируется на тонкий и толстый кишечник. Весь кишечник выстлан слизистой оболочкой с однослойным эпителием, содержащим множество железистых клеток. В кишечник впадают протоки ***печени.***

- Сквозной кишечник позволяет осуществлять «конвейерный» процесс пищеварения, при котором пища перемещается лишь в одном направлении, и животное может поглощать пищу одновременно с перевариванием ранее съеденной пищи. При этом разные участки пищеварительного тракта специализируются и выполняют различные функции. В частности, в верхних отделах кишечника выделяются ферменты, а следующие его отделы специализированы для всасывания питательных веществ.
- У многих плоских червей кишечник сильно разветвлен (его ответвления пронизывают практически все участки тела), выполняет и пищеварительную, и распределительную функции.

Печень - железа, совмещающая несколько различных функций. Она выделяет желчь, которая нейтрализует кислую реакцию пищи, попадающей в кишку из желудка, способствует перевариванию жиров, выполняет барьерную функцию, нейтрализуя вредные вещества (в частности, тяжелые металлы) и болезнетворные организмы; нейтрализует продукты обмена, образуя мочевину и мочевую кислоту, выполняет запасающую функцию - в ней накапливается гликоген.

К пищеварительным железам также относится **поджелудочная железа,** которая вырабатывает ферменты, расщепляющие белки и углеводы.

Особенности пищеварительных систем некоторых беспозвоночных животных

У ***кишечнополостных*** вся пищеварительная полость является собственно полостью первичной кишки (энтодерма); она слепо замкнута, и непереваренные остатки выбрасываются через рот.

У ***ленточных червей*** пищеварительный тракт отсутствует.

У ***плоских червей*** кишка слепо замкнута, но появляется мощная эктодермальная глотка (передняя кишка).

У ***круглых червей*** появляются анальное отверстие и эктодермальная задняя кишка, т.е. кишечник становится сквозным; пищеварительный тракт состоит из передней, средней и задней кишок.

У ***кольчатых червей, членистоногих, моллюсков*** кишечник сквозной, появляются глотка, пищевод (который может расширяться в зоб), желудок, в глотке формируются специальные выросты для удержания и измельчения пищи; у высокоорганизованных беспозвоночных (членистоногие, моллюски) появляются слюнные железы и печень.

Особенности пищеварения растительноядных животных

Растительная пища содержит много ***целлюлозы,*** имеющей невысокую пищевую ценность и трудную для усвоения, поскольку лишь относительно немногие организмы способны синтезировать ферменты, которые могут расщеплять ее молекулы. Поэтому многие растительноядные животные употребляют в пищу лишь те части растений, которые наиболее богаты питательными веществами, - плоды, семена, клубни, луковицы, корни. Те же животные, которые питаются в основном листьями и стеблями, используют для этого специальные адаптации.

Большинство ***растительноядных насекомых*** не могут переваривать целлюлозу, но их ротовой аппарат может прокалывать или разрушать клеточные стенки, позволяя добраться до содержимого клеток и использовать его в пищу. При этом клеточные стенки и крахмальные зерна не перевариваются и выделяются с фекалиями (***пример***: саранча).

Отдельные группы животных (сверлящий дерево двустворчатый моллюск ***корабельный червь, некоторые ракообразные, кольчатые черви*** и ***иглокожие)*** способны вырабатывать фермент ***целлюлозу,*** которая расщепляет целлюлозу.

Большинство растительноядных животных используют для расщепления целлюлозы ***бактерии-симбионты,*** обитающие в их пищеварительном тракте. Так, в частности, питаются:

- некоторые насекомые и другие беспозвоночные (*пример*: термиты, питающиеся древесиной);
- растительноядные животные с ***простым желудком*** (непарнокопытные, зайцеобразные, хоботные), у которых целлюлоза пе-

реваривается в слепой кишке, отходящей от пищеварительного тракта на границе между тонким и толстым кишечником, или в прямой кишке, которые могут быть сильно увеличены;

» **жвачные млекопитающие** (крупный и мелкий рогатый скот, олени, лоси, верблюды и др.), имеющие ***сложный,*** многокамерный ***желудок.***

Желудок жвачных млекопитающих состоит из четырех отделов: рубца, сетки, книжки (вместе образуют **преджелудок)** и **сычуга.** Стенки преджелудка лишены пищеварительных желез.

Рубец - это самая объемная часть пищеварительного тракта, стенки которого выстланы прочной рогоподобной кутикулой.

Сычуг представляет собой настоящий желудок с обычной (для всех млекопитающих) кислой реакцией, пищеварительные железы которого выделяют соляную кислоту и пепсин.

• **Основные стадии процесса переваривания растительной пищи жвачнымн животными:**

- новая растительная пища сначала слегка пережевывается, а затем вместе с большим количеством слабощелочной слюны поступает в рубец и сетку. В рубце пища предварительно обрабатывается ферментами слюны и огромным количеством микроорганизмов (анаэробных бактерий и инфузорий), ферменты которых расщепляют клетчатку, пектиновые вещества и лигнин. Образующиеся при этом продукты расщенления сбраживаются, превращаясь в основном в органические кислоты, которые нейтрализуются обильно выделяемой слюной. Кроме того, микроорганизмы рубца, используя в качестве источника азота соли аммония, синтезируют некоторые белки;
- полученную смесь веществ, содержащую частично переваренные растительные волокна, продукты брожения, синтезированные бактериями белки и микроорганизмы, животное отрыгивает из рубца в ротовую полость и вновь начинает его измельчать («жевать жвачку»), что облегчает дальнейшее переваривание;
- затем пережеванная пища вторично проглатывается и на этот раз попадает сначала в книжку, а потом в сычуг. Вместе с ней в сычуг попадают и сами микроорганизмы. В сычуге под действием выделяемых его железами соляной кислоты и пепсина происходит дальнейшее переваривание пищи и тел микроорганизмов. Переваривание микроорганизмов дает жвачному животному большую часть необходимых ему белковых веществ (например, корова таким образом получает более 100 г белка в сутки) и некоторых витаминов группы В;
- из сычуга пища поступает в кишечник, где происходит ее окончательное переваривание и всасывание.

Всасывание питательных веществ

Всасывание в пищеварительном тракте - это переход веществ (продуктов переваривания пищи) через клеточные элементы стенок пищеварительного тракта в кровь и лимфу. У человека происходит в основном в ворсинках тонкого кишечника; незначительное всасывание некоторых веществ осуществляется в желудке; в толстом кишечнике всасываются только вода и витамины.

Ворсинки - микроскопические выросты слизистой оболочки тонкого кишечника, через которые осуществляется всасывание питательных веществ. Между ворсинками на клеточной мембране находится большое число молекул ферментов, расщепляющих небольшие пищевые частицы, размер которых меньше расстояния между ворсинками. Ворсинки особенно многочисленны и хорошо развиты в тонком кишечнике птиц и млекопитающих.

Строение ворсинки. Ворсинка состоит из соединительной ткани с небольшим количеством гладкомышечных клеток и покрыта эпителием. В центре ворсинки расположен лимфатический капилляр **- центральный млечный синус,** окруженный сетью кровеносных капилляров. Лимфатический капилляр соединяется с сосудами лимфатической системы, кровеносные капилляры - с мельчайшими ***венулами*** и ***артериолами.***

Всасывание продуктов расщепления жиров, содержащихся в кашицеобразном содержимом тонкой кишки **(химусе):** они всасываются в лимфатические капилляры через клетки эпителия ворсинок. Ворсинка, сокращаясь, выдавливает лимфу с содержащимися в ней мельчайшими жировыми частицами, которые проходят по лимфатическим сосудам и, минуя печень, через ***лимфатический проток*** поступают в венозную кровь.

Остальные питательные вещества попадают непосредственно в кровеносные капилляры ворсинок и через воротную вену поступают в печень, где они подвергаются дальнейшим биохимическим превращениям.

Всасывание питательных веществ через мембраны клеток эпителия происходит ***пассивно*** (путем диффузии) или ***активно,*** с участием специальных белков-переносчиков и затратами энергии.

Всасываются пассивно (примеры):

- ***глюкоза и глицерин,*** растворимые в воде (большая часть глюкозы откладывается в печени или мышцах в виде гликогена, оставшаяся часть покидает печень через печеночную вену и разносится по всем клеткам организма, где подвергается окислению в процессе клеточного дыхания);
- * ***аминокислоты,*** которые затем используются для синтеза новых белков цитоплазмы клеток, восстановления поврежденных участков тела, образования ферментов и гормонов и т.п. (Излишек

аминокислот подвергается в печени дезаминированию - отщеплению аминогрупп, которые превращаются в мочевину. Мочевина доставляется с кровью в почки и выделяется с мочой, остатки молекул аминокислот превращаются в гликоген и запасаются.)

Всасываются активно (примеры):

- ***высшие карбоновые кислоты,*** нерастворимые в воде. При всасывании они соединяются с желчными кислотами и солями, образуя комплексы (растворимые мыла), которые проходят через кишечную стенку, а затем разрушаются.

Кровеносная система

Кровеносная система (система кровообращения) - совокупность органов, обеспечивающих циркуляцию крови в организме. Состоит из ***сердца*** и ***кровеносных сосудов.*** Впервые появляется у ***кольчатых червей*** - простейших вторичнополостных животных.

Функции системы кровообращения: снабжение тканей и органов животного питательными веществами и кислородом, удаление из них продуктов обмена веществ, объединение и регулирование функций всех тканей и органов, участие в реализации иммунного ответа организма.

Кровообращение - это непрерывное движение крови по кровеносной системе, обусловленное сокращениями сердца или пульсирующих сосудов; обеспечивает обмен веществами между организмом и внешней средой. Кровообращению способствуют сокращения скелетной мускулатуры.

Кровеносные сосуды - это ***артерии, вены*** и ***капилляры,*** представляющие собой полые трубки разного диаметра, непрерывно переходящие друг в друга и образующие единую систему, связывающую между собой все ткани и органы организма и снабжающую их кровью.

Артерии - кровеносные сосуды большого и малого кругов кровообращения, по которым течет кровь от сердца к органам и тканям; имеют толстые стенки, способные сокращаться. По артериям большого круга течет ***артериальная кровь,*** богатая кислородом (эти артерии играют роль напорного резервуара, подающего кровь из сердца в капилляры); по артериям малого круга течет ***венозная кровь,*** насыщенная диоксидом углерода.

Строение артерии: стенка артерии состоит из трех слоев-оболочек. Наружный соединительнотканый слой придает артерии прочность и эластичность и богат нервами. Средний слой состоит из эластичных волокон и гладких мышечных клеток, сокращение которых регулирует диаметр просвета артерии. Внутренний слой содержит эндотелий (образованный одним слоем плоских клеток), соединительную ткань и эластичную мембрану, придающую артерии дополнительную прочность.

Артериолы - мелкие конечные разветвления артерий, переходящие в ***капилляры.***

Аорта — главная артерия кровеносной системы позвоночных; снабжает кровью все ткани и органы тела. У ***птиц, млекопитающих*** и ***человека*** она выходит из левого желудочка сердца, образуя в самом начале расширение - аортальную луковицу, поднимается вверх (восходящая аорта), поворачивает (дуга аорты) назад и влево (у млекопитающих) или назад и вправо (у птиц) и направляется вниз (нисходящая, или спинная, аорта). У ***пресмыкающихся*** артериальная аорта выходит из левой части желудочка сердца, образуя правую дугу, венозная аорта выходит из правой части желудочка сердца, образуя левую дугу; правая и левая дуги аорты затем соединяются, образуя общую аорту, несущую смешанную кровь.' У ***земноводных*** от желудочка сердца отходит артериальный конус (способный сокращаться), а от него - одна (у бесхвостых) или две (у хвостатых) пары артериальных дуг, которые затем соединяются и образуют спинную аорту.

Вены - кровеносные сосуды, по которым кровь движется к сердцу; имеют тонкие трехслойные стенки, не способные сокращаться; внутри вен расположены **полулунные клапаны,** препятствующие обратному току крови. По венам большого круга кровообращения течет венозная кровь, по венам малого круга кровообращения - артериальная.

Капилляры - тончайшие кровеносные сосуды, через эпителиальные стенки которых, состоящих из одного слоя клеток, осуществляется газообмен в легких и тканях.

Артериальная кровь - кровь, насыщенная кислородом и освобожденная от диоксида углерода; имеет ярко-алый цвет; образуется в капиллярах легких из венозной крови.

Венозная кровь — кровь, насыщенная диоксидом углерода и продуктами обмена веществ; образуется из артериальной крови в капиллярах различных тканей и органов, где кислород и питательные вещества из крови переходят в тканевую жидкость, а обратно, из тканевой жидкости в кровь, поступают диоксид углерода и продукты обмена веществ.

Сердце - центральный орган кровеносной системы, сокращениями которого осуществляется циркуляция крови по кровеносным сосудам; это главный напорный орган, выбрасывающий кровь в ***артерии*** и поддерживающий в них высокое кровяное давление. Деятельность сердца регулируется нейрогуморальными механизмами, но сердечная мышца **(миокард)** обладает ***автоматией.***

Сердце представляет собой полый мышечный орган, разделенный на две, три или четыре ***камеры -*** одно или два ***предсердия*** и один или два ***желудочка.*** Между правой и левой половинами серд-

ца имеется плотная перегородка, между предсердиями и желудочками - ***створчатые клапаны.*** Наружный слой сердца **(эпикард)** представлен соединительной тканью, внутренний слой стенки сердца **(эндокард)** образован эндотелиальными клетками.

Сердце человека заключено в околосердечную сумку **(перикард)** и расположено в средостении грудной полости.

Камеры сердца - части сердца (предсердия и желудочки), различающиеся своими функциями. Изменение числа камер сердца связано с разделением двух потоков крови - артериальной и венозной.

Двухкамерное сердце состоит из одного ***предсердия*** и одного ***желудочка,*** в таком сердце происходит полное смешивание венозной и артериальной крови; кровь из сердца выносится единым руслом. Двухкамерное сердце характерно для ***рыб.***

Трехкамерное сердце состоит из двух ***предсердий*** и одного ***желудочка.*** Из желудочка выходят два сосуда - по одному кровь поступает в большой круг кровообращения, по другому - в малый круг кровообращения. Трехкамерное сердце характерно для ***земноводных*** и большинства ***пресмыкающихся*** (кроме крокодилов). У пресмыкающихся желудочек частично (а у крокодилов - почти полностью) разделен продольной перегородкой на две части, поэтому венозная кровь смешивается с артериальной не полностью.

Четырехкамерное сердце состоит из правого и левого ***предсердий*** и правого и левого ***желудочков.*** Между правой и левой половинами сердца имеется плотная перегородка, между предсердиями и желудочками - створчатые клапаны. Потоки венозной и артериальной крови полностью разделены. Четырехкамерное сердце характерно для ***крокодилов*** (из класса пресмыкающихся), ***птиц, млекопитающих*** и ***человека.***

Предсердие - часть сердца, представляющая собой мышечную камеру, непосредственно связанную с одной из крупнейших вен кровеносной системы и являющаяся резервуаром крови для желудочков. Двухкамерное сердце имеет одно предсердие, трех- и четырехкамерные сердца - два предсердия.

Желудочек сердца - часть сердца, принимающая кровь из предсердия и выталкивающая ее в процессе своего сокращения в ***легочную артерию*** (правый желудочек у птиц и млекопитающих) или в ***дугу аорты*** (левый желудочек у птиц и млекопитающих).

Створчатый клапан - клапан сердца, расположенный по краям отверстия, соединяющего предсердие с желудочком сердца. Может открываться только в сторону желудочка.

Автоматия сердца - свойство сердечной мышцы ритмически сокращаться и расслабляться независимо от центральной нервной системы. Сокращения вызываются периодически появляющимися

в самой сердечной мышце ***(миокарде)*** электрическими импульсами возбуждения, генерируемыми клетками ***узла-водителя ритма сердца.*** Импульсы возбуждения от этого узла передаются по ***проводящей системе сердца*** сначала сократительной мускулатуре предсердий, а затем сократительной мускулатуре желудочков сердца.

Узел-водитель ритма сердца - участок поперечнополосатой сердечной мышцы **(миокарда),** содержащий видоизмененные мышечные волокна, в которых происходит образование ритмических электрических импульсов, задающих ритм сердечных сокращений. Расположен в стенке правого предсердия вблизи места впадения верхней полой вены.

Проводящая система сердца расположена в устьях полых вен и перегородке сердца; обеспечивает автоматию сердца за счет клеток, которые генерируют электрические импульсы возбуждения в сердечной мышце.

•> **Сердечный цикл** - период сокращения и расслабления сердца; состоит из:

- ***систолы*** (последовательного сокращения сначала предсердий, а затем желудочков);
- ***диастолы*** (последовательного расслабления предсердий и желудочков);
- ***паузы*** (пребывания предсердий и желудочков в расслабленном состоянии).

• **Регуляция работы сердца:**

- ***нервная*** регуляция сокращений сердца осуществляется вегетативной нервной системой (ВНС); при этом:
  - симпатическая часть ВНС повышает возбудимость сердца, увеличивает частоту сердечных сокращений, усиливает их, способствует лучшему проведению возбуждения;
  - парасимпатическая часть ВНС снижает возбудимость сердца, уменьшает частоту сердечных сокращений, ослабляет их, замедляет проведение возбуждения;
- ***гуморальная*** регуляция работы сердца осуществляется рядом веществ, выделяемых различными органами в кровь; при этом:
  - адреналин и ионы кальция действуют аналогично симпатической части ВНС,
  - ацетилхонин (образуется в синапсах) действуют аналогично парасимпатической части ВНС.

Систолическое давление - кровяное давление в момент сокращения желудочков сердца. Наибольшее давление наблюдается в артериях, отходящих от сердца; в других сосудах давление постепенно понижается по мере удаления от сердца из-за замедления движения крови, вызванного ее трением о стенки сосудов.

Диастолическое давление - минимальное кровяное давление в промежутке между сокращениями сердца.

- **Классификация кровеносных систем** по степени ***замкнутости-.***
- ***открытые (незамкнутые)*** кровеносные системы;
- ***замкнутые*** кровеносные системы.

Открытая (незамкнутая) кровеносная система - кровеносная система, в которой кровеносные сосуды открываются в полостные промежутки между органами, в результате чего кровь смешивается с различными тканевыми жидкостями и непосредственно омывает все органы; затем кровь снова собирается в сосуды. Характерна для ***моллюсков, членистоногих*** и др.

Особенности открытой системы кровообращения: хорошо развитое сердце (поскольку циркуляция крови в полостях между органами замедляется, и ее проталкивание по сосудам требует дополнительных усилий), высокое давление крови, трудности регулирования распределения крови и ее медленное возвращение к сердцу.

- Благодаря высокому давлению кровь может выполнять функцию гидростатического скелета и обеспечивать движение не-
- которых частей тела, придавая им ***тургор*** *(пример-,* давление гемолимфы обеспечивает разгибание члеников конечностей ***пауков,*** у которых отсутствуют мышцы-разгибатели).

Преимущество открытой системы кровообращения: благодаря непосредственному контакту крови .с клетками обеспечивается эффективный и своевременный, приток питательных веществ ко всем клеткам тела.

Замкнутая кровеносная система - кровеносная система, в которой кровь движется исключительно по замкнутой системе кровеносных сосудов от сердца (сердец) к органам и тканям и затем, не выходя из этой системы, возвращается к сердцу; выход крови из сосудов происходит только в результате нарушения их целостности (травмы и т.п.). Обладает высокой динамичностью. Характерна для ***головоногих моллюсков, иглокожих*** и ***хордовых животных*** (у последних она устроена наиболее сложно).

- **Классификация кровеносных систем** по количеству ***кругов кровообращения:***
- кровеносные системы с ***одним*** кругом кровообращения;
- кровеносные системы с ***двумя*** кругами кровообращения.

Круг кровообращения - замкнутая система сосудов, по которой осуществляется движение крови.

Один круг кровообращения характерен для водных животных с ***двухкамерным сердцем,*** дышащих с помощью ***жабр (рыб*** **и** ряда других ***низших позвоночных).*** У этих животных кровь проталкивается сердцем по артериям к жабрам, где она обогащается кислородом, а затем попадает в спинную аорту, которая, разветвляясь, разносит кровь к остальным органам и тканям; обратно к сердцу кровь возвращается по венам.

- **Преимущество** однокруговой системы кровообращения: вся кровь, приходящая к клеткам тела, обогащена кислородом.
- Ее **недостаток** то, что кровь в капиллярах жабер, **в** аорте и капиллярах органов находится под низким давлением, что снижает скорость поступления кислорода и питательных веществ в клетки и ограничивает скорость клеточного метаболизма.

Два круга кровообращения (*большой* и ***малый)*** характерны для животных с ***трех-*** и ***четырехкамерным сердцем*** и ***легочным*** дыханием. Переход крови из малого круга кровообращения в большой и из большого круга в малый происходит в сердце. Конкретная структура кругов кровообращения зависит от строения сердца (является оно двух-, трех- или четырехкамерным).

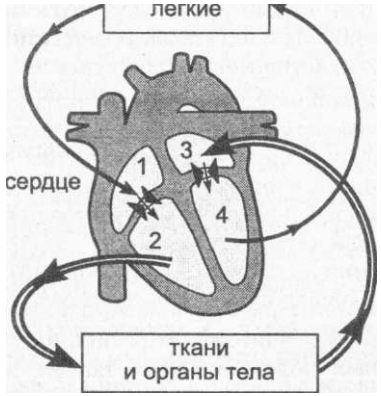
Большой круг кровообращения - это система кровеносных сосудов, по которым насыщенная кислородом кровь протекает от сердца ***к тканям*** и обратно ***(по всему телу).*** У ***земноводных*** он начинается из (единственного) желудочка артериальным конусом, у ***пресмыкающихся*** - из левой части желудочка, у ***птиц*** и ***млекопитающих*** - из левого желудочка. Протекая через капилляры большого круга кровообращения, кровь отдает кислород, насыщается диоксидом углерода и через ***нижнюю*** и ***верхнюю полые вены*** поступает в правое предсердие.

Сердечный круг кровообращения - это *часть большого круга кровообращения,* представляющая собой относительно небольшую систему кровеносных сосудов, обеспечивающих снабжение кислородом мышц сердца. У млекопитающих образован двумя артериями (называемыми **венечными),** выходящими из левого желудочка сердца, охватывающими сердце словно короной, и разветвляющимися внутри сердца на множество мелких сосудов; возврат крови осуществляется непосредственно в полость сердца.

Малый круг кровообращения - это система кровеносных сосудов, по которым кровь протекает от сердца ***к органам дыхания*** и обратно ***(легочный круг).*** У ***земноводных*** начинается из единственного желудочка сердца, у ***пресмыкающихся*** - из правой части желудочка, у ***птиц*** и ***млекопитающих*** - из правого желудочка. Далее кровь через ***легочную артерию*** поступает в легкие, обогащается кислородом и возвращается по ***легочным венам*** **в** левое предсердие.

" Для функционирования двухкруговой системы кровообращения необходимо, чтобы кровь, поступающая из легких, не смешивалась с кровью, поступающей из остальных органов; в противном случае часть обогащенной кислородом крови воз-

вращалась бы снова к легким, а к органам и тканям разносилась бы обедненная кислородом кровь. Предотвратить смешение крови позволяет разделение сердца на две половины, в одну из которых поступает богатая кислородом кровь из легких, а в другую - бедная кислородом кровь от организма.



малый круг кровообращения

большой круг кровообращения

Рис 8.12. **Схема кругов кровообращения у птиц и млекопитающих:**

1 - левое предсердие, 2 - левый желудочек, 3 - правое предсердие, 4 - правый желудочек

- **Преимущества двухкруговой системы кровообращения:**
  - кровь, проходя по легочным капиллярам, находится под очень низким давлением (в противном -случае из крови в легкие поступало бы очень много жидкости, наполняя легкие водой);
  - кровь от легких снова проходит через сердце, где ее давление значительно повышается, что обеспечивает продвижение крови ко всем клеткам тела, нагнетание крови в почки, где она очищается, и проталкивание плазмы с растворенными в ней веществами из капилляров во внеклеточную жидкость.

Лимфатическая система

Лимфатическая система - это совокупность лимфатических капилляров и сосудов, по которым циркулирует лимфа. Характерна для рыб, амфибий, рептилий, птиц, млекопитающих и человека. Через эту систему в кровь поступают вода, соли, белки и вещества с крупными молекулами (гормоны, всосанные в кишечнике жиры и др.); она также участвует в создании иммунитета и защите организма от болезнетворных микроорганизмов.

Движение лимфы у многих рыб, земноводных и пресмыкающихся происходит под действием лимфатических сердец, у млекопитающих и большинства птиц оно осуществляется за счет сокращения мышц, окружающих лимфатические сосуды. Обратному току лимфы препятствуют специальные клапаны, имеющиеся в крупных сосудах. Лимфоток невелик (у человека он не

превышает 2 мл/мин), но очень важен для освобождения тканей от избыточной жидкости. Если лимфы образуется больше, чем оттекает, то жидкость задерживается в тканях и возникает **отек.**

Крупные лимфатические сосуды открываются в кровяное русло. У человека лимфатические сосуды, идущие от ног, объединяются с лимфатическими сосудами пищеварительного тракта, образуя грудной **проток,** который открывается в кровяное русло в области шеи через левую подключичную вену. **Правый лимфатический проток** изливает лимфу в кровь через правую подключичную вену.

Отводящие лимфатические сосуды - сосуды, выходящие из каждого органа или части тела.

Выносящие лимфатические сосуды - сосуды, выходящие из лимфатического узла.

Лимфатические узлы (лимфатические железы) - органы лимфатической системы, представляющие собой расположенные по ходу лимфатических-сосудов округлые образования, в которых образуются лимфоциты. Лимфатические узлы имеют узкие полости **- синусы,** в которых ток лимфы сильно замедляется, что способствует захвату лейкоцитами (фагоцитами) микроорганизмов и инородных тел, перенесенных сюда лимфой из тканей, и препятствует их попаданию в кровь.

Система газообмена

Газообмен - это дыхание на ***организменном*** уровне, т.е. совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода, использование его для окисления органических веществ с высвобождением энергии и выделение углекислого газа в окружающую среду.

- **Этапы газообмена:** внешнее дыхание, транспорт газов в крови, внутреннее дыхание, тканевое (клеточное) дыхание.

Внешнее дыхание - это газообмен между атмосферным воздухом и кровью; обеспечивается ***дыхательной системой.***

Внутреннее дыхание - газообмен между кровью и тканями.

Тканевое (клеточное) дыхание - расщепление органических веществ в клетках организма до двуокиси углерода и воды, происходящее при участии кислорода и сопровождающееся высвобождением энергии.

Механизм газообмена. Газообмен происходит по законам диффузии. Венозная кровь из легочной артерии поступает в капилляры легких. По законам диффузии молекулы кислорода переходят из мест с большей концентрацией (из ***альвеол)*** в места с меньшей концентрацией (в ***капилляры),*** в то же время молекулы двуокиси углерода диффундируют в противоположном направлении. Кислород, попав в кровь, растворяется в плазме и соединяет-

ся с гемоглобином, в результате кровь становится ***артериальной*** и по четырем легочным венам поступает в левое предсердие.

• **Основные типы газообменных структур** у животных:
" вся поверхность тела;
• трахеи;
• жабры;
• легкие с дыхательными путями.

Кожное дыхание осуществляется ***всей поверхностью тела,*** снабженной обильной сетью кровеносных сосудов, и происходит путем пассивной диффузии; его основной движущей силой является разность концентраций газов вне и внутри тканей организма.

• Кожное дыхание характерно для ***очень мелких животных*** (плоских червей, коловраток, клещей и др.) и некоторых животных, обладающих специализированными, но неэффективными органами дыхания ***(примеры:*** имеющие жабры угри, имеющие легкие лягушки).

Трахеи - сложная система воздухоносных тонкостенных ветвящихся дыхательных трубочек, которые начинаются наружными отверстиями на теле - **дыхальцами** и подходят ко всем тканям организма, обеспечивая поступление в них кислорода и выход углекислого газа ***без участия кровеносной системы.*** Воздух в трахеи поступает пассивно (путем диффузии) или активно (с помощью дыхательных движений).

• Трахейное дыхание характерно для некоторых ***беспозвоночных*** (насекомых, пауков, многоножек).
• **Недостатки** трахейного дыхания: оно эффективно лишь при небольших размерах животных (насекомые), кроме того, любой яд из воздуха легко проникает ко всем клеткам, чем пользуется человек, избавляясь от вредных насекомых путем распыления различных инсектицидов.

Трахейные жабры - выросты стенок тела с расположенными внутри ветвящимися трахеями, в которые из воды поступает кислород (вследствие разницы его парциальных давлений). Характерны для личинок водных насекомых (стрекоз и др.).

Жабры - органы газообмена водных животных, представляющие собой тонкостенные, нитевидные или перистые выросты тела, пронизанные густой сетью кровеносных капилляров, через тонкие стенки которых происходит газообмен между водной средой и кровью. Могут быть разными по происхождению, строению и положению в теле.

• **Функции жабер:** газообмен, обеспечение водно-солевого обмена (поглощают и выделяют воду и ионы солей), выделение азотистых продуктов обмена - аммиака и мочевины.

• Жаберное дыхание характерно для многощетинковых кольчатых червей, большинства моллюсков, ракообразных, рыб, личинок земноводных. У рыб в жабрах используется явление противотока: кровь в капиллярах жаберных лепестков течет в направлении, противоположном току воды, омывающей жабры; это позволяет наиболее эффективно извлекать кислород из воды.

Легкое - специализированный орган дыхания земноводных, пресмыкающихся, птиц, млекопитающих, некоторых беспозвоночных и рыб, представляющий собой (в простейшем варианте) тонкостенную, выстланную дыхательным эпителием полость, в которую свободно проникает воздух и стенки которой густо пронизаны кровеносными капиллярами; в кровь из легкого диффундирует кислород, из крови в легкое - двуокись углерода. Снаружи легкие покрыты ***плеврой.***

•> **Основная функция легких:** обеспечение газообмена между внешней средой и организмом.

• **Регуляция работы легких:**
• ***нервная регуляция*** работы легких осуществляется дыхательным центром продолговатого мозга, который координирует работу всех мышц, участвующих в механическом обеспечении дыхания, вызывая их поочередное сокращение и расслабление, что приводит к вдоху или выдоху;
" ***автоматия*** дыхательного центра обусловлена импульсами, поступающими от нервных окончаний легких, мышц, суставов;
• ***гуморальная*** регуляция работы легких осуществляется в основном концентрацией двуокиси углерода в крови:
- увеличение концентрации $C0_2$ в крови, омывающей дыхательный центр, повышает его возбудимость, что приводит к более частому и глубокому дыханию;
- уменьшение концентрации $C0_2$ в крови снижает его возбудимость и делает дыхание более спокойным;
- повышение возбудимости дыхательного центра также может вызвать снижение концентрации кислорода в крови.

Легкие образуются путем эктодермального впячивания поверхности тела (у беспозвоночных) или энтодермального выпячивания кишки (у позвоночных).

У птиц и млекопитающих легкие являются парными и имеют (соответственно) губчатое и альвеолярное строение. Площадь дыхательного эпителия в легких очень велика за счет присутствия в легочной ткани многочисленных мельчайших легочных пузырьков - **альвеол,** густо оплетенных снаружи кровеносными капиллярами, через стенки которых и происходит газообмен между альвеолярным воздухом и кровью.

Плевра - оболочка, выстилающая у наземных позвоночных легкие **(легочная плевра)** и грудную полость **(пристеночная плевра).** Между легочной и пристеночной плеврой находится **плевральная полость,** в которой находится небольшое количество жидкости, уменьшающей трение плевры во время дыхания.

- **Типы легких:** ***диффузионные*** **и** ***вентиляционные.***

В диффузионных легких газообмен осуществляется только путем диффузии. Такие легкие характерны для относительно небольших животных: легочных моллюсков, пауков, скорпионов.

В **вентиляционных легких** газообмен осуществляется при постоянном обновлении среды у поверхности дыхательного эпителия путем ее движения **(вентиляции)** в процессе дыхания, что позволяет поддерживать высокую скорость поступления кислорода к обменной мембране легкого. Вентиляционные легкие имеются только у наземных позвоночных.

- **Способы обеспечения вентиляции:**
  - работой ресничного эпителия (моллюски, ланцетник);
  - дыхательными ритмическими движениями всего тела (малощетинковый червь трубочник, пиявки);
  - заглатыванием воздуха ртом (лягушки и тритоны): при опускании ротового дна воздух входит в ротовую полость, при его поднимании (при закрытых ноздрях) воздух проталкивается в легкие; воздух выталкивается назад сокращением брюшных мышц; и ' "
  - нагнетанием воздуха в легкие путем расширения грудной клетки (у большинства рептилий, исключение - черепахи, обладающие твердым панцирем и заполняющие легкие путем заглатывания; у птиц, когда они не летают);
  - использованием воздушных мешков (у птиц во время полета), которые играют роль мехов, продувающих воздух через легкие, и в полете при взмахах крыльев сжимаются и расправляются;
  - одновременно за счет расширения грудной клетки и за счет сокращения диафрагмы (у млекопитающих).

Дыхательные пути - это выстланные мерцательным эпителием каналы, по которым воздух поступает в легкие.

- **Дыхательные пути млекопитающих:** носовая полость, носоглотка, ротоглотка, гортань, трахея, бронхи, бронхиолы.

Функции носовой полости: очищение воздуха от пыли и микроорганизмов (благодаря мерцательному эпителию и лейкоцитам), согревание и увлажнение воздуха (имеется много кровеносных сосудов и слизистых желез), обонятельная (имеются обонятельные рецепторы).

Носоглотка - отдел дыхательных путей, верхняя часть глотки.

Ротоглотка - отдел, в котором перекрещиваются дыхательные и пищеварительные пути.

Гортань - один из начальных отделов ***дыхательного пути у*** позвоночных, находящийся между носоглоткой и трахеей. Образована несколькими подвижно соединяющимися хрящами и прикрепленными к ним мышцами и связками (у человека самый крупный хрящ - **щитовидный,** он защищает гортань спереди). Гортань состоит из двух сообщающихся полостей, между которыми находится узкая **голосовая щель,** ограниченная **голосовыми связками,** участвующими в образовании звука.

Бронхи - трубчатые воздухопроводящие пути, отходящие от трахеи, выстланные слизистой оболочкой с мерцательным эпителием и «одетые» обычно неполными хрящевыми кольцами. У большинства животных и человека трахея делится на два ***главных бронха.*** Бронхи разветвляются до ***бронхиол*** (у человека их около 25 млн.) и образуют единое ***бронхиальное дерево***, проводящее воздух к альвеолам легких.

Бронхиолы лишены хрящевых колец и заканчиваются микроскопическими, заполненными воздухом ***альвеолами.***

Альвеолы (*легочные пузырьки)* представляют собой полые образования, состоящие из специфических клеток на концах тончайших бронхиол в легких и оплетенные кровеносными капиллярами.

* Точно так же называются лунки в челюстях у млекопитающих, где помещаются шейки и корни зубов.

Выделительная система

Выделительная система - система органов, выводящая из организма животных во внешнюю среду избыток воды, витаминов, гормонов, продукты обмена веществ, соли, а также ядовитые вещества, поступившие в организм или образовавшиеся в нем.

- Кроме того, выделительная система поддерживает определенную концентрацию воды в клетках и теле, определенный уровень давления крови в кровеносной системе и др.

Выделение (экскреция) - удаление из организма в окружающую среду конечных продуктов обмена веществ - воды, солей, газов и др.

Токсические вещества, образующиеся в организме при распаде аминокислот, нуклеиновых кислот и других азотистых соединений (расположены в порядке снижения токсического эффекта): ***аммиак*** (очень токсичен; легко диффундирует через любую поверхность, соприкасающуюся с водой), ***мочевина, мочевая кислота*** (практически неядовита, осмотически неактивна, не требует воды для выведения из организма).

- **Классификация групп животных** в зависимости от того, с каким из токсических веществ преимущественно выводится из организма ***азот:***
  - **аммонийтелические** животные: водные беспозвоночные, костистые рыбы, личинки и постоянно живущие в воде земноводные (выделяют аммиак);
  - **уреотелические** животные: наземные ресничные черви, взрослые земноводные и млекопитающие (выделяют мочевину);
  - **урикотелические** животные: наземные насекомые, пауки, некоторые пресмыкающиеся, птицы (выделяют мочевую кислоту).
- **Способы выведения ненужных веществ** из организма:
  - путем диффузии через поверхность тела (у ***низших водных многоклеточных*** (например, у ***кишечнополостных***) и ***малоактивных морских животных (иглокожих);***
  - с помощью специальных выделительных органов (у других, более высокоорганизованных групп животных).
- **Выделительные органы,** через протоки и поры которых отходы жизнедеятельности и избыток веществ выводятся из организма в окружающую среду (у беспозвоночных животных эти органы открываются наружу):
  - ***протонефридии*** (у плоских червей, некоторых трупп кольчатых и круглых червей, личинок моллюсков);
  - ***метанефридии*** (у ряда кольчатых червей, членистоногих, моллюсков);
  - ***антеннальные железы*** (у ракообразных);
  - ***мальпигиевы сосуды*** (у насекомых и паукообразных);
  - ***ночки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал*** (у позвоночных);
  - ***кожа, легкие, печень.***
- > Процессы, лежащие в основе функционирования выделительных органов: ***ультрафильтрация*** и ***активный транспорт.*** Они, как правило, взаимно дополняют друг друга.

При **ультрафильтрации** жидкость под давлением проходит через полупроницаемую мембрану, которая задерживает белки и другие крупные молекулы, но пропускает воду и низкомолекулярные растворенные вещества.

Активный транспорт - это перенос растворенных веществ против электрохимического градиента, требующий затрат энергии. В выделительных органах осуществляются два направления активного транспорта: ***активная секреция*** и ***активная реабсорбция.***

Активная секреция - это активный транспорт веществ из внутренней среды животного в полость экскреторного органа.

Активная реабсорбция - это активный транспорт веществ из полости экскреторного органа во внутреннюю среду животного.

Протонефридии - органы выделения у ряда беспозвоночных животных, не имеющих полости тела. Состоят из одного или нескольких ***ветвящихся*** по всему телу канальцев, концы которых со стороны полости тела слепо замыкаются оконечной, расширенной в виде луковицы звездчатой клеткой, на которой имеется пучок ресничек (у «***пламенной» клетки)*** или один или несколько жгутиков (у клетки***-соленоцита).*** Подлежащие выведению вещества поступают к протонефридию из тканей и органов и фильтруются через специальные клетки замкнутого конца протонефридия. Фильтрации способствует постоянное движение ресничек или жгутиков оконечной клетки, создающих градиент концентрации. В результате фильтрации в канальцах образуется ***моча.*** Канальцы впадают в главный канал протонефридия, открывающийся во внешнюю среду одной или несколькими порами.

Метанефридии - сегментарно расположенные парные выделительные органы беспозвоночных, обладающих вторичной полостью тела (***целомом).*** Представляют собой трубчатые ***неветвящиеся*** каналы (могут быть длинными и петлевидно изогнутыми), открывающиеся одним концом ***(ресничной воронкой)*** во вторичную полость тела предыдущего сегмента, другим концом - выделительной порой - наружу. В воронку поступает целомическая жидкость, продвигаемая ресничками. В канале происходит реабсорбция органических веществ и солей, в результате чего образуется вторичная ***моча,*** которая выводится из организма.

- Протонефридии и метанефридии функционируют как ***фильтрационно-реабсорбционная почка,*** в которой жидкость сначала образуется путем фильтрации, а затем ее состав видоизменяется при прохождении по мочевому канальцу.

Антеннальные железы - парные компоненты выделительной системы ракообразных, удаляющие продукты обмена из полостной жидкости. Каждая железа состоит из концевого мешочка и отходящего от него железистого канала, заканчивающегося мочевым пузырем, который открывается выделительной порой у основания антенн ракообразного. В железистом канале осуществляются фильтрационно-абсорбционные процессы, а также активная секреция некоторых веществ.

Мальпигиевы сосуды - органы выделения у паукообразных и насекомых. Состоят из длинных, трубчатых, слепых выростов кишечника, внутренние поверхности которых густо покрыты микроворсинками. обеспечивающими высокую активность секреторного эпителия. Слепые концы мальпигиевых сосудов находятся в гемоцеле, а их открытые концы впадают в пищеварительный канал в месте соединения средней и задней кишок (см. также с. 429).

Мальпигиевы сосуды окружены кровью, причем значительной разницы давлений крови по обе стороны стенки мальпигиевых сосудов нет. В этом случае ультрафильтрация не играет заметной роли, и образование мочи в канальцах мальпигиевых сосудов идет за счет активного транспорта жидкости с высокой концентрацией продуктов азотистого обмена. Затем моча поступает в заднюю кишку, где из нее реабсорбируется вода. Обезвоженные конечные продукты обмена вместе с непереваренными остатками пищи удаляются через анальное отверстие.

• Мочевыделительная система ***позвоночных*** состоит из парных ***почек,*** отходящих от них ***мочеточников, мочевого пузыря*** и ***мочеиспускательного канала.***

Почки - парный орган выделения ***позвоночных.***

Функции почек: почки выводят из организма конечные продукты обмена веществ, избыток солей, воды, чужеродные и токсичные соединения; регулируют состав крови, объемы лимфы и тканевой жидкости, кислотно-щелочное равновесие, участвуют в поддержании артериального давления, обеспечивают постоянство внутренней среды организма (гомеостаз), секретируют некоторые биологически активные вещества.

Почки ***водных позвоночных*** - первичные (туловищные) почки; представляют собой длинные, пронизанные тонкими канальцами органы, расположенные вдоль полости тела. Канальцы таких почек открываются в полость тела и извлекают конечные продукты обмена веществ из целомической жидкости.

Почки ***наземных позвоночных*** - вторичные (тазовые) почки (у рептилий, птиц, млекопитающих) представляют собой парные органы бобовидной формы, расположенные в полости тела, ближе к спинной стороне. Вогнутый край почки имеет борозду - ворота почки, через которые проходят мочеточник, нервы, кровеносные и лимфатические сосуды. Снаружи почка одета плотной гладкой соединительной капсулой. В теле почки имеется два слоя - наружный (более темный) - ***корковое вещество*** и внутренний (более светлый, образующий в теле почки характерные «пирамидки») - ***мозговое вещество***; между «пирамидками» мозгового вещества имеются столбики коркового вещества. В корковом веществе находятся капсуль! ***нефронов,*** а в мозговом веществе - канальцы нефронов. Собирательные протоки нефронов открываются в ***почечную лоханку,*** в которой собирается моча. Лоханка суживается и переходит в ***мочеточник.***

Регуляция работы почек: работа почек регулируется симпатической и парасимпатической частями вегетативной нервной системы и некоторыми гормонами; центр мочеиспускания находится в спинном мозге.

Нефрон - структурно-функциональная единица почки позвоночных. Состоит из ***почечного тельца*** в виде чашеобразной ***капсулы,*** образованной клубочком кровеносных капилляров, и отходящего от нее сложного петлеобразного тончайшего ***почечного канальца,*** начало которого слепое и охватывает клубочек. Отойдя от клубочка, почечный каналец проникает в мозговое вещество почки, затем, образуя петлю, возвращается снова в корковое вещество и образует там ***собирательный проток.*** Собирательные протоки нескольких нефронов сливаются и открываются в ***почечную лоханку*** - воронкообразную сплющенную полость с тонкими стенками. Почечные лоханки открываются в ***мочеточник.*** В нефроне происходит фильтрация плазмы крови и образование мочи.

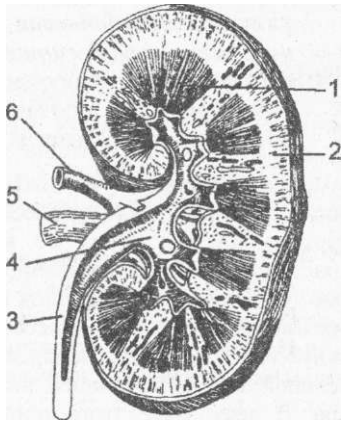


Рис. 8.13. Строение почки млекопитающих:
1 - нефрон, 2 - корковый слой, 3 - мочеточник, 4 - почечная лоханка, 5 - вена, 6 - артерия

Мочеточники - выводные протоки почек, отводящие мочу в ***мочевой пузырь.*** Имеют вид трубочек с толстыми мышечными стенками. Движение мочи по мочеточнику происходит в результате волнообразно распространяющихся сокращений мышц.

Мочевой пузырь - полый мышечный орган, в стенке которого имеются гладкие мышцы. Служит резервуаром для временного хранения накапливающейся мочи, растягивается по мере ее накопления. Имеется у большинства позвоночных и некоторых беспозвоночных (например, у пиявок).

Мочеиспускательный канал (уретра) - канал, предназначенный для вывода мочи за пределы организма.

Моча - продукт выделения позвоночных животных и человека; образуется в почках. У наземных позвоночных подразделяется на ***первичную мочу*** и ***вторичную*** (конечную) ***мочу.***

Первичная моча - моча, образующаяся в почечных клубочках в результате фильтрации плазмы крови и не содержащая крупных молекулярных белков и форменных элементов крови.

Вторичная моча - моча, образующаяся в почечных канальцах в результате обратного всасывания (реабсорбции) воды, глюкозы, ионов натрия, калия, кальция и др.

- **Процессы, лежащие в основе мочеобразования** в почках позвоночных: ***клубочковая фильтрация, каиальцевая реабсорбция, каиальцевый синтез*** и ***кансизьцевая секреция***
  * В результате этих процессов образуется ***вторичная моча,*** которая поступает в почечную лоханкуи затем по мочевыволящим путям выводится из организма.

Клубочковая фильтрация представляет собой процесс перехода плазмы крови со всеми растворенными в ней веществами, за исключением белков с высокой молекулярной массой, из клубочка ***капсулы нефрона*** в слепой конец почечного канальца. В результате этого процесса образуется ***первичная моча,*** которая поступает в почечный каналец.

- Каждая капля крови проходит через почки и фильтруется там несколько сот раз в сутки. Однако большая часть воды, фильтруемой в почках, вновь поступает в организм через нефроны, а вторичной мочи образуется лишь небольшое количество.

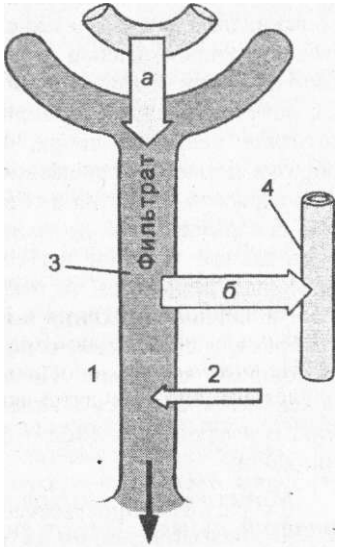


Рис. 8.14. Схема процесса образования мочи в нефроне:
а - клубочковая фильтрация,
б - канальцевая реабсорбция,
1 - каиальцевый синтез,
2 - канальцевая секреция,
3 - почечный каналец, 4 - капилляр

Канальцевая реабсорбция - обратное всасывание (реабсорбция) воды, аминокислот, глюкозы, витаминов, нужных организму солей в почечном канальце путем, в основном, активного переноса.

Каиальцевый синтез обычно начинается в клетках канальцевого эпителия и завершается в просвете почечного канальца. В частности, в канальцевом эпителии многие аминокислоты теряют группу >Ш$_3$. Полученный при этом аммиак диффундирует в просвет почечного канальца, где, соединяясь с ионами водорода, образует азотоводородный ион, который удерживается мочой и с ней выводится из организма.

Канальцевая секреция - это избирательная секреция, происходящая за счет активного транспорта и служащая для регуляции содержания в крови бикарбонатов и ионов водорода и калия, а также для удаления из организма инородных веществ (ядов, лекарственных препаратов и т.п.).

- **Регуляция деятельности почек** осуществляется действием ***нервно-рефлекторного*** и ***гуморального*** механизмов.
  " Действие **нервно**-рефлекторного **механизма:** возбуждение симпатических нервов почки приводит к сужению почечных сосудов - приносящих ***артериол*** (тогда фильтрация плазмы замедляется) или выносящих ***артериол*** (тогда фильтрация плазмы усиливается).
- **Примеры действия гуморального механизма:**
  - гормон задней доли гипофиза - ***вазопрессин*** - уменьшает мочеотделение путем увеличения обратного всасывания воды при поступлении в организм избыточного количества солей;
  - гормон щитовидной железы - ***тироксин*** - усиливает мочеотделение;
  - гормон мозгового вещества надпочечников - ***адреналин*** - уменьшает мочеотделение.
- **Участие кожи, легких и печени** высших позвоночных животных в выделительной системе.
- Из ***кожных*** кровеносных капилляров в протоки потовых желез активно выводятся вода, мочевина и соли; при этом вода испаряется, что приводит к потере тепла и способствует терморегуляции организма.
- Через ***печень*** выводятся желчные пигменты, образующиеся при расщеплении гемоглобина старых эритроцитов (сначала эти пигменты поступают с желчью в двенадцатиперстную кишку, а затем выводятся из организма с каловыми массами).
- В ***печени*** происходит ферментативное дезаминирование аминокислот, не используемых в данный момент клетками для синтеза белка. При этом образуется аммиак, который идет либо на синтез других аминокислот или азотистых оснований, либо превращается в мочевину, которая затем с кровью доставляется к почкам и выводится из организма.
- Через ***легкие*** выводится диоксид углерода - один из основных конечных продуктов дыхания.

Нервная система

Нервная система - это совокупность различных структур нервной ткани, объединяющая и регулирующая деятельность всех органов и систем организма.

Диффузная нервная система (ДНС) представляет собой сеть нервных клеток, соединенных между собой отростками и сравнительно равномерно размещенных по всему телу. **В ДНС** некоторых животных возможны участки концентрации нервных клеток.

Достоинства ДНС: множество связей между ее элементами обеспечивает широкую взаимозаменяемость и большую надежность функционирования системы и предоставляет возможность любой части тела для самостоятельного рефлекса.

Недостатки ДНС: в ней отсутствуют длинные проводящие путей и разделение на центральную и периферическую части, поэтому она относительно медленно проводит раздражение от нейрона к нейрону, и реакции организма имеют неточный, расплывчатый характер.

Стволовая нервная система (ортогон) отличается наличием в голове животного ***двух*** сгущений тел нервных клеток в виде компактных, четко выраженных и соединенных друг с другом узлов (головных ***ганглиев),*** от которых отходят вдоль тела два (четыре) брюшных ***нервных ствола,*** соединенных поперечными нервными перемычками.

Узловая, или **ганглионарная,** нервная система отличается концентрацией тел нервных клеток в компактные, четко выраженные узлы **(ганглии),** внутри которых образуется сплетение отростков и осуществляется контакт между отдельными нейронами. Ганглии соединяются друг с другом **нервными стволами,** состоящими из параллельно идущих аксонов, быстро проводящих нервные импульсы; промежуточные участки нервных стволов полностью лишены тел нервных клеток. Нейроны, сосредоточенные в ганглиях, образуют **центральную нервную систему;** нейроны, по которым информация поступает в нервные центры, называются **центростремительными,** или **чувствительными;** нейроны, по которым информация от нервных центров передается к исполнительным органам (мышцам, железам), называются **центробежными,** или **двигательными.** Нервные клетки, воспринимающие импульсы от других нейронов и передающие их нервным клеткам, называются **вставочными,** или **интернейронами.**

Достоинства узловой нервной системы: для этой системы характерна дифференциация нейронов в соответствии с выполняемыми ими функциями. В узловой нервной системе очень велика роль ганглиев головного отдела; кроме того, благодаря специализации нейронов нервный импульс проводится по жестко определенным путям, что обеспечивает быстроту и точность ответных реакций организма.

Трубчатая нервная система - нервная система в виде трубки, расположенной на спинной стороне тела. У позвоночных представлена сложно организованным ***головным мозгом*** и непарным ***спинным мозгом,*** тянущимся вдоль тела в виде утолщенной трубки с узким центральным каналом, заполненным спинномозговой жидкостью. От головного и спинного мозга отходят многочисленные парные нервы, составляющие ***периферическую нервную систему.*** По ходу нервов могут располагаться скопления нервных клеток (ганглии), также относящиеся к периферической нервной системе.

Центральная нервная система - основная часть трубчатой нервной системы, представленная ***головным*** и ***спинным мозгом.***

Периферическая нервная система - часть трубчатой нервной системы, представленная ***нервами,*** соединяющими центральную нервную систему с сенсорными органами, рецепторами и эффекторами (мышцами, железами), ***нервными узлами*** и ***сплетениями.***

Нервные узлы, или **ганглии,** - скопления тел нервных клеток, находящиеся вне головного и спинного мозга (т.е. вне центральной нервной системы).

Головной мозг - орган центральной нервной системы позвоночных и человека, расположенный в мозговом отделе черепа. Развивается из головного отдела нервной трубки, где вначале образуются три мозговых пузыря - передний, средний и задний, а затем передний и задний пузыри разделяются на два, и образуется пять мозговых пузырей, из которых развиваются соответствующие отделы мозга. Мозговая ткань в полостях первичных пузырей разрастается, и пузыри превращаются в желудочки мозга.

От головного мозга отходят черепномозговые нервы (у рыб и земноводных - 10 пар, у пресмыкающихся, птиц, млекопитающих - 12 пар), осуществляющие иннервацию расположенных в головном отделе органов чувств, а также поперечнополосатой мускулатуры, управляющей движением глазных яблок, языка и жевательных мышц.

- **Отделы головного мозга:**
  - ***передний*** мозг,
  - ***промежуточный*** мозг,
  - ***средний*** мозг,
  - ***мозжечок*** или ***задний*** мозг (у человека);
  - ***продолговатый*** мозг.

Передний мозг - отдел головного мозга у позвоночных животных и человека, участвующий в управлении сложным поведением, в том числе выработкой условных рефлексов.

Промежуточный мозг - отдел головного мозга у позвоночных животных и человека, расположенный между большими полушариями и средним мозгом; содержит центры, обрабатывающие нервные импульсы, поступающие в большие полушария мозга, а также центры, управляющие деятельностью внутренних органов.

Средний мозг - отдел головного мозга у позвоночных животных и человека, состоящий из четверохолмия и ножек ***моста;*** содержит центры ориентировочных рефлексов, возникающих в ответ на зрительные и звуковые раздражители; участвует в регуляции движений и поддержании мышечного тонуса.

Задний мозг - отдел головного мозга у приматов и человека, состоящий из ***моста*** и ***мозжечка.***

Продолговатый мозг - отдел головного мозга у позвоночных животных и человека, являющийся непосредственным продолжением спинного мозга и вверху граничащий с мостом; в нем находятся центры, управляющие дыханием, пищеварением и кровообращением.

Кора больших полушарий головного мозга - слой ***серого вещества,*** образованного телами и дендритами нейронов. У низших животных она гладкая, у высших животных имеет борозды и извилины, увеличивающие ее поверхность. Собирает, обрабатывает и анализирует информацию от всех сенсорных и двигательных систем организма; играет главную роль в образовании сложных условных рефлексов, а у человека является органом его психической деятельности и сознательного мышления.

- **Области (зоны) коры больших полушарий головного мозга** (в зависимости от функций нервных клеток):
  - **сенсорные (чувствительные)** зоны получают импульсы от большинства рецепторов тела, обеспечивая зрительные, слуховые, обонятельные, осязательные и другие ощущения;
  - **ассоциативные** зоны - зоны, в которых происходят процессы запоминания, научения, мышления; в них осуществляется хранение информации, сопоставление новой информации с полученной ранее, сравнение информации, полученной от разных рецепторов, дается оценка полученной информации и на ее основе - выработка наилучшего ответа;
  - **двигательные** зоны - зоны, из которых нервные импульсы выходят к **эффекторам,** т.е. к тем или иным мышцам и органам.

Ствол головного мозга - это совокупность продолговатого, заднего (без мозжечка) и среднего мозга.

Конечный мозг - самый обширный ***отдел переднего мозга,*** включающий парные большие полушария головного мозга, соединенные ***мозолистым телом, сводом*** и ***передней спайкой,*** а также обонятельный мозг и базальные ядра, расположенные в глубине полушарий.

Мост - ***отдел ствола головного мозга,*** расположенный ***вентрально*** (т.е. на брюшной стороне тела) между продолговатым и средним мозгом. Через мост проходят нервные пути, связывающие передний и средний мозг с продолговатым и спинным мозгом, и от него отходят лицевые и слуховые черепно-мозговые нервы.

Мозжечок - ***отдел заднего мозга*** у позвоночных животных и человека, расположенный ***дорсалью*** (т.е. на спинной стороне тела) и обеспечивающий регуляцию и координацию движений и поддержание мышечного тонуса.

Мозолистое тело - совокупность нервных волокон, соединяющих большую часть коры больших полушарий головного мозга у плацентарных млекопитающих; играет важную роль при переработке информации в процессе обучения.

Передняя спайка - пучок нервных волокон, соединяющих большие полушария головного мозга у плацентарных млекопитающих; обеспечивает координацию работы больших полушарий.

Спинной мозг - отдел центральной нервной системы, расположенный внутри позвоночного столба. Имеет вид белого шнура или ствола (у человека - диаметром около 1 см) с узким центральным каналом, заполненным спинномозговой жидкостью; состоит из сегментов, от каждого из которых отходит пара двигательных (эфферентных) смешанных спинномозговых нервов, начинающихся двумя корешками - передним и задним. В передних корешках проходят двигательные нервные волокна, чувствительные волокна входят в спинной мозг через задние корешки и оканчиваются на вставочных и исполнительных нейронах.

Спинной мозг состоит из ***серого*** (находится в центре мозгового ствола) и ***белого*** (по краям ствола) ***вещества.*** В спинном мозгу человека серое вещество имеет вид крыльев бабочки. В передних рогах серого вещества расположены тела нейронов, в задних рогах и вокруг центрального канала - вставочные нейроны.

- Основные функции спинного мозга:
  - проводниковая - проведение нервных импульсов от органов в головной мозг (***восходящие нервные пути***) и в обратном направлении - от головного мозга к органам (***нисходящие нервные пути);***
  - " рефлекторная (осуществление двигательных ***рефлексов),*** так как здесь замыкаются дуги ***безусловных рефлексов,*** регулирующих соматические и вегетативные функции организма;
  - в нем находятся центры потоотделения, движения диафрагмы, половой функции, мочеиспускания, дефекации;
  - в нем располагаются ядра вегетативной нервной системы.

Серое вещество - участки тканей головного и спинного мозга, представляющие собой скопления тел нервных клеток.

Белое вещество - скопление отростков нервных клеток, имеющее характерный белый цвет.

- **Части нервной системы** (различаются по анатомическим и функциональным особенностям, но связаны друг с другом):
  - *соматическая.*
  - ***вегетативная.***

Соматическая нервная система - часть нервной системы, осуществляющая связь организма с окружающей средой и быстро реагирующая на ее изменения. Она управляет сокращением поперечнополосатых скелетных мышц и иннервирует органы чувств, ***обеспечивая произвольные двигательные и чувствительные функции организма.***

Вегетативная (автономная) нервная система (ВНС) - часть нервной системы, ***регулирующая процессы обмена веществ, управляющая деятельностью внутренних органов,*** участвующих в осуществлении функций питания, дыхания, выделения, циркуляции жидкостей и т.п., и приспосабливающая их работу к текущим потребностям организма и условиям внешней среды. ВНС иннервирует гладкую мускулатуру внутренних органов, кровеносных сосудов, мышцы сердца и желез; ее волокна оканчиваются в скелетных мышцах и стимулируют их работоспособность.

- Трубчатая нервная система функционально представляет собой единое целое, поэтому ее разделение на центральную и периферическую, соматическую и вегетативную является условным.

- **Особенности вегетативной нервной системы:**
  - центробежные (т.е. идущие к органам) импульсы всегда проходят через два последовательно расположенных (и связанных один с другим отростком) двигательных нейрона ***вегетативной рефлекторной дуги,*** при этом тело ***первого нейрона*** всегда находится в головном или спинном мозге (т.е. относится к центральной нервной системе), а тело ***второго нейрона*** - в нервном узле (ганглии) периферической нервной системы;
  - ВНС не имеет собственных чувствительных путей;
  - возбуждение по ее нервным волокнам проводится значительно (в 10-100 раз) медленнее, чем по нервам соматической нервной системы (так как ее нервные волокна не имеют миелиновой оболочки);
  - контроль за ее работой осуществляет центральная нервная система (кора головного мозга);
  - ВНС человека не подчиняется его воле.

ВНС состоит из ***симпатической*** и ***парасимпатической*** частей, оказывающих противоположное влияние на физиологические функции органов.

" ***В каждом органе имеются нервные окончания и симпатической, и парасимпатической частей ВНС,*** и он может иннервироваться, в зависимости от конкретной ситуации, каждой из них (например, ритм сердечных сокращений может либо ускоряться, либо замедляться).

Симпатическая нервная система - часть вегетативной нервной системы, тела ***первых*** двигательных нейронов которой находятся в боковых рогах *грудных и поясничных сегментов спинного мозга,* а отростки этих нейронов оканчиваются в симпатических нервных узлах (ганглиях) двух цепочек, образованных телами ***вторых*** нейронов этой части ВНС, расположенных *по обе стороны позвоночника вблизи от него* и соединяющихся между собой нервными волокнами. От нервных узлов этих цепочек отходят нервные волокна ко всем внутренним органам.

- Симпатическая нервная система иннервирует мышцы глаз, слезные и слюнные железы, бронхи, желудочно-кишечный тракт, мочевой пузырь, половые органы и все кровеносные сосуды, обеспечивая рефлекторную связь между ними.
- Симпатическая часть ВНС повышает возбудимость сердца, усиливает сердечные сокращения и увеличивает их частоту, сужает кровеносные сосуды и зрачки глаз.

Парасимпатическая нервная система - часть вегетативной нервной системы, тела ***первых*** двигательных нейронов которой находятся в *головном мозге* или нижнем конце *спинного мозга,* и от них отходят нервные волокна в составе *блуждающего нерва.* Тела ***вторых*** двигательных нейронов располагаются в узлах нервных сплетений, находящихся *в непосредственной близости от иннервируемых органов или в их стенке.*

- Парасимпатическая нервная система иннервирует ***те же*** органы, что и симпатическая нервная система.
- Парасимпатическая часть ВНС снижает возбудимость сердца, ослабляет сердечные сокращения и уменьшает **их** частоту, расширяет кровеносные сосуды и зрачки глаз.

В каждой из вышеназванных частей ВНС выделяют ***центральный и периферический отделы.***

Центральные отделы (нервные ядра) ВНС - это скопления тел *первых* двигательных нейронов рефлекторной дуги ВНС, расположенные в пределах центральной нервной системы; находятся в боковых рогах серого вещества спинного мозга, в промежуточном, продолговатом и среднем мозге.

Периферические отделы ВНС - это совокупность нервных центров (ганглий), расположенных в периферической части нерв-

ной системы и содержащих тела *вторых* двигательных нейронов рефлекторной дуги ВНС; эти отделы ПВНС содержат также периферические нервные узлы и сплетения, нервы и нервные волокна.

Краткая характеристика нервных систем групп животных

Для большинства **кишечнополостных** характерна ***диффузная*** нервная система; у гидроидных полипов и актиний наблюдается концентрация нейронов вокруг рта и на подошве, у сцифоидных медуз - по краю зонтика.

Для **плоских червей** характерна ***стволовая*** нервная система.

У **круглых червей** нервная система близка к ***стволовой***, но имеет меньшее (по сравнению с плоскими червями) количество стволов, а значительное число тел нейронов смещено к переднему концу тела, образуя окологлоточное нервное кольцо.

У **кольчатых червей, моллюсков** и **членистоногих** -***узловая (ганглионарная***) нервная система, различающаяся у этих групп животных в основном пространственным расположением ганглиев.

У **брюхоногих моллюсков** пять пар ганглиев расположены в жизненно важных органах: голове, ноге, органах дыхания, мантии и внутренностях.

У **двустворчатых моллюсков** головные ганглии отсутствуют.

У головоногих моллюсков - наиболее сложная узловая нервная система: несколько пар сильно развитых ганглиев сконцентрированы в головном отделе и образуют ***головной мозг***, от которого отходят нервы к различным органам. Мозг защищен хрящевой капсулой. Высокое развитие и централизация нервной системы позволяет головоногим моллюскам проявлять высокую активность и сложное поведение.

Отличие нервной системы **членистоногих** — в более или менее выраженном слиянии друг с другом ганглиев соседних сегментов тела, обусловленным либо укорочением или небольшими размерами тела, либо слиянием головного и грудного отделов тела (у **ракообразных** и **паукообразных).**

У общественных **насекомых** сильно развитый парный надглоточный ганглий преобразуется в мозг с тремя отделами (передне-, средне- и заднемозгом), осуществляющий иннервацию органов чувств (зрения, обоняния, осязания, равновесия).

Позвоночные животные имеют ***трубчатую*** нервную систему.

У **рыб** сильно развиты обонятельные доли переднего мозга и мозжечок, координирующий движения.

У **земноводных** передний мозг более развит и разделен на два полушария, мозжечок развит слабо, вследствие чего эти животные мало подвижны, а их движения однообразны. Крыша переднего мозга имеет первичный мозговой свод - **архипаллиум.**

У **пресмыкающихся** мозговой свод увеличен, полушария переднего мозга и мозжечок развиты значительно лучше, чем у земноводных; на поверхности полушарий имеются зачатки коры; теменные доли обособлены, обонятельные доли в значительной степени дифференцированы.

У **птиц** головной мозг имеет относительно большие, чем у пресмыкающихся, размеры, большие полушария, зрительные доли и мозжечок и маленькие обонятельные доли.

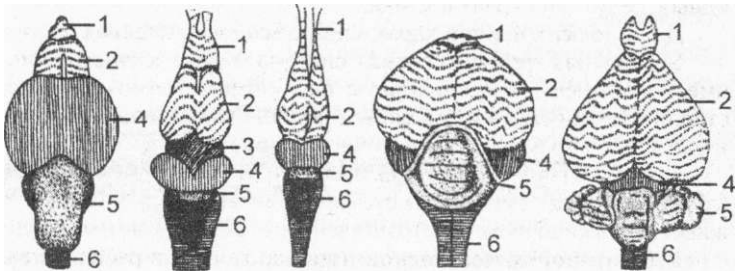


Рис 8.15. Головной мозг различных позвоночных:
а - костной рыбы, б - земноводного, *в* - пресмыкающегося, *г* - птицы, *д* - млекопитающего: 1 - обонятельные доли, 2 - передний мозг (большие полушария), 3 - промежуточный мозг, 4 - средний мозг, 5 - мозжечок, 6 - продолговатый мозг.

У **млекопитающих** передний мозг характеризуется значительным развитием полушарий, которые принимают такие размеры, что покрывают средний мозг и мозжечок. Поверхность полушарий у низших форм гладкая, у высших форм - сложная с развитой системой складок, борозд и извилин: образуется кора больших полушарий переднего мозга, которая достигает максимального развития у приматов и особенно у человека.

Сенсорные системы (анализаторы). Органы чувств

Раздражимость - способность живых клеток, тканей или организма реагировать на внешние или внутренние воздействия-раздражители путем сдвига обмена веществ, изменения электрического потенциала, состояния клетки и т.п. (у клеток), двигательных реакций - таксисов (у одноклеточных организмов), проведения нервного импульса, сокращения мышцы, выделения секрета железой и т.п. (у высокоорганизованных животных).

Таксис - двигательная реакция организма в ответ на действие раздражителя - света (***фототаксис***), температуры (***термотаксис),*** химических веществ ***(хемотаксис)*** и др. Различают **положительный** (движение к источнику раздражения) и **отрицательный** (движение от источника раздражения) **таксисы.**

Сенсорные системы (или **анализаторы)** - это системы нервных образований у позвоночных животных, воспринимающие и анализирующие информацию, поступающую из окружающей среды.

- **Значение сенсорных систем:**
  - воспринимая и анализируя изменения в окружающей среде, они позволяют животному ориентироваться в окружающей среде и адекватно реагировать на ее изменения;
  - они также участвуют в образовании жизненно важных условных рефлексов.
- **Составные части сенсорных систем:**
  - ***рецептор*** (периферический отдел системы);
  - проводящие ***нервные пути*** (проводниковый отдел);
  - ***нервные центры*** в определенных областях коры больших полушарий головного мозга, в которой осуществляется превращение нервного импульса в специфическое ощущение - зрительное, вкусовое и др. (центральный отдел).

Рецептор — это клетка или специальный чувствительный орган, способный воспринять раздражение (т.е. ***возбудиться)*** под влиянием определенного вида возбудителя и передать его в виде нервного импульса в проводящие нервные пути.

Дистантные рецепторы - рецепторы высших беспозвоночных и позвоночных животных, обнаруживающие источник раздражения на расстоянии (рецепторы зрения-, слуха, обоняния).

Контактные рецепторы - рецепторы животных, обнаруживающие источник раздражения лишь при соприкосновении с раздражителем (рецепторы вкуса, механорецепторы).

Возбудимость - способность органов или тканей отвечать на действие раздражителей своей специфической реакцией, развивая при этом процесс ***возбуждения.*** У нервной ткани проявляется в возникновении нервного импульса, у мышечной ткани - в ее сокращении, у железистой ткани - в выделении секрета.

Возбуждение - сложный биологический процесс, возникающий в живой ткани, сопровождающийся изменением интенсивности обмена веществ и проявляющийся в химических, физиологических, электрических изменениях.

- **Основные виды чувствительности:** зрение, слух, осязание, обоняние, вкус.

Зрение - вид чувствительности, позволяющий воспринимать форму, размер, цвет и яркость предметов.

Слух - вид чувствительности, позволяющий воспринимать частоту и силу звуковых колебаний.

Осязание - вид чувствительности, позволяющий воспринимать форму, величину, плотность, температуру предметов.

Обоняние - вид чувствительности, позволяющий воспринимать запахи различных веществ.

Вкус - вид чувствительности, позволяющий воспринимать вкусовые свойства веществ, поступающих в ротовую полость.

- **Типы сенсорных органов:** органы ***зрения***, а также органы ***механического, химического, теплового, электрического*** чувств.
- **Органы зрения** - органы животных, воспринимающие энергию световых лучей и превращающие ее в процесс нервного возбуждения соответствующих ***фоторецепторов.***

Фоторецепция основана на свойстве некоторых светочувствительных пигментов расщепляться под действием квантов света на составляющие части (так, пигмент родопсин расщепляется на белок опсин и каротиноид ретиналь); при этом в темноте происходит обратный процесс - синтез этого пигмента.

Фоторецепторные клетки могут быть ***диффузно*** расположены в эпидермисе (у дождевого червя, некоторых видов насекомых) или в нервной ткани (у ланцетника), обеспечивая восприятие лишь интенсивности освещения.

У многих животных рецепторные клетки выстилают ***светочувствительный эпителий*** **(сетчатку),** образуя ***глаз.***

Глаз - орган зрения у животных и человека, воспринимающий световые сигналы; периферическая часть зрительного сенсора.

- **Типы простейших глаз** (не имеющих линз):
  - **плоский** (с плоской сетчаткой; позволяет определять только интенсивность падающего света);
  - **ямкообразный** (с сетчаткой, лежащей в небольшом углублении; позволяет, кроме интенсивности, грубо определять направление света);
  - **камерный** (в виде полой камеры-обскуры с небольшим отверстием; имеет форму близкую к сферической; позволяет определять интенсивность и направление света, а также получать более-менее четкое изображение).
- **Типы глаз с линзами:**
  - **простой** глаз ***членистоногих*** имеет одну линзу, под которой расположено небольшое количество светочувствительных клеток; позволяет различить лишь свет и темноту;
  - **сложный,** или **фасеточный,** глаз ***ракообразных*** и ***насекомых*** состоит из множества отдельных, изолированных друг от друга простых конических глазков - **омматидиев,** каждый из которых воспринимает часть предмета, а все вместе они обеспечивают его мозаичное изображение; этот глаз имеет высокую чувствительность и позволяет улавливать движение объектов; глаза насекомых позволяют различать цвета;

- **глаз позвоночных животных** (птиц, млекопитающих) и человека имеет одну линзу - **хрусталик** (кривизна его может изменяться), отверстие **(зрачок)** в наружной оболочке глаза, через которое свет падает на хрусталик, способное изменять свои размеры, и рецепторные клетки; у большинства млекопитающих - двух типов: **палочки** (обеспечивают ***сумеречное*** зрение; цвет не воспринимают) и **колбочки** (три их вида, возбуждаемые соответственно красным, зеленым и синим светом, обеспечивают восприятие цвета предметов днем, т.е. в условиях ***яркой освещенности).*** Обладает способностью к ***аккомодации.***

Глаза у позвоночных ***парные***; каждый глаз состоит из глазного яблока, расположенного в углублении (орбите) боковой стенки черепа, глазных мышц и верхнего и нижнего века. Парность глаз позволяет определять расстояние до видимых предметов.

Аккомодация - приспособление глаза к видению предметов, находящихся на разных расстояниях от наблюдателя (достигается путем изменения кривизны хрусталика), и предметов, находящихся в условиях разной освещенности (достигается изменением диаметра зрачка).

- **Механорецепция** основана на способности чувствительных волосковых клеток специализированных сенсорных органов реагировать сдвиговой деформацией на механические раздражители - давление, растяжение, вцбрацию, звук. Используется в органах ***слуха, равновесия*** и ***осязания.***

•> **Органы слуха** - основанные на свойстве ***механорецепции*** органы, служащие для восприятия звуковых колебаний.

- **Виды органов слуха:**
  - **связка** - тонкая нить, натянутая наподобие струны под покровами многих ***насекомых*** (мух, жуков и др.); чувствительные клетки звукового сенсора одним концом соединены с покровами, другим - со связкой;
  - тонкая **ку гикулярная мембранная перепонка** у ряда ***других насекомых*** (кузнечиков, сверчков и др.), связанная с лежащим под ней резонирующим трахейным пузырем; чувствительные клетки располагаются между перепонкой и пузырем;
  - * **ухо** - орган слуха и равновесия ***позвоночных***; обладает очень высокой чувствительностью, способно различать разные звуковые оттенки. У млекопитающих и человека подразделяется на три отдела - ***наружное, среднее*** и ***внутреннее ухо***\ у амфибий, рептилий, птиц оно включает внутреннее **и** среднее ухо с барабанной перепонкой, ушная раковина отсутствует.

Наружное ухо - звукоулавливающая часть периферического отдела слуховой системы. Состоит ***из ушной раковины*** и наружного слухового прохода, размеры и форма которых обеспечивают улавливание и проведение звуковых колебаний на ***барабанную перепонку***, отделяющую наружное ухо от среднего.

Барабанная перепонка - тонкая соединительнотканая мембрана в ухе наземных позвоночных, ограничивающая наружный слуховой проход от барабанной полости.

Среднее ухо - отдел органа слуха позвоночных животных, состоящий из ***барабанной полости,*** заполненной воздухом, и (у млекопитающих) трех слуховых косточек - ***молоточка, наковальни*** и ***стремечка,*** усиливающих колебания барабанной перепонки и передающих их на мембранную перепонку овального окна, отделяющего среднее ухо от улитки внутреннего уха.

Барабанная полость - полость среднего уха у наземных позвоночных.

Внутреннее ухо - звуковоспринимаюшая часть слуховой системы. Представляет собой систему полостей и каналов, образующих ***костный*** и ***перепончатый лабиринты.*** К органу слуха относится ***улитка*** - спиральный костный канал, расположенный в височной кости черепа. Полость улитки заполнена жидкостью и разделена двумя мембранами на три хода, средний из которых содержит ***кортиев орган.***

Коргиев орган - рецепторная часть органа слуха млекопитающих; находится в улитке внутреннего уха. Состоит из слуховых рецепторов, опорных клеток, вспомогательных структур и покровной мембраны, с которой соприкасаются ***волоски слуховых рецепторов.*** Происходящие при действии звука колебания мембраны передаются опорным клеткам и через них - волоскам рецепторов, инициирующих возникновение биоэлектрических процессов в клетках рецепторов.

- **Органы равновесия** - органы, основанные на свойстве ***механорецепции*** и служащие для определения положения тела в пространстве, а также (у рыб и некоторых других групп животных) для определения изменения скорости движения.

Статоцист - орган равновесия у некоторых ***кишечнополостных, моллюсков, ракообразных*** и др., определяющий положение тела животного в пространстве. Состоит из пузырька (находится под покровом тела), и **статолита** - известкового камешка, опирающегося на волоски клеток чувствительного эпителия, выстилающего пузырек изнутри, и раздражающего их при всяком изменении положения тела и изменении скорости движения животного. У медуз статоцисты располагаются на краю зонтика, у ракообразных - на основном членике вторых усиков (антенн), у моллюсков - в ноге.

У ***членистоногих*** на суставах наружного скелета имеются **кутикулярные сенсиллы** - шарнирно закрепленные щетинки, связанные с дендритом чувствительной клетки; отгибания сенсилл в разных направлениях дают разное по силе возбуждение чувствительной клетки. Совокупность сигналов, идущих от сенсилл, дает информацию о взаимном положении частей тела.

У ***наземных позвоночных*** органом равновесия является специальный аппарат, связанный с ***полукружными каналами внутреннего уха.***

Полукружные каналы - часть внутреннего уха, участвующая в регуляции равновесия при движении и изменении положения головы и тела в пространстве; часть вестибулярного аппарата. Полукружные каналы расположены в трех взаимно перпендикулярных плоскостях и заполнены студенистой жидкостью, которая смещается при любом движении головы или туловища. Внутри каждого канала также имеются рецепторы - чувствительные ***волосковые клетки***, которые воспринимают смещение жидкости и передают информацию об изменении тела в головной мозг.

- **Органы осязания** - органы, основанные на свойстве ***механорецепции*** и служащие для фиксации (регистрации) механических раздражений поверхности тела. Образованы отдельными или собранными в группы чувствительными осязательными клетками покровов тела.

Антенны - головные придатки у ряда ***членистоногих***; могут иметь разную форму; выполняют различные функции: у ***ракообразных*** являются органами осязания и равновесия, у ***насекомых*** - органами осязания и обоняния (иногда - для обмена сигналами).

Боковая линия - специализированный орган рыб и личинок амфибий, воспринимающий движение (направление и силу тока) и колебания воды.

Вибриссы - длинные механочувствительные жесткие волоски на разных частях тела млекопитающих, служащие органами осязания. Хорошо развиты у животных, ведущих ночной или подземный образ жизни; располагаются на голове (у кошек), брюхе (у белки), на лапах (у сумчатых), на конце хвоста (у крота).

- **Хеморецепция** проявляется в восприятии химических раздражителей и широко распространена у всех групп животных.
- **Органы вкуса** - органы, использующие ***контактную хеморецепцию*** и определяющие **вкусовое** восприятие.

У ***насекомых*** орган вкуса представлен расположенными на лапках (у бабочек) или у рта (у мух) сенсорными клетками, снабженными трубчатыми волосками и избирательно раздражающимися водой, сахарозой и т.п.

У ***позвоночных*** орган вкуса представлен вкусовыми сосочками, расположенными в глотке и ротовой полости (у рыб), на языке, в ротовой полости и отчасти в глотке (у наземных позвоночных).

- **Органы обоняния** - органы, использующие ***дистантную*** (на расстоянии) ***хеморецепцию*** и определяющие восприятие **запаха.**

Чувствительный эпителий хеморецептора органа обоняния имеет многочисленные углубления разной формы и воспринимает ***пространственную конфигурацию*** молекул многих конкретных типов химических раздражителей по типу «ключа и замка», позволяя различить по этому признаку разные вещества.

У ***насекомых*** органы обоняния расположены на усиках, хорошо развиты и обладают очень высокой остротой восприятия; для них запах - средство информации и общения.

У ***рыб*** сформировались две пары ноздрей.

У ***наземных позвоночных*** одна пара ноздрей сместилась внутрь ротовой полости, а носовая полость стала частью дыхательных путей; в стенках обонятельного органа развиваются многочисленные железы, увлажняющие слизистую оболочку.

Поведение животных

Поведение - это сложный комплекс разнообразных действий организма, вызванных изменением внешних условий и направленных на удовлетворение возникших в связи с этим его потребностей (способствующих его выживанию).

- Если поведение организма не соответствует измененным условиям, он погибает.

Потребность организма - это необходимость привести важные жизненные параметры к уровню, обеспечивающему нормальное физиологическое функционирование организма, в том случае, если они (параметры) значительно отклонились от этого уровня.

Подкрепление - это удовлетворение потребности, т.е. восстановление нормального уровня основных внутренних параметров организма *(примеры-,* прием пищи, воды, укрывание от дождя и т.п.).

Принцип циклической саморегуляции: на возникновение потребности организм отвечает целенаправленным ***поведением,*** которое приводит к удовлетворению потребности; изменение внешних условий снова может привести к возникновению потребностей (возможно, других) и т.д.

Первая сигнальная система - общая для животных и человека деятельность коры головного мозга, осуществляющая отражение действительности в форме ощущений и восприятий. Представляет собой совокупность ***условных*** и ***безусловных рефлексов,*** составляющих основу ***высшей нервной деятельности.***

Рефлекс - ответная реакция организма на изменение условий внешней или внутренней среды, осуществляемая при участии нервной системы.

Рефлекторная дуга - путь, по которому проходят нервные импульсы при рефлексе. Рефлекторная дуга образуется:

- ***рецепторами***, воспринимающими раздражение;
- ***отростками нейронов***, передающими возбуждение к телам этих нейронов, расположенных в спинномозговых ганглиях и называемых ***центростремительными***, или ***чувствительными;***
- ***вставочными нейронами***, находящимися в сером веществе спинного мозга (они -переключают возбуждение с чувствительного нейрона на двигательный и передают информацию в выше- или нижележащие отделы спинного мозга);
- ***центробежными*** (или ***двигательными) нейронами*** и их отростками, по которым возбуждение передается к органу;
- ***рабочими органами*** (мышцами, железами).

- **Виды рефлексов:** безусловные и условные.
- **Безусловные рефлексы:**
  - это врожденные, сложившиеся в процессе эволюции, передающиеся по наследству и формирующиеся к моменту рождения рефлексы;
  - обеспечивают существование организма в первые моменты после появления на свет;
  - относительно постоянны (стойки и неизменны в течение всей жизни);
  - свойственны всем особям вида *(примеры:* глотательный, хватательный и др. рефлексы);
  - чрезвычайно разнообразны и характерны для отдельных видов,'родов, семейств и даже отрядов животных;
  - составляют основу нервной деятельности низкоорганизованных животных;
  - у позвоночных осуществляются при участии спинного мозга, ствола и подкорковых ядер головного мозга через филогенетически закрепленную рефлекторную дугу.
- **Условные рефлексы:**
  - это рефлексы, приобретенные в течение жизни организма под влиянием определенных факторов среды;
  - обеспечивают более совершенные действия организмов в меняющихся условиях среды;
  - непостоянны (одни появляются, другие исчезают);
  - являются индивидуальными (имеются только у определенных особей вида);
  - образуются на основе безусловных рефлексов;
  - у позвоночных осуществляются при участии коры головного мозга через временные функциональные связи.

- **Условия формирования условных рефлексов:**
  - состояние коры должно быть активным;
  - должно иметь место сочетание условного и безусловного раздражителей;
  - начало действия условного раздражителя должно предшествовать действию безусловного раздражителя;
  - действие безусловного раздражителя должно начинаться *прежде чем закончится действие условного;*
  - действие условного раздражителя должно неоднократно подкрепляться действием безусловного;
  - должны отсутствовать отвлекающие раздражители.
- **Механизм формирования условного рефлекса:**
  1. при действии *условного* раздражителя в коре головного мозга возникает ***первый очаг возбуждения*** и проявляется ориентировочный рефлекс - ожидание дальнейшего развития событий;
  - при действии *безусловного* раздражителя в коре головного мозга возникает ***второй очаг возбуждения*** и проявляется безусловный рефлекс в виде конкретной реакции организма;
  - после нескольких повторений условного раздражителя в сочетании с безусловным в коре головного мозга образуется временная функциональная связь между первым и вторым очагами возбуждения;
  - при многократном повторении такого сочетания раздражителей эта связь становится прочной;
  - в результате этой связи действие только одного условного раздражителя (в отсутствие безусловного раздражителя) вызывает ***условный рефлекс*** - ответную реакцию организма, соответствующую *безусловному* рефлексу.
- **> Особенности формирования условных рефлексов** у человека:
  - **генерализация** (близкие условные раздражители вызывают одинаковую безусловную реакцию);
  - **специализация** (условный рефлекс вырабатывается на определенный раздражитель);
  - при изменении условий существования в организме образуются новые условные рефлексы, а выработанные ранее ослабляются или исчезают благодаря процессу ***торможения.***

Торможение - местный (не способный к активному распространению по нервной системе) нервный процесс, приводящий к угнетению или блокированию возбуждения. Нервный импульс возбуждает особые тормозящие нейроны, которые в окончаниях своих аксонов выделяют специальный медиатор. Это медиатор взаимодействует с мембраной соседней нервной клетки, полностью или частично подавляя ее способность к возбуждению. В результате в нервной цепи формируется блок (преграда), препятствующий проведению возбуждения.

- Виды торможения: внешнее и внутреннее (основные), запредельное (охранительное).

Внешнее торможение происходит в случае образования в коре головного мозга нового очага возбуждения под действием более сильного раздражителя, не связанного с данным условным рефлексом.

- Образование новых условных рефлексов взамен старых позволяет организму менять свое поведение, всякий раз приспосабливаясь к новым условиям среды.

Внутреннее торможение развивается постепенно в случае многократного неподкрепления условного раздражителя безусловным.

- Внутреннее торможение дает организму возможность сводить к минимуму лишние реакции в ответ на раздражители, переставшие подкрепляться безусловными рефлексами.

Запредельное (охранительное) торможение - торможение, возникающее при действии чрезмерно сильного раздражителя и охраняющее нервные клетки от гибели.

- **Формы поведения** животных и человека: ***наследственные*** и ***приобретенные*** организмом в течение жизни.

Наследственные формы поведения - формы поведения, основанные на безусловных рефлексах.

Приобретенные формы **поведения** - формы поведения, основанные на условных рефлексах.

- **Формы проявления безусловных рефлексов:**
  - простые стереотипные реакции;
  - стереотипные наследственные формы поведения - ***инстинкты.***

Примером **простых стереотипных реакций** являются ***таксисы*** (см. выше).

Инстинкт - сложное врожденное стереотипное поведение, свойственное данному виду животных, выработанное в процессе эволюции, не зависящее от индивидуальной выучки организма и передаваемое по наследству. Инстинкты проявляются либо под воздействием определенных внешних и внутренних раздражителей (инстинкт убегания от хищника и др.), либо в определенные периоды жизни (инстинкты гнездования, сосания молока у матери и др.). Имеют важнейшее значение для выживания. «Запуск» инстинктивных поведенческих реакций обычно осуществляется гормонами.

Цепной рефлекс - серия взаимосвязанных и строго последовательных рефлекторных действий организма, из которых складывается тот или иной инстинкт.

Научение - адаптивное изменение индивидуального поведения в результате предшествующего опыта. Оно основано на способности животных хранить и извлекать информацию о прошлом опыте - ***памяти.*** Способность организма к научению зависит от уровня развития его нервной системы.

Память - запоминание, сохранение и последующее воспроизведение животным или человеком его опыта. Различают ***кратковременную, промежуточную*** и ***долговременную память.***

В **кратковременной памяти** информация хранится в пределах нескольких минут. Ее образование резко снижается с возрастом организма.

Промежуточная память - память, хранящая информацию несколько десятков минут или часов; запечатлевает важные события, произошедшие в последнее время. Если информация повторяется многократно, то она запоминается на больший промежуток времени.

Долговременная память - память, которая может хранить информацию всю жизнь. Играет наибольшую роль **в** процессах научения.

- **Способы индивидуального научения животных:**
  - метод проб и ошибок;
  - импринтинг;
  - привыкание;
  - подражание.

Импринтинг (запечатление) - способ научения животных, основанный на фиксации в их памяти отличительных признаков тех или иных живых объектов и некоторых поведенческих реакций *(пример:* следование молодняка за матерью).

Привыкание - способ научения, целью которого является утрата реакции на некоторые раздражители; формируется при продолжительном повторении действия этих раздражителей, не подкрепленном ни поощрением, ни наказанием.

Подражание (характерно для животных с высокоразвитой нервной системой - млекопитающих и птиц) - способ научения, основанный на копировании чужих действий.

Мышление - психофизиологический процесс, позволяющий осуществить познавательные функции без непосредственного контакта с объектами среды. Позволяет решать сложные проблемы взаимосвязи с внешним миром, не прибегая к методу проб и ошибок. Часто использует метод «***обходного пути».***

Наглядно-образное мышление — мышление, основанное на анализе, сравнении и обобщении различных мысленных образов предметов, явлений, событий. Характерно для ***человека.***

Словесно-логическое мышление - способность мыслить с использованием отвлеченных (абстрактных) понятий. Характерно для ***человека.***

Вторая сигнальная система - особая форма высшей нервной деятельности ***человека***, заключающаяся в абстрактном восприятии слышимых или видимых речевых сигналов. В словах содержится обобщение сигналов первой сигнальной системы.

Эндокринная система

Эндокринная система - система органов, осуществляющая (под контролем центральной нервной систем) регуляцию всех физиологических процессов в организме с помощью специальных биологически активных веществ - ***гормонов.***

Гормоны - биологически активные органические вещества, оказывающие влияние на работу ***органов-мишеней*** или всего организма в целом и обеспечивающие гуморальную регуляцию функций организма. Вырабатываются ***железами внутренней секреции,*** выделяющими гормоны в кровь; разносятся кровью по всему организму.

- **Особенности действия гормонов:**
  - некоторые гормоны (гормон роста и др.) влияют на обмен веществ во всех клетках тела, но большинство гормонов действуют избирательно - только на ***органы-мишени,*** что объясняется наличием в этих органах специальных рецепторов, с которыми происходит связывание гормонов, запускающее механизм изменения функционирования этих органов;
  - действие гормонов начинает проявляться с некоторым замедлением (от нескольких минут до часов), но продолжительность их действия значительно превышает время действия нервного импульса;
  - гормоны обладают высокой физиологической активностью;
  - специфическое действие гормонов проявляется в их влиянии на определенный тип обменных процессов или на определенную ткань;
  - в тканях гормоны быстро разрушаются.

Орган-мишень некоторого **гормона** - орган, имеющий рецепторы, реагирующие именно на данный гормон и не «замечающие» присутствия других гормонов.

- **Группы гормонов** в зависимости от их химической природы:
  - ***производные аминокислот;*** вырабатываются в мозговом слое надпочечников (адреналин) и щитовидной железе (тироксин);
  - ***пептидные и белковые;*** вырабатываются в гипофизе (вазопрессин, окситоцин, тропные гормоны), поджелудочной железе (инсулин);
  - ***стероидные;*** вырабатываются в половых железах (андрогены, эстрогены, прогестероны), корковом слое надпочечников (кортикостероиды).

•> **Некоторые важнейшие гормоны:**

* **адреналин (*«гормон стресса»*)**: вырабатывается (наряду с норадреналином) в мозговом веществе надпочечников и (в незначительных количествах) в нейронах; при стрессе секреция адреналина надпочечниками резко возрастает. Вызывает сужение просвета кровеносных сосудов, повышение артериального давления, учащение сокращений сердечной мышцы, усиление основного обмена, повышение концентрации глюкозы;

- **андрогены** - стероидные ***мужские половые гормоны*** позвоночных животных и человека, образующиеся в основном в семенниках, а также в коре надпочечников и яичниках. Оказывают влияние на обмен веществ, стимулируя процессы анаболизма. В эмбриональном периоде определяют развитие плода по мужскому типу, стимулируют развитие и функцию мужских половых органов, обеспечивают формирование вторичных половых мужских признаков, определяют все формы мужского поведения. У человека наиболее активен **тестостерон;**

" **гастрин** - гормон желудочно-кишечного тракта; повышает секрецию желудочных и поджелудочной желез, усиливает моторику желудка, тонкой кишки и желчного пузыря;

- **глкжагон** - гормон поджелудочной железы, стимулирует расщепление гликогена в печени и тем самым повышает содержание сахара в крови;
- **инсулин** - гормон поджелудочной железы, регулирующий содержание глюкозы в крови (при избытке глюкозы уменьшает ее содержание), обеспечивает ее нормальное окисление в цикле Кребса, способствует образованию макроэргических соединений и поддержанию энергетического баланса клеток;
- **норадреналин:** вырабатывается (наряду с адреналином) в мозговом веществе надпочечников и в обширных областях головного мозга; при стрессе и возбуждении симпатической нервной системы секреция норадреналина надпочечниками резко возрастает. Оказывает влияние преимущественно на мышечные стенки мелких артерий (вызывает повышение артериального давления); на углеводный обмен и окислительные процессы действует слабее, чем адреналин;
- **прогестерон - *женский половой гормон;*** выделяется желтым телом (временной железой внутренней секреции, образующейся в фолликуле яичника после выхода из него яйцеклетки); подготавливает эпителий матки к имплантации яйцеклетки, после имплантации стимулирует развитие плаценты, поддерживает течение беременности;

" **соматотропин - *гормон роста;*** вырабатывается передней долей гипофиза. Стимулирует синтез белка, ускоряет рост мышц и костей, оказывает влияние на обмен углеводов и жиров;

- **эстрогены** - стероидные ***женские половые гормоны*** позвоночных животных и человека, вырабатываются в основном яичниками, а также корой надпочечников, плацентой и семенниками. Стимулируют развитие и функцию женских половых органов, нормальный рост молочных желез, определяют особенности телосложения женщин и т.д.

Механизмы действия гормонов разные, зависят от вида гормона и до конца не изучены. Некоторые гормоны участвуют в регуляции ***активности генов,*** другие гормоны влияют на ***свойства мембран,*** изменяя их проницаемость для тех или иных веществ.

- **Гормоны вырабатываются:**
  - **эндокринными железами (или *железами внутренней секреции)',* гормоны выделяются непосредственно в тканевую жидкость Или в кровь, которая разносит их ко всем органам;**
  - **специализированными нервными (нейросекреторными) клетками** (выработанные такими клетками гормоны называются **нейрогормонами);** нейросекреты транспортируются по аксонам до их окончаний, образующих **нейрогемальные органы,** и из них выделяются в кровь. Нейросекретами являются все гормоны ***беспозвоночных*** (за исключением некоторых гормонов членистоногих) и многие гормоны ***позвоночных*** (вырабатываются, в частности, в гипоталамусе).
  - **некоторыми органами и тканями.,** выполняющими в организме, помимо эндокринной, другие специализированные функции (ими секретируются гормоны местного действия).

Железы - органы животных и человека, выделяющие особые вещества - секреты, участвующие в обмене веществ. Различают ***железы внешней секреции*** (имеют выводные протоки; выделяют свои секреты на поверхность тела или внутренних органов), ***железы внутренней секреции*** и ***железы смешанной секреции.***

Железы внутренней секреции - железы, не имеющие выводных протоков и выделяющие вырабатываемые вещества в кровь или лимфу.

Железы смешанной секреции являются одновременно железами и внешней, и внутренней секреции (поджелудочная железа, половые железы).

- **Типы желез внутренней секреции *насекомых:***
  - **нейросекреторные клетки** передней доли «головного мозга» (выделяют гормон, контролирующий и активизирующий рост и развитие личинок и куколок; в отсутствие этого гормона возникает ***диапауза*** - приостановка развития личинок и куколок);
  - **кардиальные тела** (регулируют секреторную деятельность ***переднегрудных желез)-,***

- **прилежащие,** или **добавочные, тела** (выделяют личиночный гормон неотении, способствующий развитию личиночных органов и препятствующий метаморфозу; действие неотенина прекращается после последней линьки насекомого, при этом у насекомых с неполным метаморфозом развивается взрослая форма, а у насекомых с полным превращением формируется куколка);
- **переднегрудные железы** (выделяют в гемолимфу гормон экдизон, который прекращает диапаузу, вызывая у личинок линьку и регулируя развитие личинки).

Важнейшие железы внутренней секреции человека: гипофиз, эпифиз, щитовидная и околощитовидные железы, вилочковая железа (тимус), надпочечники, островки Лангерганса поджелудочной железы, внутрисекреторная часть половых желез.

Половая система

Половая система - система органов, обеспечивающая процесс размножения организмов.

Половые органы - органы, предназначенные для осуществления функции ***полового размножения.*** Обычно развиваются из ***мезодермы.***

Гонады - составная часть половых органов, представляющая собой железы, образующие половые клетки (сперматозоиды и яйцеклетки) и половые гормоны. Функции гонад регулируются нервной системой и гормонами гипоталамо-гипофизарной системы.

Семенники - мужские ***гонады,*** мужские половые железы, в которых образуются сперматозоиды и половые гормоны.

Яичники - женские ***гонады;*** женские половые железы, в которых образуются яйцеклетки и вырабатываются гормоны, влияющие на развитие вторичных половых признаков.

Гермафродит - организм, совмещающий признаки мужского и женского пола; имеет мужские и женские половые железы.

- **Особенности половых систем разных групп животных**
  - Гонады ***кишечнополостных*** не обладают выводящими протоками. У других животных половые железы связаны с особыми ***выводящими протоками.***
  - ***Плоские черви*** - гермафродитные животные, имеющие в одном организме и женские, и мужские гонады.
  - У ***плоских ресничных червей*** имеется два яичника и 200-300 семенников и сопутствующие им протоки.
  - У ***плоских ленточных червей*** в каждом членике имеются семенники, яичники и матка, где развиваются оплодотворенные яйца, которые затем выводятся наружу.

- ***Круглые черви*** раздельнополы; у самок имеется два длинных тонких яичника и две матки, у самцов - один нитевидный семенник.
- ***Кольчатые черви*** бывают и раздельнополыми, и гермафродитными. У гермафродитов яичники и семенники находятся в разных члениках. У дождевого червя оплодотворение перекрестное, внутреннее, яйца откладываются в кокон, который образуется в их теле в виде пояска. У медицинской пиявки, в отличие от дождевого червя, имеется мужской копулятивный орган.
- У ***брюхоногих моллюсков*** имеется гермафродитная половая железа, вырабатывающая и яйцеклетки, и сперматозоиды.
- ***Двустворчатые моллюски*** - раздельнополые; у самок яйца образуются в яичниках и откладываются в мантийную полость, где происходит их оплодотворение; сперматозоиды проникают в мантийную полость с водой через водный сифон.
- ***Членистоногие*** раздельнополы; у самок имеются парные яичники, яйцеводы которых открываются у ходильных ног, у самца имеется семенник. У самцов ***ракообразных*** и ***паукообразных*** сперматозоиды находятся в мешковидном **сперматофоре,** который при копуляции выводится из организма самца, после чего самка его захватывает и направляет внутрь, к яйцеводам.
- ***Насекомые*** - раздельнополые животные; у самок имеются яичники с большим количеством яиц и **-яйцеклад-** трубчатый орган, служащий для откладки яиц в почву. У самцов имеются семенники, в которых образуются сперматозоиды.
- Все ***позвоночные*** раздельнополы, гонады у них обычно парные. Женские гонады (яичники) содержат яйцевые полости - **фолликулы,** мужские (семенники) содержат ***семенные трубочки.***
- У самок ***рыб*** яичник непарный (закладывается как парный, но сливается на ранних стадиях онтогенеза), заполнен **икринками** - яйцами. У самцов парные семенники - ***молоки,*** в которых развиваются сперматозоиды. Оплодотворение наружное: в период ***нереста*** самки откладывают икру, самцы изливают на нее семенную жидкость со сперматозоидами.
- У ***земноводных*** гонады (яичники и семенники) парные; оплодотворение наружное, в воде (у хвостатых земноводных оно внутреннее). Самкой выделяется икра (яйцеклетки), похожая на икру рыб, самцы выпускают на нее семенную жидкость со сперматозоидами. Оплодотворенные яйца покрываются слизью.
- У самцов и самок ***пресмыкающихся*** гонады парные, их протоки открываются в клоаку. У самцов имеется копулятивный орган. Оплодотворение внутреннее. Оплодотворенное яйцо увеличивается в размере, покрывается пергаментной оболочкой и выводится наружу.

- У самок ***птиц*** имеется только один яичник и яйцевод; у самцов — парные бобовидные семенники, семяпроводы и семенной пузырек в клоаке. Наружных половых органов нет; при контакте самца и самки сперматозоиды переходят из клоаки самца в ***клоаку*** самки. Оплодотворение внутреннее, осуществляется в яйцеводе. После оплодотворения яйцеклетка увеличивается в размерах, покрывается оболочками (желточной, белковой, двумя подскорлуповыми и известковой скорлупой) и в виде яйца выходит в клоаку.
- У самок ***млекопитающих*** имеется ***матка,*** парные яичники, яйцеводы, влагалище и наружные половые органы (в преддверие влагалища также открывается мочевой проток). У самцов имеются парные семенники (находятся в мошонке), семяпровод, половой член с мочеполовым каналом. Оплодотворение внутреннее, происходит в яйцеводах самки, куда проникает сперма. Зигота развивается в ***матке,*** где зародыш через ***плаценту*** получает от матери питание, кислород и освобождается от продуктов обмена веществ. Подавляющее большинство млекопитающих ***живородящие.*** Выкармливание новорожденных детенышей осуществляется с помощью ***молочных желез.***

Живорождение - способ воспроизведения потомства у животных, при котором зародыш развивается внутри материнского организма и появляется на свет свободным от яйцевых оболочек, более или менее сформированным.

Клоака - открывающаяся наружу расширенная часть задней кишки многих позвоночных, в которую открываются половые протоки и мочеточники. Характерна для некоторых рыб (акул, скатов, двоякодышащих), всех земноводных, пресмыкающихся, птиц, яйцекладущих млекопитающих.

Матка - полый мешковидный мускулистый орган половой системы у самок животных, представляющий собой расширенную часть яйцевода. У ***млекопитающих*** и ***человека*** в матке происходит развитие зародыша.

Молоки - семенники рыб с наружным осеменением, а также сперма этих рыб. Молоки содержат высокопитательные белки и используются для получения некоторых лекарственных препаратов.

Молочные железы - органы (видоизмененные потовые железы) женских особей млекопитающих, секретирующие молоко в период лактации. У мужских особей остаются в течение всей жизни в рудиментарном состоянии.

8.4. Индивидуальное развитие животных

Эмбриональное, или **зародышевое, развитие** у животных охватывает промежуток времени от первого деления зиготы до выхода из яйца или рождения молодой особи. При этом необходимая связь зародыша со средой обеспечивается специальными, временно функционирующими внезародышевыми **провизорными органами.**

- **Стадии эмбрионального периода** развития большинства животных: ***дробление, гаструляция, органогенез.***

Дробление и гаструляция

- **Дробление** - стадия эмбрионального периода развития животного, в течение которой происходит дробление зиготы и формируется ***бластула*** (рис. 8.16).

Зигота последовательно делится митозом на клетки - ***бластомеры*** (2, 4, 8 ... 64 клетки и более), которые не расходятся и при каждом делении становятся все мельче. Деления происходят поочередно в меридиональной и экваториальной плоскостях. После 5-6 дроблений одноклеточный зародыш превращается в плотный, не имеющий полости многоклеточный шар - **морулу.**

Характер дробления зависит от *полярности* яйцеклетки, определяющей расположение в ней питательных веществ ***(желтка).***

- **Полное** дробление наблюдается, если ***желтка мало:*** дробится ***вся яйцеклетка*** (у ланцетника, лягушки, млекопитающих).
- **Неполное** дробление наблюдается, если ***желтка много:*** дробится только ***диск цитоплазмы с ядром*** (у п гиц).

Бластула - стадия развития зародыша многоклеточных животных после завершения дробления, представляющая собой полый замкнутый пузырек, стенка которого образована одним слоем клеток - ***бластодермой.***

Бластодерма - однослойная стенка бластулы, образованная мелкими ***бластомерами.***

Бластоцель - полость бластулы **(первичная полость тела),** заполненная жидкостью.

Бластомеры - мелкие клетки, образующиеся в результате дробления зиготы.

- **Гаструляция** - стадия эмбрионального периода развития животного, в течение которой происходит образование двухслойного зародыша - ***гаструлы.***

На этой стадии происходит перемещение части клеток с поверхности бластулы внутрь (например, расслаиванием бластодермы или ее впячиванием в бластоцель). В результате образуется ***гаструла.***

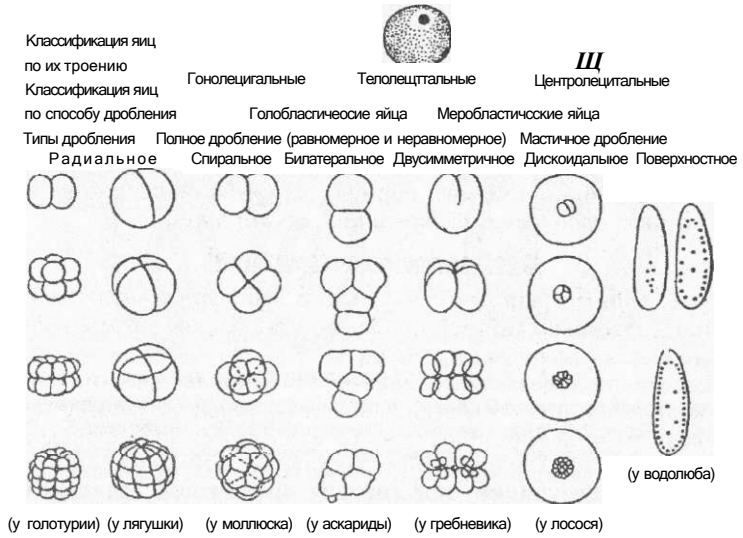


Рис 8.16. Строение яиц и типы их дробления

Гаструла - стадия развития зародыша многоклеточных животных после завершения гаструляции, представляющая собой полый замкнутый пузырек, стенки которого образованы двумя слоями клеток - ***зародышевыми листками:*** наружным ***(эктодермой)*** и внутренним (***энтодермой).*** Внутри гаструлы имеется полость **(гастроцель,** или **первичная кишка).**

У всех типов животных ***(кроме губок и кишечнополостных)*** между экто- и энтодермой на стадии гаструляции образуется *третий* зародышевый листок ***-мезодерма;*** рис. 8.17.

Полость гаструлы (первичная кишка) сообщается с внешней средой отверстием - **бластопором (первичным ртом).**

Зародышевые листки - это слои тела зародыша многоклеточных животных, образующиеся на стадии ***гаструлы.*** Каждый из зародышевых листков в ходе дальнейшего развития зародыша дает начало совершенно определенным системам и органам.

Эктодерма - *наружный* зародышевый листок у многоклеточных животных.

Энтодерма - *внутренний* зародышевый листок многоклеточных животных.

Мезодерма - *средний* зародышевый листок многоклеточных животных, за исключением губок и кишечнополостных, который располагается между эктодермой и энтодермой.

Зародышевые листки формируются в процессе ***дифференциации*** сходных между собой однородных клеток бластулы.

Дифференциация - процесс появления и нарастания морфологических и функциональных различий между отдельными клетками и частями зародыша.

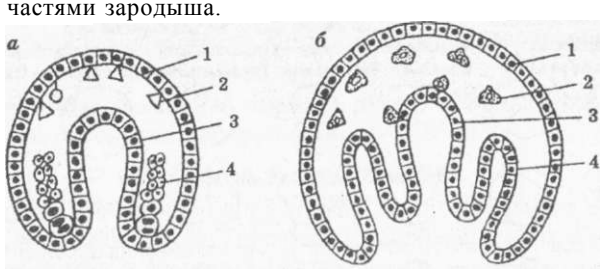


Рис 8.17. **Схема образования мезодермы:**
а - телобластический способ (у первичноротых), б - энтероцельный способ (у вторичноротых); 1 - эктодерма, 2 - мезенхима, 3 - энтодерма, 4 - телобласт (а) и целомическая мезодерма (б)

- **Типы гаструляции:** инвагинация, иммиграция, деламинация, эпиболия (см. рис. 8.18).

Инвагигация (впячивание) - тип гаструляции (например, у ланцетника), при котором один из полюсов бластулы впячивается внутрь, формируя ***энтодерму.***

Иммиграция - тип гаструляции (у млекопитающих), при котором некоторые клетки бластодермы мигрируют внутрь.

Деламинация - тип гаструляции, при котором клетки бластодермы делятся и один ряд дочерних клеток образует ***энтодерму,*** а другой - ***эктодерму.***

" **Эпиболия** (обрастание) - тип гаструляции (характерен для амфибий), при котором клетки одного из полюсов бластулы (***анимольного)*** активно делятся, наслаиваясь на вегетативный полюс.

- Обычно сочетается несколько способов гаструляции, один из которых является ведущим.

Органогенез

- **Органогенез -** стадия эмбрионального периода развития животного, в течение которой происходит образование тканей и органов, обусловленное дальнейшими клеточными делениями, ростом и дифференциацией клеток и частей зародыша.

Органогенез начинается с развития из ***эктодермы*** зачатка нервной системы - ***нервной трубки.*** Из части ***энтодермы*** образуется зачаток ***хорды.*** У иглокожих и хордовых животных справа и слева от хорды образуется туловищная мезодерма, в которой появляется полость тела - ***целом.***

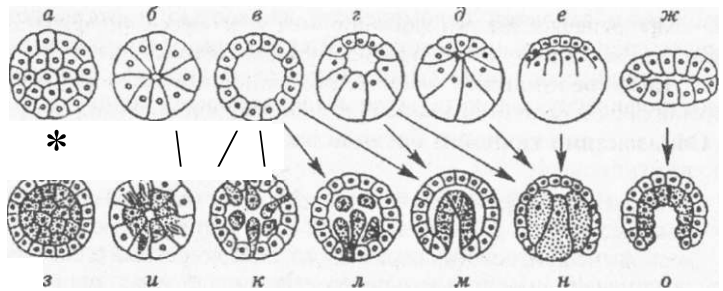


Рис 8.18. **Типы бластул (а - ж) и связанные с ними типы гаструляции (з - о):**
а - равномерная морула, б - равномерная стерробластула, в - равномерная целобластула, г - неравномерная целобластула, д- неравномерная стерробластула, е-дискобластула, ж - плакула, з - морульная деламинация, *и* - клеточная деламинация, *к* - мультиполярная иммиграция, *л* - униполярная иммиграция, м - инвагинация, *н* - эпиболия, о - изгибания плакулы. Энтодерма отмечена пунктиром

- В зависимости от того, во что - рот или анальное отверстие - преобразуется бластопор в процессе последующего развития организма, различают соответственно ***первичноротые организмы*** и ***вторичноротые организмы.***

Первичноротыми животными являются все типы ***червей, моллюски*** и ***членистоногие.*** У них из бластопора образуется ***рот.***

Вторичноротыми животными являются ***иглокожие*** **и** ***хордовые***; у них бластопор превращается в анальное отверстие, а истинный рот формируется в виде эктодермального кармана на противоположном конце зародыша.

Комплекс осевых органов зародыша (определяет двустороннюю симметрию тела) - нервная трубка, хорда с туловищной мезодермой и кишечная трубка.

Хорда - гибкий ^сегментированный скелетный тяж, образующийся у эмбрионов всех хордовых животных на спинной стороне в виде выпячивания, отделяющегося от кишки и располагающегося под нервной трубкой. Выполняет опорную функцию. У взрослых позвоночных вокруг хорды развиваются хрящевые или костные элементы позвонков, дополняющих или замещающих ее позвоночником (у ланцетника, круглоротых, некоторых рыб хорда остается в течение всей жизни, у рыб - в виде «спинной струны», у других видов позвоночных остатки хорды сохраняются между или внутри позвонков или полностью исчезают).

Целом - вторичная полость тела у многоклеточных животных, пространство между стенкой тела и внутренними органами. Целом ограничен собственным эпителием, формирующимся из

мезодермы, заполнен целомической жидкостью и открывается наружу специальными протоками. Во взрослом организме выполняет функции: опорную (гидростатический скелет), транспортную, трофическую, дыхательную, выделительную, половую.

- **Обра$ование тканей и органов животных из зародышевых листков:**
- **из эктодермы (***наружного* зародышевого листка) **образуются:**
  - покровы тела: наружный эпителий и его производные - кожные железы, чешуи, волосы, перья, когти, поверхностный слой зубов;
  - протонефридии (примитивные органы выделения, первичные почки) у некоторых беспозвоночных (плоских червей, некоторых круглых и кольчатых червей, личинок моллюсков);
  - клетки нервной системы - ганглиев и нервных стволов у беспозвоночных, нервной трубки и ее производных - у хордовых;
  - органы чувств различной степени сложности;
  - передняя и задняя кишка и их производные: различные железы и висцеральный скелет (скелет рта и глотки у позвоночных);
- **из мезодермы (***среднего* зародышевого листка) **формируются:**
  - все типы мышечной ткани;
  - " все виды соединительной ткани (кости, хрящи, сухожилия и др.);
  - кровеносная система;
  - выделительные органы (всех типов животных, начиная с кольчатых червей и заканчивая хордовыми);
  - половые железы и их протоки;
  - целомический эпителий;
- **из энтодермы (***внутреннего* зародышевого листка) **образуются:**
  - у первичноротых - средняя кишка и связанные с ней пищеварительные железы;
  - у вторичноротых, беспозвоночных и хордовых - эпителий, выстилающий кишечную трубку, и железы, обеспечивающие пищеварение (печень, поджелудочная железа и др.);
  - " у рыб - внутренние жабры, плавательный пузырь;
  - у высших хордовых - легкие;
  - у хордовых в процессе эмбриогенеза средняя часть крыши первичной кишки дает начало ***хорде -*** несегментированному скелетному тяжу, который закладывается в виде выпячивания, отделяющегося от кишки и располагающегося под нервной трубкой.

Особенности эмбриогенеза позвоночных животных

У всех позвоночных с ***неличипочпым*** типом развития, яйца которых богаты ***желтком*** (рыбы, рептилии, птицы), внезародышевым ***провизорным органом***, обеспечивающим связь зародыша со средой, является ***желточный мешок.***

Желточный мешок - орган, образующийся в результате обрастания желтка клетками зародышевых листков: у ***рыб*** он образуется из клеток всех трех зародышевых листков и является замкнутым, у ***пресмыкающихся, птиц*** и ***млекопитающих*** он формируется из клеток энто- и мезодермы и долгое время остается незамкнутым. Выполняет функции депо питательных веществ, участвует в газообмене зародыша с внешней средой, является первым кроветворным органом зародыша. Стенки желточного мешка пронизаны кровеносными капиллярами и выделяют ферменты, расщепляющие питательные вещества желтка **до** более простых соединений, которые поступают в стенки желточного мешка и далее в организм зародыша. У ***млекопитающих*** редуцированный желточный мешок входит в состав ***плаценты.***

У **настоящих наземных позвоночных - амниот (*пресмыкающихся, птиц, млекопитающих*** и ***человека***) - наблюдается раннее появление трех **зародышевых оболочек:** амниона, хориона и аллантоиса.

Амнион - внутренняя зародышевая оболочка; представляет собой мешок, окружающий зародыш и защищающий его от механических повреждений и высыхания. Полость амниона заполнена жидкостью - водным раствором белков, Сахаров, минеральных солей, гормонов; зародыш находится в этой жидкости.

Хорион, или **ворсинчатая оболочка,** - наружная зародышевая оболочка, на поверхности которой имеется множество пальцеобразных выростов - ворсинок, врастающих в слизистую оболочку ***матки*** материнского организма.

Аллантоис - мешок, связанный с задней кишкой зародыша. У ***пресмыкающихся*** и ***птиц*** в нем накапливаются продукты жизнедеятельности зародыша до вылупления из яиц. У ***млекопитающих*** и ***человека*** аллантоис разрастается и соединяется с хорионом, образуя богатый кровеносными сосудами **хориоаллантоис,** который участвует в формировании ***плаценты.***

Плацента - детское место; орган, через который зародыш получает из организма матери питательные вещества и кислород и отдает туда углекислый газ и продукты жизнедеятельности.

Связь организма зародыша с плацентой осуществляется посредством **пупочного канатика,** по которому проходят кровеносные сосуды. Кровь матери только омывает ворсинки хориона и не проникает в капилляры зародыша и поэтому не смешивается с кровью зародыша.

Момент родов определяется гормонами, которые начинают выделяться надпочечниками зародыша, достигшего соответствующей стадии развития.

Постэмбриональное развитие животных

• **Типы постэмбрионального развития** животных: ***непрямое и прямое.*** Индивидуальное постэмбриональное развитие организма завершается старением и смертью.

Непрямое развитие (или развитие с **метаморфозом)** - такое развитие, при котором эмбриогенез приводит к образованию **личинки,** значительно отличающейся от взрослого организма ***по строению и образу жизни.*** Личинка активно питается и растет, а затем претерпевает ***метаморфоз.***

- Наблюдается у ***плоских*** и ***кольчатых червей, моллюсков, ракообразных, насекомых, земноводных.***
- Наличие личиночной стадии в развитии земноводных и некоторых насекомых позволяет им жить в различных средах (водной и воздушной) и использовать разные источники пищи, снижает интенсивность борьбы за существование внутри вида, способствует расселению вида, расширению ареала.

Метаморфоз - процесс превращения личинки во взрослое животное. Различают ***неполный*** и ***полный метаморфоз.***

Неполный метаморфоз: личиночные ткани и органы постепенно преобразуются в аналогичные ткани и органы взрослых животных; стадия куколки отсутствует.

- Наблюдается у некоторых насекомых, рыб, хвостатых земноводных и др.

Полный метаморфоз: выросшая личинка превращается в неподвижную и самостоятельно не питающуюся **куколку. В** стадии куколки личиночные органы полностью распадаются, полученное вещество используется как питательный материал для развития органов взрослого насекомого.

- Наблюдается у насекомых.

Прямое (или **неличиночное) развитие** - такое развитие, когда появившийся на свет организм похож на взрослую особь, способен самостоятельно существовать и активно питаться, но отличается от нее малыми размерами и недоразвитием некоторых систем органов; сводится в основном к росту и половому созреванию.

- Наблюдается у животных, в яйцеклетках которых содержится большое количество питательного материала - желтка (***пресмыкающиеся, птицы),*** или у ***высших млекопитающих*** с внутриутробным развитием зародыша.

8.5. Характеристика некоторых типов животных

Тип Кишечнополостные

Общая характеристика типа. Кишечнополостные - низшие многоклеточные животные с радиальной симметрией тела, отличающиеся отсутствием среднего зародышевого листка (мезодермы) и обитающие преимущественно в морях и океанах; некоторые виды (гидра и др.) обитают в пресных водоемах. Образуют колонии. Известно около 9000 видов.

Особенности строения. Тело кишечнополостных похоже на мешок, зонтик или колокол, состоящий из двух хорошо развитых слоев (эктодермы и энтодермы), между которыми находится тонкий слой студенистого бесструктурного вещества **(мезоглеи),** выполняющего опорную функцию. Кишечная полость связана с внешней средой ротовым отверстием. Симметрия тела - радиальная. Клетки тела дифференцированы морфологически и функционально на эпителиально-мышечные, стрекательные, нервные, вставочные, половые, железистые, пищеварительные. Имеется нервная система диффузного типа.

Общая характеристика типа

Характеристика	Особенности у Кишечнополостных
Среда обитания	Соленые (преимущественно) и пресные водоемы
Симметрия	Радиальная
Особенности строения	Мешковидная (полипы), в виде зонтика или колокола (медузы). Рот окружен щупальцами (полипы) либо щупальца располагаются по краю зонтика (у медуз)
Образ жизни	Прикрепленный (полипы), свободноплавающие (медузы)
Слои клеток	Двухслойность (экто- и энтодерма), мезоглея, кишечная полость
Дифференциация клеток	Клетки ***эктодермы:*** эпителиально-мускульные, нервные, стрекательные, промежуточные, пигментные. Клетки ***энтодермы:*** железистые, эпителиально-мускульные
Образование гамет	***Гидроидные*** - гермофродиты; гаметы образуются в ***эктодерме***; медузы - раздельнополые, у ***сцифоидных медуз*** гаметы образуются в ***энтодерме***
Пищеварение	Внутриклеточное и внутриполостное. Непереваренные остатки пищи удаляются через рот

Дыхание	Всей поверхностью тела
Удаление продуктов обмена	Через экто- и энтодерму
Нервные и чувствительные клетки	Нервные клетки разбросаны по эктодерме и связаны отростками. Для кишечнополостных характерна ответная реакция на раздражение - рефлекс (тело гидроидных сжимается в комок, а у медуз - реактивное движение). У медуз имеются чувствительные клетки: равновесия (статоцисты) и осязания и светочувствительные глазки
Размножение	***Чередование бесполого*** (почкование, стробиляция) и ***полового размножения.*** В жизненном цикле две формы: **полип** и **медуза** (за исключением коралловых полипов). Из зиготы формируется личинка **(планула),** которая некоторое время свободно плавает, затем оседает на дно и преобразуется в полип. Полип делится стробиляцией (упорядоченное поперечное деление), в результате которого образуется большое количество свободноплавающих медуз,- У коралловых полипов медузоидная фаза отсутствует
Развитие	***Прямое*** у пресноводных гидроидных; ***с метаморфозом*** у морских гидроидных, коралловых полипов и у сцифоидных медуз
Регенерация	Происходит за счет промежуточных клеток

Классы типа Кишечнополостные: Гидрозои, Сцифоидные медузы, Коралловые полипы.

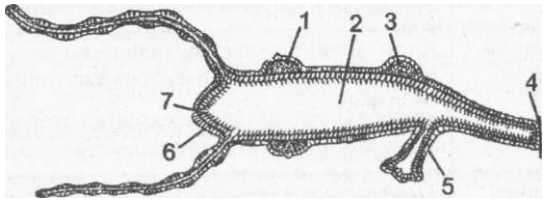


Рис. 8.19. **Строение гидры.**

Продольный разрез: 1 - мужские гонады, 2 - гастральная полость, 3 - яйцеклетка, 4 - подошва, 5 - почка, 6 - ротовой конус, 7 - ротовое отверстие.

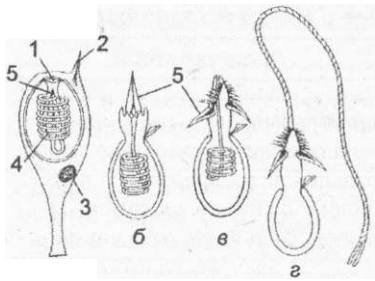


Рис. 8.20. **Стрекательные клетки:**

а - покоящаяся капсула:
1 - крышечка стрекательной капсулы, 2 - книдоциль, 3 - ядро, 4 - стрекательная нить, 5 - стилет стрекательной нити;
б- г - последовательные стадии выстреливания капсулы

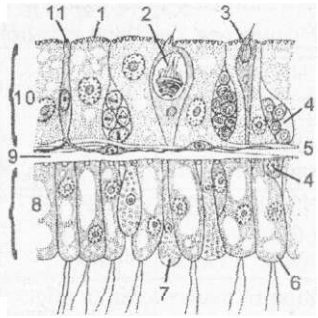


Рис. 8.21. **Клеточный состав тела гидры:**

1 - эпителиально-мускульная клетка, 2, 3 - стрекательные клетки разного типа,4 - интерстициальная 5 - нервная, б - пищеварительно-мускульная, 7-железистая клетки, 8 - энтодерма, 9 - мезоглея, 10 - эктодерма, 11 - чувствующая клетка

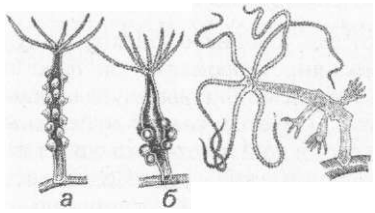


Рис. 8.22. **Размножение гидры:**

а - мужской, б - женский,
в - почкующийся полип

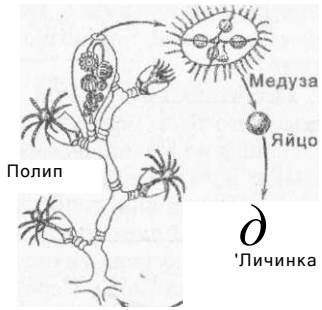


Рис. 8.23. **Стадии развития морских гидроидных полипов:**

1 _ гидроидная медуза, 2 - яйцо, 3 - личинка планула, 4 - колония с двумя типами особей

К классу **Гидрозои** относятся пресноводные ***гидры*** и ***полипы*** и морские ***гидроидные полипы*** (колониальные животные), колонии которых образуются ***почкованием.***

Полипы - одиночные и колониальные кишечнополостные, ведущие сидячий, прикрепленный образ жизни.

Медузы - половое поколение гидрозоев медуз; характеризуются полупрозрачным телом в виде зонтика, по краю которого расположены щупальца, а на нижней стороне - ротовой стебелек.

Характерные особенности классов типа Кишечнополостные и их представители

Классы	Представители
Гидроидные: к субстрату прикрепляются подошвой, передвигаются «кувырком»	Обелия, гидра. ***В Беларуси обитают*** зеленая, обыкновенная и длинностебельчатая гидры
Сцифоидные медузы: обособлен желудок, нервные кольца по краю зонтика	Португальский кораблик, крестовичок (ядовитые); цианея, аурелия, ушастая медуза, полярная медуза
Коралловые полипы: образуют рифы и атоллы, размножаются почкованием;в жизненном цикле нет поколения медуз	Благородный коралл (колониальная форма), актиния (одиночный коралл)

Тип Плоские черви

Общая характеристика типа. Плоские черви - наиболее просто устроенные двустороннесимметричные животные, организм которых развивается на основе трех зародышевых листков - эктодермы, энтодермы и мезодермы. Обитают в морях, пресных водоемах, почве, организмах людей и животных. Известно около 25 тыс. видов.

Особенности строения. Имеют двустороннюю (билатеральную) симметрию тела. Тело плоское, имеет вид листа, ленты или пластинки, сплющено в спинно-брюшном направлении и вытянуто в длину, цельное или разделено на членики. Имеется ***кожно-мускульный мешок,*** образующий стенку тела и состоящий из кожного эпителия и расположенной под ним многослойной мускулатуры. Полость тела отсутствует, внутренние органы окружены рыхлой соединительной тканью (паренхимой). Нервная система ***стволового типа***; ее центральный регулирующий аппарат оформлен в виде ганглия. Выделительная система построена по типу ***протонефридиев.***

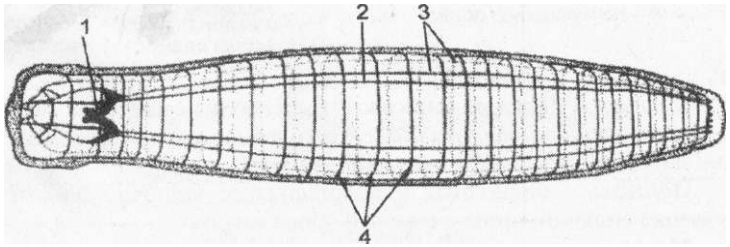


Рис. 8.24. **Нервная система плоского червя:**
1 -головной ганглий, 2 - брюшные продольные стволы,
3 - боковые нервные стволы, 4 - поперечные перемычки

Общая характеристика типа

Характеристика	Особенности у Плоских червей
Ароморфозы	Билатеральная симметрия, появление мезодермы, наличие систем органов
Форма тела	Листовидная или лентовидная
Стенка тела	Кожно-мускульный мешок: плотный однослойный эпителий (тегумент) и продольные, кольцевые, диагональные мышцы
Полость тела	Заполнена паренхимой
Пищеварительная система	Состоит из двух отделов: передний (рот, глотка) и средний. Непереваренные остатки удаляются через рот
Нервная система	Стволового лестничного типа: парный головной ганглий, продольные нервные стволы, комиссуры
Органы чувств	Осязания, химического чувства. У свободноживущих - равновесия, осязания, светочувствительные глазки
Выделительная система	***Протонефридии*** **-** клетки звездчатой формы с пучком ресничек и отходящим канальцем. Канальцы объединяются в один-два общих выделительных канала, которые заканчиваются экскреторной порой
Половая система	Гермафродитная, сложноустроенная. ***Женская*** половая система: один яичник, матка, желточные железы. ***Мужская*** половая система: семенники, семяпроводы, совокупительный орган
Размножение	***Половое*** и ***бесполое.*** При половом размножении оплодотворение перекрестное
Развитие	***Прямое*** (у большинства ресничных) и ***с метаморфозами*** (формируется мюллеровская личинка). У сосальщиков и ленточных червей развитие ***с неполным метаморфозом***
Регенерация	У свободноживущих (класс Ресничные)

Классы типа Плоские черви и их важнейшие представители: Ресничные черви (белая планария), Сосальщики (печеночный сосальщик) и Ленточные черви (бычий цепень).

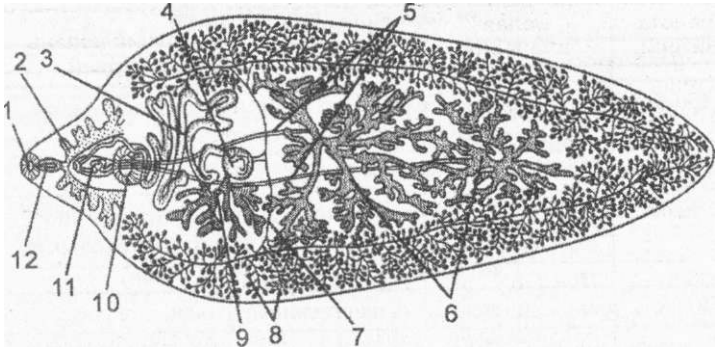


Рис. 8.25. Печеночный сосальщик:
1 - ротовая присоска, 2 - кишечник, 3-матка, 4 - оотип, емяпроводы, 6 - семенники, 7 - желточные протоки, - желточники, 9 - яичник, 10 - брюшная присоска, 11- циррус, 12 - глотка

Сравнительная характеристика классов типа Плоские черви и их представителей

	Классы		
	Ресничные	**Сосальщики**	**Ленточные**
Предста-вители	**Белая планария**	**Печеночный сосальщик**	**Бычий цепень**
Размеры	2-3 см	"3-5 см	5-7 м
Покровы тела	Тело покрыто ресничным эпителием	Кожно-мускульный мешок	Кожно-мускульный мешок с микроворсинками (микротрихии)
Отделы тела	Тело не сегментировано	Тело не сегментировано	Тело (стробил) состоит из сколекса (головки), шейки (зона роста), члеников(молодые, гермафродитные, зрелые)
Органы фиксации		Ротовая и брюшная присоски	Имеются 4 присоски на сколексе *)
Образ жизни	Свободноживущие. Хищники. Аэробы	Паразиты человека и животных. Анаэробы	Паразиты человека и животных. Анаэробы

Предста-вители	**Белая планария**	**Печеночный сосальщик**	**Бычий цепень**
Размножение	Половое. Яйца откладывает в коконы. Возможно бесполое размножение в связи с регенерацией	Половое	Половое
Развитие	***Прямое*** у пресноводных, ***с метаморфозами*** у морских **(мюллеровская личинка)**	***Цикл развития-.*** окончательный хозяин —• яйца (в воду) —»личинка **(мирацидий)** —• моллюск —»личинка **(церкарий)** —* покоящаяся личинка **(адолескарий)** —> окончательный хозяин	***Цикл развития:*** окончательный хозяин (человек) —» ***членики*** с яйцами паразита —> внешняя среда —» промежуточный хозяин (крупный рогатый скот) —* в кишечнике из яйца выходит ***онкосфера*** —» с током крови заносится в органы (мышцы) —> ***финна*** —»окончательный хозяин
Стадия заражения	Отсутствует	Адолескарий	Финна
Значение в жизни человека	Не имеет	Вызывает фасциолез	Вызывает тениаринхоз

*) У других представителей имеются крючья и присоски или ботрии - присасывательные щели.

Эндопаразит - организм, паразитирующий внутри организма хозяина (плоские и круглые черви, малярийный плазмодий).

Гельминты, или **глисты,** - паразитические черви из типов плоских и круглых червей (сосальщики, ленточные черви, нематоды). Попадая в различные органы и ткани человека, животных и растений, вызывают заболевания - **гельминтозы.**

• **Способы заражения хозяина гельминтозом:**
" через пищу и воду (заглатывая инвазионные яйца и личинки);
• в результате активного проникновения личинок через его кожу;
• путем внутриутробной инвазии плода через плаценту (редко);
* попадание личинок в организм окончательного хозяина при поедании им промежуточного хозяина (рыбы, мяса животных).

Тип Круглые черви (Нематоды)

Общая характеристика типа. Круглые черви - это класс первичнополостных червей, свободноживущих (обитающих в морях, пресных водоемах и почве) и паразитирующих в тканях и органах животных, человека и растений. Известно около 20 тыс. видов.

Особенности строения. Тело не сегментировано, обладает билатеральной симметрией, на поперечном разрезе имеет форму круга. Длина тела - от 1 мм до 1 м; его стенка состоит из кожно-мускульного мешка, покрытого снаружи многослойной кутикулой, способствующей уникальной приспособленности круглых червей к жизни в агрессивных средах. Мускулатура продольная, однослойная. Внутренние органы расположены в ***первичной полости тела,*** заполненной жидкостью. Нервная система стволового типа. Дыхательная и кровеносная системы отсутствуют. Круглые черви - раздельнополые, яйцекладущие, реже живородящие.

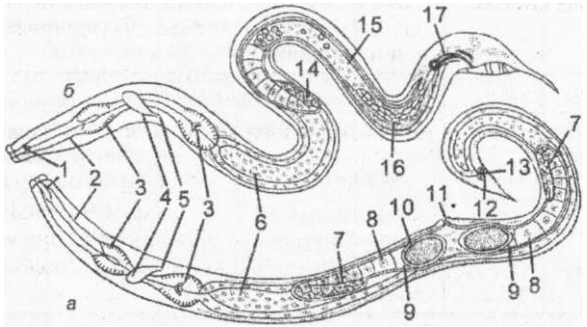


Рис. 8.26. **Схема организации круглых червей:**
а - самка; б - самец; 1 - ротовая полость, 2 - пищевод, 3 - бульбус, 4 - окологлоточное нервное кольцо, 5 - выделительная пора, 6 - средняя кишка, 7 - яичник, 8 - яйцевод, 9 - матка, 10 - яйцо, 11 - женское половое отверстие, 12-задняя кишка, 13 - анальное отверстие, 14-семенник, 15 - семяпровод, 16-семяизвергательный канал, 17-спикулы

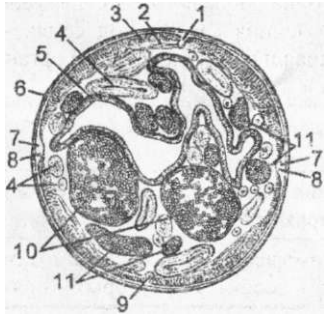


Рис. 8.27. **Поперечный разрез самки аскариды:**
1 - спинной валик гиподермы,
2 - отростки мышечных клеток,
3 - мышечные клетки, 4 - яичник,
5 - стенка кишечника, б - кутикула,
7 - боковой валик гиподермы.
8 - канал выделительной системы,
9 - брюшной вапи'с гиподерма,
10-матка, 11 - яйцевод

Общая характеристика типа Круглые черви

Характеристика	Особенности у круглых червей
Ароморфозы	3-й (задний) отдел кишечника, псевдоцель, раздельнополость
Форма тела	Нитевидная, веретеновидная, тело не сегментировано, на поперечном сечении - форма круга
Стенка тела	Кожно-мускульный мешок: кутикула, гиподерма, один слой продольных мышц
Полость тела	Псевдоцель заполнена жидкостью (функция гидроскелета и обмена веществ)
Пищеварительная система	Состоит из трех отделов: передний (рот, глотка, пищевод), средний, задний (заканчивается анальным отверстием)
Нервная система	Стволового типа: окологлоточное нервное кольцо и продольные стволы (крупные: спинной и брюшной)
Органы чувств	Осязания, химического чувства
Выделительная система	Видоизмененные протонефридии (кожные железы, расположенные в гиподерме, от которых отходят продольные выделительные каналы, заканчивающиеся на заднем конце тела слепо, а на переднем объединяющиеся в один канал. По ходу выделительных каналов расположены фагоцитарные клетки)
Половая система	Раздельнополые, половой диморфизм (самки крупнее самцов, у самцов задний конец закручен на брюшную сторону); половая система представлена в форме трубок: у самок - парная и дифференцирована на яичники, яйцеводы, матки, которые объединяются в одно непарное влагалище. У самцов одна половая трубка, дифференцированная на семенник, семяпровод, семяизвергательный канал и совокупительный орган, открывающийся в заднюю кишку
Кровеносная и дыхательная системы	Отсутствуют
Размножение	Половое, развитие с неполным метаморфозом, у некоторых - прямое.
Развитие	С неполным метоморфозом (личинка мало отличается от взрослой особи); у некоторых - прямое

Сравнительная характеристика представителей классов типа Круглые черви

	Представители	
	Аскарида человеческая	**Острица**
Размеры тела	Самки - 40 см, самца - 20 см	0,5-1 см
Особенности морфологии	На переднем конце тела - кутикулярные губы	На переднем конце тела - везикулы. В пищеводе имеется расширенная часть - бульбус
Места локализации	В тонком кишечнике человека	В нижних отделах тонкого и верхних отделах толстого кишечника
Продолжительность жизни	Около года	Около месяца
Особенности созревания яиц	Яйца созревают в почве при 25 °С, высокой влажности и наличии $O_г$	Самки откладывают яйца вокруг анального отверсгия; яйца созревают через 4—6 часов
Способы заражения человеком	При употреблении в пищу немытых овощей, фруктов, через грязные руки, иногда с водой	При несоблюдении правил личной гигиены
Стадия заражения	Яйцо	Яйцо
Миграция в организме	Личинка выходит из яйца —> пробуравливает стенку кишечника —» движется с током крови —» печень —> сердце —> легкие —»дыхательные пути —> ротовая полость —»кишечник	Нет е
Вызывает	Аскаридоз	Энтеробиоз

Среди круглых червей есть свободноживущие (коловратки, волосатики) и паразиты растений, животных и человека. Для ***паразитических*** червей характерны ***органы прикрепления*** - присоски и крючья, ***покровы,*** защищающие тело от пищеварительных соков хозяина, ***высокая плодовитость*** и ***сложные жизненные циклы*** со сменой хозяев.

- **Первичная полость тела (псевдоцель)** - заполненное жидкостью пространство между стенкой тела и кишечником, в котором лежат внутренние органы. Имеется у круглых червей (определяет их округлую форму тела); у моллюсков во взрослом состоянии сохраняется лишь частично в виде системы лакун и синусов. У зародышей первичной полостью тела является полость бластулы (бластоцель). После образования бластулы она сильно редуцируется и у взрослых животных может не выявляться.

Тип Кольчатые черви

Общая характеристика типа. Кольчатые черви - беспозвоночные животные, имеющие длинное членистое тело, каждый членик которого похож на кольцо; обитают в морях, пресноводных водоемах и почве.

Особенности строения. Тело состоит из внешне одинаковых члеников (сегментов), снабженных маленькими щетинками (кроме переднего членика, имеющего ротовое отверстие). Имеется хорошо развитый кожно-мускульный мешок, состоящий из одного слоя эпителия и двух слоев кольцевых и продольных мышц. Между кожно-мускульным мешком и кишечником имеется ***целом (вторичная полость тела),*** выстланный одним слоем покровных клеток и заполненный целомической жидкостью. Каждый сегмент кольчатого червя имеет элементы кровеносной, нервной и выделительной систем. Нервная система узлового типа. Кровеносная система замкнутая. У морских кольчатых червей имеются органы дыхания - ***жабры.*** Органы выделения - ***метанефридии.*** Раздельнополые животные или гермафродиты.

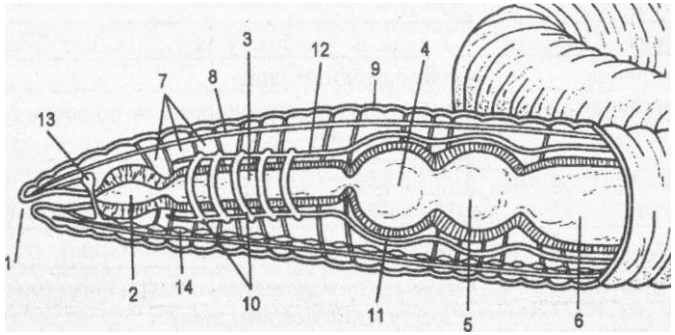


Рис. 8.28. **Анатомическая схема кольчатого червя:**

1 - рот, 2 - глотка, 3 - пищевод, 4 - зоб, 5 - желудок, 6 - кишечник, 7 - полость тела, 8 - продольная мышца, 9 - кольцевая мышца, 10 - сердце, 11 - вентральный сосуд, 12 - дорсальный сосуд, 13 - мозг, 14 - брюшная нервная цепочка

Общая характеристика типа Кольчатые черви

Характеристика	Особенности у кольчатых червей
Ароморфозы	Органы передвижения, дыхания, замкнутая кровеносная система, целом, метанефридии, нервная система узлового типа
Особенности внешнего строения	Гомогенная сегментация тела: в теле выделяют головную лопасть, туловище и анальную лопасть
Покровы тела	Тело покрыто кожно-мускульным мешком: эпителиальный слой, кутикула, продольные и кольцевые мышцы
Органы движения	Параподии и щетинки
Полость тела	Целом - сегментирован и заполнен жидкостью
Нервная система	Узлового типа: окологлоточное нервное кольцо, брюшная нервная цепочка с парными узлами в каждом сегменте
Органы чувств	Осязания, химического чувства
Пищеварительная система	Состоит из трех отделов: передний (рот с челюстями, глотка, пищевод, зоб, желудок); средний (средняя кишка); задний (задняя кишка и анальное отверстие). Пищеварительные железы - слюнные и известковые
Кровеносная система	Замкнутая: спинной, брюшной и кольцевые сосуды
Органы дыхания	У водных - жабры; у наземных газообмен через покровы тела
Выделительная система	Метанефридии (расположены попарно, посегментно)
Половая система	Раздельнополые (пескожил) и гермафродиты (дождевой червь)
Размножение	Половое и бесполое (фрагментация)
Развитие	Прямое (у малощетинковых) и с метаморфозом (у многощетинковых)
Регенерация	Характерна

Классы кольчатых червей: Многощетинковые, Малощетинковые, Пиявки.

Сравнительная характеристика классов кольчатых червей

Классы	Представители
Малощетинковые	Трубочники (обитают в пресных водоемах), дождевой червь. Яйца откладывают в коконы, развитие прямое
Многощетинковые	Палоло, пескожил, нереида - развитие с метаморфозом (личинка - трохофора)
Пиявки	Хищники и эктопаразиты; имеют две присоски (на переднем и заднем концах тела); наружная сегментация не совпадает с внутренней. Медицинская пиявка питается кровью (в слюне содержится вещество, препятствующее свертыванию крови, - гирудин); гермафродит, развитие прямое
Значение	***Малощетинковые***: звено в цепи питания, дождевой червь участвует в почвообразовании, рыхлении почвы, улучшает аэрацию. ***Многощетинковые:*** компонент водного биогеоценоза, корм для рыб. ***Пиявки:*** используются в народной медицине при гипертонии, радикулите

Параподии - мускулистые лопастевидные боковые выросты туловищных сегментов тела у многощетинковых червей, служащие главным образом в качестве органов движения.

Тип Моллюски

Общая характеристика. Моллюски - обитатели водоемов, билатеральносимметричные (кроме брюхоногих), вторичнополостные животные с паренхимой между органами. Произошли от кольчатых червей. Насчитывают около 130 тыс. видов.

Особенности строения. Тело несегментировано. Основание туловища окружено большой кожной складкой (мантией). Между мантией и телом - мантийная полость, в которой расположены жабры.

• **Классы моллюсков:** Брюхоногие, Двустворчатые, Головоногие.

Общая характеристика типа

Характеристика	Особенности у моллюсков
Ароморфозы	Дифференциация кожи, появление сердца, печени, почек
Симметрия	Двустороннесимметричные и асимметричные
Отделы тела	Голова, туловище, нога (орган движения)

Характеристика	Особенности у моллюсков
Покровы тела	Тело покрыто мантией (мантийная полость) и заключено в раковину (у некоторых редуцирована)
Слои раковины	Роговой, фарфоровый, перламутровый
Полость тела	Вторичная (частично редуцирована)
Пищеварительная система	3 отдела, есть печень и слюнные железы
Нервная система	Разбросанно-узлового типа
Органы чувств	Равновесия, осязания, химического чувства
Кровеносная система	Незамкнутая; в сердце один желудочек и несколько (1-4) предсердий
Органы дыхания	Легкие или жабры
Выделительная система	Почки (метанефридиального типа)
Половая система	Раздельнополые (беззубки, перловицы), гермафродиты (улитки, катушки)
Размножение	Половое
Развитие	Прямое (у наземных) и метаморфозом (у водных)
Значение	1. Биофильтраторы. 2. Объекты промысла, используются в пищу. 3. Мука из раковин перловиц и жемчужниц - подкормка для молодняка скота. 4. Источники перламутра, жемчуга. 5. Из чернильного мешка каракатиц и кальмаров - натуральная китайская тушь, акварельная краска. 6. Корабельный червь (шашень) повреждает днища кораблей. 7. Виноградная улитка, малый прудовик и слизни - вредители с/х. 8. Участвуют в образовании осадочных пород

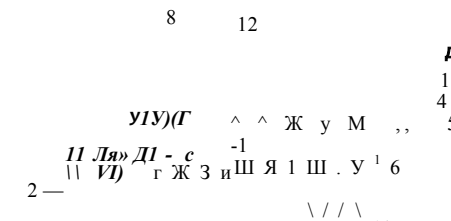


Рис. 8.29. **Строение двустворчатого моллюска:**
1 - нога, 2 - раковина, 3 - мантия, 4 - передний мускул-замыкатель, 5 - задний мускул-замыкатель, 6 - вводной сифон, 7 - рот, 8 - пищеварительная железа, 9 - кишечник, 10 - анус, 11 - выводной сифон, 12-сердце, 13-почка, 14 - ганглии, 15 - гонада, 16-жабры

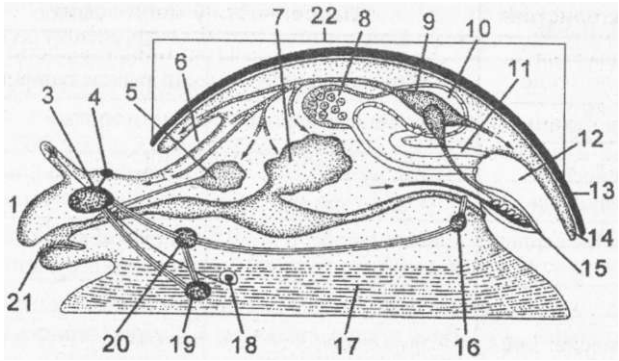


Рис. 8.30. **Схема строения брюхоногого моллюска:**
1 - голова, 2 - щупальце, 3 - церебральный ганглий, 4 - глаз, 5 - слюнная железа, 6 - мантийная полость, 7 - печень, 8 - половая железа, 9 - желудочек сердца, 10 - околосердечная сумка, 11 - почка (нефридий) 12-жаберная полость, 13-раковина, 14-мантия, 15-жабры, 16-туловищный ганглий (продукт слияния висцерального и париетального), 17 - нога, 18 - статоцист, 19 - педальный ганглий, 20 - плевральный ганглий, 21 - радула, 22 - туловищный мешок

Сравнительная характеристика брюхоногих и двустворчатых моллюсков

Признак	Класс Брюхоногие	Класс Двустворчатые
Симметрия	Асимметричны	Билатерапьносимметричны
Голова	Хорошо развита	Редуцирована
Нога	Хорошо развита с обширной ползательной подошвой	Хорошо развита в форме киля
Раковина	Спирально закрученная, коническая, имеет устье	Двустворчатая, расположена по бокам тела, створки соединены эластичными связками
Нервная система	Пять пар узлов	Узлового типа, три пары узлов
Органы чувств	Хорошо развиты (щупальца, глаза)	Слабо развиты
Пищеварительная система: глотка, радула, челюсти	Имеется	Нет

Признак	Класс Брюхоногие	Класс Двустворчатые
Расположение анального отверстия	На переднем конце тела	На заднем конце тела
Кровеносная система	Незамкнутая	Незамкнутая
Строение сердца	Двухкамерное: одно предсердие, один желудочек	Трехкамерное: два предсердия, один желудочек
Дыхательная система	Либо легкое, либо одна гребневидная жабра	Жабры (перистые или нитевидные)
Целом	Полость перикарда и гонад	Полость перикарда и гонад
Выделительная система	Одна почка	Пара почек
Половая система	Раздельнополые или гермафродиты; половые железы одинарные	Раздельнополые, парные половые железы
Развитие	Без метаморфоза (наземные) или с метаморфозом: свободноплавающая личинка трохофора или парусник-велигер	С метаморфозом: личинка- глохидий, паразитирующий на рыбах
Представители	Виноградная улитка (вредитель с/х), малый прудовик	Перловица, беззубка, дрейсена (биофильтраторы)
В Красной книге РБ		Жемчужница обыкновенная

Глохндий - паразитическая личинка некоторых пресноводных двустворчатых моллюсков. Имеет двустворчатую раковину с зубчиками на брюшном крае каждой створки, сильный мускул-замыкатель, чувствительные щетинки и длинную нить, выделяемую особой железой. Развивается из оплодотворенных яиц на жабрах материнской особи. Весной выбрасывается в воду и прикрепляется к жабрам и коже рыб с помощью зубчиков и нити. В месте прикрепления образуется опухоль, в которой личинка развивается 1-2 месяца. Закончив метаморфоз, молодой моллюск падает на дно водоема и ведет свободный образ жизни.

Мантия - наружная складка кожи у моллюсков, покрывающая все тело животного или его часть и образующая ***наружный скелет*** (раковину).

Мантийная полость - полость между телом и мантией у моллюсков, в которой у двустворчатых моллюсков находятся жабры; в нее открываются отверстия выделительной, половой и пищеварительной систем органов.

Терка - тонкая роговая пластинка с многочисленными зубчиками, покрывающая язык моллюсков.

Тип Членистоногие. Общая характеристика

Членистоногие приспособлены к жизни во всех средах обитания, они стали первыми истинно наземными беспозвоночными животными; в настоящее время образуют самый многочисленный тип животных, насчитывающий около 1,5 млн. видов.

- Важнейшие ароморфозы:
  - наружный хитинизированный скелет;
  - членистые конечности;
  - поперечнополосатая мускулатура;
  - мышцы собраны в группы;
  - эндокринная система.
- Тело членистоногих сегментировано (сегментация гетерономная) и имеет двустороннюю симметрию. Отделов тела три (голова, фудь, брюшко) или два (головогрудь, брюшко). Грудь и брюшко состоят из разного количества сегментов. Голова или передние отделы головогруди несут органы чувств; на груди или задних отделах головогруди находятся органы движения; в брюшке находятся внутренние органы. Имеются дифференцированные поперечнополосатые мышцы.
- Покровы: имеется твердый, мало растяжимый наружный покров (наружный ***скелет),*** образованный кожным эпителием, выделяющим наружу многослойную ***кутикулу.*** Гибкий внутренний слой кутикулы состоит из полисахарида ***хитина,*** твердый средний слой состоит из Ca_2C0_3, наружный - из воскообразного вещества. В сочленениях твердый средний слой истончен, поэтому кутикула может сгибаться.
  - * ***Функции покровов',*** защитная (от высыхания и врагов), опорная (служат опорой для конечностей и внутренних тканей).
  - " ***Недостатки*** наружного скелета: ограничение подвижности и роста животного (для роста необходима периодическая смена кутикулы - линька).
- Конечности: парные суставчатые придатки, выполняющие функции органов передвижения (плавания, хождения), органов чувств (усики), органов захвата и измельчения пищи, вспомогательных органов половой системы.

- Число ходильных конечностей на грудном отделе: у ракообразных 5 пар, у паукообразных 4 пары, у насекомых 3 пары.
- **Нервная система** представлена головным ганглием («головным мозгом»), окологлоточным нервным кольцом и брюшной нервной цепочкой; у высших членистоногих сегментарные ганглии сливаются.
- **Органы чувств** хорошо развиты: имеются органы слуха (у некоторых), зрения, осязания и обоняния (усики), вкуса, равновесия; осязание также осуществляется всей поверхностью тела.
- **Полость тела** смешанная ***(миксоцель),*** состоит из слившихся схизоцеля и целома; занята органами размножения и выделения. Основная часть полости тела - ***гемоцель -*** является частью системы кровообращения.
- **Кровеносная система** незамкнутая, ***сердце*** находится на спинной стороне и окружено участком вторичной полости тела - ***околосердечной сумкой***; от сердца идут сосуды, впадающие в гемоцель. По сосудам циркулирует ***гемолимфа,*** которая поступает в сердце через отверстия с клапанами - **остии.**
- **Дыхательная система:** у водных форм имеются ***жабры,*** расположенные у основания конечностей, у наземных форм - ***трахеи*** (ветвящиеся трубочки, контактирующие со всеми участками тела) или/и ***легочные мешки*** (измененные конечности брюшного отдела тела).
- **Пищеварительная система** имеет три.отдела: ***передний отдел*** (рот со сложным ротовым аппаратом, глотка, пищевод, иногда зоб), ***средний отдел*** (желудок, средняя кишка) и ***задний отдел*** (задняя кишка, анальное отверстие). Имеются органы измельчения пищи (кроме паукообразных). В пищеварении участвуют ***пищеварительные железы (печень*** и др.). ***Печень*** образована слепыми выростами задней кишки.
- **Выделительная система** представлена у низших членистоногих ***метапефридиями,*** у высших - ***мальпигиевыми сосудами*** (открываются в заднюю кишку), ***зелеными*** и коксальными ***железами.*** Конечные продукты обмена белков - мочевина (у уринотелических членистоногих), аммиак (у высших ракообразных), гуанин (у паукообразных).
- **Половая система.** Размножение только ***половое.*** Членистоногие ***раздельнополы*** (за редким исключением гермафродиты), иногда с выраженным половым диморфизмом, встречается партеногенез (тли, палочники, мокрицы, некоторые клещи и др.). Самцы имеют парные ***семенники,*** самки - парные ***яичники.***
- **Развитие:** прямое (пауки), с неполным метаморфозом (клещи, некоторые насекомые), с полным метаморфозом (насекомые), живорождение (скорпионы).
- **Рост** ***периодический*** (прерывистый), сопровождается **линькой.**

- **Предки членистоногих** - морские кольчатые многощетинковые черви.
- **Значение членистоногих:** они - компоненты всех биогеоценозов; звенья в цепях питания; опылители и вредители растений; возбудители и переносчики заболеваний; паразиты растений, животных и человека; используются в пищу; производят продукты питания; имеют эстетическое значение (некоторые).
- **Классы членистоногих:** Ракообразные, Паукообразные, Насекомые.

Мальпигиевы сосуды - органы выделения у паукообразных и насекомых, представляющие собой длинные трубчатые слепые выросты кишечника на границе средней и задней кишок. Клетки мальпигиевых сосудов фильтруют в просвет канальцев жидкость с высокой концентрацией продуктов азотистого обмена, которая поступает в заднюю кишку, где из нее реабсорбируется вода. Обезвоженные конечные продукты обмена вместе с непереваренными остатками пищи удаляются через анальное отверстие.

Смешанная полость тела (миксоцель) - пространство между стенкой тела и кишечником у членистоногих, в котором лежат внутренние органы; образуется путем слияния остатков первичной полости тела с редуцированным целомом.

Чешуйки - микроскопические уплощенные выросты кутикулы на теле некоторых беспозвоночных (круглых червей, членистоногих); у некоторых перепончатокрылых и чешуекрылых образуют сплошной защитный покров. Содержат различные пигменты, которые определяют окраску крыльев. Расположенные на чешуйках ребрышки преломляют свет и придают крыльям некоторых бабочек характерный радужный блеск.

Тип Членистоногие. Класс Ракообразные

- **Характерные признаки класса ракообразных:**
  - в теле имеется два отдела - ***головогрудь*** и ***брюшко-,***
  - на головах имеется две пары усиков - ***антенны*** (длинные) и ***антеннулы*** (короткие), выполняющие осязательную и обонятельную функции;
  - конечности имеют примитивное двуветвистое строение;
  - органами дыхания являются ***жабры.***

Ракообразные обитают преимущественно в воде (большинство видов - в толще и на дне морей), некоторые виды обитают на суше (мокрица). Большинство видов свободноживущие, но существуют прикрепленные формы (усоногие раки); имеются паразитические виды. Ракообразные насчитывают около 35 тыс. видов; подразделяются на ***высших*** и ***низших ракообразных.***

Наука о ракообразных - **канцерология.**

Низшие ракообразные - жаброноги, дафния, циклопы, каланус и др. - входят в состав планктона (совокупность планктонных океанических ракообразных называют **крилем).** Имеют полупрозрачное тело; глаза простые или отсутствуют, на брюшке нет конечностей. Размножаются в неблагоприятное время года половым путем с оплодотворением, в благоприятное - диплоидным партеногенезом. Развитие с метаморфозом, личинка - науплиус.

К **высшим ракообразным** относятся крабы, лангусты, речной рак и др.; это обитатели морей, озер, рек; плавают, ходят по суше; на суше обитают во влажных местах, личинки - в воде.

- **Тело** ракообразных дифференцировано на два отдела - ***головогрудь*** и ***брюшко.*** Мускулатура хорошо развита и представлена пучками мышц, прикрепленных к наружному скелету.
- **Покровы:** имеется ***наружный скелет*** - жесткий и плотный, хитинизированный и обычно пропитанный известью ***головогрудный щит,*** или ***панцирь*** (карапакс), закрывающий головогрудь сверху и с боков. По бокам головогруди в панцире имеются щели, в которых находятся органы дыхания - жабры. На панцире отсутствует наружный слой из жироподобного вещества, препятствующий испарению воды.
- **Конечности:** на голове расположены две пары ***усиков -*** более короткие ***антеннулы*** (органы обоняния), за ними - длинные бичевидные ***антенны*** (органы осязания); в основном членике антеннул находятся ***органы равновесия (статоцисты***). На следующих сегментах головы находятся суставчатые конечности, образующие пару верхних челюстей ***(жва.1,*** или ***мандибул),*** две пары нижних челюстей ***(максилл),*** три пары ***ногочелюстей*** и четыре пары ***ходильных ног*** (также служащих для плавания). Первая, самая большая пара ходильных ног - ***клешни,*** служащие для передвижения, захвата и удержания пищи и защиты.

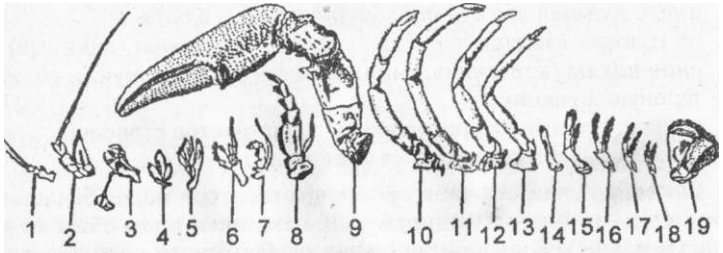


Рис. 8.31. **Строение конечностей речного рака:**

1 - антеннулы; 2 - антенны; 3 - мандибулы; 4 - максиллы I; 5 - максиллы II; 6-8 - ногочелюсти; 9-13 - ходильные ноги (5 пар); 14, 15 - половые ножки самца; 16-18 - плавательные ножки брюшка; 19 - пара ног, входящая в состав хвостового плавника

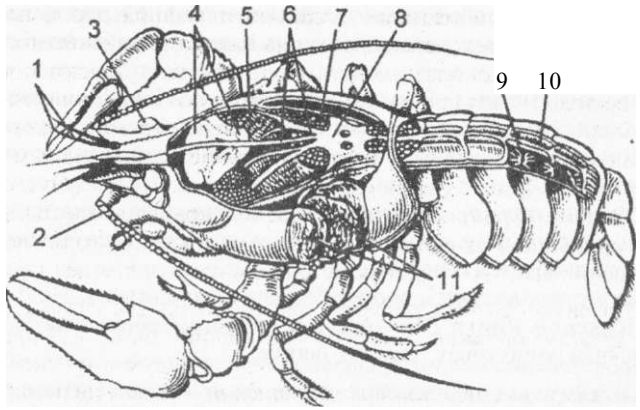


Рис. 8.32. Вскрытая самка речного рака:

1 - короткие усики; 2 - длинные усики; 3 - глаз; 4 - желудок; 5 - пищеварительная железа; 6 - артерии; 7 - яичник; 8 - сердце; 9 - брюшная нервная цепочка; 10-задняя кишка; 11 - жабры

На брюшке имеется несколько (4-5) пар небольших брюшных ножек, выполняющих разные функции (на некоторых самки вынашивают икру и детенышей). Последняя пара конечностей и членик брюшка образуют ***хвостовой плавник (тельсон).***

- **Нервная система** типична для членистоногих. От головного мозга и ганглиев брюшной нервной цепочки идут нервы ко всем органам и тканям тела.
- **Зрение -** ***мозаичное,*** орган зрения - ***фасеточные глаза,*** состоящие из примерно 3000 простых глазков, отделенных друг от друга клетками с черным веществом. Каждый простой глазок имеет ***хрусталик*** в виде выпуклого шестигранника - ***фасетки,*** под которым находится хрустальный конус, состоящий из 4 прозрачных клеток; под хрустальным конусом лежат четыре зрительные клетки, воспринимающие свет.
- **Кровеносная система** незамкнутая. ***Сердце*** имеет форму пятиугольного мешочка и находится на спинной стороне тела. В сердце имеются отверстия с клапанами - ***остии,*** по которым в него поступает гемолимфа.
- **Дыхательная система** представлена ***жабрами.*** Мелкие ракообразные дышат всей поверхностью тела. У наземных видов имеются приспособления для дыхания атмосферным воздухом.
- **Пищеварительная система** имеет три отдела, характерных дня всех членистоногих. В желудке - 2 отдела: ***жевательный*** и ***цедильный.***

- **Выделительная система** представлена одной парой ***зеленых выде.ителы1ых желез.*** Конечный продукт обмена белков - аммиак.
- **Половая система.** Размножение ***половое.*** Большинство видов ракообразных ***раздельнополы.*** Оплодотворение внутреннее, яйца вынашиваются самкой на брюшных ножках в течение полугода.
- **Развитие** ***прямое*** (у пресноводных ракообразных) или ***с метаморфозом*** (у морских видов; личинка - заеа). Некоторые виды заботятся о потомстве.
- **Рост** ***периодический,*** сопровождается ***линьками.***
- **В Красной книге РБ** - рак широкопалый, бокоплав Палласа, мезида реликтовая, лимноколянус.

Антеннулы - первая пара головных придатков (первые усики) у ракообразных. Гомологичны пальпам кольчатых червей. В отличие от истинных конечностей антеннулы одноветвисты и иннервируются от головного мозга, а не от брюшной нервной цепочки. Выполняют функции осязания, обоняния, иногда локомоторные функции или становятся органом прикрепления.

Антенны - головные придатки у ряда членистоногих, гомологичны параподиям кольчатых червей. У ракообразных - это вторые усики, принадлежат первому головному сегменту. Выполняют различные функции: являются органами чувств, локомоторными органами и т.д.

Ногочелюсти - грудные конечности ракообразных, служащие для захвата и измельчения пищи.

Зеленые железы - выделительные тельца (железы) ракообразных, имеющие зеленоватую окраску; их протоки открываются у основания антенн.

Криль - промысловое название планктонных морских рачков, образующих скопления в поверхностных слоях воды. Служит пищей китам, рыбам, птицам, питающимся планктоном. Объект промысла.

Тип Членистоногие. Класс Паукообразные

Паукообразные - членистоногие, тело которых состоит из головогруди и брюшка, имеющие на голове ***хелицеры,*** располагающие 4 парами ходильных ног и дышащие при помощи трахей или легочных мешков. Насчитывают более 62 тыс. видов, в Беларуси - более 700.

- **Характерные признаки класса Паукообразных:**
  - это в основном хищные и паразитические членистоногие животные;
  - обитают на суше, в почве и пресных водоемах;
  - тело разделено на два отдела - ***головогрудь*** и ***брюшко-,***

  - на головогруди имеется 6 пар конечностей: первая и вторая - ротовой аппарат ***(хелицеры*** и ***педипальпы)*** и 4 пары ходильных ног; усики отсутствуют, конечностей на брюшке нет;
  - у большинства видов брюшко не сегментировано (сегментировано только у скорпионов);
  - имеется хитинизированный покров тела, содержащий липиды;
  - используют только жидкую и полужидкую пищу;
  - пищеварение - ***внекишечпое*** и полостное;
  - дыхание - при помощи трахей или легочных мешков;
  - кровеносная система незамкнутая;
  - на брюшке у многих паукообразных имеются паутинные бородавки с ***паутинными железами.***
- **Внешние покровы:** многослойная кутикула, основное вещество ***-хитин*** (у скорпионов основу панциря составляет $CaCO_3$); из эпителия образовались различные ***железы:*** ядовитые (пауки, скорпионы); паутинные (пауки); пахучие (для привлечения полового партнера).
- **Конечности:**
  - ***хелицеры*** образуют верхнюю челюсть и заканчиваются клешней, крючком или стилетом; в них открывается проток ядовитой железы;
  - ***педипальпы*** могут выполнять несколько функций: органа осязания (чаще всего); нижней челюсти; ходильных ног; клешней для захвата пищи (скорпионы); самцы могут использовать их как совокупительный аппарат.
  - ***ходильные ноги*** образованы четырьмя последними парами конечностей. Они заканчиваются гребенчатыми коготками, которые необходимы для изготовления паутины.

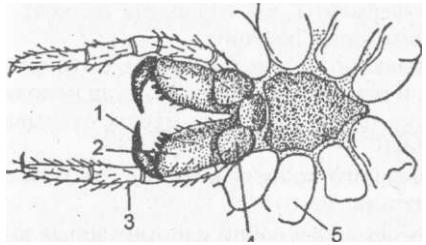


Рис. 8.33. **Строение ротовых органов паука:** 1 - когтевидный членик хелицеры; 2 - основной членик хелицеры; 3 - педипальпа; 4 - жевательный вырост основного членика педипальпы; 5 - грудные конечности

- **Органы дыхания:** воздух поступает через ***дыхальца (стигмы)-,*** газообмен происходит в ***легочных мешках (рис. 8.35)*** и/или ***трахеях,*** легочные мешки и трахеи могут существовать совместно или раздельно;
- **Органы выделения:**
  - ***мальпигиевы сосуды,*** продукты выделения - гистамин и гуанин (выводятся в заднюю кишку);

- ***коксальные железы*** (сходны по строению с метанефридием кольчатых червей); имеются у примитивных форм паукообразных; от них продукты обмена поступают в мочевой пузырь и выводятся наружу через поры, лежащие в основании 1-3-й пары ходильных ног.
- **Питаются** паукообразные жидкой и полужидкой пищей. Пищеварение ***внекишечное*** и полостное (частично переваренная пища через рот всасывается в кишечник).

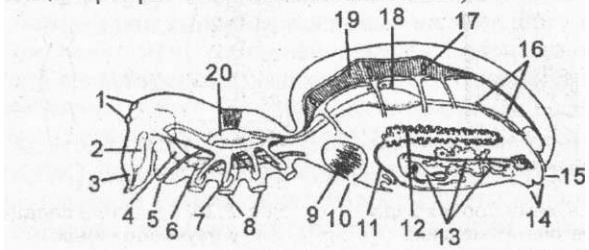


Рис. 8.34. **Строение паука:**
1 - глаза, 2 - ядовитая железа. 3 - хелицеры, 4 - мозговой ганглий, 5 - рот, 6 - подглоточный ганглий, 7 - железистый вырост кишечника, 8 - основания ходильных конечностей, 9-легкое, 10-дыхальце, 11 - яйцевод, 12-яичник, 13 - паутинные железы, 14 - паутинные бородавки, 15 - анальное отверстие, 16 - мальпигиевы сосуды, 17-остии, 18 - протоки печени, 19 - сердце, 20 - глотка

- **Пищеварительная система** имеет сосущий ротовой аппарат и состоит из 3 отделов:
  - ***передней кишки*** (эктодермального происхождения), выстланной хитином и состоящей из рта, мускулистой глотки (является насосом для жидкой пищи), в которую открываются слюнные. железы (слюна содержит ферменты для гидролиза белков), и сосательного желудка (у некоторых пауков);
  - ***средней кишки*** (энтодермального происхождения), в которую впадают протоки ***печени,*** и ***ректального мешка,*** куда попадают непереваренные остатки пищи; в этот же мешок открываются и ***мальпигиевы сосуды,***
  - ***задней кишки*** (эктодермального происхождения), открызающейся наружу анальным отверстием.

Печень паукообразных представляет собой парные слепые выросты средней кишки; она выделяет пищеварительные ферменты и может осуществлять внутриклеточное переваривание.

- **Кровеносная система** незамкнутая, сходна с кровеносной системой ракообразных; циркулирует ***гемолимфа.***
  - Сердце ***(рис. 8.36)*** имеет форму мешочка с тремя отверстиями; находится в брюшке над кишечником на спинной стороне тела.
  - Если имеются трахеи, кровь не участвует в газообмене.

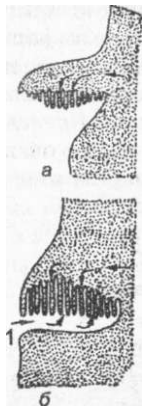


Рис. 8.35. **Схема происхождения легочных мешков у паукообразных:**
а - жабра; б - легочной мешок.
1 - дыхательная щель легочного мешка. Стрелки показывают токи гемолимфы и воздуха

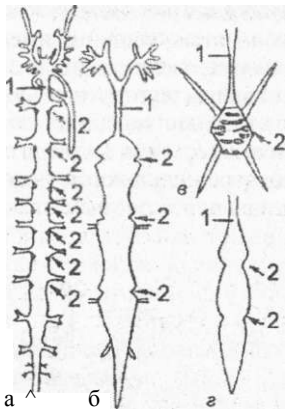


Рис. 8.36. **Строение сердца у паукообразных:**
а - скорпион; б - паук; *в* - клещ; *г* - сенокосец.
1 - аорта, 2 - остии

Нервная система представлена головогрудным головным мозгом и сложной брюшной нервной цепочкой, образованной путем слияния сегментарных ганглиев.

> **Органы чувств:** имеются ***органы осязания*** в виде разбросанных по всему телу чувствительных волосков, ***органы обоняния*** и ***зрения*** (простые глаза); глаза могут отсутствовать.

!• **Размножение** — половое, животные раздельнополые, самки намного крупнее самца. У самца сперматозоиды находятся в ***сперматофоре,*** который при копуляции выводится из тела. После этого самец педипальпами вводит сперму в семяприемники самки, и сперматозоиды оплодотворяют яйцеклетки в ***матке,*** находящейся в брюшке самки.

- У некоторых клещей возможен ***партеногенез.***

> **Развитие:** прямое (пауки); с метаморфозом (клещи); живорождение (скорпионы).

Важнейшие отряды паукообразных:

- **отряд Скорпионы:** крупные (до 20 см) ядовитые паукообразные; имеют сегментированное брюшко, его последние сегменты узкие и неподвижные; на конце брюшка находится изогнутая ядовитая игла. Первая пара конечностей головогруди - челюсти, вторая пара - длинные ***клешни.*** Живородящие животные; оплодотворенные яйца развиваются в яичнике самки, питательные вещества поступают в яйца из тела матери, детеныши живут у матери на спине;

- **отряд Пауки** (насчитывает 30 тыс. видов): несегментированные головогрудь и брюшко соединены тонким стебельком; в хелицерах проходит проток ядовитой железы. В убитую хелицерами жертву паук вводит слюну (внешнее пищеварение) •и через час всасывает содержимое жертвы. ***Представители:*** паук-крестовик (оплодотворенные яйца самка откладывает в кокон из паутинных нитей, который прячет в коре деревьев); паук-волк (коконы с оплодотворенными яйцами самки вынашивают на себе); водяной паук живет в воде, где строит себе воздушный колокол; паук-птицеед имеет крупные размеры (до 10 см), охотится на птиц и мышей; ***ядовитые пауки,*** каракурт, тарантул;
* отряд **Клещи** (насчитывает более 30 тыс. видов): тело мелкое (0,3-3 мм), *нерасчлененное-,* ротовой аппарат грызущего или колюще-сосущего типа; дыхание трахейное, мелкие формы дышат через поверхность тела; развитие идет с метаморфозом (у личинки только 3 пары ног, у взрослой формы - 4 пары). Многие клещи являются возбудителями болезней (чесоточный и мучной клещи); переносчиками болезней (собачий и таежный клещи переносят энцефалит, поселковый - клещевой тиф), вредителями растений (паутинные клещи); большинство клещей обитают в почве и участвуют в почвообразовании.

Внекишечное пищеварение - частичное переваривание пищи, проходящее за пределами пищеварительной системы организма, например в теле жертвы; характерно для пауков, личинок некоторых стрекоз, жуков и др.

Дыхальца - особые отверстия **(стигмы)** по бокам брюшных и грудных сегментов у насекомых и паукообразных, через которые воздух поступает в трахеи. Дыхальца открываются и закрываются при помощи специальных мышц.

Паутина - полужидкий секрет паутинных желез паукообразных, застывающий на воздухе в виде нитей. Состоит большей частью из белка, содержит бактерицидные вещества. Паутинная нить используется для строительства ловчих сетей, убежищ, яйцевого кокона; соединяется в общую сеть пауком при помощи коготков ходильных ног.

Паутинные железы - железы паука, секретирующие полужидкое вещество для плетения паутины.

Педипальпы (ногочелюсти, ногощупальца) - вторая пара головогрудных конечностей некоторых беспозвоночных; участвуют в захвате и размельчении пищи. У паукообразных состоят из нескольких члеников. При помощи жевательного выроста на основном членике педипальпы пища размельчается и разминается; другие членики являются своеобразными щупальцам. У представителей некоторых отрядов (скорпионов и др.) педипальпы превращены в мощные длинные ***клешни,*** у других - похожи на ***ходильные ноги.***

Хелицеры (верхние челюсти) - видоизмененная первая пара конечностей некоторых членистоногих, предназначенная для захвата, удержания и разрывания добычи; состоят из 2-3 члеников.

Тип Членистоногие. Класс Насекомые

Общая характеристика. Насекомые - трахейнодышащие членистоногие, обладающие тремя парами ног и способные к полету. Распространены повсеместно на суше и в пресных водоемах, встречаются в прибрежной части морей, на поверхности океанов; составляют около 70% видов всех животных; описано более 1 млн. видов насекомых.

- **Прогрессивные черты насекомых:** наличие летательного аппарата и «головного мозга»; трахейное дыхание; различные типы ротового аппарата.
- **Скелет** - наружный, хитиновый, многослойный; защищает от высыхания и врагов; к скелету изнутри прикреплены поперечнополосатые мышцы.
- **Отделы тела** (три отдела):
  - ***голова*** (образована несколькими слившимися сегментами, образующими головную капсулу); на ней расположены одна пара усиков (органы обоняния и осязания), ротовой аппарат и фасеточные глаза, между которыми находится 1-5 простых глаз;
  - ***грудь*** (состоит из трех сегментов); на ней расположены одна или две пары ***крыльев*** (на втором и третьем сегментах) и три пары ***конечностей*** (по одной паре на каждом из трех сегментов).

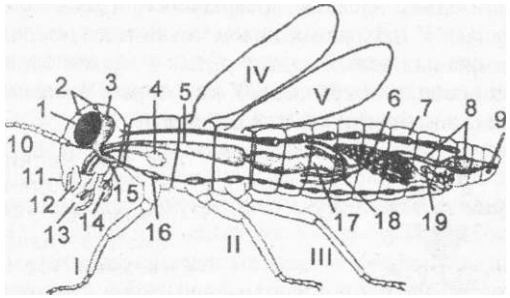
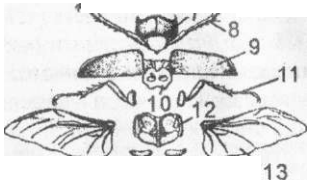


Рис. 8.37. **Схема организации самки крылатого насекомого:**
1 - сложный глаз, 2 - простые глазки, 3 - мозговой ганглий, 4 - слюнная железа, 5 - передняя кишка, 6 - яичник, 7 - сердце, 8 - задняя кишка, 9 - церки, 10 - усики (антенны), 11 - верхняя губа, 12 - мандибула, 13 -максилла, 14—15-подглоточный ганглий, 16-брюшная нервная цепочка, 17 - средняя кишка, 18 - мальпигиевы сосуды, 19 - семяприемник; ИИ - ходильные конечности, IV - переднее крыло, V - заднее крыло

* ***брюшко*** (состоит из нескольких (6-11) сегментов); на его конце могут находиться видоизмененные конечности: ***жало*** (у пчел, ос, муравьев), ***яйцеклады*** (у самок).

Полости тела заполняет жировое тело - жировая соединительная ткань у насекомых и многоножек; выполняет функции накопления запасных питательных веществ, выделения, а у некоторых насекомых - органов свечения.

- Ротовый аппарат образован тремя парами придатков, развивающихся как конечности. Типы ротового аппарата насекомых:
  - грызущий - характерен для питающихся твердой пищей (стрекозы, тараканы, жуки и др.) и состоит из ***верхней губы*** (хитиновой пластинки, закрывающей рот); одной пары зазубренных верхних челюстей ***(мандибул),*** измельчающих пищу; одной пары нижних челюстей ***(максилл),*** имеющих членистое строение и измельчающих пищу; ***нижней губы -*** хитиновой пластинки, участвующей в сЛизывании пищи; максиллы и нижняя губа имеют вкусовые рецепторы;
  - сосущий - представлен сосательным хоботком (видоизмененные нижние челюсти), свернутым в спираль; имеется у насекомых, питающихся нектаром (бабочки);
  - колюще-сосущий - представлен колющим хоботком (комары, клопы, вши, блохи);
  - лижущий - представлена лижущий хоботком (мухи);
  - лакающий - представлен лакающим хоботком (шмели, пчелы).
- Крылья (видоизмененные складки покровов) характерны только для взрослых насекомых; у личинок они недоразвиты или отсутствуют. У мух и комаров сохраняется только передняя пара крыльев, задние крылья превращены в жужжальца (органы равновесия). У некоторых видов (жуки и др.) передние крылья преобразованы в плотные надкрылья и служат защитой для перепончатых задних крыльев. У некоторых паразитических насекомых (вши, блохи) крылья исчезают.



Г т Ъ

Рис. 8.36. **Расчленение жука-оленя:**

I - нижняя губа, 2 - нижняя челюсть, 3 - мандибула, 4 - верхняя губа, 5 - голова, 6 - усики, 7 - переднегрудь, 8 - первая пара грудных конечностей, 9 - передняя пара крыльев - надкрылья, 10-среднегрудь, II - вторая пара грудных конечностей, 12-заднегрудь, 13-задние крылья, 14 - третья пара грудных конечностей, 15-брюшко

- Типы конечностей насекомых: бегательные (у тараканов), плавательные (у водяных жуков), прыгательные (у кузнечиков), собирательные (у пчел), хватательные (у богомолов) и др.
- Органы дыхания - ***трахеи, трахеолы,*** стигмы ***(дыхальца)-,*** у водных насекомых - ***трахейные жабры.*** Трахеи образуют сеть, оплетающую все органы. Наружу трахеи открываются дыхальцами, расположенными по бокам груди и брюшка. Движение воздуха происходит за счет ритмичного движения брюшка.
- Трахейные жабры препятствуют проникновению воды в трахеи и облегчают поступление кислорода из воды.

••• Пищеварительная система состоит из трех отделов:

" ***передней кишки*** (эктодермального происхождения), состоящей из ротовой полости, мускулистой глотки, куда открываются протоки слюнных желез; узкого пищевода; зоба - расширенной части пищевода у насекомых, чаще питающихся жидкой пищей; жевательного желудка - у насекомых, питающихся твердой пищей;
- ***средней кишки*** (энтодермального происхождения), где идет переваривание и всасывание пищи; печень отсутствует;
- ***задней кишки,*** заканчивающейся анальным отверстием, где происходит обратное всасывание воды.

- Выделительная система образована трубчатыми ***мальпигиевыми сосудами,*** открывающимися на границе средней и задней кишок (образуются из эктодермы задней кишки). Продукты обмена поступают из крови в просвет мальпигиевых сосудов и выделяются в кишечник в виде суспензии кристаллов мочевой кислоты и ее солей. Вода из этой суспензии возвращается мальпигиевыми сосудами в кровь.

••• Кровеносная система незамкнутая. Сердце длинное, трубковидное, многокамерное, замкнутое на заднем конце, снабженное клапанными отверстиями; расположено в спинном отделе. От сердца идет короткий сосуд (аорта) к голове, из которого кровь изливается в полость тела. Кровь насекомых ***(гемолимфа)*** содержит клеточные элементы гемоциты. Функции гемолимфы: транспорт питательных веществ и продуктов обмена, выделительная и защитная функции, частичное участие в обмене газов.

- Нервная система образована надглоточным ганглием («***головным мозгом***») и ***брюшной нервной цепочкой*** (у некоторых видов имеется также подглоточный ганглий). Головной мозг регулирует работу органов чувств и сложные формы поведения насекомых; в нем выделяют 3 отдела: передний с грибовидными телами, средний, задний.
- Органы чувств - вкуса, зрения, осязания, равновесия, слуха - хорошо развиты.

- ***Осязание*** и ***обоняние*** осуществляются усиками. Форма усиков - нитевидная, пильчатая, гребенчатая, перистая, булавовидная, пластинчатая.
- ***Органы вкуса*** расположены на ротовых конечностях.
- ***Глаза*** могут быть сложными и простыми. Неподвижные сложные фасеточные глаза воспринимают форму предметов, могут различать цвета и воспринимать поляризацию света, имеют малую инерционность (воспринимают мелькания с частотой 250-300 Гц). Простые глаза отличают свет от тьмы.
- ***Органы слуха*** - тимпональный орган (состоит из тонких перепонок, натянутых на кольца, под которыми находятся расширения трахей с нервами) или специальные волоски, расположенные на поверхности тела.
- ***Другие органы чувств*** - воспринимающие магнитные, электростатические поля, контролирующие направление и скорость полета, влажность воздуха, концентрацию углекислого газа.

- Половая система: насекомые раздельнополы, часто с выраженным половым диморфизмом. У самок - два яичника, два яйцевода; у самцов - два семенника, два семяпровода.
- Размножение - половое; самки откладывают яйца. Типы размножения насекомых:
  - с внутренним оплодотворением;
  - партеногенез (без оплодотворения);
  - встречается живорождение (из отложенных яиц выходят вполне сформированные личинки).
- Развитие:
  - ***прямое*** (без метаморфоза) - из яйца выходит личинка, похожая на взрослое насекомое, но малых размеров, с недоразвитыми крыльями и половой системой (чешуйницы);
  - ***с неполным метаморфозом-,*** из яйца выходит личинка, которая растет, превращаясь после нескольких линек во взрослое насекомое ***(имаго)*** (кузнечики, саранча, вши, тараканы);
  - ***с полным метаморфозом:*** личинка резко отличается по строению и поведению от взрослого насекомого; она интенсивно питается, несколько раз линяет и превращается в неподвижную куколку; в куколке происходит перестройка органов, и из нее выходит взрослое насекомое (отряды Чешуекрылые, Жесткокрылые, Блохи, Двукрылые).
- Значение насекомых:
  - ***положительное:*** опыляют растения; уничтожают насекомых-вредителей (наездник, афелинус, муравьи, божьи коровки и др.); пчелы и тутовые шелкопряды используются человеком;
  - ***отрицательное:*** они являются вредителями садов (тли), полей (клопы-черепашки), лесов (жуки-короеды);
    - паразитами животных и человека (вши, мошки, пухоеды);
    - переносчиками болезней (блохи, комары, вши).
- Занесены в Красную книгу РБ: шмель моховой, шмель степной, пчела-плотник (отряд Перепончатокрылые), конешиль (отряд Равнокрылые), красотел пахучий, жук-олень, жук-отшельник (отряд Жесткокрылые), махаон, аполлон, мертвая голова, лента орденская голубая (отряд Чешуекрылые).

Полезные насекомые и их значение

Насекомые	Особенности	Значение
Медоносная пчела	Живет семьями. Семья: матка, 300 трутней, десятки тысяч рабочих пчел. Ротовой аппарат-лакающе-лижущий. Из оплодотворенных яиц развиваются самки, из неоплодотворенных - самцы	Дают мед. Мед подавляет воспалительные процессы. Воск используется в технических целях. Пчелиный клей (прополис) служит сырьем для изготовления лекарств. Опыление растений
Тутовый шелкопряд	Имеет толстое волосистое тело, неспособен к полету, не питается. После спаривания самцы умирают, а самки откладывают от 300 до 600 яиц-грен. Из яиц выходят гусеницы - «шелковичные черви». При окукливании гусеницы выделяют шелковину	Натуральный шелк является сырьем для легкой промышленности и используется в электротехнике
Муравьи	Общественные насекомые. В их семьях различают крылатых самцов и самок и бескрылых рабочих муравьев. После оплодотворения самцы погибают, а самки обламывают крылья и, найдя место, начинают строить муравейник	Уничтожают вредных насекомых и их личинок. Рыхлят почву, обеспечивают газообмен, обогащают ее перегноем
Наездник, яйцеед, трихо грамма, афелинус, белянковый мелкобрюх	Личинки этих насекомых питаются тканями насекомого-хозяина	Используются для уничтожения вредных насекомых

Насекомые-вредители

Группы насекомых	Представители	Наносимый вред
Вредители зерновых культур	Азиатская перелетная саранча Хлебные клопы-черепашки	Повреждают (иногда полностью) злаковые растения Высасывают содержимое зерен
Бабочки - вредители овощных культур	Капустная белянка, репница, брюквенница Капустная совка (ночная)	Повреждают капусту и др. крестоцветные. Повреждает лук, горох, сахарную свеклу, гладиолусы, георгины и др.
Жуки - вредители овощных культур	Колорадский картофельный жук. Жуки-щелкуны (личинка - проволочник)	Повреждает картофель, томаты, пасленовые. Повреждают клубни, корни, корневища
Насекомые - вредители садов	Яблонный цветоед (жук) Яблонная моль Яблонная плодожорка	Личинки питаются пестиками и тычинками яблоневых цветков. Жук повреждает завязь плода. Питается листьями яблонь. Вызывает червивость плодов
Вредители леса	Сосновая пяденица Сосновый коконопряд Кольчатый коконопряд Майские жуки Дровосеки-усачи Короеды	Полностью съедает хвою, оставляя лишь «небольшие пеньки». Гусеницы объедают старую и молодую хвою, оголяя кроны сосен. Поедает листья дуба. Повреждают листья, подгрызают корни растений. Разрушают деревянные постройки. Нападают на ослабленные деревья, вызывая усыхание их вершин
Насекомые - паразиты человека и животных, переносчики возбудителей заболеваний	Вши, постельный клоп, блохи, кровососущие комары, слепни, мошки	Вызывают зуд, нарушают сон, мешают трудовой деятельности человека. Иногда секрет слюнных желез вызывает аллергию, вши переносят тифы, малярийные комары - малярию

Группы насекомых	Представители	Наносимый вред
Насекомые - паразиты человека и животных, переносчики возбудителей заболеваний	Пухоед Кожные полосатые желудочные оводы Комнатные мухи Крысиные блохи	Повреждает перьевой покров и приводит к гибели молодых птиц. Вызывают падеж скота, особенно молодого. Загрязняют пищу и предметы обихода. Переносчики возбудителей бубонной чумы

Жало - колющая часть жалящего аппарата (орган защиты и нападения) самок жалящих перепончатокрылых (осы, пчелы, муравьи). Представляет собой видоизмененный в иглу яйцеклад с каналом. У основания жала имеются придаточные железы, выделяющие яд. В покое жало лежит внутри концевого сегмента брюшка, при необходимости выдвигается наружу. У медоносной пчелы края створок жала зазубрены, и при ужалении крупного животного или человека пчела не в состоянии вытащить жало и погибает.

Имаго - конечная фаза развития насекомых и ряда других членистоногих; взрослое насекомое. Стадия имаго непродолжительна: у большинства бабочек - несколько месяцев (у некоторых 2-3 года), у тлей - несколько дней, у поденок - несколько часов; пчелиная матка живет до 5 лет, самки муравьев - до 15.

Кокон - защитное образование куколок многих насекомых из шелковой нити, слизи или паутины. Дождевые черви, пиявки, пауки и некоторые моллюски образуют так называемые яйцевые коконы, внутри которых развиваются яйца.

Кубышка - кладка яиц саранчи, окруженная плотной оболочкой и инкрустированная частицами почвы.

Куколка - стадия индивидуального развития насекомых с полным превращением, следующая за личинкой. Куколка не питается и обычно неподвижна. В ней происходит интенсивная внутренняя перестройка органов, в процессе которой насекомое превращается из личинки во взрослую особь (имаго); при этом большинство личиночных органов разрушается, а органы взрослой особи формируются заново.

Кулига - скопления перелетной саранчи.

Маска - ловчий аппарат личинок стрекозы. Маска - видоизмененная нижняя губа в виде расширенной пластинки с двумя подвижными крючками или ковша.

Матка у общественных насекомых (пчел, шмелей, муравьев) - единственная самка в семье, способная откладывать яйца.

Маточное молочко - секрет слюнных желез рабочих пчел-кормилиц; содержит белки (до 50%), жиры, углеводы, минеральные соли, витамины и др. биологически активные вещества. Маточным молочком пчелы кормят личинку матки (в течение всего периода ее развития), матку (в период яйцекладки), личинок рабочих пчел и трутней - до 3-дневного возраста (затем смесью меда и перги).

Пахучие железы - железы многих насекомых и млекопитающих, выделяют пахучий секрет, служащий для защиты и выполняющий функции хемокоммуникации (привлечения особей противоположного пола, мечения территории и т.д.).

Прядильные железы - видоизмененные слюнные железы насекомых, вырабатывающие белковое вещество, застывающее на воздухе в виде шелковой нити. Наиболее развиты у шелкопрядов.

Трахейные жабры - выросты стенок тела с расположенными внутри ветвящимися трахеями. Кислород поступает в них из воды благодаря разнице парциального давления. Т.ж. характерны для личинок водных насекомых (стрекоз, поденок, ручейников).

Шелковина - тонкая прочная белковая нить, образуемая на воздухе из секрета слюнных желез гусениц бабочек; шелковина используется гусеницей при завивании кокона. У тутового шелкопряда шелковичная нить в коконе достигает длины 1000 м. Из шелковины получают натуральный шелк.

Яйцеклад - трубчатый наружный орган для откладки яиц у самок насекомых. Представляет собой видо'измененные конечности восьмого и девятого сегментов груди.

Тип Хордовые

Хордовые - трехслойные организмы с билатеральной (двусторонней) симметрией, вторичной полостью тела и вторичным ртом, имеющие внутренний скелет в виде позвоночника или хорды. Тип объединяет около 43 тыс. современных видов животных.

- **Основные признаки типа:**
  - имеется внутренний осевой скелет - ***хорда-,***
  - над хордой, на спинной стороне тела, расположена ***нервная трубка***, полость которой заполнена спинномозговой жидкостью; из нервной трубки дифференцируется головной и спинной мозг (отличие хордовых от членистоногих);
  - под хордой расположен сквозной кишечник;
  - кровеносная система ***замкнутая,*** камерное сердце находится на брюшной стороне тела под пищеварительным каналом (отличие от членистоногих и моллюсков);
  - тело имеет ***двустороннюю симметрию-,***
  - в покрове тела имеются два слоя (эпидермис, дерма);
  - имеется вторичная полость тела - ***целом-,***

  - стенки глотки имеют ***жаберные щели,***
  - многие органы расположены метамерно (метамеры - схожие участки, расположенные вдоль оси тела);
  - низшие формы хордовых имеют плавательный хвост;
  - хордовые - трехслойные вторичноротые животные;
  - обитают во всех средах биосферы - на суше, в океанах, морях и пресных водах.

Хорда - хрящеподобный, несегментированный, эластичный, покрытый оболочкой внутренний осевой скелет энтодермального происхождения, выполняющий опорную функцию; сохраняется в течение всей жизни у ланцетника, круглоротых и некоторых рыб, у остальных позвоночных и оболочников имеется только в эмбриональном состоянии.

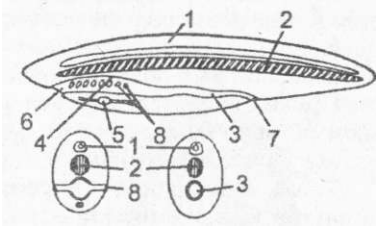


Рис. 8.39. **Принципиальная схема строения хордовых:**
1 - нервная трубка, 2 - хорда, 3 - кишечник, 4 - глотка, 5 - сердце, 6 - рот, 7 - анальное отверстие, 8 - жаберные щели

- **Подтипы типа Хордовые:**
  - ***Бесчерепные*** (класс Ланцетники);
  - ***Черепные,*** или ***Позвоночные*** (надкласс Рыбы, классы: Земноводные, Пресмыкающиеся, Птицы, Млекопитающие).

Тип Хордовые. Класс Ланцетники

- **Характерные признаки класса Ланцетники** (известно около 35 видов):
  - это - полупрозрачные морские животные с удлиненной формой тела (размеры 5-8 см);
  - обитают в теплых морях с песчаным фунтом, живут на дне, зарывшись в грунт (до 300 особей на 1 м);
  - голова не обособлена, отсутствуют череп, головной мозг, челюсти;
  - рот окружен щупальцами, реснички которых гонят воду в открытый рот;
  - околожаберная полость сообщается с окружающей средой через афиопор;
  - кожа состоит из 2 слоев: однослойного эпидермиса, содержащего железистые клетки, и дермы;
  - имеются кожные спинной и хвостовой ***плавники*** (хвостовой плавник имеет форму наконечника копья или ланцета); парные плавники отсутствуют;
- **осевой скелет - *хорда,***

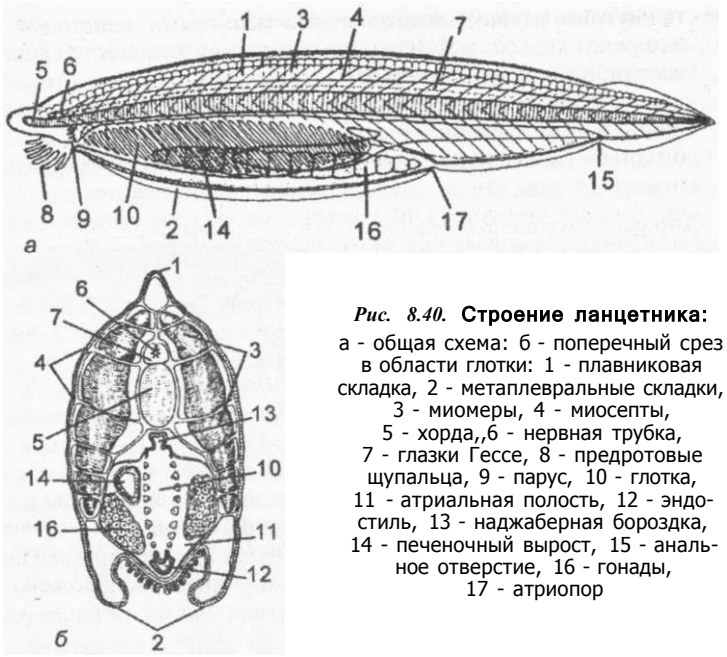


Рис. 8.40. **Строение ланцетника:**
а - общая схема: б - поперечный срез в области глотки: 1 - плавниковая складка, 2 - метаплевральные складки, 3 - миомеры, 4 - миосепты, 5 - хорда,,6 - нервная трубка, 7 - глазки Гессе, 8 - предротовые щупальца, 9 - парус, 10 - глотка, 11 - атриальная полость, 12 - эндостиль, 13 - наджаберная бороздка, 14 - печеночный вырост, 15 - анальное отверстие, 16 - гонады, 17 - атриопор

1 **нервная система** представлена одинаковой по толщине ***нервной трубкой*** и периферическими, расположенными посегментно ***нервами.*** Спереди нервной трубки имеется непарный глазок, а на нижней ее стороне - ряд пигментных пятен;

1 **пищеварительная система** слабо дифференцирована. Имеется ротовое отверстие, окруженное щупальцами, глотка, кишечник, анальное отверстие. Способ питания - фильтрационный. Пищевые частицы склеиваются в глотке и проглатываются. Печень отсутствует, вместо нее - полый вырост кишечника;

- **кровеносная система:** один круг кровообращения, сердце отсутствует, его роль выполняет брюшная аорта. Кровь бесцветная, лишена форменных элементов, перекачивается пульсирующими расширениями жаберных сосудов - луковичками. Из жаберных сосудов кровь попадает в спинную аорту, затем в капилляры органов и собирается в брюшную аорту, от которой отходят жаберные сосуды;
- **выделительная система** представлена ***нефридиями*** (100 пар), которые расположены вдоль глотки в межжаберных перегородках, воронки погружены в целом, канальца открываются в околожаберную полость;

- **газообмен** осуществляется в ***межжаберных перегородках.*** Реснички клеток, выстилающих изнутри глотку, гонят воду к жаберным щелям. ***Жаберные щели*** (около 150 пар) защищены от песка и находятся в околожаберной полости, открывающейся наружу непарным выходным отверстием;
- **половая система:** ланцетники - раздельнополые животные; имеют 25 пар гонад, расположенных посегментно; половые протоки отсутствуют. Оплодотворение наружное; яйца и сперматозоиды выделяются в околожаберную полость;
- **размножаются *яйцами***, развивающимися в воде. С весны до начала осени взрослые особи выметывают после захода солнца икринки и сперматозоиды. Личинки, появившиеся после, оплодотворения икры, живут 3 месяца в толще воды;
- **развитие - *с неполным метаморфозом.***

- **Сходство с первичнорогыми** - в строении выделительной и пищеварительной систем.
- **Сходство с кольчатыми червями:** органы выделения; нет головного мозга; кровеносная система замкнутая; мышцы поделены поперечными перегородками на сегменты.
- **Отличия ог кольчатых червей:** имеется внутренний скелет - хорда; нервная система имеет вид трубки и расположена на спине над хордой; дыхание осуществляется фильтрацией воды через жаберные щели.

Тип Хордовые. Подтип Позвоночные (Черепные)

- **Общая характеристика Позвоночных:**
  - известно около 45 ООО видов;
  - в основном это ***подвижные*** животные;
  - вокруг хорды развивается ***хрящевой*** или ***костный скелет;***
  - нервная трубка ***дифференцирована;***
  - головной мозг защищен ***черепом*** и состоит из 5 отделов: переднего мозга, промежуточного мозга, среднего мозга, мозжечка, продолговатого мозга;
  - развиты разнообразные ***органы чувств;***
  - ***активное питание*** способствовало образованию ***челюстей,*** которые обеспечивают захват, удержание, измельчение пищи;
  - ***увеличение подвижности*** привело к появлению парных конечностей, пояса конечностей (соединяющего конечности с позвоночником), позвоночника (выполняющего функции осевого скелета, опоры тела и конечностей, защиты спинного мозга);
  - увеличение подвижности стало возможным благодаря росту ***эффективности обмена веществ,*** который обеспечивается интенсификацией следующих процессов:
    - питания - за счет появления ***пищеварительных желез,*** усложнения ***печени*** и появления ***поджелудочной железы,***

- дыхания - за счет появления ***жабр*** и ***легких;***
- кровообращения - за счет появления ***сердца,*** расположенного на брюшной стороне и быстро перекачивающего кровь;
- выделения - за счет появления ***почек.***

- **Значение Позвоночных:**
  - почти все сельскохозяйственные животные и большинство промысловых животных - позвоночные;
  - многие птицы уничтожают вредителей растениеводства;
  - среди позвоночных много вредителей сельского хозяйства (суслики, крысы и др.);
  - большое число видов - переносчики опасных инфекций.

- **Классы подтипа Позвоночные:**
  - Круглоротые (миноги, миксины)-150 видов;
  - Хрящевые рыбы - 630 видов;
  - Костные рыбы - 20 ООО видов;
  - Земноводные - 2 600 видов;
  - Пресмыкающиеся - 8000 видов;
  - Птицы - 9000 видов;
  - Млекопитающие-4000 видов.

Позвоночник - основа скелета тела, образованная совокупностью наложенных друг на друга позвонков; замещает хорду низших позвоночных.

Тип Хордовые. Надкласс "Рыбы

Рыбы - позвоночные животные, обитающие в воде, дышащие при помощи жабер и имеющие обтекаемое, покрытое чешуей тело.

Известно более 20 тыс. видов рыб. Надкласс Рыбы включает классы: Хрящевые и Костные рыбы.

- **Ароморфозы и идиоадаптации:**
  - прочный хрящевой или костный скелет (череп, позвоночник, челюсти);
  - головной и спинной мозг;
  - жабры;
  - двухкамерное сердце;
  - обтекаемая форма тела;
  - конечности в виде парных и непарных плавников;
  - кожа покрыта чешуей и слизистой пленкой;
  - боковая линия;
  - глаза приспособлены к видению в воде;
  - внутреннее ухо;
  - у костных рыб - плавательный пузырь;
  - покровительственная окраска;
  - осеменение в воде.
- **Отделы тела:** голова, туловище, хвост.

- **Тело** обтекаемое; его форма зависит от условий обитания (у придонных рыб тело плоское). Голова не отделена от туловища; шеи нет. На границе между головой и туловищем расположены жабры. Туловище плавно переходит в хвост; на границе между туловищем и хвостом находится анальное отверстие.
- **Плавники** - плавниковые лучи, покрытые снаружи кожей; у окунеобразных рыб (ерш, судак) плавники с колючками. ***Непарные плавники*** - спинной, хвостовой (движитель), подхвостовой - обеспечивают устойчивость тела. ***Парные плавники*** - грудные (соединены с позвоночником плечевым поясом) и брюшные (не соединены с позвоночником) - являются рулями глубины, участвуют в сохранении равновесия и осуществляют медленное движение назад.
- **Покровы:** тело покрыто ***чешуей,*** расположенной рядами (предыдущий покрывает следующий), сверху чешуя покрыта кожицей (эпидермисом, под которым лежит дерма), выделяющей слизь (слизь снижает трение и защищает от паразитических бактерий и грибов). Спина у рыб темнее брюшка (покровительственная окраска). Глубоководные рыбы могут светиться.
- **Мышцы** расположены под кожей и прикреплены к костям; имеют выраженную сегментацию; хорошо развиты на спине.
- **Скелет** бывает хрящевой или костный; выполняет опорную и защитную функции; состоит из ***черепа, позвоночника, скелета парных плавников*** и их ***поясов*** (состоит из костистых лучей) и ***скелета непарных плавников.***
  - В ***черепе*** выделяют два отдела - ***мозговой*** (является опорой и защитой анализаторов и мозга) и ***висцеральный*** (формирует челюсти, является опорой и защитой дыхательного аппарата). Череп костных рыб состоит из большого числа костей и соединяется с позвоночником неподвижно. Самая большая кость - жаберная крышка.
  - Первичный осевой скелет (хорда) постепенно заменился ***позвоночником,*** состоящим из подвижно сочлененных хрящевых или костных ***позвонков*** (у некоторых видов - белуги, осетра - хорда сохраняется в течение всей жизни).
  - В **позвоночнике** выделяют два отдела - ***туловищный*** (ребра) и ***хвостовой.***
- **Строение позвонка:** тело позвонка окружает хорду; его верхний отросток образует дугу, в которой проходит ***спинномозговой канал*** позвонка (в нем расположен спинной мозг); нижние отростки в туловищном отделе соединены с ***ребрами*** (они необходимы для защиты органов полости тела), а в хвостовом отделе нижние дуги срослись в один отросток. Между позвонками находятся остатки хорды - ядра межпозвоночных дисков.

- **Пищеварительная система** дифференцирована на отделы: рот, челюсти с коническими зубами (служащими для захвата и удержания пищи; у некоторых видов имеются только глоточные зубы), глотка с жаберными щелями, пищевод, желудок (может растягиваться, так как добыча глотается целиком), тонкий и толстый кишечник, анальное отверстие. Имеются пищеварительные железы: печень, поджелудочная железа. У некоторых видов (карась, плотва) желудок отсутствует. Желудочный сок вырабатывается мелкими железами слизистой желудка. Питание активное.
- **Выделительная система** рыб представлена двумя лентовидными красно-бурыми ***туловищными почками***, мочеточниками, мочевым пузырем, мочеиспускательным каналом, выделительным отверстием (находится позади полового отверстия, следующего за анальным). Конечный продукт белкового обмена - аммиак (у пресноводных; аммонийтелические рыбы), мочевина (у морских; урикотелические рыбы).
- **Гидростатический аппарат** представлен ***плавательным пузырем*** - тонкостенным выростом кишечника, заполненным газами; у хрящевых рыб отсутствует. Регулируя объем плавательного пузыря, рыбы изменяют свой удельный вес, благодаря чему погружаются и всплывают. У некоторых рыб плавательный пузырь служит резонатором в восприятии звуков. У некоторых видов (окунь) плавательный.пузырь не соединен с кишечником, у других видов (плотва, карась) - соединен.
- **Дыхательная система.** Рыбы дышат ***жабрами*** (газообмен происходит в жаберных лепестках; жаберные тычинки выполняют цедильную функцию). Жабры расположены на боковой поверхности глотки и состоят из ***жаберных дуг, жаберных лепестков, жаберных тычинок*** и ***жаберных щелей,*** расположенных между жаберными дугами. Движение воды осуществляется за счет движения ***жаберной крышки,*** прикрывающей жабры снаружи, и мускулатуры дна ротовой полости, работающей как насос с клапаном.
- **Кровеносная система** замкнутая, имеется один круг кровообращения. Сердце - двухкамерное с мускулистыми стенками, снабжено клапанами. Сокращается оно редко, кровоток медленный, поэтому у рыб низкий уровень обмена веществ и температура тела лишь на 1-2 °С выше температуры окружающей среды.
- **Нервная система.** В головном мозге 5 отделов (передний отдел и зрительный центр - средний мозг), 10 пар периферических черепномозговых нервов.
- **Центральная нервная система** представлена ***нервной трубкой,*** разделенной на спинной и головной мозг.

Рис. 8.41. **Скелет рыбы**

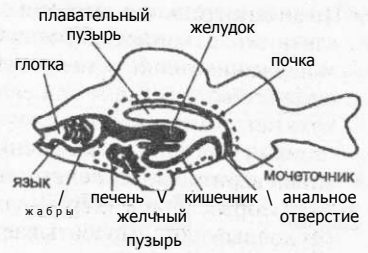


Рис. 8.42. **Пищеварительная, выделительная и дыхательная системы рыбы**

Рис. 8.43. **Кровеносная система рыбы**

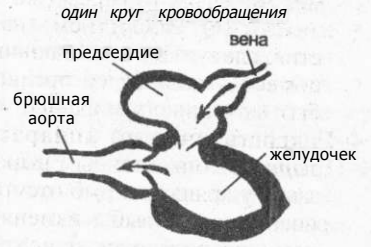


Рис. 8.44. **Двухкамерное сердце рыбы**

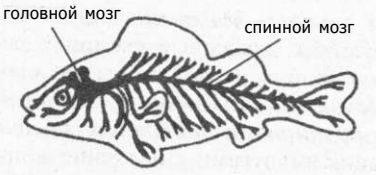


Рис. 8.45. **Нервная система рыбы**

Рис. 8.46. **Головной мозг рыбы**

- **Головной мозг** находится в черепе и состоит из 5 отделов: переднего мозга (отвечает за обоняние, осязание), промежуточного мозга, среднего мозга (отвечает за инстинкты, поведение), мозжечка (отвечает за координацию движений и равновесие, за зрение), продолговатого мозга (управляет мышцами, пищеварением, дыханием, кровообращением и др.).
- **Спинной мозг** проходит в канале позвоночника, образованном верхними дугами позвонков, и имеет полость - спинномозговой канал.
- У рыб можно выработать ***условные рефлексы.***

- **Органы чувств:**
  - ***глаза*** имеют плоскую роговицу и округлый хрусталик, аккомодированы на близкое расстояние, различают форму и цвет предметов;
  - чувствительные ***обонятельные клетки*** находятся в ***ноздрях,*** представляющих собой слепые мешки;
  - ***орган слуха (внутреннее ухо)*** находится в задних костях черепа. Звуковая сигнализация имеет большое значение в жизни рыб, издающих звуки, которые нельзя услышать без специальных приборов;
  - * ***осязательные метки*** разбросаны по всему телу; у некоторых видов на верхней челюсти есть усы, являющиеся органом осязания;
  - имеется ***вкусовая чувствительность***, вкусовые чувствительные клетки разбросаны по всему телу;
  - ***боковая линия*** (представляет собой канал с выходными отверстиями, расположенный в коже вдоль тела) дает информацию о направлении и силе тока воды.
- **Органы размножения.** Рыбы - ***разде.1ыюполые*** животные, размножение половое. У самок имеется большой яичник, где развиваются яйцеклетки - икринки. У самцов - парные белые длинные семенники, которые в период размножения наполняются молоками (густой белой жидкостью со сперматозоидами). Оплодотворение чаще ***наружное*** (у живородящих и хрящевых рыб - внутреннее).
- **Развитие** - со стадией водной личинки. Из оплодотворенной икринки развивается многоклеточный зародыш, имеющий желточный мешок набрюшной стороне тела. Через некоторое время личинка покидает оболочку икринки. Личинка питается планктоном и спустя некоторое время превращается в малька, похожего на взрослую особь. Некоторые виды рыб не откладывают икру, а рождают развившихся в их организме личинок (акулы, скаты, гуппи, меченосцы). Развитие личинок в яйцеводах происходит за счет питательных веществ икринок.
- **Забота о потомстве** характерна для морского конька, колюшки, теляпий.
- **Значение рыб:** они являются компонентами водного биогеоценоза, звеном в цепях питания, служат пищей для человека, источником животных белков, жиров, витаминов, сырьем для пищевой промышленности (из рыбы получают кормовую муку на корм скоту, из отходов рыбной промышленности делают удобрения); рыбы имеют и эстетическое значение.
- **В Красной книге РБ:** форель речная, ряпушка (отряд лососевых), стерлядь (отряд осетровых), рыбец, усач, сом (отряд карпообразных).

Сравнительная характеристика классов костных и хрящевых рыб

Класс Костные рыбы	Класс Хрящевые рыбы
Скелет костный или костно-хрящевой	Скелет хрящевой
Костная чешуя	Плакоидная чешуя
Жаберные крышки, плавательный пузырь	Жаберные крышки и плавательный пузырь отсутствуют
Осеменение наружное	Осеменение внутреннее
Развитие: яйцо —> личинка —» малек —• взрослая особь. Личинка питается запасом желтка яйцеклетки, малек - планктоном	Развитие прямое (яйцеживорождение, живорождение)
От желудочка сердца отходит луковица аорты	От желудочка сердца отходит артериальный колос
Во время нереста многие меняют соленость воды: проходные (угорь, кета), полупроходные (лещ)	Неравнолопастный хвостовой плавник, парные плавники располагаются горизонтально, рот расположен на брюшной стороне, в кишечнике - спиральный клапан, пищеварительная система заканчивается клоакой
Лососевые, Сельдевые, Карпообразные, Осетровые	Акулы, Скаты

Газовая железа - часть стенки плавательного пузыря рыб с разросшимся эпителием с внутренней стороны, пронизанным густой сетью кровеносных капилляров, способных накапливать, а затем выделять газы в плавательный пузырь, благодаря чему удельная плотность рыбы уменьшается.

Глотка - передний мускулистый отдел пищеварительного канала, расположенный между ротовой полостью и пищеводом. Обеспечивает глотание, участвует в процессе дыхания. У хордовых глотка имеет жаберные щели, которые у водных животных сохраняются всю жизнь.

Жаберные дуги (служат опорой дыхательного аппарата) - дугообразные хрящевые или костные образования в висцеральном (лицевом) отделе черепа рыб, к которым прикрепляются жаберные лепестки (органы газообмена) и жаберные тычинки (цедильный аппарат).

Жаберные крышки - плоские костные образования, части висцерального отдела черепа костных рыб, которые прикрывают снаружи жаберные дуги, защищают жабры и принимают участие в дыхательных движениях.

Жаберные лепестки (осуществляют газообмен) - тонкие, пронизанные сетью капилляров пластинки, расположенные с наружной стороны на жаберных дугах.

Жаберные тычинки - выросты с внутренней стороны жаберных дуг рыб; жаберные тычинки соседних дуг тесно прилегают друг к другу и образуют ***цедильный аппарат,*** с помощью которого отфильтровываются пищевые частички.

Жилые рыбы - рыбы, постоянно живущие в реках. К жилым рыбам относится большинство пресноводных рыб.

Личинка - постэмбриональная стадия индивидуального развития многих беспозвоночных и некоторых позвоночных животных (рыб и земноводных). Свойственна животным, у которых питательных веществ в яйцеклетке недостаточно для завершения развития. Личинка ведет самостоятельный образ жизни, активно питается, растет и развивается. Личинка обычно имеет органы (провизорные органы), которых нет у взрослой формы и лишена органов, характерных для последней. Личинка часто обитает в иной среде, чем взрослая особь, питается другой пищей, что уменьшает конкуренцию между взрослыми особями и их потомством. У морских сидячих или малоподвижных животных плавающая личинка служит для расселения вида (планула кишечнополостных, трихофора многощетинковых червей).

Малек - послеличиночная стадия развития рыбы, у которой развились чешуя и плавники.

Наружное оплодотворение - слияние женских и мужских гамет во внешней среде. Свойственно большинству рыб, земноводных.

Нерест - сложное инстинктивное брачное поведение рыб в период размножения; выметывание рыбами половых продуктов - икры и молок с последующим оплодотворением; сопровождается миграциями и большим сосредоточением особей в местах нереста.

Полупроходные рыбы - рыбы, занимающие промежуточное положение между жилыми и проходными рыбами; кормятся в приустьевых участках морей или в солоноватых морях-озерах (Каспийском, Аральском), а для нереста заходят в низовья рек. К полупроходным рыбам относятся сиги, вобла, лещ и др.

Проходные рыбы - рыбы, совершающие нерестовые миграции из реки в море (речной угорь) или из моря в реку (кета, горбуша).

Тип Хордовые. Класс Земноводные, или Амфибии

Земноводные - холоднокровные позвоночные животные, обитающие в двух средах - водной и наземной - и способные во взрослом состоянии дышать ***па суше*** кислородом ***воздуха*** при помощи легких и кожи, а ***в воде - растворенным*** в ней кислородом через кожу. Личинки земноводных развиваются в пресной воде и дышат жабрами и кожей; во взрослом состоянии жабры сохраняются только у некоторых хвостатых земноводных.

Класс Земноводные объединяет примерно 2 600 видов и подразделяется на отряды Бесхвостые земноводные (около 1 800 видов), Хвостатые земноводные и Безногие земноводные.

- **Ароморфозы и идиоадаптации:**
  - трехкамерное сердце;
  - второй (легочный) круг кровообращения;
  - дыхание атмосферным кислородом;
  - легкие;
  - среднее ухо с барабанной перепонкой;
  - пятипалые конечности наземного типа;
  - выпуклая роговица;
  - двояковыпуклый хрусталик;
  - глаза защищены веками.
- **Среда обитания:** водная и наземная; обязательная связь с водой: живут вблизи водоемов, размножение и развитие, а также зимовка-проходят в воде.
- **Отделы тела:** голова (уплощена, передняя часть клинообразно вытянута), туловище (немного уплощено в спинно-брюшном направлении), конечности, хвост (есть бесхвостые). На голове расположены два выпуклых ***глаза,*** защищенных подвижными ***веками***; верхние веки кожистые, нижние прозрачные; третье веко - ***мигательная перепонка-,*** мигание увлажняет поверхность глаз и защищает их от высыхания. Глаза могут втягиваться в голову, что помогает продвижению пищи при проглатывании. Впереди глаз на возвышениях находится пара ***ноздрей,*** соединенных с ротовой полостью; в ноздрях имеются клапаны, перекрывающие движение воздуха или воды. Позади глаз расположены округлые ***барабанные перепонки.***
- **Конечности:** имеется две пары, передние и задние, на каждой - по пять пальцев. Конечности устроены по принципу рычагов, подвижно соединенных суставами, и позволяют передвигаться по суше и (бесхвостым земноводным) плавать.
- У хвостатых земноводных конечности развиты слабо. У бесхвостых задние конечности играют главную роль при передвижении и плавании; они длиннее и сильнее передних; все конечности имеют плавательные перепонки.

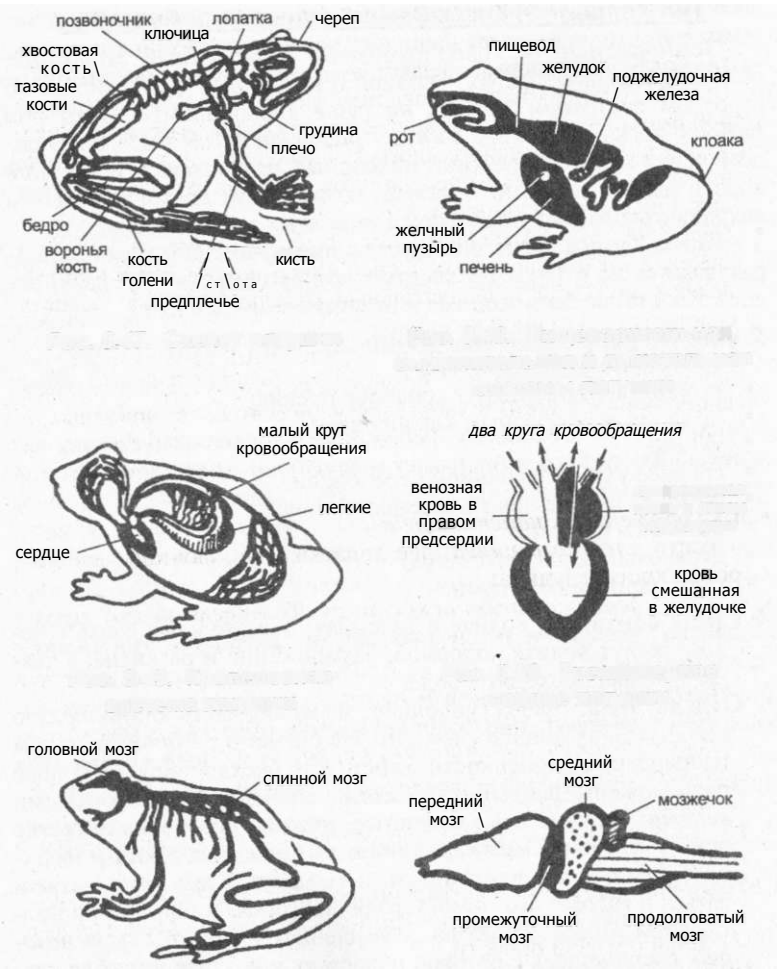


Рис. 8.51. **Нервная система лягушки**

Рис. 8.52. **Головной мозг лягушки**

- **Покровы тела:** тело покрыто тонкой голой (без чешуи) ***кожей,*** имеющей покровительственную окраску, у ядовитых земноводных окраска яркая, предупреждающая. Кожа участвует в дыхании, не защищена от высыхания и поэтому должна быть постоянно влажной. Она двуслойная (состоит из эпидермиса и дермы) и содержит много желез, выделяющих слизь. У некоторых видов слизь ядовита (огненная саламандра, серая жаба, жерлянка и др.). Испарение слизи понижает температуру тела на 5-8 °С; слизь также защищает кожу от высыхания и развития бактерий (содержит вещества, имеющие свойства антибиотиков). У бесхвостых земноводных между кожей и мускулатурой имеются полости, в которых может создаваться запас воды.
- **Скелет** слабый, содержит много хрящевой ткани; размеры тела небольшие. Состоит из черепа, позвоночника и скелетов верхних и нижних конечностей.
- ***Череп*** состоит из меньшего, чем у рыб, числа костей, уплощен сверху вниз и подвижно сочленен с позвоночником; в нем выделяют мозговой и висцеральный отделы. Верхняя челюсть срастается с черепной коробкой.
- ***Позвоночник*** имеет четыре отдела: шейный (I позвонок), туловищный, крестцовый (I позвонок, служит опорой для пояса задних конечностей) и хвостовой у хвостатых земноводных, а уростиль - у бесхвостых. Ребра редуцированы (вместо них на позвонках имеются боковые отростки), грудная клетка отсутствует.

* ***Скелет верхних конечностей:***
- кости ***плечевого пояса***: две лопатки, две ключицы, две вороньи кости, грудина;
- кости ***верхней конечности***: плечо (плечевая кость), предплечье (локтевая и лучевая кости), кисть (запястье, пясть, фаланги пальцев);

- ***скелет нижних конечностей.***
  - кости ***тазового пояса:*** две сросшиеся тазовые кости;
  - кости ***нижней конечности:*** бедро (бедренная кость), голень (сросшиеся бедренные кости), стопа (предплюсна, плюсна и фаланги пяти пальцев).
- Пояса конечностей осуществляют связь конечностей с позвоночником.
- **Мышечная система** дифференцирована; представлена мышцами брюшной стенки и пучками мышц конечностей, головы и стенки ротовой полости.
- **Питание:** земноводные охотятся только на подвижную добычу (неподвижную не видят). Водные хвостатые земноводные захватывают добычу челюстями, лягушки - с помощью выкидывающегося вперед длинного липкого языка.
- **Пищеварительная система:** ротоглоточная полость, в которую открываются протоки слюнных желез; пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник, **клоака** (расширенная концевая часть задней кишки; в клоаку также открываются мочеточники и протоки половых желез). На челюстях имеются мелкие конические зубы.

- В ***желудке*** пища подвергается действию желудочного сока;
- в ***тонком кишечнике*** на пищу действуют желчь, сок поджелудочной железы и соки слизистой кишечника, происходит всасывание продуктов пищеварения;
- ***толстая кишка*** состоит из слепой кишки, аппендикса и прямой кишки. В ***прямой кишке*** накапливаются непереваренные остатки пищи и всасывается вода.
- ***Пищеварительные железы:*** слюнные (слюна не содержит ферментов), печень, поджелудочная железа.

- Дыхательная система взрослых земноводных включает ноздри с клапанами, гортанно-трахейную камеру и ***легкие.***
  - ***Газообмен*** у взрослых земноводных происходит в ***легких*** и ***коже*** (вены, идущие от кожи, впадают в правое предсердие), у личинок - в ***коже***, наружных и внутренних ***жабрах.*** В воде газообмен осуществляется только через кожу.
  - ***Легкие -*** парные, мешковидные, их тонкие ячеистые стенки пронизаны кровеносными капиллярами.

Вдох осуществляется через ноздри при опускании дна ротовой полости (клапаны в ноздрях открыты). Когда дно ротовой полости поднимается, клапаны в ноздрях закрываются, и воздух проталкивается в легкие. Обратно воздух выходит под действием мускулатуры тела. При открытом рте дыхание невозможно.

- Кровеносная система.
  - ***Сердце трехкамерное,*** имеются левое и правое предсердия, разделенные продольной перегородкой, и один желудочек. Сокращаются поочередно то оба предсердия, то желудочек.
  - Имеется ***два круга кровообращения: большой*** (туловищный) и ***малый*** (легочный). В левое предсердие поступает артериальная кровь из легкого, в правое - венозная кровь из большого круга кровообращения. В желудочке кровь, поступившая из разных предсердий, смешивается лишь частично (полному смешению крови препятствуют специальные распределительные клапаны, выросты и карманы). От желудочка отходит артериальный конус, который разделяется на три пары сосудов: сонные артерии (питают головной мозг), кожно-легочные артерии (малый круг кровообращения) и две дуги аорты, по которым снабжаются кровью туловище и конечности. Скорость кровотока и смешения крови в желудочках невысокая.
  - Земноводные - ***пойкилотермные*** (холоднокровные) животные; температура их тела непостоянна и зависит от температуры среды, так как органы и ткани получают не очень богатую кислородом смешанную кровь. При похолодании их активность падает; зимой они впадают в спячку.

- **Выделительная система** представлена двумя ***туловищными почками,*** двумя мочеточниками (открываются в клоаку) и мочевым пузырем. Из клоаки моча поступает в мочевой пузырь, где из нее происходит дополнительное отсасывание воды. Мочевой пузырь не связан непосредственно с мочеточниками, поэтому при его сокращении моча выводится через клоаку наружу.
  - Основной продукт диссимиляции белков - ***мочевина,*** хорошо растворимая в воде (земноводные - урикотелические животные).
- **Нервная система.** В головном мозге 5 отделов. Передний мозг развит сильнее, чем у рыб, и разделен на два ***полушария*** (в них находятся центры осязания, обоняния, зрения и слуха); мозжечок развит слабо (это связано с простотой движений), лежит перед продолговатым мозгом. Имеется 10 пар черепномозговых нервов.
- **Органы чувств.** Имеются органы зрения, слуха, обоняния, осязания, вкуса. Кожа чувствительна к прикосновению; химическим раздражителям; свету; изменению температуры.
  - ***Глаза*** имеют веки (см. выше), мигательную перепонку, выпуклую роговицу и хрусталик в виде двояковыпуклой линзы. Аккомодация глаз, как и у рыб, происходит за счет передвижения хрусталика. Глаза земноводных воспринимают только движущиеся объекты.
  - ***Органы слуха*** более сложные, чем у рыб: имеется ***среднее ухо,*** отделенное от наружной среды ***барабанной перепонкой*** и позволяющее улавливать и усиливать звуковые колебания в воздушной среде. Звук от барабанной перепонки передается по слуховой косточке - ***стремечку*** (находится в полости среднего уха) - во ***внутреннее ухо*** (находится в костях черепа).
  - ***Органы обоняния*** представлены двумя удлиненными мешками, выстланными чувствительным эпителием, связанным с наружными ноздрями и заканчивающимися внутренними ноздрями ***-хоанами, -*** открывающимися в ротовую полость
- **Половая система.** Земноводные - ***раздельнополые*** животные. У самцов имеются парные ***семенники***, у самок - парные ***яичники.*** **Размножение** половое, оплодотворение наружное, в воде.
- **Развитие** - с метаморфозом: яйцо —* личинка (**головастик** - у бесхвостых, **аксолотль** - у хвостатых) —• взрослая особь. Аксолотль и головастик имеют сходство с рыбами.
- Земноводные - **анамнии:** их зародыши развиваются в естественной водной среде и поэтому не имеют ***амниона -*** особой водной оболочки, окружающей зародыш.
- Некоторые хвостатые земноводные могут размножаться на личиночной стадии.

•> **Значение земноводных:** они являются консументами в биогеоценозе, звеньями в цепях питания (являются пищей для многих видов хищных рыб, птиц, змей, хищных млекопитающих). Польза для человека - в том, что они уничтожают насекомых-вредителей, их личинок и слизней. Некоторые служат пищей для человека.

• **В Красную книгу РБ** занесена камышовая жаба.

Сравнительная характеристика отрядов класса Земноводные

Отряд	Представители
Хвостатые: конечности одинаковой длины, могут сохраняться жабры и боковая линия (у американского протея, сирены и др.)	Тритоны, саламандры. В Беларуси обитают гребенчатый и обыкновенный тритоны
Бесхвостые	Жабы, квакши, лягушки
Безногие	Червяги: обитают в почве тропических стран

Коракоиды, или **вороньи кости,** - части плечевого пояса рыб, земноводных, пресмыкающихся и птиц.

Тип Хордовые. Класс Пресмыкающиеся, или Рептилии

Пресмыкающиеся - дышащие только легкими холоднокровные позвоночные животные, размножение которых не связано с водой, а тело покрыто сухим защитным роговым покровом, периодически сбрасываемым при линьке. Размножаются на суше, откладывая крупные, покрытые толстой оболочкой яйца.

Пресмыкающиеся - первые настоящие наземные хордовые животные. Произошли в каменноугольный период палеозойской эры (около 320 млн. лет назад) от древних земноводных - стегоцефалов.

Класс Пресмыкающиеся насчитывает свыше 8 тыс. видов, среди них ящерицы, змеи, крокодилы, черепахи; подразделяется на ***отряды*** Древние, Клювоголовые, Чешуйчатые, Крокодилы, Черепахи.

Строение систем внутренних органов пресмыкающихся во многом сходно со строением земноводных, но пресмыкающиеся приобрели ряд прогрессивных черт.

• **Ароморфозы:**
- зачатки коры - серого вещества на поверхности переднего мозга;
- хорошо развит мозжечок;
- в желудочке сердца имеется неполная перегородка;
- дифференцированы воздухоносные пути (трахеи, бронхи);

- ячеистые легкие;
- прогрессивное развитие скелета: череп подвижно соединен с позвоночником, в позвоночнике 5 отделов, грудная клетка;
- парные тазовые почки;
- яйца богаты желтком и покрыты плотной оболочкой;
- яйца имеют амнион.

• **Идиоадаптации:**
- подвижность головы;
- пятипалые конечности;
- только легочное дыхание;
- органы зрения и слуха приспособлены к обитанию на суше;
- тазовые почки;
- развитие прямое в водной среде, сформированной амнионом.

Есть вторичноводные (крокодилы, некоторые черепахи).

• **Среда обитания:** районы с теплым и умеренно влажным климатом (преимущественно), пустыни, болота, водная среда.

• **Отделы тела:**
- ***голова*** (несколько уплощена в спинно-брюшном направлении, передняя часть заострена); на голове расположены два ***глаза,*** защищенных подвижными вешни (у змей - сросшиеся, прозрачные) и ***мигательной перепонкой***; впереди глаз находится пара ***ноздрей***; позади глаз расположены округлые ***барабанные перепонки;***
- ***шея*** (короткая и толстая), ***туловище*** (длинное и цилиндрическое у змей, вытянутое у ящериц и крокодилов, короткое и уплощенное в спинно-брюшном направлении у черепах), ***конечности, хвост*** (хорошо развит у ящериц, крокодилов).
- Для некоторых видов пресмыкающихся характерна **регенерация** - восстановление утраченного органа или его части.

• **Покровы тела:** сухая кожа (состоит из эпидермиса и дермы), лишенная желез и покрытая роговой чешуей или пластинками (щитками); защищает тело от механических повреждений и препятствует потере влаги. Ороговевшая кожа, мешающая росту, сбрасывается во время ***линек.***

• **Конечности:** у большинства видов имеются две пары, передние и задние, на каждой - по пять пальцев. Конечности расположены по бокам туловища, при передвижении не поднимают тело высоко над землей. На концах пальцев имеются роговые пластинки - ***когти.*** У водных видов между пальцами перепонки; на пальцах некоторых видов (гекконы) имеются присоски, удерживающие животных на вертикальных поверхностях. У змей и некоторых видов ящериц конечности отсутствуют.

•> **Скелет** состоит из прочной костной ткани (хрящ сохранился лишь в суставах) и отличается от скелета земноводных большей сложностью. ***Череп*** имеет больше костей, чем у земноводных, в нем выделяют два отдела - мозговой и висцеральный. В висцеральном отделе появляется верхнее нёбо. ***Позвоночник*** имеет пять отделов: шейный (8-10 позвонков), грудной, поясничный (2 позвонка), крестцовый, хвостовой). В шейном отделе два первых позвонка (атлант и эпистофий) обеспечивают подвижное соединение с черепом. К позвонкам фудного и поясничного отделов прикреплены ***ребра,*** из них 5 пар соединены хрящом с ***грудиной,*** образуя ***грудную клетку.*** У змей фудина отсутствует, ребра заканчиваются свободно. **Скелет конечностей** аналогичен такому же у земноводных, но пояса конечностей соединены с позвоночником более прочно.

- **Мышечная система** четко разделена на отдельные фуппы мышц. Хорошо развита шейная, межреберная, подкожная, жевательная мускулатура.
- **Питание:** большинство пресмыкающихся - хищники (отдельные виды крупных черепах - растительноядные). Питаются мелкими наземными и водными беспозвоночными; крупные виды (крокодилы, удавы) - рыбой, водоплавающей птицей, земноводными, небольшими млекопитающими. Захватывают добычу челюстями, снабженными осфыми зубами (зубы служат только для удержания пищи); хамелеоны - с помощью длинного языка. Большинство видов заглатывают добычу целиком.
- **Пищеварительная система:** ротовая полость (сюда открываются протоки слюнных желез, смачивающих пищу; у ядовитых змей слюнные железы преобразовались в ядовитые, секрет которых стекает по каналу ядовитых зубов) —» глотка —> короткий пищевод (имеет мощную мускулатуру для проталкивания пищи) —> объемистый желудок —* тонкая кишка —> толстая кишка (от фаницы тонкой и толстой кишок отходит ***слепая кишка',*** у растительноядных наземных черепах она хорошо развита) —» клоака.
- ***Пищеварительные железы:*** слюнные (слюна содержит пищеварительные ферменты), поджелудочная железа, печень. Протоки поджелудочной железы и печени впадают в передний отдел тонкой кишки - ***двенадцатиперстную кишку.***
- **Дыхательная система включает** ***воздухопроводящие пути*** **(ноздри,** хоаны, гортань, трахею, бронхи) и ***ячеистые легкие*** (их внутренняя складчатая ячеистая поверхность значительно увеличивает площадь контакта воздуха с кровеносными капиллярами). Воздух вдыхается и выдыхается через ноздри за счет

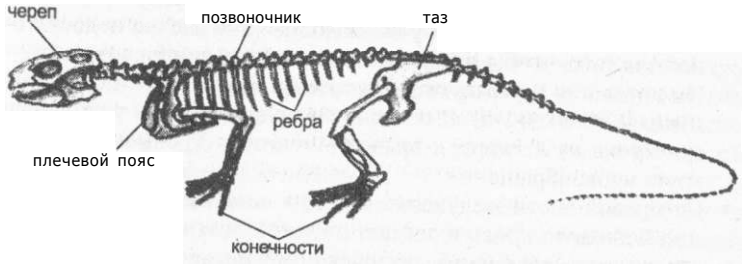


Рис. 8.53. **Скелет ящерицы**

Рис. 8.54. **Вскрытая ящерица**

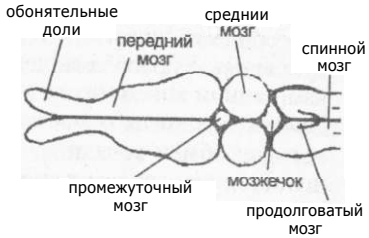


Рис. 8.55. **Схема головного мозга ящерицы**

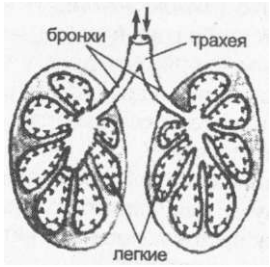


Рис. 8.56. **Легкие ящерицы**

Рис. 8.57. **Схема сердца ящерицы**

расширения и сжатия грудной клетки. Кожа в газообмене не участвует.

*> Кровеносная система.

- ***Сердце трехкамерное,*** имеются левое и правое предсердия, разделенные продольной перегородкой, и один желудочек с ***неполной*** продольной перегородкой (у крокодилов перегородка в желудочке сплошная, но в ней имеется отверстие). Сокращаются поочередно то оба предсердия, то желудочек. Перегородка в желудочке не позволяет венозной и артериальной

крови смешиваться полностью; разделение крови у пресмыкающихся совершеннее, чем у земноводных, но все же недостаточное для того, чтобы пресмыкающиеся были теплокровными.

- Имеются ***два круга кровообращения: большой*** (туловищный) и ***малый*** (легочный). В левое предсердие поступает артериальная кровь из легкого, в правое - венозная кровь из большого круга кровообращения.
- От правой части желудочка отходит ***легочная артерия,*** несущая венозную кровь в легкие; от левой части желудочка отходит ***правая дуга аорты,*** несущая ***артериальную*** кровь к голове и передним конечностям, от середины желудочка отходит ***левая дуга аорты*** со смешанной кровью. Две дуги аорты огибают сердце и сливаются в ***спинную аорту,*** несущую смешанную кровь с преобладанием артериальной к внутренним органам, задним конечностям и мышцам туловища.
- Пресмыкающиеся - ***пойкилотермные*** (холоднокровные) животные; обмен веществ у них неактивный, температура тела непостоянна и зависит от температуры окружающей среды.
- **Выделительная система** представлена двумя ***тазовыми почками,*** двумя мочеточниками (открываются в клоаку) и мочевым пузырем. Канальцы тазовых почек начинаются малъпигиевыми тельцами (в них путем фильтрации поступают продукты выделения) и образуют петлю (***петля Генле).*** В почечных канальцах из мочи всасывается обратно в кровь до 95% воды. Из клоаки моча поступает в мочевой пузырь, где из нее происходит дополнительное отсасывание воды. Моча в виде взвеси мелких кристаллов мочевой кислоты собирается в мочевом пузыре и выводится наружу через клоаку.
- Пресмыкающиеся ***-урикотелические*** животные: основной продукт диссимиляции белков - ***мочевая кислота,*** плохо растворимая в воде; поэтому выделение у пресмыкающихся не связано с большой потерей воды, как у земноводных.
- **Нервная система.** В головном мозге имеется 5 отделов. Значительно сильнее, чем у земноводных, развиты ***полушария*** переднего мозга, на поверхности полушарий имеются ***зачатки коры*** - серого мозгового вещества (обусловливает усложнение форм поведения животных); ***мозжечок*** (обусловливает высокую поддвижность животного) имеет большие размеры и развит более сложно, чем у земноводных. Имеется 12 пар черепномозговых нервов.
- **Органы чувств** - зрения, слуха, обоняния, осязания, вкуса - подобны органам чувств земноводных, но приспособлены к ориентации и поведению в наземной среде.

" ***Глаза*** имеют веки (см. выше), мигательную перепонку, выпуклую роговицу и хрусталик в виде двояковыпуклой линзы; способны к ***двойной аккомодации*** (изменяется кривизна хрусталика и его расстояние до сетчатки). У крокодилов глаза сильно выступающие, у хамелеонов каждый глаз движется независимо. Большинство видов с дневной активностью обладают ***цветовым зрением.***
- ***Органы слуха*** более чувствительные, чем у земноводных, за счет больших размеров внутреннего уха ***(улитки***). Большинство видов пресмыкающихся не издают звуков; крокодилы издают громкие ревущие звуки при охране территории и в период размножения.
- ***Органы обоняния*** развиты лучше, чем у земноводных, и представлены чувствительным складчатым эпителием, выстилающим верхнюю сторону носового прохода.
- У некоторых змей имеются ***органы тепловой чувствительности*** **(термолокаторы),** расположенные по обеим сторонам головы в лицевых ямках между глазами и ноздрями.
- ***Органом осязания*** и ***вкуса*** у ящериц и змей служит длинный, тонкий язык.
- **Половая система.** Пресмыкающиеся - ***раздельнополые*** животные. У самцов имеются парные ***семенники,*** у самок - парные ***яичники.***
- **Размножение** половое; у некоторых возможен диплоидный партеногенез (кавказская ящерица). ***Оплодотворение внутреннее,*** происходит в ***яйцеводе*** самки (водная среда для оплодотворения не нужна). Количество откладываемых яиц - от 1-2 до нескольких десятков (у змей). ***Яйцо*** содержит запас питательного вещества - ***желток;*** белковый слой яйца служит источником воды для зародыша. Снаружи яйцо покрыто кожистой (у ящериц и змей) или твердой скорлуповой (у крокодилов и черепах) защитной оболочкой.
- У некоторых видов (гадюки, веретенницы и др.) развитие зародыша происходит в яйцах, находящихся в теле самки. Детеныши выходят из них сразу после кладки - явление ***яйцеживорождения.***
- **Развитие** ***прямое,*** **без** личиночной стадии.
- Пресмыкающиеся - **амниоты:** их зародыши развиваются в **амниотической полости,** которая заполнена жидкостью, выделяемой **амнионом** - особой оболочкой, окружающей зародыш.
- ***Рост*** пресмыкающихся происходит сразу после ***линек,*** пока новая кожа не затвердевает.

- **Значение пресмыкающихся:** они являются консументами в биогеоценозе, звеньями в цепях питания (пища для многих видов крупных хищных птиц и млекопитающих). Укусы ядовитых змей опасны для человека. Польза для человека: мясо черепах и крокодилов, яйца черепах служат ему пищей; кожа крокодилов и панцири черепах являются ценным сырьем для легкой промышленности; яд змей используются в фармацевтической промышленности.
- **В Красную книгу РБ** занесены медянка и болотная черепаха.

Сравнительная характеристика отрядов класса Пресмыкающиеся

Отряды	Представители
Древние	Сеймурия, ихтиозавры, котилозавры, бронтозавры и др.
Клювоголовые	Гаттерия (обитает в Австралии)
Крокодилы	Кайман, гавиал нильский. Сердце четырехкамерное, зубы расположены в ячейках, глаза находятся на бугорках, откладывают яйца (10-100), которые защищены кожистой оболочкой
Чешуйчатые	Ящерицы, хамелеоны, змеи. У змей отсутствуют грудная клетка и конечности;одно легкое, у многих ядовитые железы и зубы. В позвоночнике два отдела (туловищный и хвостовой). Веки срастаются в виде часового стекла. Висцеральный и мозговой отделы черепа соединены эластичной связкой. Во время линьки кожа сползает чулком. Ядовитые змеи: кобра, гадюка, эфа. Неядовитые: уж, питон, медянка. В РБ обитают уж, медянка, гадюка
Черепахи	Среднеазиатская, болотная. Костный панцирь образован ребрами, позвонками (кроме шейного и хвостового отделов). Зубы отсутствуют, вместо них - роговые пластинки. У морских - ласты. В неблагоприятное время впадают в спячку

Тип Хордовые. Класс Птицы

Птицы - высокоорганизованные теплокровные позвоночные животные, приспособленные к полету; их передние конечности превратились в крылья, а тело покрыто перьями.

Произошли (предположительно) от архозавров в конце триасового периода мезозойской эры. В настоящее время насчитывается более 9 тыс. видов.

Сходство птиц с пресмыкающимися: строение кожи, присутствие рогового покрова, наличие клоаки, развитие клюва (как у черепах), способы размножения и развития зародышей.

- **Ароморфозы:**
  - четырехкамерное сердце;
  - полное разделение венозной и артериальной крови;
  - теплокровность;
  - передние конечности видоизменены в крылья.

  Путем арогенезов птицы заняли воздушную сферу.
- **Идиоадаптации к полету:**
  - скелет легкий, трубчатые кости заполнены воздухом;
  - * зубы и мочевой пузырь отсутствуют;
  - пищеварение происходит быстро, непереваренные остатки удаляются часто;
  - двойное дыхание;
  - двойная аккомодация;
  - перьевой покров (перья дифференцированы на контурные и пуховые; контурные перья имеют очин, стержень и опахало);
  - у самок только один яичник и один яйцевод.
- **Виды полета:** ***машущий*** (при полете крылья ритмично поднимаются и опускаются) и ***парящий*** (птица с распростертыми неподвижными крыльями парит в воздухе, используя его восходящие потоки от теплой земли или воды).
  - ***Скорость полета*** от 3-6 км/час (голуби) до 100-120 км/час (стрижи) и 300-350 км/час при пикировании (соколы).
- **Покровы тела:** кожа тонкая и сухая, покрыта ***перьями*** (см. ниже); имеется одна ***копчиковая железа,*** секретом которой - жировыми веществами - птицы смазывают перья, что делает их эластичными и упругими, а у водоплавающих птиц предохраняет от намокания.
- **Отделы тела:**
  - * ***голова*** (небольшая, челюсти вытянуты в ***клюв*** и покрыты роговым чехлом, по бокам головы расположены большие ***глаза,*** за ними-***ушные отверстия)-,***
  - ***шея*** (длинная, подвижная);
  - ***туловище*** (компактное, яйцевидное, обтекаемой формы);
  - " ***крылья*** (покрыты перьями; обеспечивают полет);
  - задние конечности - ***ноги*** (служат для передвижения; нижняя их часть - цевка и ***пальцы*** - покрыты роговыми чешуями);
  - ***хвост*** (чаще небольшой, на нем веером расположены длинные широкие ***рулевые перья;*** служит для стабилизации и управления полетом и для торможения при посадке).

Масса тела птицы, форма и размеры головы, клюва, шеи, крыльев, ног и хвоста зависят от характера местообитания видов птиц, особенностей их передвижения и способов добывания пищи.

• **Особенности скелета.** Кости скелета тонкие, прочные, легкие, в трубчатых костях имеются воздушные полости.

- ***Череп*** - со сросшимися костями; имеет большой мозговой отдел, в котором с двух сторон расположены большие округлые впячивания - ***глазницы.*** Вытянутые вперед верхние и нижние челюсти образуют ***клюв.***
- ***Позвоночник*** имеет 5 отделов (как и у пресмыкающихся). Шейный отдел позвоночника имеет (у разных видов птиц) 9-25 ***позвонков,*** очень подвижен. Грудные позвонки сросшиеся; к ним прикреплены ребра.
- ***Ребра*** состоят из двух подвижно соединенных частей; снизу они также подвижно соединены с грудиной.
- ***Грудина*** имеет впереди высокий продольный вырост - ***грудной киль*** (служит местом прикрепления летательных мышц; у нелетающих птиц - страусов - киль отсутствует).
- Позвонки поясничного, крестцового и части хвостового отделов срослись и образуют ***сложный крестец*** (дает опору задним конечностям).
- ***Плечевой пояс*** (пояс передних конечностей; сходен с таковым у пресмыкающихся) образован тремя парными костями: ***лопатками, коракоидами*** и ***ключицами*** (ключицы сращены и образу ют ***вилочку).***
- ***Скелет передних конечностей*** (типичен для всех наземных позвоночных) преобразован в ***крылья; скелет крыла*** состоит из ***плечевой кости, предплечья*** (локтевая и лучевая кости) и ***кисти*** (имеет три недоразвитых пальца).
- ***Пояс задних конечностей*** - **открытый таз** (образован парными тазовыми костями, сросшимися в спинной части со сложным крестцом и ***свободными*** в нижней части; позволяет откладывать яйца крупных размеров).
- ***Скелет задней конечности, бедро, голень*** (включает большую и малую берцовые кости), ***пряжка*** (кости запястья и пястья), ***цевка*** (образована сросшимися костями ступни - предплюснами и плюснами; удлиняет заднюю конечность и увеличивает ширину шага птицы), ***пальцы*** с роговыми ***когтями*** на конце (у большинства видов птиц 4 пальца, из которых 3 направлены вперед и 1 назад; у дятла 2 вперед и 2 назад; но может быть всего 3 или 2 пальца - у страусов).

• **Мышцы** многочисленны: ***грудные*** (самые крупные, служат для опускания крыльев), ***подключичные*** (служат для подъема крыльев), ***межреберные*** (изменяют объем грудной клетки при дыхании), ***подкожные*** (поднимают и опускают крылья), мышцы ***шеи, ног*** и др.

• **Питание:** птицы питаются грызунами и мелкими копытными животными (соколы, орлы и др.), рыбой (чайки, пингвины и др.), мелкими беспозвоночными (синицы, ласточки и др.), растениями (гуси) и их семенами (клесты), многие виды используют и животную, и растительную пищу (вороны, грачи и др.).

- Большинство видов захватывает пищу клювом, некоторые - когтями (орлы и др.). Зерноядные птицы заглатывают камешки и песчинки, способствующие измельчению пищи.
- Потребляют большое количество пищи (за сутки - 15-50% собственной массы); не могут голодать больше 10-15 часов.

• **Пищеварительная система** (отличительные особенности):

- челюсти видоизменены в ***клюв;*** зубы отсутствуют;
- у голубей, попугаев, куриных птиц ***пищевод*** в нижней части расширен и образует ***зоб*** (служит для накопления и размягчения пищи);
- ***желудок*** состоит из двух отделов - ***железистого*** (имеет тонкие стенки с многочисленными железами, выделяющими пищеварительные соки) и ***мускульного*** (имеет толстые стенки, их внутренняя поверхность складчатая и покрыта прочной рогоподобной кутикулой; служит для перетирания твердой и грубой пищи);
- в ***тонком кишечнике*** пища окончательно расщепляется, а растворенные питательные вещества всасываются в организм. Пищеварительные ферменты высокоактивны, работают при постоянной высокой температуре тела;
- ***толстый кишечник*** короткий, открывается в ***клоаку;*** часто опорожняется.

• **Дыхательная система:** парные ноздри (на клюве) -> носовая полость —• гортань —> трахея (в ее нижней части расположен голосовой аппарат) —> бронхи —> губчатые легкие (небольшие, компактные) —• ***воздушные мешки*** (см. ниже). Газообмен происходит в легких через стенки мелких бронхиол.

* У ***нелетящей*** птицы дыхание только ***легочное;*** вдох и выдох происходит за счет изменения объема грудной клетки, обусловленного сокращениями и расслаблениями межреберных мышц.

- ***Во время полета*** дыхание осуществляется за счет воздушных мешков (***двойное дыхание;*** см. ниже).

•> **Кровеносная система.**

- ***Сердце*** у птиц ***четырехкамерное,*** его желудочки между собой не сообщаются, потоки артериальной и венозной крови разобщены. ***Левая*** половина сердца заполнена чистой ***артериальной*** кровью, поступающей в левое предсердие из легких; в ***правой*** половине находится ***венозная*** кровь.

В кровеносной системе - ***два круга кровообращения с правой дугой аорты.***

Большой круг кровообращения: левый желудочек сердца —» правая дуга аорты —• артерии —» капилляры —• вены —» правое предсердие —» правый желудочек.

Малый, или ***легочный, круг кровообращения:*** правый желудочек сердца —* легочная артерия —» капилляры —• легочная вена —»левое предсердие - левый желудочек.

Сердцебиение частое; обмен веществ активный, обеспечивает высокое энерговыделение и постоянную температуру тела (38-43,5 °С); птицы - ***гомойотермные*** животные.

Рис. 8.58. Скелет **птицы**

Рис. 8.59. **Пищеварительная, выделительная и дыхательная системы птицы**

Кровеносная система, сердце

Рис. 8.60. **Кровеносная система птицы**

два круга кровообращения

Рис. 8.61. **Четырехкамерное сердце птицы**

Нервная система представлена головным и спинным мозгом, нервными центрами, нервами и нервными окончаниями. В ***головном мозге*** значительно крупнее и более развиты (по сравнению с пресмыкающимися) ***большие полушария*** переднего мозга (*полностью* покрыты серым веществом - ***корой;*** обеспечивают сложное поведение птиц) и ***мозжечок*** (координирует все виды движений и полет); см. рис. 8.62. От головного мозга отходят 12 пар черепномозговых нервов.

- **Поведение птиц** более разнообразное и сложное, чем у земноводных и пресмыкающихся:
  - выбор удобных мест для гнезд, активный поиск материала для их строительства,
  - насиживание яиц, вскармливание птенцов, защита их от врагов,
  - высокое развитие голосового внутривидового общения - ***пения;***
  - отличная ориентация в пространстве (в том числе во время сезонных перелетов);
  - приобретение разнообразных условных рефлексов.
- **Органы чувств:** зрения, слуха, обоняния (у большинства видов развито слабо), осязания, вкуса.
  - ***Глаза*** крупные, расположены по бокам головы, обеспечивают возможность почти кругового обзора, имеют ***двойную аккомодацию; зрение*** острое (значительно превосходит остроту зрения человека), цветовое, позволяет различать оттенки и сочетания цветов.

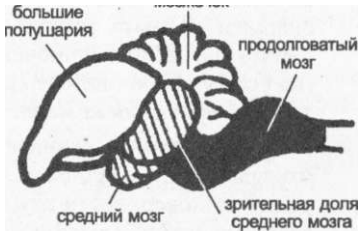


Рис. 8.62. Головной мозг птицы

  - ***Орган слуха*** состоит из ***наружного слухового прохода*** (у некоторых ночных видов - ушастая сова и др. - он окружен кожистой складкой, усиливающей остроту слуха), ***внутреннего*** и ***среднего уха.*** Птицы могут издавать, воспринимать и акустически анализировать разнообразные звуки, несущие важную для них информацию.
- **Выделительная система:** парные ***тазовые почки, мочеточники*** (открываются в ***клоаку***); отличие от выделительной системы пресмыкающихся - в отсутствии у птиц мочевого пузыря (облегчается тело птицы).
  - Продукт диссимиляции белков - ***мочевая кислота*** (птицы - ***урикртелические*** животные).
- **Половая система.** Птицы - ***раздельнополые*** животные. У ***самцов*** имеются парные бобовидные ***семенники*** (их объем в период размножения увеличивается в 300-1000 раз), ***протоки*** которых открываются в клоаку. У ***самок*** имеется только один ***левый яичник,*** от которого отходит ***яйцевод,*** открывающийся в клоаку. Созревание яйцеклеток (увеличение в размерах, накопление питательных веществ в виде желтка) происходит в яичнике; созревшая яйцеклетка поступает в яйцевод.

- **Размножение** - половое, осеменение внутреннее. Оплодотворение яйца происходит в яйцеводе; формирование белка и оболочек яйца происходит также в яйцеводе за счет веществ, выделяемых железами, находящимися в его стенках.
- **Строение яйца:** в центре находится ***желток,*** окруженный тонкой ***желточной оболочкой*** и подвешенный на двух плотных белковых ***канатиках***, позволяющих желтку вращаться. Желток погружен в вязкую прозрачную жидкость - ***белок*** (выполняет защитную функцию и служит источником воды для зародыша), который окружен ***двуслойной кожистой оболочкой*** и наружной защитной известковой оболочкой - скорлупой. ***Скорлупа*** пронизана мелкими ***порами*** (через них осуществляется газообмен между зародышем и атмосферой) и снаружи покрыта тонкой ***надскорлуповой оболочкой*** (защищает яйцо от проникновения бактерий). В отложенном яйце (на его тупом конце) между слоями кожистой оболочки образуется ***воздушная камера.***
- **Развитие** - прямое, начинается в яйцеводе, продолжается после откладки яйца в процессе его насиживания. После оплодотворения на поверхности желтка образуется ***зародышевый диск*** - зародыш птицы (в процессе насиживания он все время обращен вверх, к теплому телу насиживающей птицы). Формируются две зародышевые оболочки: ***амнион*** и ***серозная.*** Период времени развития зародыша в яйце называется **инкубацией.**
  - В зависимости ***от степени развития*** вылупившихся из яйца ***птенцов*** птицы подразделяются на ***гнездовые*** и ***выводковые*** (см. ниже). Птенцы интенсивно кормятся, подрастают, линяют (большинство видов - постепенно, утки, гуси, лебеди - сразу), растут и запасают питательные вещества перед зимовкой.
- **Сезонные явления.** Весной - ***гнездование*** и ***токование*** (см. ниже), насиживание яиц (самками - у куриных, воробьиных, сов; самцами - у страусов, по очереди - у пингвинов и многих других птиц). Летом - выкармливание птенцов, жирование (активное запасание питательных веществ) перед зимовкой ***(оседлые*** птицы) или перелетом (***кочующие*** и ***перелетные*** птицы; см. ниже). В конце лета или осенью - миграция на относительно небольшие расстояния (кочующие птицы) или перелет на юг (перелетные птицы).
- **Среды обитания** различных видов птиц:
  - хвойные, лиственные и смешанные леса, кустарники (отряд Дятлообразные, куриные - рябчики, тетерева, глухари);
  - луга, поля, парки, сады (отр. Воробьинообразные - жаворонки, ласточки, воробьи, синицы, дрозды, скворцы и др.);

  - водоемы и болота (водоплавающие и околоводные птицы - отр. Гусеобразные (умеют плавать и нырять, перья водонепроницаемые), отр. Листообразные (не плавают и не ныряют, имеют длинные клюв и ноги) и др.);
  - побережья материков и островов (отр. Пингвины; большую часть года проводят в открытом море, питаются рыбой, моллюсками, ракообразными; на берег выходят в период размножения);
  - открытые местообитания - степи Африки, Южной Америки и Австралии (отр. Страусиные; не способны к полету; имеют большой рост, длинные ноги с тремя или двумя пальцами, острое зрение);
  - городская среда (отр. Воробьинообразные, голуби).
- **Хищные птицы** имеют острое зрение, короткий и сильный клюв с острым и загнутым книзу концом, крупные изогнутые когти; полет маневренный, способны к длительному парению; распространены по всей планете. Питаются грызунами, рыбой, мелкой птицей, иногда мелкими копытными; некоторые виды (стервятники, грифы) - мертвыми животными. Охотятся днем (орлы, соколы, ястребы) или ночью (совы, филины, сычи).
- **Значение птиц:**
  - регулируют численность насекомых и грызунов;
  - * являются звеньями в цепях питания;
  - способствуют распространению семян растений;
  - представляют собой биологический способ борьбы с вредителями сельского хозяйства;
  - являются поставщиками пуха (гага) и ***гуано*** (помет морских водоплавающих птиц) - ценного органического удобрения;
  - служат пищей для человека;
  - являются объектом спортивной охоты;
  - имеют эстетическую ценность.
- **В РБ** обитает 307 видов птиц - представители отрядов:
  - Воробьинообразных (полевой жаворонок, полевой и домовой воробей, деревенская ласточка);
  - Соколообразные (кукушка, тетеревятник, перепелятник, канюк);
  - Курообразные (куропатки, рябчики, тетерева, цесарки);
  - Дятлообразные (пестрый, черный дятел);
  - Журавлеобразные (серый журавль);
  - p Листообразные (аисты, цапли);
  - Гусеобразные (лебедь, утки;
  - Совообразные (совы, филин).
- **В Красную книгу РБ занесены:**
  - беркут, скопа, змееяд, орлан, орел-карлик, сапсан, пустельга, подорлик большой (отряд Соколообразные);

- выпь большая, цапля большая белая, черный аист (отряд Листообразные);
- казарка краснозобая, лебедь-шипун, крохаль большой (отряд Гусеобразные);
- куропатка белая (отряд Курообразные);
- журавль серый (отряд Журавлеобразные);
- ржанка золотистая, кроншнеп большой, кроншнеп средний, чайка малая (отряд Ржанкообразные);
- филин, неясыть длиннохвостая (отряд Совообразные);
- дятел трехпалый (отряд Дятлообразные);
- оляпка, ремез, лазаревка, просянка, вьюрок (отряд Воробьинообразные).

Воздушные мешки - воздухоносные полости, расположенные за пределами легких между внутренними органами птиц; их ответвления проходят между мышцами, под кожей и проникают в полости трубчатых костей. Объем воздушных мешков примерно в 10 раз больше объема легких. Основные функции: участие в дыхании путем интенсификации вентиляции легких (особенно в процессе полета); уменьшение плотности тела птиц; защита внутренних органов от перегрева.

Выводковые птицы (куры, куропатки, рябчики, тетерева, утки, гуси и др.) - птицы, у которых из яиц появляются зрячие, покрытые густым пухом и способные самостоятельно передвигаться птенцы. ***Роль родителей*** выводковых птиц: обогрев птенцов, помощь им в поисках пищи, защита от врагов, обучение (методом подражания) приемам отыскивания и схватывания добычи, способам ухода от опасности.

Гнездовые птицы (воробьи, голуби, попугаи и др.) - птицы, у которых птенцы слепые, беспомощные, голые или слабо опушенные; в гнезде остаются долго, нуждаются в родительском уходе - выкармливании, обогреве или защите от перегрева солнечными лучами.

Гнездование - процесс изготовления животным **гнезда** - сооружения, предназначенного для выведения потомства и укрытия от врагов. Характерно для насекомых, рыб, некоторых земноводных, пресмыкающихся (черепах), большинства птиц (кроме колониальных видов - пингвинов, кайр, - которые индивидуальных гнезд не строят) и некоторых млекопитающих.

Гнезда птиц: ***размещение -*** на земле (жаворонок, куропатка, глухарь), в дуплах (дятел), земляных норах (зимородок), на ветвях деревьев и кустарников (певчие птицы, ворона, грач, зяблик), на скалах и т.д.; ***материал для гнезд -*** сухие сучья, ветки, листья и трава, тростник, пух, мокрая земля, ил и т.д.; самое сложное гнездо - в форме перчатки - у ремеза.

Двойная аккомодация глаза - способность глаза изменять кривизну хрусталика и его расстояние до сетчатки.

Двойное дыхание - механизм дыхания у птиц в полете, обеспечивающий эффективный газообмен между кровью и атмосферным воздухом, когда грудная клетка фиксируется неподвижно и роль насоса, нагнетающего воздух в легкие, выполняют только воздушные мешки. При подъеме крыльев воздушные мешки растягиваются и воздух засасывается в них, продувая легкие (вдох), а при опускании крыльев мешки сжимаются, вторично продувая воздух через легкие (выдох). Таким образом, порция воздуха, попавшая в дыхательную систему, дважды проходит через легкие и дважды окисляет кровь.

Клюв - орган у птиц, образованный удлиненными беззубыми челюстями, одетыми плотным роговым чехлом. Служит для захвата и расчленения пищи, нападения и защиты, ухода за оперением, постройки гнезда.

Кольцевание птиц - метод изучения перелетов птиц с помощью специальных алюминиевых колец, которые надеваются на ногу пойманных животных. На кольце указывается номер и учреждение, осуществившее кольцевание.

Кочующие птицы - птицы, которые перед наступлением холодов объединяются в небольшие стайки и постепенно перемещаются к югу, мигрируя на относительно небольшие расстояния; весной возвращаются на прежние местообитания (свиристель, полярная сова, чечетка и др.).

Орнитология - раздел зоологии позвоночных, изучающий птиц.

Оседлые птицы - птицы, постоянно (круглогодично) живущие в одной и той же местности (синицы, сойки и **др.).** В конце лета делают небольшие запасы пищи на зиму.

Перелетные птицы ежегодно прилетают весной для выведения птенцов и улетают в конце лета или осенью, собираясь в большие стаи (аисты, гуси, соловьи, ласточки, кукушки и др.). Первыми улетают насекомоядные птицы, затем зерноядные, последними - водоплавающие и болотные. ***Причины перелетов -*** сокращение продолжительности светового дня, понижение температуры, ухудшение условий добывания пищи. Перелеты птиц изучаются с помощью ***кольцевания.***

Перо - роговое образование кожи, составляющее элементарную единицу покровов большей части тела птицы. Подразделяются на ***контурные, пуховые перья*** и ***пух.*** Контурные перья участвуют в образовании несущих поверхностей крыльев ***(маховые перья***) и хвоста ***(рулевые перья)*** и покрывают тело ***(кроющие,*** или ***покровные, перья);*** пуховые перья и пух предохраняют тело от переохлаждения.

- **Контурное перо** (основной тип пера) состоит из прочного, упругого, полого внутри ***ствола,*** по бокам которого в одной плоскости близко друг к другу расположены многочисленные тонкие и узкие роговые пластинки - ***бородки.*** От каждой из них в той же плоскости с двух сторон отходят меньшие бородки второго порядка - ***бородочки,*** имеющие маленькие крючки, которыми они сцепливаются друг с другом, образуя широкую легкую пластинку - ***опахало*** пера. Часть ствола пера, не имеющая опахала, - ***очин -*** своим концом закрепляется в углублениях кожи. Сокращения подкожных мышц могут изменять положение перьев: распушить или прижать плотно к телу.
- **Пуховое перо** имеет короткое, мягкое, рыхлое опахало, не содержащее бородочек.
- **Пух** - тип перьев с коротким стволом, на вершине которого имеется пучок бородок в виде кисточки (у водоплавающих птиц).

Токование - форма полового поведения птиц в брачный период, сопровождающаяся ухаживанием самцов за самками, пением, играми в воздухе, принятием различных поз, криками и битвами между самцами.

Тип Хордовые. Класс Млекопитающие, или Звери

Млекопитающие - наиболее высокоорганизованный класс позвоночных животных, выкармливающих своих детенышей молоком. Насчитывают около 4,5 тыс. видов. В Беларуси обитает 80 видов.

Млекопитающие распространены по всем континентам, заселили поверхность суши и почву, морские и пресные водоемы, приземные слои атмосферы; некоторые виды обитают в кронах деревьев. Играют огромную роль в природе и хозяйственной деятельности человека.

Произошли от древних пресмыкающихся в триасовый период мезозойской эры.

Общие черты с пресмыкающимися: наличие рогового покрова, тазовых почек, внутреннее оплодотворение, развитие зародыша в водной оболочке; некоторые примитивные млекопитающие размножаются путем откладывания яиц (как и пресмыкающиеся).

- **Ароморфозы:**
  - четырехкамерное сердце,
  - альвеолярные легкие,
  - прогрессивное развитие коры переднего мозга,
  - матка,
  - внутриутробное развитие,
  - живорождение,
  - молочные железы,
  - волосяной покров,
  - диафрагма,
  - совершенная терморегуляция.
- **Внешний облик,** размеры и масса тела млекопитающих весьма разнообразны и зависят от условий и образа жизни конкретного вида животного (размеры и масса тела - от 4 см и 1,5 г у бурозубки до 33 м и 150 т у синего кита).
- **Покровы тела:**
  - ***кожа -*** относительно толстая, прочная, эластичная; состоит из двух слоев: наружного многослойного ***эпидермиса*** (его верхние клетки - мертвые, ороговевшие и непрерывно слущиваются, а находящиеся в глубине клетки - живые и активно делятся, восполняя потери от слущивания мертвых поверхностных клеток) и внутреннего слоя - ***дермы,*** или ***собственно кожи*** (образована соединительной тканью; в ней находятся чувствительные клетки - воспринимают прикосновение, давление, тепло и холод, болевые ощущения, - а также кожные ***железы*** и множество нервных окончаний и кровеносных капилляров). Дерма переходит в ***подкожную жировую клетчатку*** (служит для накопления жира, который используется как теплозащитный слой и источник энергии);
  - ***волосяной покров*** (см. ниже), обычно состоящий из верхнего ***остевого*** яруса и ***подшерстка*** и хорошо удерживающий вырабатываемое организмом тепло; у некоторых видов ***щетина*** (у свиньи), иглы (у ежа, дикобраза);
  - на концах пальцев - производные эпидермиса: роговые ***когти*** (у хищников), ***ногти*** (у приматов) или ***копыта*** (у копытных);
  - на голове у некоторых видов (коровы, козы, антилопы, олени и др.) - роговые образования - ***рога;***
  - у некоторых видов (крыс) - ***роговые чешуйки*** на хвосте.
- **Кожные железы:** сальные (их протоки открываются в ***волосяные сумки),*** потовые и пахучие (их протоки открываются на поверхность кожи), млечные.
  - ***Са-льные железы*** предохраняют кожу от высыхания, а также смазывают отрастающий волос и делают его эластичным и ненамокающим.
  - Испарение выделений ***потовых желез - пота*** - охлаждает тело животного.
  - ***Пахучие железы*** (видоизмененные потовые или сальные железы) выделяют секреты, которыми животные метят свою территорию, узнают особей своего вида или другого пола, отпугивают преследователей (хорек, скунс).
  - ***Молочные железы -*** видоизмененные потовые железы; развиваются у самок всех млекопитающих; вырабатывают молоко, которым вскармливаются детеныши.

- **Отделы тела:** голова, туловище, конечности, хвост.
  - ***Голова*** относительно велика и подвижна благодаря гибкой шее. На голове расположен ***рот***, который окружают две кожно-мышечные складки - верхняя и нижняя ***губы,*** служащие для захвата и удержания пищи; детеныши губами сосут материнское молоко. Над ртом находится вытянутый ***нос*** с парой ноздрей. Парные ***глаза*** защищены верхними и нижними подвижными ***веками*** с ***ресницами;*** мигательная перепонка недоразвита. На голове имеются подвижные парные ***ушные раковины.***
  - ***Конечности*** - парные, передние и задние, расположены под туловищем, приподнимая его над землей, что позволяет млекопитающим передвигаться с большой скоростью (гепард - до 110 км/час). Большинство млекопитающих - четвероногие животные, некоторые (приматы) могут передвигаться на двух ногах.

  Скелет млекопитающих сходен со скелетом пресмыкающихся, состоит из тех же отделов: черепа, позвоночника, плечевого пояса, тазового пояса, скелета передних конечностей и скелета задних конечностей, но имеет особенности.
- **Особенности скелета:**
  - в ***черепе:*** уменьшено число костей, увеличен объем мозговой коробки; кости черепа срастаются довольно поздно, что обеспечивает возможность увеличения объема головного мозга по мере роста животного;
  - в ***позвоночнике*** всегда 7 *шейных'* позвонков (независимо от вида животного); *грудные* позвонки (обычно 12-15) вместе с ребрами и грудиной образуют *грудную клетку;* в *поясничном* отделе позвонки (2-9) сочленены подвижно, позволяя туловищу сгибаться и разгибаться; позвонки *крестцового* отдела (3-4) сросшиеся, к ним прирастают тазовые кости; Длина хвоста определяется количеством *хвостовых* позвонков (3—49);
  - " ***плечевой пояс*** состоит из парных лопаток и ключиц (ключицы отсутствуют у волчьих и копытных); коракоиды приросли к лопаткам и не являются самостоятельными костями (за исключением утконоса и ехидны);
  - ***тазовый пояс,*** или пояс задних конечностей; образован парными тазовыми костями;
  - ***конечности*** в основном пятипалые; их кости отличаются небольшой массой и высокой прочностью. Строение конечностей млекопитающих зависит от способа их передвижения: ходьба, бег, лазание, полет, копание, плавание: у быстро бегающих парнокопытных млекопитающих развиты только два пальца (третий и четвертый), у непарнокопытных - один (третий).
- **Мускулатура** сильно дифференцирована; хорошо развиты мышцы спины, конечностей и их поясов (обеспечивают возможность активного движения), нижней челюсти, подкожная мускулатура (управляет положением волосяного покрова и обеспечивает ***лицевую мимику*** у хищников и приматов).
  - " Имеется мышечная ***диафрагма*** (делит вторичную полость тела на грудной и брюшной отделы, участвует в обеспечении дыхания).
- **Питание** - разнообразное, растительное и животное: вегетативные части растений (пища зайцев, бобров, жирафов, слонов и др.), семена и плоды растений (пища кабанов, белок, мышей и др.), мелкие беспозвоночные (пища китов); рыба (пища дельфинов), различные животные (пища хищников); ряд видов животных - всеядные. Способы охоты разнообразные: индивидуальные и коллективные, выслеживание и преследование и т.д. Пища захватывается губами, языком и челюстями.
- **Пищеварительная система.** ***Ротовая полость*** окружена мясистыми ***губами,*** в нее открываются протоки ***слюнных желез*** (слюна содержит пищеварительные ферменты, смачивает и частично переваривает пищу); хорошо развит мускулистый ***язык*** (орган вкуса, анализа и перемешивания пищи; расположен на дне ротовой полости). Ротовая полость отделена от носовой твердым и мягким ***нёбом*** (поэтому дыхание не мешает пережевыванию пищи); ***зубы*** дифференцированы.
  - * Из ротовой полости через ***глотку*** и ***пищевод*** пища попадает в обособленный ***желудок,*** в стенках которого имеются многочисленные ***железы,*** выделяющие пищеварительные секреты. У большинства видов млекопитающих желудок разделен на несколько отделов (наиболее сложное строение желудка у жвачных парнокопытных, см. с. 350).
  - ***Кишечник*** подразделяется на тонкий и толстый. В длинном ***тонком*** кишечнике пища полностью расщепляется под действием кишечного сока и секретов ***поджелудочной железы*** и ***печени*** (их протоки открываются в ***двенадцатиперстную кишку -*** начальный отдел тонкого кишечника). На границе тонкого и толстого кишечника находится ***слепая кишка*** (имеет форму мешка; особо развита у растительноядных животных; в ней под влиянием бактерий происходит переваривание клетчатки; см. с. 349) и червеобразный отросток. Остатки непереваренной пищи поступают в ***толстую*** кишку, затем в ***прямую*** кишку и через ***анальное отверстие*** выводятся наружу. Скорость переваривания пищи высокая.
- **Дыхательная система.** Млекопитающие дышат ***легкими.*** Развиты воздухоносные пути - ноздри, носовая полость, хоаны, носоглотка, гортань (образована хрящами, между которыми натянуты ***голосовые связки*** - парные складки слизистой обо-

лочки гортани), трахея, система бронхов. Бронхи входят в легкие и ветвятся на тонкие трубочки - бронхиолы, образуя ***бронхиальное дерево.*** Легкие млекопитающих (только!) имеют ***альвеолярную структуру*** (см. ниже). Вдох и выдох происходят при изменении объема грудной клетки в результате сокращения и расслабления ***межреберных мышц*** и ***диафрагмы.*** Скорость газообмена высокая.

1 ***Голосовые связки*** (находятся в гортани) предназначены для воспроизведения звуков, свойственных данному виду животных.

Выделительная система: развиты ***тазовые почки*** (содержат большее число сосудистых клубочков и более длинные почечные канальцы, чем у пресмыкающихся), имеются мочеточники, мочевой пузырь, отдельный выводящий проток - ***мочеиспускательный канал.*** Конечный продукт белкового обмена - ***мочевина*** (млекопитающие, как и рыбы, и земноводные, ***урикотелические*** животные - в отличие от птиц и пресмыкающихся).

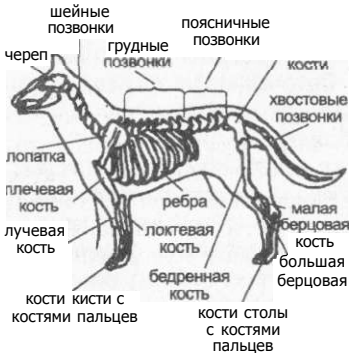


Рис. 8.63. **Скелет собаки**

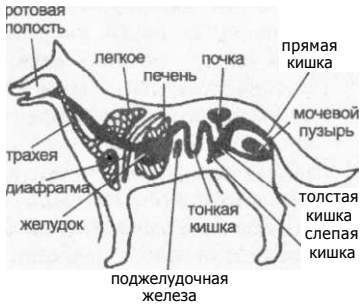


Рис. 8.64. **Пищеварительная, выделительная и дыхательная системы собаки**

Кровеносная система млекопитающих сходна с таковой у птиц. **Сердце** - ***четырехкамерное,*** расположено в переднем отделе грудной клетки; состоит из двух предсердий и двух желудочков. Имеется ***два круга кровообращения*** - большой (туловищный) и малый (легочный); разделение артериальной и венозной крови полное. В ***правой*** части сердца находится ***венозная*** кровь, в ***левой*** части - ***артериальная. От левого желудочка отходит левая дуга аорты.*** Все ткани и органы снабжаются артериальной кровью.

• Общее количество крови, циркулирующей по организму, у млекопитающих значительно больше, чем у других животных.

Эритроциты - безъядерные, что увеличивает их способность к газообмену. Млекопитающие - теплокровные (***гомойотермные)*** животные с высокой и постоянной температурой тела.

Рис. 8.65. **Кровеносная система собаки**

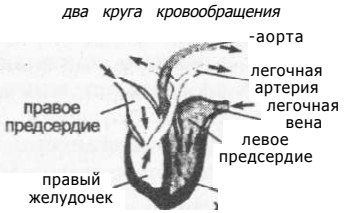


Рис. 8.66. **Четырехкамерное сердце собаки**

Нервная система представлена головным и спинным мозгом, нервными центрами, нервами и нервными окончаниями.

' ***Головной мозг*** большой, по массе в 3-15 раз больше спинного; в нем выделяют 5 хорошо развитых отделов: передний мозг с большими полушариями, промежуточный мозг, средний мозг, мозжечок, продолговатый мозг. Преобладают передний мозг (обеспечивает сложное поведение млекопитающих) и мозжечок. От головного мозга отходят 12 пар черепномозговых нервов.

• ***Передний мозг*** покрыт хорошо развитой ***корой,*** толщина которой примерно одинакова у всех видов млекопитающих. В коре находятся высшие чувствующие и двигательные центры; она координирует работу нервной системы и всего организма. В коре имеются ***борозды*** и ***извилины,*** увеличивающие ее поверхность и способствующие быстрой выработке условных рефлексов и, как следствие, улучшающие приспособляемость млекопитающих к жизни в меняющихся условиях среды. У примитивных млекопитающих имеется только одна борозда; у высших млекопитающих (хищников, приматов) - сложная система извилин и борозд.

Рис. 8.67. **Головной мозг собаки**

1 ***Мозжечок*** - крупный; координирует сложные движения млекопитающих и контролирует поддержание ими равновесия. Деятельность мозжечка подчиняется коре больших полушарий (только у млекопитающих!).

Поведение млекопитающих сложное и многообразное: во многом определяется ***инстинктами*** и многочисленными и легко вырабатывающимися ***условными рефлексами*** (роль последних резко

возросла по сравнению с другими группами животных, в поведении которых определяющими являются врожденные безусловные рефлексы). Молоди млекопитающих свойственны ***игры,*** в процессе которых животные приобретают ловкость, подвижность, ***обучаются*** приемам нападения и защиты. Выработке условных рефлексов и многообразных форм поведения млекопитающих способствует ***жизнь в семье или стаде*** и соблюдение правил ***стадной иерархии.*** Для многих млекопитающих характерна ***забота о потомстве.*** Высшие млекопитающие способны к ***элементарной рассудочной деятельности*** (см. также с. 383).

- **Органы чувств:** ***зрение*** (у многих видов достаточно острое, у животных с подземным образом жизни - слабое; у некоторых видов - кошек, лошадей, приматов - цветовое), хорошо развиты ***обоняние*** (наиболее развитый орган чувств многих млекопитающих), ***слух*** (для некоторых млекопитающих - дельфинов, летучих мышей - характерна ***эхолокация),*** органы ***осязания*** (вибриссы, кожа), орган ***вкуса*** (язык с находящимися на нем вкусовыми сосочками).

* В ***органе слуха*** три отдела: ***наружное ухо с*** ушной раковиной (усиливает восприятие звука) и наружным слуховым проходом, ***среднее ухо*** (имеет ***три*** слуховые косточки - молоточек, наковальню и стремечко; усиливает звуковые колебания) и ***внутреннее ухо*** (в нем находится чувствительный звуковоспринимающий ***кортиев орган).***

- **Половая система.** Млекопитающие - ***раздельнополые*** животные, половые железы парные.
  - У ***самцов*** имеются парные ***семенники*** (имеют овальную форму, находятся в специальном наружном половом органе - мошонке, у некоторых видов - слонов, китов и др. - в полости тела), ***семяпровод, половой член*** с ***мочеполовым каналом,*** и специальная железа - ***простата,*** вырабатывающая жидкость, в которой плавают сперматозоиды.
  - У **самок** имеются парные ***яичники*** (лежат в полости тела на спинной стороне брюшной полости), ***яйцеводы,*** которые в нижней части расширяются, образуя полую мускулистую ***матку, влагалище*** и ***наружные половые органы*** (в пред дверие влагалища также открывается мочевой проток).
- Размножение - половое; пары у большинства млекопитающих образуются на один сезон размножения, реже - на несколько лет (чолки, приматы). Яйцеклетки мелкие (до 0,2 мм), не имеют скорлуповых оболочек, содержат мало питательных веществ (желтка). Оплодотворение внутреннее, происходит в яйцевода* самки, куда проникает сперма.

- **Развитие** - ***внутриутробное,*** происходит в ***матке.*** Подавляющее большинство млекопитающих ***живородящие*** (немногие виды - ехидна, утконос - размножаются путем откладки яиц).
- На пути из яйцевода в матку оплодотворенная яйцеклетка (***зигота)*** начинает делиться. Затем она прикрепляется к стенке матки и продолжает развитие. Для некоторых видов характерна **полиэмбриония** - образование нескольких зародышей из одной зиготы.
- В матке вокруг зиготы формируются ***амнион,*** серозная оболочка и ***аллантоис*** (см. ниже). Серозная оболочка срастается с наружной стенкой аллантоиса, образуя ***зародышевую*** часть плаценты - ***хорион,*** который пронизан сетью кровеносных капилляров аллантоиса, осуществляющих питание зародыша. С наружной стороны хориона формируются ворсинки, которые врастают в рыхлую стенку матки — ***материнскую*** часть плаценты. В материнской части плаценты находится густая сеть кровеносных капилляров матери. Хорион и материнская часть плаценты образуют единую плаценту, в которой кровеносные капилляры хориона и матери тесно переплетены и соприкасаются, но ***не объединяются,*** и ***смешения крови матери и зародыша (плода) никогда не происходит.*** (У сумчатых млекопитающих плацента отсутствует.) Однако между этими капиллярами через их тонкие стенки осуществляется газообмен и передача питательных веществ и продуктов обмена. Зародыш связан с плацентой посредством ***пуповины,*** содержащей кровеносные сосуды, идущие к зародышу от хориона. Через пуповину зародыш получает от матери питание, кислород и освобождается от углекислого газа и вредных продуктов обмена веществ.
- Зародыш развивается, увеличивается в размерах и растягивает стенку матки. Продолжительность **беременности** - внутриутробного развития зародыша - различна у разных видов млекопитающих и составляет от примерно двух недель (у мышевидных грызунов) до двух лет (у слона). После окончания срока беременности наступают **роды,** при которых благодаря сокращениям стенки матки плод выталкивается наружу. Мать отделяет родившегося детеныша от пуповины, после чего детеныш делает первый вдох; его легкие расправляются, и он начинает дышать самостоятельно.
- Количество детенышей в помете - от одного (у крупных млекопитающих) до 12-15 (у мелких).
- Выкармливание новорожденных детенышей осуществляется молоком с помощью ***молочных желез.*** После завершения молочного вскармливания связь между родителями и потомством сохраняется на время, необходимое для передачи опыта родителей потомству.

- **Значение млекопитающих:** они -
  - важнейшие компоненты биогеоценоза;
  - основные составляющие цепей и сетей питания;
  - «санитары природы» (хищники и падальщики);
  - распространители семян и плодов растений (растительноядные);
  - опылители растения (летучие мыши);
  - вредители сельского хозяйства (мышевидные грызуны, хищники и др.);
  - резервуары возбудителей заболеваний человека (грызуны, копытные и др.);
  - источники продуктов питания для человека (свиньи, коровы, овцы и др.);
  - источники сырья для текстильной, меховой, кожевенной, пищевой и других видов промышленности;
  - объекты охоты (дикие кабаны, зайцы и др.);
  - являются тягловой силой (лошади и др.);
  - * используются как служебные животные (собаки);
  - " имеют эстетическое значение (кошки, собаки).
- **Классификация Млекопитающих:** два подкласса - ***Первозвери,*** или Яйцекладущие, и ***Настоящие звери,*** или Живородящие.
  - **Отряды подкласса Настоящие звери:** Сумчатые (Низшие звери), Насекомоядные, Рукокрылые, Грызуны, Хищные, Ластоногие, Китообразные, Парнокопытные, Непарнокопытные, Приматы и др. (все - Высшие звери, или ***Плацентарные).***
- •> **В Красную книгу Беларуси** занесен выхухоль (отряд Насекомоядные).

Аллантоис - одна из зародышевых оболочек у пресмыкающихся. птиц и млекопитающих; обеспечивает функции дыхания, выделения и питания. У млекопитающих участвует в образовании плаценты.

Альвеола (легочный пузырек) - конечная часть воздухоносных путей легких, в которой происходит газообмен между воздухом и внутренней средой организма. Представляет собой полушаровидное впячивание однослойного эпителия дыхательной бронхиолы легкого диаметром 150-300 мкм. Большая часть внешней поверхности апьвеолы соприкасается с капиллярами малого круга кровообращения. Общая поверхность альвеол легких в 50-100 раз больше поверхности тела, что позволяет быстро и эффективно осуществлять газообмен.

Амнион - мешковидная зародышевая оболочка у пресмыкающихся, птиц и млекопитающих, выделяющая специальную жидкость, окружающую зародыш; предохраняет зародыш от высыхания или механических повреждений.

Волосы - нитевидные роговые производные эпидермиса кожи; участвуют в терморегуляции организма; состоят из кубовидных ороговевающих эпителиальных клеток, содержащих пигмент меланин, который определяет цвет волос. Волос растет из своего корня, расположенного в основании ***волосяной сумки*** (образована впячиванием эпидермиса). Внутри стержня волоса содержатся пузырьки воздуха, количество которых с возрастом увеличивается, отчего волосы кажутся белыми - ***седыми.***

Волосяной покров - это совокупность волос, практически равномерно расположенных на теле у большинства млекопитающих. Состоит из ***остевых волос*** (длинных и толстых волос, образующих верхний ярус волосяного покрова) и ***подшерстка,*** или ***подпушья*** (образованного тонкими, нитевидными пуховыми волосами, лежащими в нижнем ярусе под остевыми волосами; подшерсток задерживает много воздуха и сохраняет тепло). Густота и окраска волосяного покрова зависят от сезона. Волосяной покров периодически меняется во время ***линьки.***

Вибриссы - длинные жесткие остевые волоски млекопитающих, воспринимающие действие механических раздражителей (прикосновение, колебания внешней среды); служат органами осязания; хорошо развиты у животных, ведущих ночной или подземный образ жизни; располагаются на голове (у кошек), брюхе (у белки), на лапах (у сумчатых), на конце хвоста (у крота).

Иглы у млекопитающих - видоизмененные толстые, жесткие и острые остевые волосы; покрывают спину некоторых видов млекопитающих (еж, дикобраз, утконос).

Диафрагма - тонкая плоская или куполообразная мышечная перегородка у большинства млекопитающих, полностью отделяющая грудную полость от брюшной. Имеет отверстие, через которое проходит пищевод, крупные кровеносные сосуды и нервы. Участвует в процессе дыхания.

Зубы - костные образования, расположенные в ротовой полости (в ***лунках*** челюстных костей) и предназначенные для захватывания, удержания и измельчения твердой пищи, а также (у хищных животных) для умерщвления и разрывания жертвы. У большинства видов млекопитающих происходит смена ***молочных*** (детских) зубов ***непостоянные.*** У грызунов зубы растут в течение всей жизни.

Зуб состоит из ***коронки*** (верхняя часть зуба), ***шейки*** и ***корня*** (часть зуба, погруженная в ткань челюсти и служащая для закрепления в ней зуба). Зуб образован костной тканью - **дентином,** снаружи покрыт очень прочной и устойчивой против стирания ***эмалью,*** состоящей в основном из минеральных солей и неболь-

шого количества воды и органических веществ. В центральной части зуба имеется полость, заполненная пульпой - мягким, насыщенным нервами и кровеносными сосудами веществом.

Классификация зубов по форме и назначению:

- резцы (плоские; расположены в центре зубного ряда; имеют простой одиночный корень; служат для откусывания пищи),
- клыки (конусовидные; расположены с каждой стороны верхней и нижней челюстей; имеют простой одиночный корень; при закрывании челюстей скользят друг относительно друга, образуя режущую поверхность; хорошо развиты у хищников и предназначены для умерщвления жертвы и разрывания ее на части, у грызунов отсутствуют);
- коренные зубы (обычно имеют складчатую или бугорчатую поверхность, у грызунов - плоскую; расположены позади клыков; имеют одиночный, двойной или тройной корень; предназначены для перетирания пищи).

Молочные (млечные) железы - железы внешней секреции самок млекопитающих и женщин, секретирующие молоко в период вскармливания детенышей (видоизмененные потовые железы). Расположены на груди или на брюхе самок. У самцов в течение всей жизни остаются в рудиментарном состоянии.

Молоко - секрет молочных желез; вырабатывается в период лактации для вскармливания детенышей; представляет собой сложную смесь более 100 различных веществ - воды, белков, Сахаров, жиров, витаминов, минеральных веществ, гормонов и т.д.

Молозиво - секрет молочных желез; образуется в последние дни беременности и первые дни после родов; представляет собой желтоватую, густую, вязкую жидкость с солоноватым вкусом и специфическим запахом; в отличие от молока содержит больше белков, жиров, витаминов, минеральных веществ и меньше Сахаров; имеет высокую биологическую ценность и калорийность; обеспечивает пассивный иммунитет у новорожденных.

Характеристика некоторых групп животных класса Млекопитающие

- Подкласс Первозвери. Это - наиболее примитивная и древняя группа современных млекопитающих. Распространены в основном в Австралии; некоторые ведут полуводный образ жизни (утконос), другие - наземный (ехидна; живет в норах, питается насекомыми). Размножаются, откладывая яйца, которые насиживают (утконос) или вынашивают в ***выводковой сумке*** (ехидна). Млечные железы не имеют сосков; у детенышей отсутствуют губы; молоко они слизывают языком с железистых участков кожи или с шерсти матери. У первозверей развиты коракоиды в плечевом поясе, имеется клоака (как у пресмыкающихся). Температура тела низкая и непостоянная.
- Сумчатые: 250 видов (кенгуру, коала, опоссум, сумчатый волк и др.); распространены в основном в Австралии и на прилегающих к ней островах, в Новой Гвинее, Америке; есть насекомоядные, растительноядные и хищные виды. Кора головного мозга не имеет борозд и извилин. Плацента у самок не образуется или слабо развита; внутриутробное развитие непродолжительно; детеныши рождаются маленькими и недоразвитыми, самки вынашивают их в специальной ***сумке*** до полного развития. Кости таза являются опорой для сумки.
- Насекомоядные (землеройки, бурозубки, кроты, ежи) - наиболее примитивные плацентарные млекопитающие; распространены везде, кроме Австралии и Северной Америки. Питаются насекомыми и их личинками. Размеры тела средние и мелкие, морда вытянута в длинный подвижный хоботок. Мозг небольшой, кора полушарий гладкая, без извилин, зубы слабо дифференцированы. Некоторые активны в течение всего года (землеройки, бурозубки), другие зимой впадают в спячку (ежи).
- Рукокрылые: 950 видов (ушаны, кожаны, летучие мыши, вампиры и др.) - летающие млекопитающие; распространены везде, кроме Арктики и Антарктиды; обитают в дуплах деревьев, на чердаках домов, в пещерах; образуют колонии. Питаются насекомыми, нектаром цветов, плодами деревьев; вампиры (обитают в тропической части Южной Америки) - кровососущие (питаются кровью животных). Ведут сумеречный или ночной образ жизни; ориентируются в пространстве с помощью эхолокации.
  - ***Особенности строения,*** имеют прочный и легкий скелет, киль на грудине, конечности видоизменены; хорошо развит орган слуха с большими ушными раковинами. Крылья представляют собой эластичные кожистые перепонки, натянутые между предплечьем, пальцами передних конечностей, боками тела, задними конечностями и хвостом.
  - ***Значение***: рукокрылые опыляют растения, распространяют семена, уничтожают вредных насекомых; вампиры переносят вирус бешенства.
  - ***В Беларуси*** обитают ушан, кожан, рыжая вечерница. ***В Красную книгу РБ*** занесены ночница Наттера большая, вечерница гигантская.
- Грызуны: около 2 тыс. видов (мыши, полевки, крысы, белки, суслики, сурки, бобры, тушканчики и др.); распространены повсеместно; обитают на деревьях, в норах и водоемах; в основном растительноядные.

- ***Особенности строения,*** размеры животных мелкие или средние; резцы не имеют корней, растут всю жизнь и самозатачиваются (так как на их задней поверхности отсутствует твердая эмаль); клыки отсутствуют, между резцами и коренными зубами имеется широкий промежуток без зубов - диастема; коренные зубы имеют большую жевательную поверхность; на пальцах имеются когти; развиты защечные мешки; кишечник длинный, хорошо развита слепая кишка; двойная матка.
- Для грызунов характерны высокая плодовитость (самка может давать 6-8 пометов в год, в каждом по 5-15 детенышей), быстрое достижение половой зрелости.
- ***Значение',*** грызуны являются объектами питания хищников, вредителями леса и сельского хозяйства, резервуарами ряда заболеваний (чумы, энцефалита, лейшманиоза), промысловыми (бобр, белка, ондатра) и экспериментальными животными.
- ***В Красную книгу Беларуси*** занесен бобр.

- **Хищные:** более 230 видов (волки, собаки, кошки, рыси, тигры, львы, выдры, каланы и др.); распространены повсеместно, кроме Антарктиды; ведут наземный образ жизни, иногда обитают в пресных и морских водоемах. Питание: чаще плотоядные, но есть и всеядные. У кошачьих хорошо развиты зрение и слух; у волчьих - обоняние. Жертву подкарауливают (лев, тигр) или добывают гоном, морда острая (волки, лисицы, еноты, песцы).
- ***Особенности строения,*** размеры крупные (до 3 м), вес до 1000 кг; конечности 4—5-палые с когтями (у некоторых кошачьих когти втяжные); имеется длинный, часто пушистый хвост; ключицы отсутствуют; резцы мелкие, клыки изогнуты и заострены, коренные зубы бугорчатые, с острыми режущими вершинами; хорошо развиты борозды и извилины коры больших полушарий; матка двурогая, семенники находятся в мошонке.
- ***Значение:*** хищные регулируют численность популяций животных, которыми питаются, уничтожают грызунов, наносят вред скотоводству, являются резервуарами возбудителей заболеваний (бешенства, эхинококкоза) и ценными пушными животными, домашние кошки и собаки - экспериментальные животные и имеют эстетическое значение.
- ***В Красную книгу Беларуси*** занесены рысь, кот лесной, барсук, бурый медведь.

- **Ластоногие:** 31 вид (тюлени, моржи, котики). Обитают в полярных морях; ведут стадный образ жизни; для отдыха и размножения выходят на сушу и лед. Питаются моллюсками, рыбой, ракообразными.
- ***Особенности строения,*** размеры крупные (1-6 м), вес 20-5000 кг; форма тела обтекаемая, веретенообразная, шея практически не выражена; кожа толстая, покрыта жесткой шерстью; имеется толстый слой подкожного жира; трубчатых костей и ключиц нет; строение зубов такое же, как у хищных зверей. Конечности видоизменены в ласты; ключицы отсутствуют. При передвижении некоторые виды ластоногих подгибают ласты под тело (ушастые тюлени: котики, сивучи); другие виды не подгибают (настоящие тюлени: каспийский, гренландский, нерпа). Глаза большие, хрусталик шаровидный (приспособлен для видения в воде); ушные раковины отсутствуют, но слух хорошо развит.
- ***Значение:*** ластоногие являются объектом промысла (источники меха, мяса, жира и кожи).

- **Китообразные:** 80 видов (киты, дельфины, кашалоты). Постоянные обитатели морских водоемов. Питаются планктоном, процеживая воду через «китовый ус» (беззубые киты), или рыбой, которую захватывают целиком (дельфины, кашалоты). Роды происходят в воде.
- ***Особенности строения:*** размеры крупные (длина до 33 м, вес до 30 тонн); форма тела обтекаемая, рыбообразная; голова большая, шея отсутствует; передние конечности превращены в ласты, задние конечности отсутствуют; есть хвостовой плавник. Волосяной покров, сальные и потовые железы отсутствуют; у самок имеется одна пара молочных желез. Скелет пропитан жиром; имеется мощный подкожный жировой слой;, зубы или многочисленны и одинаковы по строению (у дельфинов, кашалотов), или отсутствуют (у усатых китов). Головной мозг имеет сложное строение; органы слуха хорошо развиты; ушные раковины отсутствуют; обоняние развито слабо. Глаза снабжены шаровидным хрусталиком и плоской роговицей и хорошо видят в воде.
- ***Значение:*** китообразные - объекты промысла (источники жира, китового уса и кожи).

- **Парнокопытные** - наземные млекопитающие, имеющие на ногах четное количество пальцев (1-2 пары), из которых одна пара пальцев (третий и четвертый) развита одинаково сильно и на концевых фалангах покрыта (у большинства видов) роговыми копытами; при этом первый палец отсутствует, а третий и пятый - слабо развиты или отсутствуют. Парнокопытные насчитывают около 150 видов (олени, косули, коровы, свиньи, жирафы и др.); подразделяются на ***нежвачных*** (свиньи, кабаны) и ***жвачных*** (крупный и мелкий рогатый скот, верблюды, олени, жирафы). Жвачные - растительноядные животные, нежвачные - всеядные.
- ***Особенности строения.*** Крупные размеры (до 2-3 м); ключицы отсутствуют; резцы только на нижней челюсти, коренные

зубы имеют широкую жевательную поверхность. У ***нежвачных*** парнокопытных ноги короткие; кожа толстая, голая или покрыта щетиной; хорошо развит подкожный жировой слой; клыки большие и постоянно растут; коренные зубы имеют бугорчатую поверхность; желудок простой. У ***жвачных*** парнокопытных имеются рога, ноги длинные; кожа покрыта шерстью; подкожный жировой слой не развит; клыки нижней челюсти похожи на резцы, на верхней челюсти резцов и клыков нет; желудок сложный (состоит из четырех отделов: рубца, сетки, книжки, сычуга); кишечник длинный, хорошо развита слепая кишка.

- ***Значение,*** парнокопытные - промысловые животные, источник продуктов питания человека (мяса, молока, масла) и сырья для промышленности (кожа, рога); могут быть резервуарами возбудителей некоторых заболеваний.

- **Непарнокопытные: 16** видов (лошади, ослы, носороги, зебры); это наземные растительноядные млекопитающие, у которых на каждой ноге сильно развит только один (третий) палец, концевая фаланга которого покрыта роговым копытом и несет основную тяжесть тела; другие пальцы развиты слабо или отсутствуют.
  - ***Особенности строения,*** крупные размеры тела (до 3 м); число пальцев на конечностях нечетное; ключицы отсутствуют; имеются резцы на верхней и нижней челюстях, коренные зубы имеют широкую складчатую поверхность; желудок простой.
  - ***Значение:*** непарнокопытные - источники продуктов питания (мяса, молока) для человека, сырья для легкой промышленности (кожа), являются объектами охоты, домашними и спортивными животными, тягловой силой.
  - В ***Красную книгу*** МСОП занесен кулан.

- **Хоботные** - самые крупные наземные растительноядные животные (масса - до 5 т); включают два вида слонов - африканского и индийского; в доледниковый период жил мамонт. Живут большими стадами; в поисках пищи совершают дальние переходы. Имеют ***хобот,*** представляющий собой вытянутую часть носа с расположенными на конце ноздрями, который может быть сросшимся с верхней губой; хобот является органом осязания, обоняния, дыхания и хватания (имеет на конце пальцевидный придаток). У слонов тело безволосое, подошвы ног имеют под кожей эластичную желеобразную массу, увеличивающую площадь опоры при контакте ноги с землей. На верхней челюсти расположена пара огромных ***бивней*** (видоизмененных резцов). Клыки отсутствуют. На каждой челюсти с обеих сторон находится по одному коренному зубу, служащему для перетирания растительного корма (эти зубы постепенно стираются и заменяются новыми - до 6 раз в течение жизни).
  - ***Значение:*** долгое время служили источником ценной слоновой кости (бивней); специально обученные слоны используются при транспортировке бревен и других тяжестей в труднодоступных местах.

- **Приматы** - высшие древесные или наземные млекопитающие средних или небольших размеров, для представителей которых характерны пятипалые конечности с противопоставленным большим пальцем на передних и задних конечностях (это позволяет прочно обхватывать ветки, брать пальцами мелкие предметы). Приматы насчитывают более 200 видов (мартышки, гиббоны, лемуры долгопяты, павианы, орангутаны, гориллы, шимпанзе, человек). Обитают в лесах тропиков и субтропиков (человек расселился по всей суше); ведут дневной образ жизни; живут стадами или семьями, реже одиночно. Питаются преимущественно смешанной пищей (чаще растительной), но встречаются насекомоядные виды. Беременность длится 9 месяцев; детеныши рождаются зрячими, но беспомощными, некоторое время самостоятельно передвигаться не могут (мать носит их на себе).
  - Другие ***особенности строения,*** головной мозг крупный, большие полушария хорошо развиты и сверху покрывают мозжечок; на коре - многочисленные борозды и извилины. Глаза направлены вперед (***фронтальное бинокулярное зрение)-,*** зрение острое, цветовое, стереоскопическое, позволяет определять расстояние до предметов; слух хороший; органы обоняния развиты слабо. Развиты все типы зубов; имеются ключицы, что обеспечивает сложные движения передних конечностей; на пальцах имеются ногти (нет когтей), на ладонях и стопах - кожный рисунок; хорошо развита мимическая мускулатура. Большинство видов имеет хвост (обычно выполняет хватательную функцию). У самок одна пара молочных желез.
  - ***Поведение*** приматов сложное; хорошие память и сообразительность, условные рефлексы вырабатываются быстро. Человекообразные обезьяны (гориллы, орангутаны, шимпанзе) могут изготавливать простейшие орудия труда и пользоваться ими, в качестве оружия могут использовать толстые ветки, камни. Обладают разнообразной мимикой, выражающей эмоции (испуг, удивление, радость, агрессию). Человек обладает сознанием и способностью к абстрактному мышлению.
  - ***Значение,*** приматы - предки человека по филогенезу, объекты для медицинских и биологических экспериментов.

Сравнительный обзор систем органов беспозвоночных животных (продолжение)

	Кишечнополостные	Плоские черви	Круглые черви	Кольчатые черви	Моллюски	Членистоногие
Покровы тела	Эктодерма, клетки дифференцированы	Тегумент и 3 слоя гладких мышц (продольные, кольцевые, диагональные)	Кутикула, гиподерма, 1 слой продольных мышц	Плотный эпителий, 2 слоя мышц - продольные и кольцевые	Кожная складка (мантия), тело защищено раковиной	Хитинизированный наружный скелет
Полость тела	Нет	Нет	Первичная	Вторичная	Вторичная	Миксоцель
Опорно-двигательная система	Опору телу обеспечивает мезоглея	Движение обусловлено сокращением мышц	Движение обусловлено сокращением мышц	Движение обусловлено сокращением мышц	Орган движения - нога	Членистые конечности и поперечнополосатая мускулатура
Нервная система	Диффузная	Стволовая (лестничная)	Стволовая (ортогон)"	Узловая	Разбросанно-узлового типа	Узлового типа (головные ганглии и брюшная нервная цепочка)
Органы чувств	У медуз - равновесия, светочувствительные глазки	Равновесия, осязания, химического чувства, светочувствительные глазки	Осязания, химического чувства, обоняния (у свободноживущих)	Осязания, химического чувства	Равновесия, химического чувства, зрения, осязания	Зрения, обоняния, осязания, равновесия, слуха

Сравнительный обзор систем органов беспозвоночных животных *(продолжение)*

*	Кишечнополостные	Плоские черви	Круглые черви	Кольчатые черви	Моллюски	Членистоногие
Пищеварительная система	Кишечная полость; внутриполостное и внутриклеточное пищеварение	2 отдела кишечника: передний и средний	3 отдела кишечника: передний, средний, задний (с анальным отверстием)	Начинается ротовым отверстием и заканчивается анальным. 3 отдела кишечника: передняя, средняя и задняя кишка	Ротовые челюсти, глотка (радула), желудок, кишечник, анальное отверстие (открывается в мантильную полость), есть печень и слюнные железы	3 отдела: передняя, средняя и задняя кишка. Рот, глотка, пищевод, желудок, кишечник, анус. Пищеварительные железы: слюнные, поджелудочная, печень
Кровеносная система	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Замкнутая (спинной, брюшной и кольцевые сосуды)	Незамкнутая, в сердце 1-4 предсердия, 1 желудочек	Замкнутая; сердце на спинной стороне
Дыхательная система	Отсутствует. Газообмен через покровы тела	Отсутствует. Газообмен через покровы тела, паразитические - анаэробы	Отсутствует. Паразиты - анаэробы, у свободноживущих - газообмен через покровы тела	У морских форм - жабры, у наземных- газообмен через покровы тела	Жабры или легкие	Жабры, трахеи, легочные мешки

Сравнительный обзор систем органов беспозвоночных животных (продолжение)

	Кишечнополостные	**Плоские черви**	**Круглые черви**	**Кольчатые черви**	**Моллюски**	**Членистоногие**
Выделительная система	Продукты обмена удаляются через покровы тела	Протонефридии	Видоизмененные протонефридии	Метанефридии	Почки метанефридиального типа	Мальпигиевы сосуды, зеленые или коксальные железы
Половая	Гонады отсутствуют, гаметы образуются в экто- или энтодерме	Гермафродиты	Раздельнополые	Гермафродиты и раздельнополые	Гермафродиты и раздельнополые	Раздельнополые
Размножение	Бесполое (почкование, стробиляция) и половое. Характерна регенерация	Половое. У свободноживущих - регенерация	Половое	Половое и бесполое (фрагментация). Характерна регенерация	Половое	Половое
Развитие	Прямое и с метаморфозом	Прямое и с метаморфозом	С неполным метаморфозом и прямое (у свободноживущих)	Прямое и с неполным метаморфозом	Прямое и с неполным метаморфозом	Прямое с пол-ным и неполным метаморфозом

Сравнительный обзор систем органов позвоночных животных

	н/кл. Рыбы	**кп. Амфибии**	**кл. Рептилии**	**кл. Птицы**	**кл. Млекопитающие**
Покровы тела	Эпидермис, дерма, костная или плакоидная чешуя	Влажная кожа с большим количеством желез	Кожа и роговой покров	Кожа и перьевой покров	Кожа и волосяной покров
Полость тела	Целом	Целом	Целом	Целом	Целом
Опорно-двигательная система	Скелет головы, скелет плавников; скелет туловища - позвоночник: 2 отдела (туловищный и хвостовой); поперечно-полосатая мускулатура	Скелет головы, в позвоночнике 4 отдела, скелет передних и задних конечностей; поперечно-полосатая мускулатура	Скелет головы, 5 отделов позвоночника, грудная клетка, скелет конечностей, поперечно-полосатая мускулатура	Скелет головы, в позвоночнике 5 отделов, киль на грудине, передние конечности - крылья; задние конечности имеют цевку; сложный крестец	Скелет головы, 5 отделов в позвоночнике, грудная клетка передние и задние конечности, поперечно-полосатая мускулатура
Нервная система	Головной мозг - 5 отделов; средний мозг - интегративный и зрительный центр. Мозжечок развит хорошо	Передний мозг разделен на 2 небольших полушария, интегративный центр - средний мозг, мозжечок слабо развит	На поверхности переднего мозга - зачатки коры; ведущий интегративный центр - дно переднего мозга, мозжечок развит хорошо	Передний мозг (полушария головного мозга полностью покрыты корой - серым веществом), мозжечок развит хорошо	Большие полушария переднего мозга покрыты корой; у многих в коре головного мозга имеются борозды и извилины

 Сравнительный обзор систем органов беспозвоночных животных *(продолжение)*

	н/кл. Рыбы	кл. Амфибии	кл. Рептилии	кл. Птицы	кл. Млекопитающие
Органы чувств	Все органы чувств приспособлены к жизни в воде; боковая линия	Органы зрения имеют выпуклую роговицу и линзаобразный хрусталик, в органе слуха - барабанная перепонка	Органы зрения имеют выпуклую роговицу и линзаобразный хрусталик, в органе слуха - барабанная перепонка; функцию осязания выполняет язык	Из всех органов чувств наиболее развито зрение	Хорошо развиты все органы чувств, особенно зрения, слуха, обоняния
Кровеносная система	2-х камерное сердце, 1 круг кровообращения	3-х камерное сердце, 2 круга кровообращения	3-х камерное сердце, в желудочке неполная перегородка, 2 круга кровообращения	4-х камерное сердце, 2 круга кровообращения, правая дуга аорты	4-х камерное сердце, 2 круга кровообращение, левая дуга аорты
Дыхательная система	Жабры, газообмен происходит в жаберных мешках	Гортанно-трахейная камера, мешковидные легкие; более 50% газообмен идет через покровы тела	Гортань, трахея, бронхи, ячеистые легкие	Гортань, трахеи, бронхи, воздушные мешки, губчатые легкие, двойное дыхание	Бронхиальное дерево, альвеолярные легкие

Сравнительный обзор систем органов позвоночных животных *(продолжение)*

	н/кл. Рыбы	кл. Амфибии	кл. Рептилии	кл. Птицы	кл. Млекопитающие
Пищеварительная система	Гомодонтная зубная система, пищеварительная трубка дифференцирована, заканчивается анусом или клоакой	Гомодонтная зубная система, ротоглоточная полость, толстый кишечник заканчивается клоакой	Гомодонтная зубная система, рот и глотка дифференцированы, имеются зачатки слепой кишки, заканчивается клоакой	Зубы отсутствуют, имеется зоб, 2 отдела желудка (железистый и мускульный); заканчивается клоакой	Зубы дифференцированы, у некоторых 4 отдела желудка, развита слепая кишка и аппендикс, заканчивается анусом или клоакой
Выделительная система	Туловищные почки лентовидной формы, мочеточники, мочевой пузырь	Туловищные почки, мочевой пузырь, мочеточники открываются в клоаку	Тазовые почки, мочевой пузырь, мочеточники открываются в клоаку	Тазовые почки, мочевой пузырь отсутствует, мочеточники открываются в клоаку	Тазовые почки, мочеточники, мочевой пузырь
Обмен веществ	Пойкилотермные	Пойкилотермные	Пойкилотермные	Гомойотермные	Гомойотермные
Половая система	Раздельнополые	Раздельнополые	Раздельнополые	Раздельнополые	Раздельнополые
Размножение	Половое	Половое	Половое	Половое	Половое
Развитие	Прямое и с неполным метаморфозом	С неполным метаморфозом; анамнии	Прямое, амниоты	Прямое, амниоты	Внутриутробное у большинства, амниоты

9. Биология человека

9.1. Общие положения

Современный человек относится к ***виду Человек разумный*** (тип Хордовые, подтип Позвоночные, класс Млекопитающие, подкласс Плацентарные, отряд Приматы).

Основные признаки, определяющие положение человека в системе современного животного мира, важнейшие факторы антропогенеза - исторического процесса возникновения и эволюции человека, становления его как вида в результате взаимодействия биологических и социальных факторов, этапы и особенности эволюции человека рассмотрены в п. 4.6 «Происхождение человека».

Типы тканей (покровные, соединительные, мышечные, нервные), а также общие для животных и человека принципы строения и функционирования основных органов рассмотрены в гл. 8 (см. соответственно п.п. 8.2 «Ткани животных и человека» и 8.3 «Органы животных и человека»). Поэтому в данной главе основное внимание уделяется тем ***особенностях***/ строения и функционирования тканей и органов, которые характерны именно для человека, проявляются у него наиболее четко или были рассмотрены в гл. 8 недостаточно подробно.

Науки о человеке

- **Медицина** - область науки и практической деятельности, направленные на сохранение и укрепление здоровья людей, а также на предупреждение и лечение различных заболеваний.
- Медицина подразделяется на:
  - **лечебную** (клиническую) и
  - **профилактическую** (предупредительную), в состав которой входят ***валеология*** и ***гигиена.***
- **Валеология** - наука о здоровом образе жизни.
- **Гигиена** - наука о влиянии санитарного состояния внешней среды, условий жизни и труда на здоровье человека.
  - * Методы гигиены: физические, химические, физиологические, токсикологические и др.
- **Анатомия** - наука о строении организма с учетом половых, возрастных и индивидуальных особенностей организма человека.
  - Методы анатомии: антропометрия, аутопсия (вскрытие трупов), препарирование органов, рентгеноскопия, рентгенография, ультразвуковые исследования, позитронно-эмиссионная томография мозга и др.

- **Физиология** - наука о функциях и процессах, протекающих в организме, и механизмах их регуляции.
  - Методы физиологии: наблюдения, эксперименты (острые опыты на животных, заканчивающиеся их смертью, или хронические опыты, позволяющие изучать жизнедеятельность практически здорового организма), инструментальные (использующие различные приборы для измерения артериального давления, биохимического состава жидких сред и др.), электрокардиография, электроэнцефалография и др.
- **Психология** - наука о поведении человека, о закономерностях и механизмах психических процессов, индивидуально-личностных свойствах человека.
  - Методы психологии: наблюдение, анкетирование, эксперимент.

Ткани, системы и аппараты органов человека

Строение и функции различных типов животных ***тканей*** (нервной, мышечной, эпителиальной и соединительной) подробно рассмотрены в п. 8.2. Важнейшие особенности строения отдельных видов тканей, а также их местонахождение в организме человека и выполняемые ими функции приведены в таблице на сс. 490-492.

- ***Замечание:*** соединительные ткани также называют тканями **внутренней среды** и подразделяют на:
  - ***трофические*** (кровь, лимфа),
  - " ***опорно-трофические,*** или ***собственно соединительные*** - рыхлая и плотная волокнистые соединительные ткани, жировая и пигментная ткани, *и*
  - ***опорные,*** или ***скелетные*** ткани (хрящевая и костная).

Орган - анатомически обособленная часть организма, занимающая определенное место в организме и имеющая четкую структуру, связанную с выполняемыми органом функциями.

" Органы образованы несколькими видами тканей, но с преобладанием одного или двух видов; преобладающая ткань называется ***ведущей,*** или ***рабочей.***

Система органов - совокупность органов, выполняющих общие физиологические функции.

- **Системы органов человека:** мышечная, костная, нервная, кровеносная (сердечно-сосудистая), дыхательная, пищеварительная, выделительная, половая, эндокринная, иммунная, сенсорная.

Аппарат органов - комплекс двух или нескольких систем органов, связанных между собой функционально; при этом органы этих систем могут иметь разное строение и/или происхождение.

- **Аппараты органов человека:** опорно-двигательный, мочеполовой.

Основные виды тканей организма человека

Типы и виды тканей		Строение тканей	Местонахождение	Функции
Мышечная	Поперечно-полосатая	Многоядерные клетки цилиндрической формы до 10 см длины, исчерченные поперечными полосами; содержат миофибриллы	Скелетные мышцы. Сердечная мышца	Свойства: возбудимость, проводимость и сократимость. Произвольные движения тела и его частей, мимика, речь. Непроизвольные сокращения сердечной мышцы
	Гладкая	Одноядерные клетки до 0,5 мм длины с заостренными концами; содержат миофибриллы	Стенки пищеварительного тракта, кровеносных и лимфатических сосудов, мышцы кожи	Непроизвольные сокращения стенок внутренних полых органов. Поднятие волос на коже
Нервная	Нервные клетки *(нейроны)* и межклеточное вещество - *нейроглия*	Тела нервных клеток - до 0,1 мм в диаметре	Образуют серое вещество головного и спинного мозга	Образует нервную систему. Свойства: возбудимость, проводимость
		Короткие отростки нейронов - *дендриты*	Соединяются с отростками соседних клеток	Передают возбуждение одного нейрона на другой и в тело нервной клетки
		Аксоны - длинные отростки нейронов. В органах заканчиваются ветвистыми нервными окончаниями	Нервы периферической нервной системы, которые иннервируют все органы тела	Проводящие пути нервной системы; передают возбуждение от нервной клетки к периферии по центробежным нейронам; от рецепторов к нервной клетке по центростремительным нейронам. Вставочные нейроны передают возбуждение с центростремительных (чувствительных) нейронов на центробежные (двигательные)

Основные виды тканей организма человека (продолжение)

Типы и виды тканей		Строение тканей	Местонахождение	Функции
Ткани внутренней среды (соединительные)	Плотная волокнистая	Группы волокнистых, плотно лежащих клеток без межклеточного вещества	Собственно кожа, сухожилия, связки, оболочки кровеносных сосудов	Покровная, защитная, двигательная
	Рыхлая волокнистая	Рыхло расположенные волокнистые клетки, переплетающиеся между собой. Межклеточное вещество бесструктурное	Подкожная жировая клетчатка	Соединяет кожу с мышцами, поддерживает органы в организме, заполняет промежутки между органами. Осуществляет терморегуляцию тела
	Хрящевая	Живые круглые или овальные клетки, лежащие в капсулах, межклеточное вещество плотное, упругое, прозрачное	Межпозвоночные диски, хрящи гортани, трахеи, ушная раковина, хрящи на суставных поверхностях	Сглаживание трущихся поверхностей костей. Защита от деформации дыхательных путей, ушных раковин
	Костная *(компактная* и *губчатая)*	Клетки (остеоциты, остеобласты, остеокласты), соединенные между собой межклеточным веществом. Структурная единица - остеон. Состав: минеральные соли кальция и фосфора (21,8%), белок оссеин (12,5%), вода (50%), липиды и углеводы (15,7%)	Кости скелета	Опорная, двигательная, защитная, участие в водно-солевом обмене, в образовании форменных элементов крови (красный костный мозг)

Основные виды тканей организма человека *(продолжение)*

	Типы и виды тканей	Строение тканей	Местонахождение	Функции
Ткани внутренней среды	Кровь и лимфа	Жидкая соединительная ткань, состоит из форменных элементов (клеток) и плазмы (жидкость) с растворенными в ней минеральными и органическими веществами	Кровеносная система всего организма (кровь), лимфатическая система (лимфа)	Переносит O_2 и питательные вещества по всему организму. Уносит из ткани CO_2 и продукты диссимиляции. Обеспечивает постоянство внутренней среды, химический и газовый состав организма. Защитная (иммунитет). Регуляторная (гуморальная)
Эпителиальная ткань (эпителий)	Плоский, кубический, цилиндрический; однослойный, многослойный (ороговевающий, неороговевающий)	Поверхность клеток гладкая. Клетки плотно примыкают друг к другу	Эпидермис (ороговевающий), ротовая полость, пищевод (многослойный, неороговевающий), альвеолы, капсулы нефронов (однослойный)	Покровная, защитная, выделительная, газообмен
	Железистый	Клетки вырабатывают секрет	Слюнные железы, железы кожи, желудка, кишечника, внутренней секреции	Выделительные (выделение пота, слез), секреторные (образование слюны, желудочного и кишечного сока, гормонов)
	Мерцательный (реснитчатый)	Состоит из клеток с многочисленными волосками (реснички)	Дыхательные пути. Маточные трубы	Защитная (реснички задерживают и удаляют частицы пыли). Обеспечивают продвижение яйцеклетки

9.2. Регуляция физиологических функций

Понятие и системы саморегуляции

- **Классификация физиологических функции** организма:
  - ***соматические*** функции (движение);
  - ***вегетативные*** функции (поддержание жизнедеятельности, размножение, развитие);
  - ***психические*** функции (поведение, деятельность).

Воздействие среды на организм изменяет характер функционирования того или иного органа или группы органов, что, в свою очередь, влияет на работу других органов организма. Адаптация организма к изменившимся условиям среды оказывается возможной вследствие ***согласования деятельности*** всех его клеток, тканей, органов и систем.

Так как клетки в органе функционируют *согласованно* (либо одновременно - ***синхронно***, либо неодновременно - ***асинхронно,*** или ***мозаично),*** то регулировать работу органа можно путем воздействия на его клетки (изменяя активность ферментов, проницаемость клеточных мембран, транспорт веществ и т.д.).

Регуляция - это изменение характера деятельности органа или системы органов в целях сохранения постоянства внутренней среды организма.

Саморегуляция физиологических функций - универсальный механизм взаимодействия органов и систем организма, обеспечивающий постоянство внутренней среды организма и состоящий в ***автоматической координации*** деятельности различных внутренних органов, приводящей к определенным изменениям функций одних внутренних органов в ответ на те или иные изменения в деятельности других органов или изменения внешней среды.

В организме человека (и всех многоклеточных животных) саморегуляция осуществляется посредством двух механизмов.

- **Механизмы саморегуляции** физиологических процессов:
  - ***нервная регуляция,***
  - ***гуморальная регуляция.***

Нервная регуляция состоит в инициации *точно локализованных рефлекторных реакций,* осуществляемых с помощью ***нервных импульсов,*** поступающих из центральной нервной системы к органу сразу же за восприятием раздражения.

- Нервная регуляция осуществляется ***рефлекторным путем*** и происходит практически мгновенно (со скоростью 120 м/с); ответные реакции организма на раздражение очень быстры и точны.
- Благодаря рефлекторности нервной регуляции организм быстро приспосабливается к изменившимся условиям среды.

Гуморальная регуляция - регуляция, осуществляемая с помощью ***биологически активных веществ*** (гормонов, ферментов, витаминов, медиаторов), выделяемых клетками, тканями, органами или поступающими извне в кровь, лимфу и тканевую жидкость. Присуща всем организмам (в том числе растениям и протистам).

- **Особенности гуморальной регуляции:**
  - она не может обеспечить быструю реакцию органов и систем органов на внешние и внутренние раздражители; свое влияние она начинает значительно медленнее, чем нервная регуляция, но ее продолжительность может быть очень большой;
  - гуморальные влияния не имеют точного адреса, так как поступающие в кровь биологически активные вещества доставляются всем органам и тканям.

Гормональная, или **эндокринная, регуляция** - регуляция посредством ***гормонов,*** вырабатываемых ***железами внутренней секреции.***

- Гормональная регуляция - разновидность гуморальной; она впервые появляется у беспозвоночных (тип Членистоногие), у которых формируются *эндокринные* железы. Гормоны поступают в кровь, разносятся по всему организму (со скоростью до 0,5 м/с) и действуют на органы-мишени, чувствительные к данному гормону.

Нейрогуморальная регуляция

Нервный и гуморальный механизмы действуют взаимосвязанно, на основе принципа прямой и обратной связи; при этом нервная регуляция является главной, а гуморальная - подчиненной.

- **Проявления взаимодействия нервной и гуморальной систем регуляции:**
  - железы получают иннервацию со стороны автономной нервной системы, регулирующей уровень секреции гормонов, необходимый потребностям организма в данный момент (***прямая связь*** между нервной и эндокринной системами);
  - для нормального функционирования нервной системы необходим определенный уровень гормонов в крови (***обратная связь*** между нервной и эндокринной системами);
  - некоторые из желез внутренней секреции (гипофиз, эпифиз) являются выростами мозга или представляют собой видоизмененные симпатические ганглии, т.е. образуют вместе с симпатической нервной системой единое целое (***примеры:*** гипоталамус, являющийся одновременно и нервным центром, и своеобразной железой; мозговое вещество надпочечников, вырабатывающее гормоны адреналин и норадреналин);
  - психоэмоциональные стрессы могут привести к эндокринным заболеваниям.

Нейрогуморальная регуляция - единая форма саморегуляции организма, образованная тесно взаимосвязанными и взаимодействующими нервной и гуморальной регуляциями и обеспечивающая нормальное функционирование организма в меняющихся условиях среды.

Роль **гипоталамуса** в нейрогуморальной регуляции: гипоталамус - это высший центр регуляции деятельности эндокринной системы, связующее звено между нервной и эндокринной системами; в нем происходит преобразование афферентных (центростремительных) и эфферентных (центробежных) нервных импульсов в гуморальные сигналы - порции гипоталамических ***иейрогормонов,*** выделяемых нейросекреторными клетками в кровеносные сосуды.

9.3. Эндокринная система

Общие сведения об эндокринной системе, ее функционировании и гормонах приведены в п. 8.2 (с. 318) и п. 8.3 (сс. 388-391).

Железы внутренней секреции человека

Железы внутренней секреции (эндокринные железы) - секреторные железы, не имеющие выводных протоков и выделяющие вырабатываемые физиологически активные вещества **(гормоны)** непосредственно в кровь или лимфу. Они невелики по размерам, имеют небольшую массу и богаты кровеносными сосудами.

- **Железы внутренней секреции человека:**
  - гипофиз,
  - эпифиз,
  - щитовидная железа,
  - околощитовидные железы,
  - островки Лангерганса поджелудочной железы,
  - вилочковая железа (тимус),
  - надпочечники,
  - внутрисекреторная часть половых желез.

^ ***Замечание:*** внутрисекреторной способностью обладают также слизистые оболочки желудка и тонкого кишечника, почки, плацента и некоторые другие органы.

Гиперфункция железы - увеличение железой выработки гормонов больше необходимого.

Гипофункция железы - снижение железой выработки гормонов меньше необходимого.

Гипофиз

Гипофиз расположен в особой костной выемке на основании головного мозга; является нижним мозговым придатком, связанным с ***гипоталамусом*** тонкой ножкой. Масса гипофиза - около 0,5 г.

Гипофиз состоит из трех долей: передней ***(аденогипофиза),*** промежуточной и задней.

- В ***передней*** доле вырабатываются и выделяются в кровь пептидные гормоны, управляющие деятельностью других эндокринных желез и регулирующие рост организма: ***гонадотропный, адренокортикотропный*** и ***тиреотропный*** гормоны, ***соматотропин*** и ***пролактин*** (см. таблицу).

Действие гормонов передней доли гипофиза

	Действие на организм		
	норма	**гиперфункция**	**гипофункция**
• Гонадотропииы	Регулируют деятельность половых желез, способствуют созреванию яйцеклеток, разрыву фолликула и выходу яйцеклетки; образованию желтого тела и его гормонов	Гормональная активность половых желез усиливается	Гормональная функция половых желез снижается
Адренокортикотропный	Регулирует деятельность надпочечников и секрецию инсулина	Гормональная активность надпочечников усиливается	Функция надпочечников снижается
Тиреотропный	Регулирует деятельность щитовидной железы	Гормональная активность щитовидной железы усиливается	Функция щитовидной железы снижается
Соматотропин (гормон роста)	Регулирует рост организма, стимулируя выработку тканевых факторов роста в клетках многих тканей, особенно костных и хрящевых	В молодом возрасте вызывает **гигантизм,** у взрослых - болезнь **акромегалию** (разрастание носа, губ, пальцев, внутренних органов и др.)	Вызывает **карликовость,** пропорции тела и умственное развитие остаются в норме
Пролактин	Стимулирует рост молочных желез и выработку молока у кормящих матерей	Избыток молока	Недостаток молока

- В ***промежуточной*** доле гипофиза вырабатывается гормон ***мелинотропин.*** Одна из функций меланотропина - регуляция синтеза ***меланина.,*** влияющего на пигментацию кожи; другие функции меланотропина изучены недостаточно.
- В ***задней*** доле гипофиза накапливаются гормоны ***вазопрессин*** и ***окситоцин,*** которые синтезируются в гипоталамусе.

Действие гормонов задней доли гипофиза

Гормоны	Действие на организм		
	норма	**гиперфункция**	**гипофункция**
Вазопрессин	Регулирует процесс образования вторичной мочи и водно-солевой баланс	Усиливаегся всасывание воды при образовании вторичной мочи. Уменьшается мочеотделение, повышается кровяное давление	Процесс реабсорбции протекает медленно; выделяется много мочи (до Г0--40 л в сутки)
Окситоцин	Стимулирует сокращение гладких мышц, матки во время и после родов, способствует выделению молока из молочных желез	Возможен выкидыш или преждевременные роды при несоответствии количества гормона фазе эмбрионального развития	Послеродовое маточное кровотечение

Гипоталамическая регуляция эндокринных функций

Гипофиз и гипоталамус в своей деятельности тесно связаны между собой, образуя единую гипоталамо-гипофизарную систему, которая обеспечивает постоянство состава крови и необходимый уровень обмена веществ.

Гипоталамус регулирует функции гипофиза, усиливая или угнетая секрецию им своих гормонов. Эта регуляция осуществляется с помощью ***нейрогормонов,*** которые по специальным сосудам попадают в *переднюю* долю гипофиза, и ***нервных импульсов,*** передающихся по специальным нервным волокнам, проникающим в *заднюю* долю гипофиза.

Гипофиз, будучи главной железой внутренней секреции, в свою очередь, управляет деятельностью всех остальных желез внутренней секреции.

- Реализация принципа обратной связи в работе гипоталамо-гипофизарной системы:
  - " когда какие-нибудь железы внутренней секреции начинают выделять слишком мало или, наоборот, слишком много гормо-

нов, гипоталамус улавливает отклонение концентрации этих гормонов в крови от необходимого на данный момент уровня;

1 уловив отклонение, он, в зависимости от типа этих гормонов, вырабатывает либо соответствующие нейрогормоны *{.Чичерины* или ***статины;*** см. ниже), либо нервный импульс и передает их в переднюю или заднюю долю гипофиза;

1 нейрогормоны или нервные импульсы возбуждают или тормозят гипофиз, заставляя его увеличить или уменьшить секрецию и выделение в кровь его гормонов, регулирующих действие соответствующих желез внутренней секреции;

' после восстановления нужного уровня гормонов в крови гипоталамус прекращает свое воздействие на гипофиз.

Группы гормонов гипоталамуса, поступающих через кровь в переднюю долю гипофиза - **аденогипофиз:**

- **либерины,** или **рилизинг-гормоны,** - гормоны, усиливающие выделение соответствующих гормонов гипофиза (см. таблицу на с. 499);
- **статины** - гормоны, угнетающие (ингибирующие) выделение соответствующих гормонов гипофиза: ***соматостатин*** ингибирует выработку гормона ***соматотропина, пролактостатин -*** гормона ***пролактотропина.***

» **Схема гипоталамо-гипофизарной системы** человека приведена на рис. 9.1.

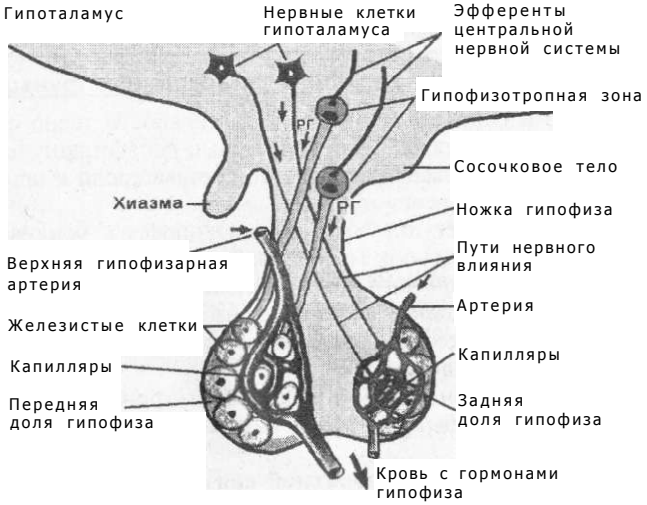


Рис. 9.1. **Гипоталамо-гипофизарная система человека**
РГ - рилизинг-гормоны гипоталамуса

Либерины (рилизинг-гормоны) гипоталамуса

Гормон гипоталамуса	Гормон гипофиза	Место действия	Основной эффект
Соматолиберин	Соматотропин	Кости, мышцы, внутренние органы	Стимуляция общего роста тела
Тиролиберин	Тиротропин	Щитовидная железа	Стимуляция синтеза и секреции гормонов T_3 и T_4
Кортиколиберин	Кортикотропин	Кора надпочечников	Стимуляция коры надпочечников, влияние на синтез кортикостероидов
Фолиберин	Фолликулотропин	Гонады, фолликулы яичников у самок, семенные канальцы у самцов	Развитие и созревание половых клеток, гормональная секреция гонад
Люлиберин	Лютропин	Желтое тело, гонады, стероидная ткань	Развитие и созревание половых клеток, гормональная секреция гонад
Пролактолиберин	Пролактин	Молочные железы, желтое тело	Стимуляция молочных желез, сохранение желтого тела

Эпифиз

Эпифиз, или **шишковидная железа,** представляет собой вырост промежуточного мозга. Участвует в регуляции ***биологических ритмов*** путем выделения гормонов ***серотонина*** (днем) и ***мелатонина*** (ночью), которые поступают в кровь и спинномозговую жидкость и ткани организма и влияют на работоспособность человека.

Щитовидная железа

Щитовидная железа расположена на передней стенке гортани, состоит из двух долей и перешейка, снаружи покрыта соединительнотканой оболочкой; имеет массу 25-40 г. Образована особыми пузырьками - ***фолликулами.***

•> **Гормоны щитовидной железы:**

* ***тироксин*** **(T_4)** и ***трийодтиронин*** **(T_3),** содержащие ***йод;*** вырабатываются в фолликулах;
- ***кильцитонин***; этот гормон вместе с паратирином, продуцируемым околощитовидными железами, регулирует обмен кальция и фосфора в организме.

• **Роль гормонов щитовидной железы.** Эти гормоны:
- участвуют в половом созревании человека;
- усиливают обмен веществ, стимулируя клеточное дыхание;
- усиливают производство тепла организмом **(термогенез);**
- при *снижении* функции щитовидной железы *в детстве* развивается **кретинизм** (характеризуется торможением в развитии всех систем организма, слабоумием, малым ростом);
- при *нехватке* гормонов щитовидной железы *у взрослого человека* развивается **микседема** (характеризуется снижением иммунитета, слабостью, сонливостью, отеками, медленным обменом веществ, избыточным весом, нарушением пропорций тела; лечится гормонами щитовидной железы, вводимыми извне);
- при *гиперфункции* щитовидной железы возникает **базедова болезнь** (характеризуется выраженным пучеглазием, потерей веса, повышенной возбудимостью, интенсивным обменом веществ, высокой частотой сердечных сокращений);
- кальцитонин является антагонистом паратирина; он снижает уровень кальция в крови, тормозя выведение его из костей.

Зоб - заболевание, возникающее при недостатке йода; в этом случае секретирующая ткань щитовидной железы разрастается, но не может в отсутствие необходимого количества йода синтезировать полноценные гормоны.

Околощитовидные железы

Околощитовидные железы - это четыре маленькие железы, расположенные на задней поверхности щитовидной железы по две с каждой стороны; их общая масса 0,10-0,13 г. Они выделяют гормон ***паршпирин,*** регулирующий обмен кальция в организме.

- При недостатке паратирина наблюдается нехватка ионов кальция в крови, повышается возбудимость нервов и мышц, появляются судороги, рвота и последующая смерть на фоне паралича дыхательной мускулатуры.
- При повышенной функции околощитовидных желез кости начинают терять ионы Ca^{2+}, возникает мышечная слабость, уровень ионов кальция в плазме крови повышается, возбудимость центральной нервной системы понижается; кальций откладывается в виде камней в почках, печени, легких, сердце.

Островки Лангерганса поджелудочной железы

Островки Лангерганса - инсулы (скопления особых секреторных клеток) **поджелудочной железы** вырабатывают гормоны ***инсулин, глюкагон*** и ***соматостатин*** **и** выделяют их непосредственно в кровь.

- Выделение инсулина в кровь необходимо для того, чтобы основной источник энергии - ***глюкоза*** **-** могла свободно переходить из плазмы крови в ткани, а ее избыток откладывался в печени в виде ***гликогена.***

Действие гормонов поджелудочной железы

Гормоны	Действие на организм		
	норма	**гиперфункция**	**гипофункция**
Инсулин	Повышает проницаемость клеточных мембран для глюкозы, регулирует ее содержание в крови, способствует синтезу гликогена из глюкозы	Шок, сопровождаемый судорогами и потерей сознания при падении уровня глюкозы в крови	Сахарный диабет (повышается уровень глюкозы в крови, появляется сахар в моче)
Глюкагон	Расщепляет гликоген; повышает уровень глюкозы в крови, включает механизм переработки запасов жира		
Соматостатин	Тормозит выделение инсулина и глюкагона, угнетает выделение гормонов желудочно-кишечного тракта (гастрина, панкреозимина и др.)		

Сахарный диабет - хроническое эндокринное заболевание, возникающее в результате снижения выработки инсулина поджелудочной железой либо уменьшения чувствительности инсулиновых рецепторов. При этом большая часть поступающих в организм углеводов не используется клетками и выводится из организма с мочой. ***Признаки*** сахарного диабета: постоянное чувство голода, неудержимая жажда, обильное выделение мочи и нарастающее исхудание. ***Лечение*** сахарного диабета состоит в специально подобранной диете и регулярном введении в организм инсулина.

Вилочковая железа

Вилочковая железа (тимус) - небольшой лимфоидный орган, состоящий из двух долек и расположенный за грудиной; хорошо развит в детском возрасте и практически исчезает в период полового созревания.

• **Роль вилочковой железы.**
- ее пептидные гормоны ***тимозин*** и ***тимопоэтины*** стимулируют формирование и рост иммунной системы;
- если у *взрослого* человека вилочковая железа продолжает активно функционировать, могут развиться ***аутоиммунные заболевания*** (системная красная волчанка, миастения и др.), при которых из-за гиперактивности иммунитета антитела разрушают собственные белки организма.

Надпочечники

Надпочечники - парные эндокринные железы массой 5-6 г каждая, расположенные над верхними полюсами почек.

- Каждый надпочечник состоит из ***коркового слоя (коры надпочечников),*** составляющего 90% железы, и ***мозгового вещества,*** причем обе части функционируют как самостоятельные железы, различающиеся по строению, происхождению и функциям.
- **Кора надпочечников** состоит из трех зон - ***клубочковой, пучковой*** и ***сетчатой.***
  - « **Клубочковая зона** вырабатывает ***минералокортикоиды,*** регулирующие ***минеральный обмен*** (№, К, С1).
  - **Пучковая зона** вырабатывает гормоны ***глюкокортикоиды*** (кортизон, кортикостерон), регулирующие ***углеводный и белковый обмен.***
  - **Сетчатая зона** вырабатывает небольшое количество половых гормонов - ***андрогенов*** и ***эстрогенов.***
- **Роль глюкокортикоидов:**
  - повышают уровень сахара в крови, тормозя поглощение его периферическими тканями;
  - повышают уровень гликогена в печени и тормозят его распад;
  - тормозят синтез белка в мышцах лимфоидной ткани;
  - стимулируют образование белка в печейи;
  - в условиях стресса секреция глюкокортикоидов повышается, обеспечивая адаптацию организма к действию неблагоприятных факторов;
  - поддерживают на высоком уровне работоспособность человека, способствуют быстрому восстановлению его сил;
  - применяются в лечебных целях в качестве противовоспалительных и противоаллергических средств.

Рост у женщин усов и бороды - явление, вызванное некоторыми заболеваниями или разрастанием (опухолью) коры надпочечников, в результате которых она может начать продуцировать мужские половые гормоны.

Бронзовая болезнь - заболевание, вызванное недостаточной функцией коры надпочечников; характеризуется резкой слабостью, быстрым похудением, потемнением кожи вплоть до бронзового оттенка; практически не поддается лечению.

- **Мозговое вещество надпочечников** вырабатывает гормоны ***адреналин*** и ***норадреналин*** - «гормоны страха и гнева».
  - Секреция адреналина и норадреналина мозговым веществом надпочечников не зависит от влияния гипофиза и резко возрастает в стрессовых ситуациях.

- **Роль адреналина** и **норадреналина.** Эти гормоны способствуют мобилизации всех ресурсов организма для выполнения тяжелой работы, преодоления возникших трудностей и стрессовых ситуаций:
  - ускоряют кровоток, учащают сокращения сердца, сужают просветы кровеносных сосудов кожи и кишечника, повышают артериальное давление;
  - расширяют кровеносные сосуды сердца и мозга;
  - расслабляют мускулатуру бронхов, увеличивают глубину дыхания;
  - вызывают торможение гладкой мускулатуры желудочно-кишечного тракта;
  - увеличивают распад гликогена в печени и вывод глюкозы в кровь, усиливают сокращение мышц, снижают степень утомления;
  - стимулируют углеводный обмен;
  - стимулируют повышение содержания свободных жирных кислот, используемых в качестве субстратов для образования тепла при холодовом стрессе и т.д.

Половые железы

Половые железы (или **гонады)** являются железами смешанной (и внешней, и внутренней) секреции.

Половые железы женщины - яичники - парные, расположены в полости таза.

- Яичники выделяют во внешнюю среду ***яйцеклетки,*** а во внутреннюю (в кровь) - женские половые гормоны **эстрогены (*эстрадиол)* и прогестины (*прогестерон).***

Половые железы мужчины - семенники - лежат вне таза в кожно-мышечном образовании - мошонке, что обеспечивает их оптимальный температурный режим (около +35 "С).

- Семенники выделяют во внешнюю среду ***сперматозоиды,*** а в кровь - мужские половые гормоны - **андрогены *(тестостерон);*** см. также сс. 389-390.

Эстрадиол - гормон-побудитель ***овуляции*** (разрыва ***фолликула яичника*** и выхода зрелой яйцеклетки из него в полость тела); участвует также в формировании половой системы эмбриона и вторичных половых признаков (размеров и пропорций тела, волосяного покрова, тембра голоса и т.д.) человека по женскому типу.

Прогестерон - гормон ***беременности;*** вырабатывается в ***желтом теле,*** которое образуется на месте лопнувшего фолликула яичника. Прогестерон необходим для прикрепления (имплантации) зародыша к стенке матки; он также тормозит созревание и овуляцию фолликулов на период беременности.

Тестостерон - гормон, обеспечивающий постоянство сперматогенеза у половозрелого мужчины и стимулирующий половое поведение; также участвует в формировании половой системы эмбриона и вторичных половых признаков человека по мужскому типу.

9.4. Нервная система человека

Общие сведения о нервной системе и ее функционировании приведены в п. 8.2 (сс. 326-328) и п. 8.3 (сс. 369-376,383-388).

•> **Нервная система человека** представлена:

- головным и спинным мозгом (вместе они образуют ***центральную нервную систему);***
- нервами, нервными узлами и нервными окончаниями (образуют ***периферическую часть нервной системы).***

- **Функции нервной системы человека:**
  - объединяет все части организма в единое целое (***интеграция);***
  - регулирует и согласует работу разных органов и систем ***(согласование);***
  - осуществляет связь организма с внешней средой, его приспособление к условиям среды и выживание в этих условиях ***(отражение*** и ***адаптация);***
  - обеспечивает (во взаимодействии с эндокринной системой) постоянство внутренней среды организма на относительно стабильном уровне ***(коррекция);***
  - определяет сознание, мышление и речь человека, его целенаправленную поведенческую, психическую и творческую деятельность ***(деятельность).***
- **Подразделение нервной системы по функциональным признакам:**
  - ***соматическая*** (иннервирует кожу и мышцы; воспринимает воздействия внешней среды и вызывает сокращения скелетных мышц); подчиняется воле человека;
  - * ***автономная,*** или ***вегетативная*** (регулирует обменные процессы, рост и размножение, работу сердца и сосудов, внутренних органов и желез внутренней секреции).

Спинной мозг

Строение спинного мозга (рис. 9.2). Спинной мозг находится в спинномозговом канале позвоночника, начинается от продолговатого мозга (вверху) и заканчивается на уровне второго поясничного позвонка. Представляет собой белый цилиндрический тяж (шнур) диаметром около 1 см и длиной 42-45 см. Спереди и сзади спинной мозг имеет две глубокие борозды, делящие его на правую и левую половины.

В продольном направлении спинного мозга можно выделить 31 ***сегмент,*** каждый из которых имеет два передних и два задних

корешка, образованных ***аксонами*** нейронов; при этом все сегменты составляют единое целое.

Внутри спинного мозга находится ***серое вещество,*** имеющее (в сечении) характерную форму летящей бабочки, «крылья» которой образуют ***передние, задние*** и (в грудном отделе) ***боковые рога.***

Серое вещество состоит из ***тел*** вставочных и двигательных нейронов. По оси серого вещества вдоль спинного мозга проходит узкий ***спинномозговой канал,*** заполненный ***спинномозговой жидкостью*** (см. ниже).

На периферии спинного мозга (вокруг серого вещества) находится ***белое вещество.***

Белое вещество расположено в виде 6 столбов вокруг серого вещества (по два передних, боковых и задних). Оно образовано аксонами, собранными в ***восходящие*** (находятся в задних и боковых столбах; передают возбуждение в головной мозг) и ***нисходящие*** (находятся в передних и боковых столбах; передают возбуждение от головного мозга к рабочим органам) ***проводящие пути*** спинного мозга.

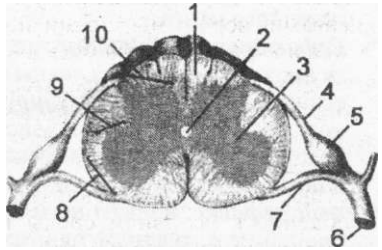


Рис. 9.2. Строение сегмента спинного мозга:
1 - белое вещество; 2 - центральный канал; 3 - серое вещество; 4 - задний корешок; 5 - спинномозговой ганглий; 6 - спинномозговой нерв; 7 - передний корешок; 8 - передние рога; 9 - боковые рога; 10 - задние рога

Спинной мозг защищен тремя ***оболочками, твердой*** (из соединительной ткани, выстилающей позвоночный канал), ***паутинной*** (в виде тонкой сети; содержит нервы и сосуды) и ***мягкой,*** или ***сосудистой*** (содержит много сосудов; срастается с поверхностью мозга). Пространство между паутинной и мягкой оболочками заполнено спинномозговой жидкостью, которая обеспечивает оптимальные условия для жизнедеятельности нервных клеток и предохраняет спинной мозг от толчков и сотрясений.

В ***передних рогах*** сегментов спинного мозга (они расположены ближе к брюшной поверхности тела) находятся тела ***двигательных нейронов,*** от которых отходят их аксоны, образующие передние ***двигательные корешки,*** по которым возбуждение передается от мозга к рабочему органу (это самые длинные клетки человека, их длина может достигать 1,3 м).

В ***задних рогах*** сегментов находятся тела ***вставочных нейронов;*** к ним подходят задние ***чувствительные корешки,*** образованные аксонами чувствительных нейронов, передающих возбуждение в спинной мозг. Тела этих нейронов находятся в ***спинно-***

мозговых узлах (ганглиях), расположенных вне спинного мозга по ходу чувствительных нейронов.

В фудном отделе имеются ***боковые рога,*** где расположены тела нейронов ***симпатической*** части ***автономной*** нервной системы.

За пределами позвоночного канала чувствительный и двигательный корешки, отходящие от заднего и переднего рогов *одного «крыла» сегмента,* объединяются, образуя (вместе с нервными волокнами автономной нервной системы) смешанный ***спинномозговой нерв,*** в котором находятся и центростремительные (чувствительные), и центробежные (двигательные) волокна (см. ниже).

- **Функции спинного мозга** осуществляются под контролем головного мозга.
  - ***Рефлекторная функция,*** через серое вещество спинного мозга проходят ***дуги безусловных рефлексов*** (они не затрагивают сознания человека), ***регулирующих*** работу внутренних органов, просвет сосудов, мочеиспускание, половые функции, сокращение диафрагмы, дефекацию, потоотделение, и ***управляющих*** скелетной мускулатурой; см. рис. 9.3 (*примеры*: ***коленный рефлекс***: подъем ноги при ударе по сухожилию, прикрепленному к коленной чашечке; рефлекс отдергивания конечности: при действии болевого раздражителя происходит рефлекторное сокращение мышц и отдергивание конечности; рефлекс мочеиспускания: наполнение мочевого пузыря вызывает возбуждение рецепторов растяжения в его стенке, что приводит к расслаблению сфинктера, сокращению стенок мочевого пузыря и мочеиспусканию).

    При разрыве спинного мозга выше дуги безусловного рефлекса данный рефлекс не испытывает регулирующего действия головного мозга и извращается (отклоняется от нормы, т.е. становится патологическим).
  - ***Проводниковая функция,*** проводящие пути белого вещества спинного мозга являются проводниками нервных импульсов: по ***восходящим*** путям нервные импульсы из серого вещества спинного мозга идут ***в головной мозг*** (нервные импульсы, идущие от чувствительных нейронов, сначала поступают в серое вещество тех или иных сегментов спинного мозга, где проходят предварительную обработку), а по ***нисходящим*** путям они идут ***от головного мозга*** в разные сегменты спинного мозга и оттуда по спинномозговым нервам - к органам.

У человека спинной мозг контролирует только простые двигательные акты; сложные движения (ходьба, письмо, трудовые навыки) осуществляются при обязательном участии головного мозга.

Паралич - утрата способности к произвольным движениям органов тела, возникающая при повреждении *шейного* отдела спинного мозга, влекущем нарушение связи головного мозга с органами тела, расположенными ниже места повреждения.

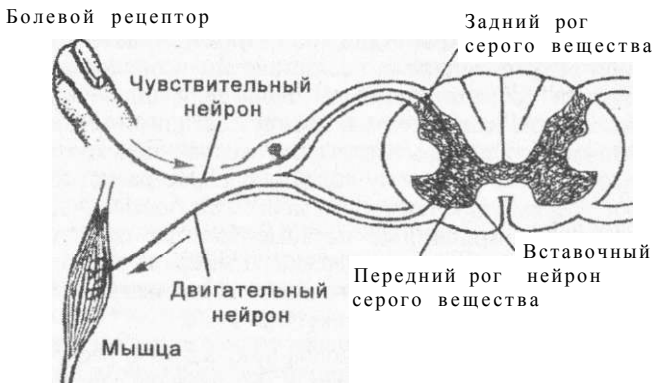


Рис. 9.3. Схема рефлекторной дуги

Спинальный шок - это возникающее при повреждениях *позвоночника* и нарушении связи между головным мозгом и нижележащими (по отношению к месту повреждения) отделами спинного мозга исчезновение всех рефлексов и произвольных движений органов тела, нервные центры которых лежат ниже места повреждения.

Нервы. Распространение нервного импульса

Нервы - это тяжи нервной ткани, связывающие мозг и нервные узлы с другими органами и тканями тела посредством передаваемых по ним нервных импульсов (см. также п. «Нервная ткань» сс. 326-328).

Нервы образуются из нескольких пучков ***нервных волокон*** (всего до 106 волокон) и небольшого числа тонких кровеносных сосудов, заключенных в общую соединительнотканную оболочку. По каждому нервному волокну нервный импульс распространяется изолированно, не переходя на другие волокна.

- Большинство нервов ***смешанные***; в их состав входят волокна и чувствительных, и двигательных нейронов.

Нервное волокно - длинный (может иметь длину более 1 м) тонкий отросток нервной клетки **(аксон),** сильно ветвящийся на самом конце; служит для передачи нервных импульсов.

- **Классификация нервных волокон** в зависимости от строения: ***миелинизированные*** и ***немиелинизированные.***

Мпелшинированные нервные волокна покрыты миелиновой оболочкой. **Миелиновая оболочка** выполняет функции защиты, питания и изоляции нервных волокон. Она имеет белково-липидную природу и представляет собой плазмалемму ***шванновской***

клетки (названной по имени ее открывателя Т. Шванна, 1810-1882), которая многократно (до 100 раз) оборачивается вокруг аксона; при этом цитоплазма, все органеллы и оболочка шванновской клетки сосредоточены на периферии оболочки над последним витком плазмалеммы. Между соседними шванновскими клетками находятся открытые участки аксона - **перехваты Ранвье.** Нервный импульс по такому волокну распространяется скачками от одного перехвата к другому с высокой скоростью - до 120 м/с.

Немиелинизированные нервные волокна покрыты только тонкой изолирующей и не содержащей миелина оболочкой. Скорость распространения нервного импульса по немиелинизированному нервному волокну составляет 0,2-2 м/с.

Нервный импульс - это волна возбуждения, распространяющаяся по нервному волокну в ответ на раздражение нервной клетки.

- Скорость распространения нервного импульса по волокну прямо пропорциональна квадратному корню из диаметра волокна.

Механизм распространения нервного импульса. Упрощенно нервное волокно (аксон) можно представить как длинную цилиндрическую трубку с поверхностной мембраной, разделяющей два водных раствора разного химического состава и концентрации. Мембрана имеет многочисленные клапаны, которые закрываются при усилении электрического поля (т.е. при увеличении разности его потенциалов) и открываются при его ослаблении. В открытом состоянии одни из этих клапанов пропускают ионы №$^{+}$, другие клапаны пропускают ионы К$^{+}$, но все они не пропускают большие по размерам ионы органических молекул.

Каждый аксон представляет собой микроскопическую электростанцию, разделяя (посредством химических реакций) электрические заряды. Когда аксон ***не возбужден,*** внутри него имеется избыток (по сравнению с окружающей аксон средой) катионов калия (К$^{+}$), а также отрицательные ионы (анионы) ряда органических молекул. Снаружи аксона имеются катионы натрия (Ма$^{+}$) и анионы хлора (СГ), образующиеся вследствие диссоциации молекул КаС1. Анионы органических молекул концентрируются на ***внутренней*** поверхности мембраны, заряжая ее ***отрицательно,*** а катионы натрия - на ее ***внешней*** поверхности, заряжая ее ***положительно.*** В результате между внутренней и внешней поверхностями мембраны возникает электрическое поле, разность потенциалов (0,05 В) которого (потенциал **покоя)** достаточно велика для того, чтобы клапаны мембраны были закрыты. Потенциал покоя впервые описал и измерил в 1848-1851 гг. немецкий физиолог Э.Г. Дюбуа-Реймон в опытах на мышцах лягушки.

При раздражении аксона плотность электрических зарядов на его поверхности уменьшается, электрическое поле ослабевает и приоткрываются мембранные клапаны, пропускающие катионы

натрия Ыа$^{+}$ внутрь аксона. Эти катионы частично компенсируют отрицательный электрический заряд внутренней поверхности мембраны, в результате чего в месте раздражения направление поля меняется на противоположное. В процесс вовлекаются соседние участки мембраны, что дает начало распространению нервного импульса. В этот момент открываются клапаны, пропускающие наружу катионы калия К$^{+}$, благодаря чему внутри аксона постепенно снова восстанавливается отрицательный заряд, а разность потенциалов между внутренней и внешней поверхностями мембраны достигает значения 0,05 В, характерного для невозбужденного аксона. Таким образом, по аксону распространяется фактически не электрический ток, а волна электрохимической реакции.

- Форма и скорость распространения нервного импульса не зависят от степени раздражения нервного волокна. Если оно очень сильное, возникает целая серия одинаковых импульсов; если оно совсем слабое, импульс вообще не появляется. Т.е. *сугцествует некоторая минимальная **«пороговая»** степень раздражения, ниже которой импульс не возбуждается.*
- Импульсы, поступающие в нейрон по нервному волокну от какого-либо рецептора, различаются только по числу сигналов в серии. А значит, нейрону достаточно лишь сосчитать количество таких сигналов в одной серии и в соответствии с «правилами», как следует реагировать на данное число последовательных сигналов, послать нужную команду тому или иному органу.

Спинномозговые нервы

Каждый **спинномозговой нерв** формируется из двух ***корешков,*** отходящих от спинного мозга: ***переднего*** (эфферентного) корешка и ***заднего*** (афферентного) корешка, которые соединяются в межпозвоночных отверстиях, образуя ***смешанные нервы*** (содержат двигательные, чувствительные и симпатические нервные волокна).

- У человека насчитывается ***31 пара спинномозговых нервов*** (по числу сегментов спинного мозга), отходящих справа и слева от каждого сегмента.

- **Функции спинномозговых нервов:**
  - " они обусловливают чувствительность кожи верхних и нижних конечностей, груди, живота;
  - осуществляют передачу нервных импульсов, обеспечивающих движение всех частей тела и конечностей;
  - " иннервируют скелетные мышцы (диафрагму, межреберные мышцы, мышцы стенок грудной и брюшной полостей), вызывая их непроизвольные движения; при этом каждый сегмент иннервирует строго определенные участки кожи и скелетные мышцы.
  - ^ Произвольные движения осуществляются под контролем коры головного мозга.

- **Иннервация сегментами спинного мозга:**
  - сегменты шейной и верхней грудной части спинного мозга иннервируют органы грудной полости, сердце, легкие, мышцы головы и верхних конечностей;
  - остальные сегменты грудной и поясничной частей спинного мозга иннервируют органы верхней и средней частей брюшной полости и мышцы туловища;
  - нижнепоясничные и крестцовые сегменты спинного мозга иннервируют органы нижней части брюшной полости и мышцы нижних конечностей.

Спинномозговая жидкость

Спинномозговая жидкость - прозрачная, практически бесцветная жидкость, содержащая 89% воды. Меняется 5-Ю раз в сутки.

- **Функции спинномозговой жидкости:**
  - создает механическую защитную «подушку» для мозга;
  - является внутренней средой, из которой нервные клетки мозга получают питательные вещества;
  - участвует в удалении продуктов обмена;
  - участвует в поддержании внутричерепного давления.

Головной мозг. Общая характеристика строения

Головной мозг расположен в полости черепа и покрыт тремя мозговыми оболочками, снабженными сосудами; его масса у взрослого человека составляет 1100-1700 г.

- **Строение:** головной мозг состоит из **5** ***отделов*** (см. рис. **9.4**):
  - ***продолговатого мозга,***
  - ***заднего мозга,***
  - ***среднего мозга,***
  - ***промежуточного мозга,***
  - ***переднего мозга.***

Ствол головного мозга - это система, образованная продолговатым мозгом, мостом заднего мозга, средним мозгом и промежуточным мозгом

В некоторых учебниках и пособиях к стволу головного моста относят не только мост заднего мозга, но весь задний мозг, включая и варолиев мост, и мозжечок.

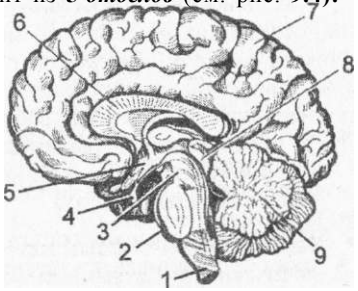


Рис. *9.4.* **Продольный разрез головного мозга:**
1 - продолговатый мозг; 2 - мост; 3 - средний мозг; 4 - гипофиз; 5 - промежуточный мозг; 6 - мозолистое тело; 7 - полушарие переднего мозга; 8 - четверохолмие; 9 - мозжечок

В стволе головного мозга расположены ядра черепных нервов, связывающих мозг с органами чувств, мышцами и некоторыми железами; ***серое*** вещество в нем находится ***внутри*** в виде ядер, ***белое - снаружи.*** Белое вещество состоит из отростков нейронов, соединяющих части мозга между собой.

Кора больших полушарий и мозжечка образована ***серым*** веществом, состоящим из тел нейронов.

Внутри головного мозга находятся сообщающиеся полости О***мозговые желудочки),*** являющиеся продолжением центрального канала спинного мозга и заполненные ***спинномозговой жидкостью.*** I и II боковые желудочки - в полушариях переднего мозга, III - в промежуточном, IV - в продолговатом мозге.

- Канал, связывающий IV и III желудочки и проходящий через средний мозг, называется **водопроводом мозга.**

От ядер головного мозга отходит 12 пар ***черепномозговых нервов,*** иннервирующих органы чувств, ткани головы, шеи, органы грудной и брюшной полостей (подробнее о черепномозговых нервах см. с. 518).

Головной мозг (как и спинной) покрыт тремя ***оболочками, твердой*** (из плотной соединительной ткани; выполняет защитную функцию), ***паутинной*** (содержит нервы и сосуды) и ***сосудистой*** (содержит много сосудов). Пространство между паутинной и сосудистой оболочками заполнено ***мозговой жидкостью.***

^ Существование, местоположение и функции различных центров головного мозга определяются с помощью ***стимуляции*** различных структур головного мозга ***электрическим током.***

Продолговатый мозг

Продолговатый мозг является непосредственным продолжением спинного мозга (после его прохождения через затылочное отверстие) и имеет сходное с ним строение; вверху граничит с мостом; в нем находится IV желудочек. Белое вещество расположено в основном снаружи и образует 2 выступа - ***пирамиды,*** серое вещество находится внутри белого вещества, образуя в нем многочисленные ***ядра.***

- Ядра продолговатого мозга управляют многими жизненно важными функциями; поэтому их называют ***центрами.***

- **Функции продолговатого мозга:**
  - ***проводниковая:*** через него проходят чувствительные и двигательные проводящие пути, по которым передаются импульсы от спинного мозга в вышележащие отделы головного мозга **и** обратно;
  - ***рефлекторная*** (осуществляется вместе с варолиевым мостом): в ***центрах*** продолговатого мозга замыкаются дуги многих важных безусловных рефлексов: ***дыхания*** и ***кровообращения,***

а также сосания, слюноотделения, глотания, желудочной секреции (отвечают за ***пищеварительные рефлексы***), кашля, чихания, рвоты, мигания (отвечают за ***защитные рефлексы)*** и др.

Повреждение продолговатого мозга приводит к остановке сердца и дыхания и мгновенной смерти.

Задний мозг

Задний мозг состоит из двух отделов - ***моста*** и ***мозжечка.***

Мост (варолиев мост) расположен между продолговатым и средним мозгом; через него проходят нервные пути, связывающие передний и средний мозг с продолговатым и спинным мозгом. От моста отходят *лицевые* и *слуховые* черепномозговые нервы.

- **Функции заднего мозга:** вместе с продолговатым мозгом мост выполняет ***проводниковую*** и ***рефлекторную*** функции, а также ***регулирует*** пищеварение, дыхание, сердечную деятельность, движение глазных яблок, сокращение мышц лица, обеспечивающих мимику, и др.

Мозжечок находится над продолговатым мозгом и состоит из двух небольших ***боковых полушарий***, средней (наиболее древней, стволовой) части, соединяющей полушария и называемой ***червём мозжечка***, и трех пар ***ножек,*** соединяющих мозжечок со средним мозгом, варолиевым мостом и продолговатым мозгом.

Мозжечок покрыт ***корой*** из *серого* вещества, под которой находится *белое* вещество; червь и ножки мозжечка также состоят из *белого* вещества. Внутри белого вещества мозжечка имеются ***ядра,*** образованные *серым* веществом. Кора мозжечка имеет многочисленные возвышения (извилины) и углубления (борозды). Большинство нейронов коры - тормозные.

- **Функции мозжечка:**
  - в мозжечок поступает информация от мышц, сухожилий, суставов и двигательных центров головного мозга;
  - он обеспечивает поддержание ***мышечного тонуса*** и ***позы тела;***
  - координирует ***движения тела*** (делает их точными и согласованными);
  - управляет ***сохранением равновесия.***

При разрушении червя мозжечка человек не может ходить и стоять, при поражении полушарий мозжечка нарушаются речь и письмо, появляется сильная дрожь конечностей, движения рук и ног становятся резкими.

Ретикулярная Формация

Ретикулярная (сетчатая) формация - это густая сеть, образованная скоплением нейронов разных размеров и формы, имеющих хорошо развитые и проходящие в различных направлениях отростки и множество синаптических контактов.

- Ретикулярная формация расположена в средней части продолговатого мозга, в варолиевом мосту и среднем мозге.
- **Функции ретикулярной формации:**
  - ее нейроны сортируют (пропускают, задерживают или снабжают дополнительной энергией) поступающие нервные импульсы;
  - " она регулирует возбудимость всех отделов нервной системы, расположенных как выше нее (***восходящие влияния),*** так и ниже (***нисходящие влияния),*** и является центром, стимулирующим центры коры головного мозга;
  - с ее деятельностью связано состояние бодрствования и сна;
  - она обеспечивает формирование устойчивого внимания, эмоций, мышления и сознания;
  - с ее участием осуществляется регуляция пищеварения, дыхания, деятельности сердца и т.д.

Средний мозг

Средний мозг - самый маленький отдел головного мозга; расположен над мостом между промежуточным мозгом и мозжечком. Представлен ***четверохолмием*** (2 верхних и 2 нижних бугра) и ***ножками мозга.*** В его центре проходит канал (***водопровод),*** соединяющий III и IV желудочки и заполненный спинномозговой жидкостью.

- **Функции среднего мозга:**
  - ***проводниковая:*** в его ножках проходят восходящие нервные пути к коре больших полушарий и мозжечку и нисходящие нервные пути, по которым импульсы идут от больших полушарий и мозжечка к продолговатому и спинному мозгу;
  - ***рефлекторная:*** с ним связаны рефлексы позы тела, его прямолинейного движения, вращения, подъема, спуска и приземления, возникающие при участии сенсорной системы равновесия и обеспечивающие ***координацию движения в пространстве;***
  - в четверохолмии находятся подкорковые центры зрительных и слуховых рефлексов, обеспечивающих ***ориентацию на звук и свет.*** Нейроны верхних бугров четверохолмия получают импульсы от глаз и мышц головы и реагируют на объекты, быстро передвигающиеся в поле зрения; нейроны нижних бугров четверохолмия реагируют на сильные, резкие звуки, приводя слуховую систему в состояние повышенной готовности;
  - он регулирует ***мышечный тонус,*** обеспечивает мелкие движения пальцев, жевание.

Промежуточный мозг

- **Промежуточный мозг** - это конечный отдел ствола головного мозга; он расположен под большими полушариями переднего мозга над средним мозгом. В нем находятся центры, обраба-

тывающие нервные импульсы, поступающие в большие полушария, а также центры, управляющие деятельностью внутренних органов.

Строение промежуточного мозга: он состоит из центральной части - **таламуса** (зрительных бугров), **гипоталамуса** (подбугорной области) и **коленчатых тел;** в нем также находится третий желудочек головного мозга. У основания гипоталамуса расположен **гипофиз.**

- ***Таламус*** - это своеобразная «диспетчерская», через которую в кору больших полушарий головного мозга поступает вся информация о ***внешней среде*** и состоянии организма. Таламус контролирует ритмическую активность больших полушарий, является подкорковым центром анализа всех видов ***ощущений,*** кроме обонятельных; в нем находятся центры, регулирующие ***сон*** и ***бодрствование, эмоциональные реакции*** (чувства агрессии, удовольствия и страха) и ***психическую деятельность*** человека. В ***вентральных ядрах*** таламуса формируется ощущение ***боли*** и, возможно, чувство ***времени.***

При повреждении таламуса может изменяться характер ощущений: ***например,*** даже незначительные прикосновения к коже, звук или свет могут вызвать у человека тяжелейшие приступы боли; наоборот, чувствительность может снизиться настолько, что человек не будет реагировать ни на какие раздражения.

- ***Гипоталамус*** - высший центр вегетативных регуляций. Он воспринимает ***изменения внутренней среды*** организма и регулирует обмен веществ, температуру тела, кровяное давление, гомеостаз, работу желез внутренней секреции. В нем расположены центры ***голода, насыщения, жажды,*** регуляции ***температуры тела*** и др. Он выделяет биологически активные вещества (***нейрогормоны***) и вещества, необходимые для синтеза нейрогормонов ***гипофизом,*** осуществляя ***нейрогуморальную регуляцию*** жизнедеятельности организма. Передние ядра гипоталамуса являются центром парасимпатических вегетативных регуляций, задние - симпатических.

- ***Гипофиз*** - нижний придаток гипоталамуса; является железой внутренней секреции (подробнее см. сс. 495-499).

Передний мозг. Кора больших полушарий

- **Передний мозг** представлен двумя ***большими полушариями*** и ***мозолистым телом,*** соединяющим полушария. Большие полушария контролируют работу всех систем органов и обеспечивают взаимосвязь организма с внешней средой. Мозолистое тело играет важную роль при переработке информации в процессе обучения.

Больших полушарий два - ***правое*** и ***левое***; они покрывают средний и промежуточный мозг. У взрослого человека большие полушария составляют до 80% массы головного мозга.

На поверхности каждого полушария имеется множество ***борозд*** (углублений) и ***извилин*** (складок).

Главные борозды, центральная, боковая и теменно-затылочная. Борозды делят каждое полушарие на 4 ***доли*** (см. ниже); которые, в свою очередь, расчленяются бороздами на ряд ***извилин.***

Внутри больших полушарий находятся I и II желудочки головного мозга.

Большие полушария покрыты ***серым веществом - корой,*** состоящей из нескольких слоев нейронов, отличающихся друг от друга по форме, размерам и функциям. Всего в коре больших полушарий насчитывается 12-18 млрд. тел нейронов. Толщина коры 1,5—4,5 мм, площадь - 1,7-2,5 тыс. см^2. Борозды и извилины существенно увеличивают площадь поверхности и объем коры (в бороздах скрыто 2/3 площади коры).

Правое и левое полушария функционально различаются между собой ***{функциональная асимметрия полушарий).*** Наличие функциональной асимметрии полушарий было установлено в опытах на людях с «расщепленным мозгом».

- Операция «расщепление мозга» заключается в хирургической перерезке (по медицинским показаниям) всех прямых связей между полушариями, в результате чего они начинают функционировать независимо друг от друга.

У ***правшей*** ведущим (доминантным) полушарием является ***левое,*** а у ***левшей - правое.***

- ***Правое полушарие*** отвечает за ***образное мышление,*** образует основу ***творчества,*** принятия ***нестандартных решений.*** Повреждение зрительной зоны правого полушария приводит к нарушению узнавания лиц.
- ***Левое полушарие*** обеспечивает ***логические рассуждения*** и ***абстрактное мышление*** (способность оперировать математическими формулами и т.д.), в нем находятся ***центры*** устной и письменной ***речи,*** формирования ***решений.*** Повреждение зрительной зоны левого полушария приводит к нарушению узнавания букв и цифр.

^ Несмотря на свою функциональную асимметрию, мозг работает как ***единое целое,*** обеспечивая сознание, память, мышление, адекватное поведение, различные виды сознательной деятельности человека.

- Функции коры больших полушарий головного мозга:
  - осуществляет высшую нервную деятельность (сознание, мышление, речь, память, воображение, способность писать, читать, считать);

- обеспечивает взаимосвязь организма с внешней средой, является центральным отделом всех анализаторов; в ее зонах формируются различные ощущения (зоны слуха и вкуса находятся в височной доле; зрения - в затылочной; речи - в теменной и височной; кожно-мышечного чувства - в теменной; движения - в лобной);
- обеспечивает психическую деятельность;
- в ней замыкаются дуги условных рефлексов (т.е, она является органом приобретения и накопления жизненного опыта).

- **Доли коры** - подразделение поверхности коры по ***анатомическому*** принципу: в каждом полушарии выделяют ***лобную, височную, теменную*** и ***затылочную*** доли (см. рис. 9.5).
- **Зона коры** - участок коры больших полушарий, характеризующийся единообразием строения и выполняемых ***функций.***
- **Виды зон коры:** ***сенсорные*** (или ***проекционные), ассоциативные, моторные.***

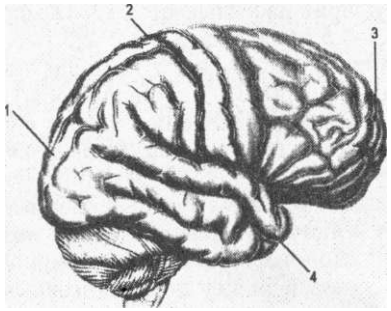


Рис. 9.5. **Доли коры больших полушарий головного мозга:**
1 - затылочная, 2 - теменная, 3 - лобная, 4 - височная

Сенсорные, или **проекционные, зоны** - это высшие центры различных видов чувствительности; при их раздражении возникают простейшие ощущения, а при поражении наступает нарушение сенсорных функций (слепота, глухота и **т.д.).** Эти зоны находятся в областях коры, где заканчиваются ***восходящие*** проводящие пути, по которым проводятся нервные импульсы от рецепторов органов чувств (зрительная зона, слуховая зона **и др.).**

- ***Зрительная зона*** находится в затылочной области коры;
- ***обонятельная, вкусовая*** и ***слуховая зоны*** - в височной области и рядом с ней; .
- ***зоны кожного*** и ***мышечного чувства*** - в задней центральной извилине.

Ассоциативные зоны - области коры, отвечающие за обобщенную обработку информации; в них происходят процессы, обеспечивающие психические функции человека, - мышление, речь, эмоции и др.

В ассоциативных зонах возбуждение возникает при поступлении импульсов не только в эти, но и в сенсорные зоны, и не только от одного, но и одновременно от нескольких органов чувств (*например,* возбуждение в зрительной зоне может появляться в ответ не только на зрительные, но и на слуховые раздражения).

" ***Лобные*** ассоциативные области коры обеспечивают выработку сенсорной информации и формируют цель и программу действий, состоящую из команд, направляемых к исполнительным органам. От этих органов в лобные ассоциативные зоны поступает обратная информация о выполнении действий и их прямых последствиях. В лобных ассоциативных зонах эта информация анализируется, определяется, достигнута ли поставленная цель, и если она не достигнута, команды органам корректируются.
- Развитие именно лобных долей коры в значительной степени обусловило высокий уровень психических способностей человека по сравнению с приматами.

Моторные (двигательные) зоны - области коры, раздражение которых вызывает сокращение мышц. Эти зоны осуществляют управление произвольными движениями; в них берут начало ***нисходящие*** проводящие пути, по которым нервные импульсы идут к вставочным и исполнительным нейронам.

- Двигательная функция различных частей тела представлена в передней центральной извилине. Наибольшее пространство занимают двигательные зоны кистей, пальцев рук и мышц лица, наименьшее - зоны мышц туловища.

Электроэнцефалограмма

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) - это графическая запись суммарной электрической активности коры больших полушарий головного мозга - нервных импульсов, генерируемых совокупностью ее (коры) нейронов.

- В ЭЭГ человека наблюдаются волны электрической активности разной частоты - от 0,5 до 30 колебаний в секунду.
- **Основные ритмы электрической активности** коры больших полушарий: альфа-ритм, бета-ритм, дельта-ритм и тета-ритм.

Альфа-ритм - колебания с частотой 8-13 герц; этот ритм преобладает над другими во время сна.

Бета-ритм имеет частоту колебаний больше 13 герц; он характерен для *активного бодрствования.*

Тета-ритм - колебания с частотой 4-8 герц.

Дельта-ритм имеет частоту 0,5-3,5 герц.

- Тета- и дельта-ритмы наблюдаются во время очень *глубокого сна* или *наркоза.*

Черепномозговые нервы

Черепномозговых нервов у человека насчитывается ***12 пар,*** они отходят от разных отделов головного мозга и по функциям делятся на ***чувствительные, двигательные*** и ***смешанные.***

- **Чувствительные нервы** - I, II, VIII пары:
  - I пара - ***обонятельные*** нервы, отходят от переднего мозга и иннервируют обонятельную область носовой полости;
  - II пара - ***зрительные*** нервы, отходят от промежуточного мозга и иннервируют сетчатку глаза;
  - VIII пара - ***слуховые*** (или ***преддверно-улитковые)*** нервы; отходят от моста, иннервируют перепончатый лабиринт и кортиев орган внутреннего уха.
- **Двигательные нервы** - III, IV, VI, X, XII пары:
  - III пара - ***глазодвигательные*** нервы, отходят от среднего мозга;
  - IV пара - ***блоковидные*** нервы, отходят также от среднего мозга;
  - VI - ***отводящие*** нервы, отходят от моста (III, IV и VI пары нервов иннервируют мышцы глазного яблока и век);
  - XI - ***добавочные*** нервы, отходят от продолговатого мозга;
  - XII - ***подъязычные*** нервы, отходят также от продолговатого мозга (XI и XII пары нервов иннервируют мышцы глотки, языка, среднего уха, околоушную слюнную железу).
- **Смешанные нервы** - V, VII, IX»X пары:
  - V пара - ***тройничные*** нервы, отходят от моста, иннервируют кожу головы, оболочки глаза, жевательные мышцы и др.;
  - VII пара **-** ***лицевые*** нервы, также отходят от моста, иннервируют мимические мышцы, слезную железу и др.;
  - IX пара - ***языкоглоточные*** нервы, отходят от промежуточного мозга, иннервируют мышцы глотки, среднего уха, околоушную слюнную железу;
  - X пара - ***блуждающие*** нервы, также отходят от промежуточного мозга, иннервируют мышцы мягкого нёба и гортани, органы грудной (трахею, бронхи, сердце, замедляя его работу) и брюшной полостей (желудок, печень, поджелудочную железу).

Особенности автономной нервной системы

Автономная (вегетативная) нервная система (АНС) — часть нервной системы, иннервирующая внутренние органы (сердце, гладкую мускулатуру полых внутренних органов, различные железы и др.), регулирующая процессы обмена веществ, состояние тканей и органов в ходе их приспособления к текущей деятельности организма в изменяющихся условиях окружающей среды (см. также сс. 374-375).

В отличие от соматической нервной системы, нервные волокна которой толстые, покрыты миелиновой оболочкой и характеризуются высокой скоростью распространения нервных импульсов, вегетативные нервные волокна обычно тонкие, не имеют миелиновой оболочки и характеризуются невысокой скоростью распространения нервных импульсов (см. таблицу).

Сравнительная характеристика соматической и автономной частей нервной системы

	Соматическая	Автономная
Иннервируемые органы	Кости, скелетная мускулатура, кожа	Внутренние органы
Диаметр нервных волокон	0,01-0,035 мм	0,002-0,007 мм
Скорость проведения нервного импульса	30-120 м/с	1-18 м/с

- **Функции автономной нервной системы:**
  - поддержание постоянства внутренней среды организма путем нейрорегуляции тканевого обмена веществ («запуск», коррекция или приостановка тех или иных обменных процессов) и работы внутренних органов, сердца и сосудов;
  - приспособление деятельности этих органов к изменившимся условиям внешней среды и потребностям организма.

Автономная нервная система состоит из ***симпатической*** и ***парасимпатической частей,*** которые оказывают ***противоположное*** действие на физиологические функции органов.

Симпатическая часть автономной нервной системы создает условия для интенсивной деятельности организма, особенно в экстремальных условиях, когда необходимо проявление всех возможностей организма.

Парасимпатическая часть (система «отбоя») автономной нервной системы снижает уровень активности, чем способствует восстановлению ресурсов, истраченных организмом.

- Обе части (отделы) автономной нервной системы подчинены высшим нервным центрам, находящимся в ***гипоталамусе,*** и взаимодополняют друг друга.
- Гипоталамус согласовывает работу автономной нервной системы с деятельностью эндокринной и соматической систем.
- Примеры влияния симпатической и парасимпатической частей АНС на органы приведены в таблице на с. 520.

Эффективное выполнение функций обеих частей автономной нервной системы обеспечивается ***двойной иннервацией*** внутренних органов и сердца.

Двойная иннервация внутренних органов и сердца означает, что к каждому из этих органов подходят нервные волокна и от симпатической, и от парасимпатической частей автономной нервной системы.

Влияние симпатического и парасимпатического отделов вегетативной части нервной системы на органы

Органы	Влияние симпатического отдела АНС	Влияние парасимпатического отдела АНС
Сердце	Сердечные сокращения учащаются и усиливаются	Сердечные сокращения замедляются и ослабляются
Артерии	Сужаются, артериальное давление повышается	Расслабляются, артериальное давление понижается
Кишечник	Перистальтика уменьшается	Перистальтика усиливается
Печень	Желчные протоки расслабляются	Желчные протоки сокращаются
Бронхи	Расширяются	Сужаются
Кожа	Сосуды кожи сужаются	
Потовые железы	Секреция усиливается	Не влияет
Зрачок	Расширяется	Сужается
Пищеварительные железы	Выделение пищеварительных соков усиливается	Выделение пищеварительных соков снижается или не изменяется
Кол-во сахара в крови	Увеличивается	Уменьшается
Потребление кислорода	Увеличивается	Уменьшается

Нейроны автономной нервной системы синтезируют различные ***медиаторы*** (ацетилхолин, норадреналин, серотонин и др.), участвующие в передаче нервных импульсов.

• Главный признак автономной нервной системы - ***двухнейронность эфферентного пути.*** Это означает, что в автономной нервной системе ***эфферентные***, или ***центробежные*** (т.е. идущие ***от*** головного и спинного ***мозга к органам),*** нервные импульсы последовательно проходят по телам ***двух*** нейронов.

Двухнейронность эфферентного пути позволяет выделить в симпатической и парасимпатической частях автономной нервной системы ***центральную*** и ***периферическую части*** (рис. 9.6).

Центральная часть (***нервные центры)*** автономной нервной системы ***находится в центральной нервной системе*** (в боковых рогах серого вещества спинного мозга, а также в продолговатом и среднем мозге) и ***содержит первые двигательные нейроны рефлекторной дуги.*** Вегетативные нервные волокна, идущие от

этих центров к рабочим органам, переключаются в вегетативных ганглиях периферической части автономной нервной системы.

Периферическая часть автономной нервной системы находится за пределами центральной нервной системы и состоит из ***ганглий*** (нервных узлов), образованных телами ***вторых двигательных нейронов рефлекторной дуги,*** а также нервов и нервных сплетений.

• У *симпатического* отдела эти ганглии образуют пару ***симпатических цепочек {стволов),*** расположенных вблизи позвоночника по обе его стороны, у *парасимпатического* отдела они лежат вблизи или внутри иннервируемых органов.

" Постганглионарные *парасимпатические* волокна подходят к глазным мышцам, гортани, трахее, легким, сердцу, слезным и слюнным железам, мускулатуре и железам пищеварительного тракта, выделительным и половым органам.

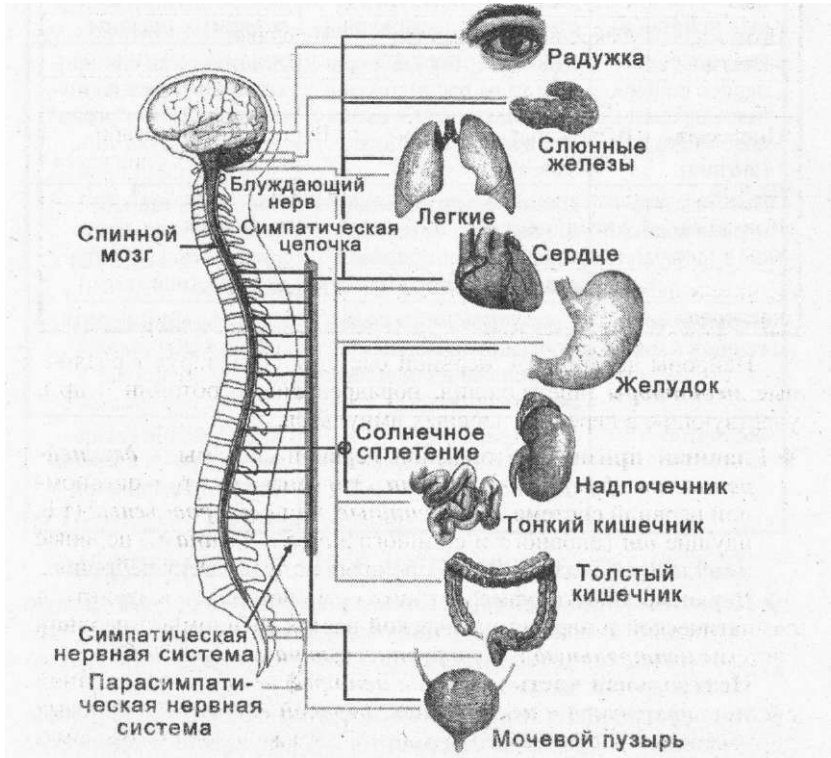


Рис. 9.6. Схема строения автономной (вегетативной) нервной системы

Сравнительная характеристика симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы

Признак	Симпатический	Парасимпатический
Расположение ***центральной*** части (тел первых нейронов)	В боковых рогах серого вещества грудных и поясничных сегментов ***спинного мозга***	В среднем и продолговатом мозге, боковых рогах крестцовых сегментов спинного мозга
Места отхождений нервных волокон	Отходят (в составе передних корешков) парами от спинного мозга в грудном и поясничном отделах	Отходят от ствола головного мозга и крестцового отдела спинного мозга
Расположение ***периферической*** части (тел вторых нейронов)	В узлах двух ***симпатических нервных цепочек,*** расположенных по обе стороны от позвоночника	В узлах нервных сплетений, лежащих ***вблизи или внутри иннервируемых органов***
Преганглионарное волокно (идет от спинного мозга до ганглия)	Короткое, так как нервные узлы расположены в симпатических цепочках вблизи спинного мозга	Длинное, так как проходит от мозга до иннервируемого органа
Постганглионарное волокно	Длинное, так как идет от нервного узла, находящегося у позвоночника, к иннервируемому органу	Короткое, так как нервные узлы находятся вблизи органа или в органе
Нервные сплетения и нервы	Солнечное (образовано постганглионарными нейронами вблизи внутренних органов)	Блуждающий нерв (см. с. 518)
Медиатор	Норадреналин, ацетилхолин (выделяется преганглионарными волокнами)	Ацетилхолин (выделяется пре- и постганглионарными волокнами)

Причины нарушения деятельности нервной системы

- **Переутомление нервной системы** ослабляет ее регулирующую функцию и может спровоцировать возникновение ряда психических, сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных, кожных и других заболеваний.
- **Наследственные заболевания** могут приводить к изменению активности некоторых ферментов. В результате в организме накапливаются ядовитые вещества, воздействие которых приводит к нарушению развития мозга и умственной отсталости.

- **Отрицательные факторы внешней среды:**
  - ***бактериальные инфекции*** приводят к накоплению токсинов в крови, отравляющих нервную ткань (менингит, столбняк);
  - ***вирусные инфекции*** могут поражать спинной (полиомиелит) или головной мозг (энцефалит, бешенство);
  - ***алкоголь и продукты его обмена*** возбуждают различные нервные клетки (тормозные или возбуждающие нейроны), дезорганизуя работу нервной системы; систематическое употребление алкоголя вызывает хроническое угнетение нервной системы, изменение чувствительности кожи, мышечные боли, ослабление и даже исчезновение многих рефлексов; в ЦНС происходят необратимые изменения, формирующие изменения личности и приводящие к развитию тяжелых психических заболеваний и слабоумия;
  - влияние ***никотина и наркотических средств*** во многом аналогично влиянию алкоголя;
  - ***соли тяжелых металлов*** связываются с ферментами, нарушая их работу, что приводит к нарушениям деятельности нервной системы;
  - при ***укусах ядовитых животных*** в кровь попадают биологически активные вещества (яды), нарушающие функционирование мембран нейронов;
  - при ***травмах головы, кровотечениях*** и ***сильной боли*** возможна потеря сознания, которой предшествуют: потемнение в глазах, шум в ушах, бледность, понижение температуры, обильный пот, слабый пульс, поверхностное дыхание.
- **Нарушение мозгового кровообращения.** К нарушению нормального функционирования головного мозга и, как следствие, к заболеваниям различных органов приводит сужение просвета сосудов мозга. Травмы и повышенное артериальное давление могут вызвать разрыв сосудов головного мозга, что обычно ведет к параличам, нарушениям высшей нервной деятельности или смерти.
- **Пережатие нервных стволов мозга** вызывает сильную боль. Ущемление корешков спинного мозга спазмированными мышцами спины или в результате воспаления вызывает приступообразную боль (характерно для ***радикулита),*** нарушение чувствительности (***онемение***) и др.
- При **нарушениях обмена веществ в мозге** возникают психические заболевания:
  - ***невроз*** - эмоциональные, двигательные и поведенческие расстройства, сопровождающиеся отклонениями со стороны вегетативной нервной системы и работы внутренних органов (*пример:* страх темноты у детей);

- ***маниакально-депрессивный психоз*** - более серьезное заболевание, при котором периоды крайнего возбуждения чередуются с апатией (паранойя, мания величия или преследования);
- ***шизофрения*** - расщепление сознания;
- ***галлюцинации*** (могут возникать также при отравлениях, высокой температуре, остром алкогольном психозе).

9.5. Опорно-двигательный аппарат

Особенности опорно-двигательного аппарата человека

Движение - основная форма активности человека при его взаимодействии с окружающей средой, в основе которой лежат мышечные сокращения.

Опорно-двигательный аппарат - комплекс костей, мышц и вспомог ательных образований, обеспечивающих движение частей тела друг относительно друга и перемещение в пространстве тела как целого (см. также с. 338).

- Управляет опорно-двигательным аппаратом нервная система.
- Части опорно-двигательного аппарата:
  - ***пассивная - кости*** скелета и их соединения;
  - ***активная*** - скелетные поперечнополосатые ***мышцы,*** сокращение которых обеспечивает движение костей скелета как рычагов; согласованной деятельностью этих мышц управляет центральная нервная система.
- Факторы, определяющие особенности строения и функций опорно-двигательного аппарата человека:
  - вертикальное положение тела;
  - прямохождение;
  - трудовая деятельность.

Примеры.

- изгибы позвоночника создают благоприятные условия для сохранения вертикального положения тела при ходьбе и беге, выполняя рессорную функцию, смягчая толчки и удары;
- особая подвижность руки человека обеспечивается длинными ключицами, положением лопаток, формой грудной клетки, большим числом мелких мышц.
- Состав костей человека. Всего в скелете человека 204-208 костей; они различаются по форме, размерам и строению:
  - ***трубчатые кости*** - парные кости плеча, предплечья, бедра и голени (это прочные рычаги; входят в скелет конечностей);
  - ***плоские кости*** - тазовая кость, лопатки, кости мозгового отдела черепа (образуют стенки полостей и выполняют функции опоры и защиты);
  - ***губчатые кости*** - надколенники и кости запястья (одновременно прочные и обеспечивающие подвижность кости);

- ***смешанные кости*** - позвонки, кости основания черепа (состоят из нескольких частей и выполняют функции опоры и защиты).

Скелет человека

- Отделы скелета человека: скелет ***головы,*** скелет ***туловища,*** скелет ***конечностей*** (рис. 9.7).

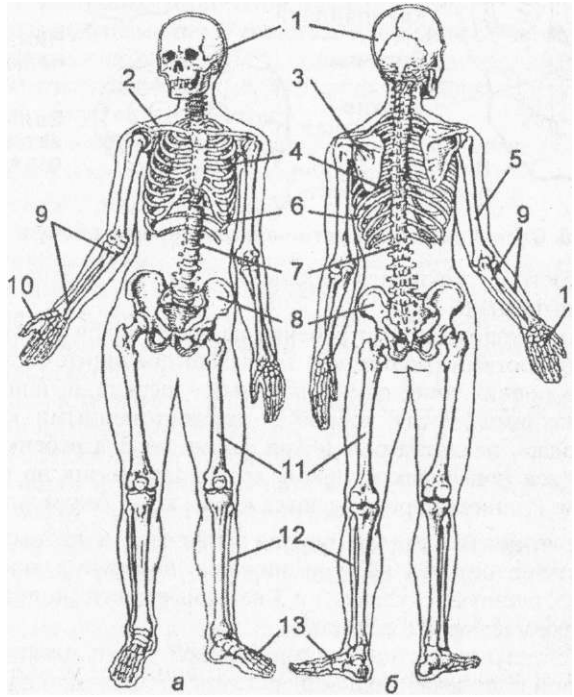


Рис. 9.7. **Скелет человека; а) вид спереди, б) вид сзади:**

1 - череп; 2 - ключица; 3 - лопатка; 4 - грудная клетка; 5 - плечевая кость; 6 - ребра; 7 - позвоночник; 8 - кости таза; 9 - кости предплечья; 10-кости кисти; 11 - бедренная кость; 12-кости голени; 13- кости стопы

- Скелет головы - череп - защищает головной мозг и органы чувств от повреждений (рис. 9.8).
- Отделы черепа: ***мозговой к лицевой.***
- Кости мозгового отдела черепа (образуют полость, в которой расположен головной мозг): парные ***теменная*** и ***височная*** кости, непарные ***лобная, затылочная, клиновидная*** и ***решетчатая*** кости; все они соединены между собой при помощи ***швов.***
- В костях черепа имеются отверстия, через которые проходят сосуды и нервы; самое большое из них находится в затылоч-

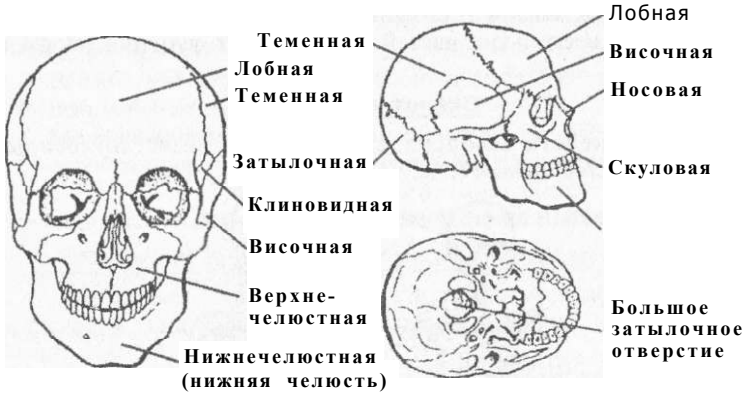


Рис. 9.8. Скелет головы. Кости черепа спереди, сбоку и снизу

ной кости и служит для сообщения полостей черепа и позвоночного канала.

- Череп новорожденного ребенка не имеет швов. Промежутки между костями **(роднички)** закрывает соединительная ткань. Всего родничков 6; самый крупный - передний, или лобный (расположен между лобной и двумя теменными костями). Благодаря наличию родничков форма черепа ребенка может меняться при родах во время его продвижения по родовым путям. Роднички превращаются в швы к 3-5 годам жизни.

> **Кости лицевого отдела черепа** включают 6 парных костей (верхнечелюстную, нёбную, нижнюю носовую раковину, носовую, слезную, скуловую) и 3 непарные кости (подъязычную, нижнюю челюсть и сошник);

- они образуют костный остов верхней части органов дыхательной и пищеварительной систем;
- верхнечелюстная и нёбная кости образуют **твердое нёбо** - перегородку между носовой и ротовой полостями;
- **скуловые кости** соединяют верхнюю челюсть с лобной и височной костями и укрепляют лицевой отдел черепа;
- нижняя и верхняя челюсти содержат углубления - **альвеолы,** в которых располагаются корни зубов;
- нижняя челюсть - единственная подвижная кость черепа.

> **Скелет туловища** образован ***позвоночным столбом*** и ***грудной клеткой.***

> **Позвоночный столб** (или **позвоночник) человека** состоит из 33-34 ***позвонков*** и имеет удобную для прямохождения 8-образную форму с 4 изгибами: ***шейным, грудным, поясничным*** и ***крестцовым.***

- **Функции позвоночника:** он - основная костная ось **и** опора тела; защищает спинной мозг; составляет часть грудной, брюшной и тазовой полостей; участвует в движении туловища и головы; его изгибы обеспечивают сохранение телом равновесия, увеличивают размеры грудной клетки, придают ему упругость при ходьбе, беге и прыжках.
- **Некоторые характеристики позвоночника:**
  - подвижные позвонки: 7 шейных, 12 грудных, 5 поясничных;
  - крестцовые позвонки (их 5) срослись, образовав **крестец;**
  - копчиковые позвонки (их 4-5) рудиментарны и представляют собой одну кость - **копчик;**
  - шейный и поясничный изгибы направлены вперед **(лордозы),** грудной и крестцовый - назад **(кифозы).**
- **Позвонок** представляет собой костное кольцо с утолщенной передней частью - ***телом*** - и задней - ***дугой*** с отходящими от нее ***отростками.*** Задняя поверхность тела позвонка обращена в сторону ***позвоночного отверстия,*** которое располагается между телом и дугой. В позвоночнике отверстия совмещаются, образуя ***позвоночный канал,*** в котором размещается спинной мозг.
- **Грудная клетка** образована ***грудиной,*** 12 **парами** ***ребер*** и ***грудными позвонками.*** К каждому позвонку при помощи подвижного соединения прикрепляется одна пара ребер.
  - **Основная функция грудной клетки** - защита внутренних органов от ударов и повреждений.
- **Ребра** представляют собой плоские и изогнутые костные дуги.
  - **Истинные ребра** - ребра, срастающиеся с грудиной (верхние, 1-УП пары ребер).
  - **Ложные ребра** - ребра, срастающиеся с хрящом вышерасположенного ребра (VIII -X пары).
  - **Колеблющиеся ребра** - ребра, заканчивающиеся в мягких тканях (XI и XII пары).
- **Скелет верхних и нижних конечностей представлен верхним** плечевым поясом, скелетами свободных верхних конечностей, поясом нижних конечностей и скелетами свободных нижних конечностей (см. таблицу и рис. 9.9 на с. 528).
  - Плечевой пояс и пояс нижних конечностей служат для прикрепления костей конечностей к позвоночному столбу.
- **Основные функции конечностей:**
  - ***верхние конечности*** - обеспечение подвижности конечностей и высокой точности их движений, необходимых для трудовой деятельности;
  - ***нижние конечности*** - обеспечение опоры тела человека и его быстрого, плавного и пружинистого перемещения.

Скелеты верхней и нижней конечностей

Скелет верхней конечности		Скелет нижней конечности	
Верхний плечевой пояс	Свободная верхняя конечность	Пояс нижних конечностей	Свободная нижняя конечность
Лопатка, ключица	Плечевая кость, лучевая и локтевая кости, кости предплечья, кости кисти	Тазовая кость (лобковая, седалищная, подвздошная)	Бедренная кость, большеберцовая и малоберцовая кости, кости стопы

❖ **Скелет пояса верхней конечности** представлен парными ***лопаткой*** и ***ключицей***.

Лопатка – плоская парная кость треугольной формы, находящаяся на задней поверхности грудной клетки. Каждая лопатка одним концом образует сустав с ключицей, а другим – с грудиной.

Ключица – парная кость, имеющая изогнутую **S**-образную форму. Она отставляет плечевой сустав на некоторое расстояние от грудной клетки и обеспечивает свободу движения верхней конечности.

Рис. 9.9. **Скелеты верхних и нижних конечностей**

❖ **Скелет свободной верхней конечности** представлен ***плечевой*** костью, костями ***предплечья*** (лучевой и локтевой) и костями ***кисти***.

▪ **Скелет кисти** состоит из ***запястья*** (8 костей, расположенных в два ряда; у взрослого человека две из этих костей срастаются и остается 7), ***пястья*** (5 костей) и ***фаланг пальцев*** (14 костей).

❖ **Скелет пояса нижних конечностей** состоит из двух ***тазовых*** костей, неподвижно соединенных между собой и образующих

таз, служащий опорой внутренним органам человека. Тазовые кости имеют ***суставные впадины,*** в которые входят головки бедренных костей.

- Тазовая кость новорожденного состоит из трех костей, которые начинают сращиваться в возрасте 5-6 лет и полностью сращиваются к 17-18 годам.

•> **Скелет свободной нижней конечности** образован ***бедренной*** костью (бедро), ***болыиеберцовой*** и ***малоберцовой*** костями (голень), ***предплюсной, плюсной*** и ***фалангами пальцев*** (стопа).

- **Бедренная кость** (самая длинная трубчатая кость скелета человека) соединяется с тазовой костью ***тазобедренным суставом,*** а с болыиеберцовой - ***коленным суставом,*** в состав которого входит губчатокостный ***надколенник.***
- **Предплюсна** состоит из семи костей. Наиболее крупная из них ***- пяточная кость***; на ней имеется ***пяточный бугор,*** служащий опорой при стоянии.

Основные группы скелетных мышц

Основные группы скелетных мышц человека: мышцы головы, мышцы шеи, мышцы туловища, мышцы верхних и нижних конечностей (рис. 9.10). В организме человека более 600 скелетных мышц.

- Мышцы различают по форме, размерам, функции, направлению волокон, количеству головок и месту расположения.

По форме мышцы бывают ромбовидные, трапециевидные, квадратные, круглые, зубчатые, камбаловидные и др.

По размерам мышцы бывают длинные, короткие (на конечностях), широкие (на туловище).

По направлению мышечных волокон мышцы бывают прямые (с параллельным расположением мышечных волокон), поперечные, косые (мышцы живота; одноперистые косые мышцы крепятся к сухожилию с одной стороны, двуперистые - с двух сторон), круговые, или циркулярные (мышцы-сжиматели, окружающие ротовое, заднепроходное и некоторые другие естественные отверстия организма человека).

По выполняемой функции мышцы подразделяются на сгибатели и разгибатели, приводящие и отводящие, вращатели внутрь и вращатели кнаружи. Несколько мышц, участвующих в одном движении, называются ***синергистами,*** а мышцы с противоположной функцией - ***антагонистами.***

По расположению различают поверхностные и глубокие, наружные и внутренние, латеральные и медиальные мышцы. Мышцы могут перекидываться через один, два и больше суставов (тогда они называются соответственно одно-, дву- и многосуставными).

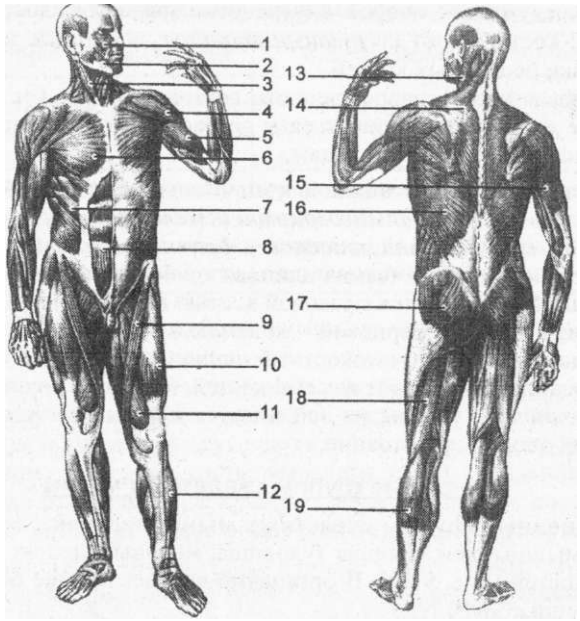


Рис. 9.10. **Основные скелетные мышцы тела человека:**
1 - мимические мышцы; 2 - жевательная мышца; 3 - грудино-ключично-сосцевидная мышца; 4-дельтовидная мышца; 5-двуглавая мышца плеча; 6 - большая грудная мышца; 7 - наружная косая мышца живота; 8 - прямая мышца живота; 9 - портняжная мышца; 10 - прямая мышца бедра; 11 - широкая мышца бедра; 12 - передняя большеберцовая мышца; 13-грудино-ключично-сосцевидная мышца; 14-трапециевидная мышца; 15 - трехглавая мышца плеча; 16 - широчайшая мышца спины; 17-большая ягодичная мышца; 18-двуглавая мышца бедра; 19 - икроножная мышца

- Некоторые мышцы имеют по нескольку ***головок,*** каждая из которых начинается от отдельной кости или от разных точек одной кости. Головки сливаются, образуя общее ***брюшко*** и ***сухожилие.***

По количеству головок мышцы подразделяются на дву-, трех- и четырехглавые. В ряде случаев мышца имеет одно брюшко, от которого отходит несколько сухожилий (хвостов), которые прикрепляются к различным костям (например, сгибатели и разгибатели пальцев кисти и стопы).

- **Важнейшие мышцы головы:** ***жевательные*** (обеспечивают движения нижней челюсти) и ***мимические*** (крепятся к кости только одним концом, другим концом вплетаются в кожу; сокращения этих мышц позволяют человеку выражать свои эмоции).

- **Мышцы шеи** контролируют движения головы. Одна из самых крупных мышц шеи-***грудино-ключично-сосцевидная.***
- **Мышцы туловища:**
  - ***мышцы груди*** - наружные и внутренние межреберные, диафрагма (обеспечивают дыхательные движения); большая и малая грудные (осуществляют движения верхних конечностей);
  - ***мышцы спины*** образуют несколько слоев - поверхностные мышцы способствуют движению верхних конечностей, головы и шеи; глубокие мышцы разгибают позвоночный столб и обеспечивают сохранение вертикального положения тела;
  - ***мышцы живота*** - поперечные, прямые и косые (образуют ***брюшной пресс***; с их участием происходят наклоны туловища вперед и в стороны).
- **Мышцы конечностей** подразделяются на ***мышцы поясов*** (плечевого, тазового) и ***свободных конечностей*** (верхних и нижних).
  - **Важнейшие мышцы верхней конечности -** ***дельтовидная*** (при сокращении поднимает руку), ***двуглавая*** (приводит в движение предплечье: сгибает руку в локтевом суставе) и ***трехглавая*** (разгибает руку в локтевом суставе) мышцы.
  - **Важнейшие мышцы нижней конечности:** ***подвздоишо-поясничная,*** три ***ягодичных*** (обусловливают сгибание и разгибание в тазобедренном суставе), ***четырех-*** и ***двуглавая*** (приводят в движение голень), ***трехглавая мышца голени*** (самая крупная мышца голени; включает часть икроножной и часть камбаловидной мышц; принимает участие в поддержании вертикального положения тела; очень хорошо развита у человека).

Работа и утомление мышц

Работа **мышц** представляет собой их попеременные сокращения и расслабления. Работа мышц - необходимое условие их жизнедеятельности:

" тренировка мышц способствует увеличению их объема, силы и работоспособности,

" длительное бездействие ведет к потере мышечного тонуса.

Основные типы мышечных сокращений в зависимости от величины укорочения: ***статические*** и ***динамические.***

Статическое состояние организма (стояние, удержание головы в вертикальном положении или груза на вытянутой руке и т.д.) требует напряжения одновременно многих мышц тела, сопровождающегося сокращением всех их мышечных волокон. При этом сдавливаются кровеносные сосуды, проходящие в напряженных мышцах, что ухудшает их снабжение кислородом и питательными веществами, ведет к накоплению в них конечных продуктов распада и к утомлению мышц.

При **динамической работе** различные группы мышц и даже мышечные волокна в каждой мышце сокращаются поочередно, что позволяет мышце совершать работу длительное время без заметного утомления.

Утомление мышц - снижение работоспособности мышц **в** результате длительной работы.

•> **Скорость наступления утомления** зависит от:
- интенсивности физической нагрузки,
- ритма движений (высокий ритм вызывает быстрое утомление),
- количества накопившихся в мышцах продуктов обмена (молочной кислоты и др.),
- уровня концентрации в крови кислорода и питательных веществ,
- состояния торможения нервной системы (при выполнении интересной работы утомление мышц наступает позднее) и др.

Работоспособность мышц восстанавливается после ***активного*** или ***пассивного отдыха.*** **Активный отдых** (при котором уставшие мышцы отдыхают, а работают другие группы мышц) полезнее и эффективнее пассивного.

•> **Значение двигательной активности:**
- способствует формированию сильного и выносливого организма;
- " стимулирует обмен веществ;
- оказывает тренирующее действие на сердечно-сосудистую систему и органы дыхания (укрепляет сердце и стенки кровеносных сосудов, углубляет дыхание, улучшает снабжение тканей кислородом);
- делает мышечную и костную систему более крепкими и устойчивыми к нагрузкам и травмам;
- повышает работоспособность всего организма;
- уменьшает удельные затраты энергии при выполнении работ;
- при недостаточной двигательной активности мышцы теряют упругость и силу, нарушается работа опорно-двигательного аппарата и координация движений, может возникнуть сутулость, искривление позвоночника, опущение внутренних органов, ожирение, нарушение функций пищеварительной системы и т.д.

Осанка

Осанка - это привычное положение тела человека при стоянии, сидении, ходьбе и работе. Эффективному функционированию всех органов человека и его высокой работоспособности способствует ***правильная осанка.***

Правильная осанка характеризуется умеренными, имеющими равномерно-волнообразный вид изгибами позвоночника, симметричным расположением лопаток, развернутыми плечами, расположенной прямо или слегка откинутой назад головой, грудью, несколько выступающей над животом; при правильной осанке мышцы упругие, движения четкие.

- Правильная осанка не наследуется, а формируется человеком в процессе его жизнедеятельности.

Сутулость - нарушение правильной осанки, при котором сильно подчеркнуты поясничный и грудной изгибы позвоночника («круглая спина»).

Сколиоз - боковое искривление позвоночного столба, при котором плечи, лопатки и таз асимметричны.

Остеохондроз - заболевание, часто спровоцированное неправильной осанкой и представляющее собой дистрофический процесс в костной и хрящевой тканях (преимущественно в межпозвонковых дисках); проявляется болями, ограничением движений в пораженных суставах, затруднениями при ходьбе и нагибании, ухудшением обмена веществ, повышенной утомляемостью и т.д.

Плоскостопие - нарушение сводчатой формы стопы, возникающее из-за растяжения связок стопы и последующего уплощения ее свода; вызывает быструю утомляемость и боль при длительной ходьбе; может возникнуть при постоянном ношении неудобной обуви с узкими носами и на высоком (выше 4-5 см) каблуке, при переносе больших тяжестей, длительном стоянии и т.д. Лечится путем массажа, специальной гимнастики, ношения специальной ортопедической обуви, в тяжелых случаях - путем операции.

9.6. Внутренняя среда организма. Кровь

Общие замечания

Внутренняя среда организма - это среда, образованная жидкостями, принимающими непосредственное участие в процессах обмена веществ и поддержании в организме ***гомеостаза***\ характеризуется относительным постоянством состава и физико-химических свойств (см. сс. 534-535).

•> ***Замечание:*** *в учебнике биологии для 9 класса (авторы Мащенко М.В., Борисов О.Л.; Минск, 2006 г.) к тканям внутренней среды относят не только соединительные ткани, имеющие жидкую консистенцию, но также хрящевую, костную и жировую ткани, которые функцию гомеостаза не выполняют.*

Жидкости внутренней среды представляют собой сложные многокомпонентные растворы органических и неорганических соединений, содержащие, как правило, во взвешенном состоянии множество различных отдельных форменных элементов - клеток, частиц и т.д.

- **Виды жидких тканей внутренней среды:**
  - ***тканевая жидкость*** — жидкость, находящаяся в межклеточном пространстве различных тканей; обеспечивает независимость клеток от внешней среды и поддержание гомеостаза; образуется из плазмы крови, проникшей через стенки капилляров в межклеточное пространство, и из продуктов жизнедеятельности, поступающих из клеток; объем тканевой жидкости у взрослого человека в 3 раза превышает суммарный объем крови и лимфы; большая часть тканевой жидкости возвращается обратно в кровяное русло, меньшая ее часть поступает в слепо замкнутые капилляры лимфатических сосудов, образуя лимфу;
  - ***кровь*** и ***лимфа*** - жидкости, циркулирующие по кровеносным и лимфатическим сосудам, проникающим во все живые ткани организма; выполняя транспортные функции, кровь и лимфа косвенно — через тканевую жидкость - участвуют в работе всех органов и тканей организма;
  - ***трансцеллюлярные жидкости*** - жидкости специального назначения: ***ликвор*** (заполняет спинномозговой канал и желудочки мозга), ***синовиальная жидкость*** (находится в суставах), ***водянистая влага*** (в передней камере глаза) и др.
- **Биологические барьеры,** ограничивающие жидкие ткани организма:
  - ***внешние*** биологические барьеры (кожа, слизистые оболочки ротовой и носовой полостей, кишечника) отделяют внутреннюю среду организма от окружающей среды;
  - ***внутренние*** биологические барьеры разграничивают жидкие ткани внутри организма; это клеточные мембраны (отделяют содержимое клеток от межклеточной жидкости) и гистогематические барьеры (отделяют кровь от межклеточной жидкости).

Жидкие ткани внутренней среды тесно взаимосвязаны: тканевая жидкость образуется из плазмы крови и является основой для образования лимфы; в кровь поступают и тканевая жидкость, и лимфа и т.д.

Физико-химические особенности крови человека

Кровь - разновидность соединительной ткани;, «жидкая ткань», циркулирующая в кровеносной системе и обеспечивающая жизнедеятельность организма.

- Основные компоненты и функции крови, общие для всех животных, подробно рассмотрены на сс. 329 -333. Поэтому в данном параграфе основное внимание уделяется ***особенностям крови человека.***

- **Основные физико-химические параметры крови взрослого человека:**
  - " масса крови составляет около 6-8% от общей массы тела;
  - объем крови составляет в среднем 4,5 л у женщин и 5,4 л у мужчин;
  - удельный вес цельной крови - 1,05-1,06 г/см^3;
  - вязкость крови составляет около 4,5, вязкость плазмы - 2,2 (если вязкость воды принимается за 1);
  - кислотно-щелочной баланс (соотношение концентраций водородных Н' и гидроксильных ОН ионов) артериальной крови ***pH$_{арт}$*** = 7,4, венозной крови (содержащей большое количество угольной кислоты) pH$_{в(,,,}$= 7,35.
- ***Замечания'.***
  - изменения кислотно-щелочного баланса плазмы - **ацидоз** (смещение баланса в ***кислотную*** сторону) и **алкалоз** (смещение его в ***щелочную*** сторону) - наблюдаются при диабете, отравлениях, голодании, заболеваниях желудочно-кишечного тракта и сопровождаются воспалительными процессами);
  - при усиленном дыхании из крови удаляется большое количество угольной кислоты, что смещает кислотно-щелочной баланс в щелочную сторону;
  - при pHаот = 7,2 наступает ***коматозное состояние*** - потеря сознания, расстройство жизненно важных функций.
- **Состав плазмы крови человека:**
  - вода-90%;
  - хлорид натрия ЫаС1 и ионы С1 - всего 0,9%;
  - катионы К\ Ca^{2+}, М§$^{2+}$, Ре^{21} и др. и анионы НР0$_4$, НС0$_3$ и др. -всего 0,1%;
  - белки - 7%; среди них белки, участвующие в реакциях иммунитета (иммуноглобулины) и в процессе свертывания крови (протромбин и фибриноген), придающие крови вязкость (альбумин), под держивающие водно-солевой баланс; ферменты и др.;
  - липиды - 0,8%;
  - глюкоза - 0,104), 12% (изменение концентрации глюкозы в крови - гипер- или гипогликемия - вызывает обморочное состояние и при больших отклонениях от нормы приводит к смерти);
  - * витамины, аминокислоты;
  - в продукты распада белков, подлежащие выведению из орга**низма:** мочевина, мочевая кислота, креатинин, аммиак.

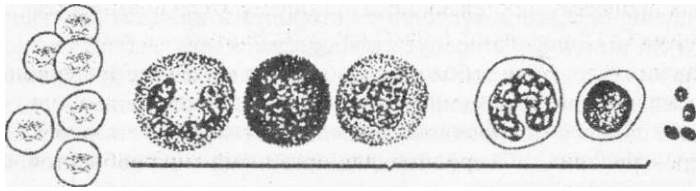
Осмотическое давление крови определяется концентрацией растворенных в плазме веществ **и** в норме составляет 7,3 атм.

Изотонические растворы растворы, осмотическое давление которых такое же, как у плазмы крови, - 7,3 атм.

Гипертонические растворы имеют большее осмотическое давление, **гипотонические растворы** - меньшее осмотическое давление.

Строго определенная концентрация №С1 в плазме крови необходима для создания стабильного ***осмотического давления.*** В среде с более низким содержанием ЫаС1 эритроциты будут поглощать воду до тех пор, пока не лопнут. В среде с более высоким содержанием №С1 вода выходит из эритроцитов, и они сморщиваются. В обоих случаях кровь перестает выполнять свои основные функции. Поэтому при больших кровопотерях в кровь вводят не чистую воду, а искусственный **физиологический раствор,** в котором концентрации солей, особенно ЫаС1, строго соответствуют плазме крови.

Характеристики Форменных элементов **крови** человека



а *б* *в*

Рис. 9.11. **Форменные элементы крови человека:**
а - эритроциты, б - зернистые лейкоциты, *в* - тромбоциты

- **Эритроциты** - красные безъядерные клетки крови, имеющие эластичную мембрану; содержат ***гемоглобин*** (молярная масса около 17 ООО а.е.м.; составляет более 90% массы эритроцита; обеспечивает транспорт кислорода) и фермент ***карбоангидразу*** (обеспечивает транспорт двуокиси углерода).
- **Основные характеристики эритроцитов человека:**
  - имеют вид двояковогнутого диска диаметром 7-8 мкм и толщиной 2 мкм;
  - " количество эритроцитов в одном кубическом миллиметре крови у человека составляет около 5 млн. у мужчин и 4,5 млн. у женщин (мужские половые гормоны усиливают образование эритроцитов, женские - тормозят);
  - общее количество эритроцитов в крови взрослого здорового мужчины-около $27x10^{12}$, взрослой женщины - 18x10 ,
  - суммарная площадь поверхности эритроцитов 3500- 3800 $м^2$;
  - средняя продолжительность жизни эритроцитов 100-120 суток;
  - ежесекундно в организме человека разрушается (в печени и селезенке) 2-10 млн. эритроцитов и столько же образуется (в красном костном мозге плоских костей грудины, черепа, ребер, позвонков, ключиц, лопаток, головок длинных трубчатых костей).

Запас эритроцитов на случай кровопотери находится **в *селезенке,*** хранящей до 300 мл крови.

Малокровие (анемия) - состояние организма, при котором в крови снижается количество эритроцитов и/или уменьшается содержание в них гемоглобина, в результате чего ткани испытывают недостаток кислорода.

- Причины малокровия: плохое питание, инфекционные заболевания, кровопотери, авитаминозы, злокачественные опухоли, недостаток железа в пище (при вегетарианском питании).

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ): если предотвратить свертывание крови и оставить ее на несколько часов в капиллярной трубочке, то эритроциты начнут оседать вниз. Измерение СОЭ важно для диагностики заболеваний, так как при различных воспалительных процессах, протекающих в организме, СОЭ повышается.

* Норма СОЭ у мужчин 3-9 мм/час, у женщин 7-12 мм/'час.

- **Лейкоциты** - бесцветные, разнообразные по форме и функциям клетки крови, имеющие ядро, способные к делению, самостоятельному амебоидному передвижению, захватыванию и перевариванию чужеродных для организма микрообъектов, а также к образованию антител; обеспечивают выработку ***иммунитета*** (см. ниже).
- Лейкоциты осуществляют свои функции в просвете кровеносных сосудов и в тканях, куда они мигрируют сквозь небольшие отверстия в стенках капилляров; попав в ткань, они обратно в кровь не возвращаются. Только в ротовую полость ежесекундно выходит около 5000 лейкоцитов; поглощая опасных микроорганизмов, они отравляются их токсинами и гибнут.
- **Основные характеристики лейкоцитов человека:**
  - размер большинства лейкоцитов - 8-12 мкм;
  - количество лейкоцитов в одном кубическом миллиметре крови у взрослого здорового человека составляет 6000-8000;
  - общее количество лейкоцитов в крови взрослого здорового человека - около 30 млрд.;
  - средняя продолжительность жизни лейкоцитов - 2-4 суток (у некоторых видов лейкоцитов - несколько лет);
  - скорость самостоятельного амебоидного передвижения лейкоцитов - около 1 мм за 150 с;
  - один лейкоцит может поглотить 20-30 микроорганизмов;
  - различают 5 типов лейкоцитов: нейтрофилы (составляют 70% всех лейкоцитов), эозинсфилы (1,5%), базофилы (0,5%), лимфоциты (24%), моноциты (4%) (см. с. 332);
  - размер моноцитов достигает 50 мкм.

- **Тромбоциты** - уплощенные двояковыпуклые, окруженные мембранами безъядерные тельца, содержащие вещества, участвующие в свертывании крови.
- **Основные характеристики тромбоцитов человека:**
  - имеют округлую, овальную или неправильную форму;
  - диаметр *2-Л* мкм, толщина 0,50-0,75 мкм;
  - количество тромбоцитов в одном кубическом миллиметре крови у взрослого человека составляет 150-300 тыс.;
  - общее количество тромбоцитов в крови взрослого здорового человека - около 700-1500 млрд.;
  - средняя продолжительность жизни тромбоцитов - 5-10 суток.

Свертывание крови

Процесс свертывания крови подробно рассмотрен на с. 333; в этом же параграфе мы приводим (в целях повторения и закрепления материала) лишь схему, иллюстрирующую этот процесс (рис. 9.12).

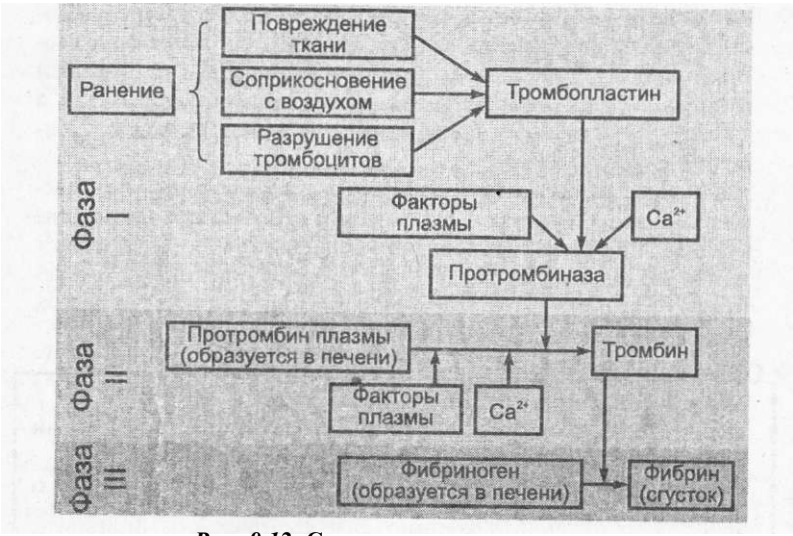


Рис. 9.12. **Схема свертывания крови**

- ***Замечания:***
  - процесс свертывания крови регулируется нервной и эндокринной системами:
  - свертываемость крови ускоряется при болевых раздражениях;
  - препятствуют свертыванию крови лимоннокислые и щавелевокислые соли; а полностью его устраняют ***гепарин*** (выделяют из тканей легких и печени) и ***гирудин*** (выделяют из слюнных желез пиявок).

Группы крови

После переливания крови от одного человека (донора) другому (реципиенту) может произойти ***агглютинация*** (склеивание) и последующее разрушение эритроцитов, что приводит к гибели реципиента.

Агглютинация - склеивание эритроцитов, лейкоцитов, бактерий и др. в результате взаимодействия антител с антигенами. Наблюдается в организме при переливании неодногрупповой крови; применяется в лабораторных методах для определения групп крови.

- **Механизм агглютинации:**
  - на мембранах эритроцитов крови могут иметься специфические вещества - **агглютиногены** видов **А** или/и **В,** обладающие ***антигенными*** свойствами;
  - в плазме крови могут находиться специфические вещества белковой природы - ***антитела*** **агглютинины** ***а*** или/и Р ;
  - агглютинация наступает при взаимодействии ***одноименных*** антигенов и антител: А + а или В + р;
  - наличие или отсутствие конкретного вида агглютиногена на мембранах эритроцитов или конкретного вида агглютинина в плазме крови определяется ***группой крови*** и не изменяется в течение всей жизни.

Группы крови - иммунные особенности крови разных людей, обусловленные наследственными различиями в наличии или отсутствии конкретных видов агглютиногенов (А или/и В) на мембранах эритроцитов и конкретных видов агглютининов (а или/и р) в плазме крови.

- В настоящее время используется система АВ0, разработанная К. Ландштейнером и Я. Янским (см. таблицу).

Группы крови по системе АВО

Группа крови	Агглютиногены в эритроцитах	Агглютинины в плазме крови
1(0)	Отсутствуют	а и Р
ЩА)	А	Р
Ш(**В**)	В	а
1У(АВ)	А и В	Отсутствуют

Теперь при переливании крови используют донорскую кровь только той же группы, что и у реципиента. Однако в исключительных случаях допускается переливание крови (в зависимости от их групп) в соответствии со схемой, приведенной на рис. 9.13.

- При переливании крови также необходимо учитывать ***резус-фактор.***

Резус-фактор – особый белок-антиген, содержащийся в эритроцитах большинства людей (около 85%) и макаки-резус; передается по наследству и не меняется в течение всей жизни.

При наличии резус-фактора кровь называется **резус-положительной** (обозначается **Rh**$^+$), при его отсутствии кровь называется **резус-отрицательной** (обозначается **Rh**$^-$).

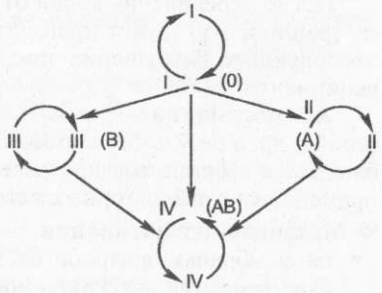


Рис. 9.13. **Схема допустимых переливаний крови**

- Попадание резус-фактора в кровь человека, у которого этот белок не вырабатывается, создает угрозу его жизни.
- При ***резус-конфликтной беременности*** (мать Rh$^+$, плод Rh$^-$) возможны осложнения вследствие образования иммунных антител к Rh$^-$-фактору. Повторная резус-конфликтная беременность может вызвать агглютинацию эритроцитов и тяжелые осложнения.

Универсальные доноры – люди, обладающие I группой крови, – ***их*** кровь можно переливать людям ***всех*** групп, а им – кровь только I группы.

Универсальные реципиенты – люди, обладающие IV группой крови, – ***им*** можно вводить кровь ***любой*** группы, но их кровь – только людям с IV группой.

9.7. Сердечно-сосудистая (кровеносная) система

Общие сведения о сердечно-сосудистой системе и ее функционировании приведены в п. 8.3 (сс. 352–358).

Строение сердца человека

Сердце – центральный мышечный орган кровеносной системы, сокращениями которого осуществляется циркуляция крови;

- расположено в левой половине грудной полости;
- имеет конусовидную форму;
- окружено прочной двуслойной соединительнотканой **околосердечной сумкой (перикардом)**, выполняющей защитную функцию, а также выделяющей в пространство между ней и сердцем ***серозную жидкость***, которая уменьшает трение при сердечных сокращениях;
- масса сердца у мужчин составляет около 330 г, у женщин – около 250 г.

- **Камеры сердца.** Сердце у человека - ***четырехкамерное.*** Сплошная перегородка делит сердце на левую и правую половины; в *левой* половине находится *артериальная* кровь, в *правой* - *венозная.* Каждая половина разделена перегородкой на два отдела: верхний - ***предсердие*** и нижний - ***желудочек.***
  - * Функция предсердий - собирать и на короткое время задерживать кровь, пока не наберется ее необходимое количество, которое будет вытолкнуто в желудочек.
  - " Стенки предсердий тоньше стенок желудочков, стенки левого желудочка примерно в 3 раза толще стенок правого (так как в. левом желудочке начинается большой круг кровообращения).
- **Сосуды, подходящие к сердцу и отходящие от сердца:**
  - к сердцу ***подходят вены,*** четыре ***легочные вены*** (относятся к малому кругу кровообращения) - к *левому* предсердию, ***верхняя и нижняя полые вены*** (относятся к большому кругу кровообращения) - к *правому* предсердию;
  - от сердца ***отходят артерии: аорта*** (является частью большого круга кровообращения) - от *левого* желудочка, ***легочный ствол*** (относится к малому кругу кровообращения) - от *правого* желудочка.
- **Строение стенок сердца.** В стенке сердца различают три слоя: наружный - ***эпикард,*** средний - ***миокард*** и внутренний - ***эндокард.*** Эпикард плотно срастается с миокардом. Эндокард образует ***сердечные клапаны.***
  - Миокард образован длинными волокнами, каждое из которых представляет собой цепочку соединенных конец в конец поперечнополосатых мышечных клеток - ***кардиомиоцитов.*** Соседние кардиомиоциты соединяются между собой вставочными дисками, осуществляющими электрический контакт клеток. Такая структура миокарда обеспечивает сокращение всей сердечной мышцы, распространяющееся в виде волны от ***узла-водителя ритма.***
- **Сердечные клапаны. В** перегородках между предсердиями и желудочками имеются клапаны, препятствующие обратному попаданию крови в предсердия при сокращении желудочков. Между ***правым*** предсердием и желудочком находится **трехстворчатый клапан,** между ***левым*** предсердием и желудочком - **двустворчатый (митральный) клапан.** Створки клапанов прикреплены к стенкам желудочков сухожильными нитями.
  - При сокращении предсердий клапаны открываются.
  - При сокращении желудочков клапаны закрываются, поэтому кровь движется в одном направлении. Натяжение сухожиль-

ных нитей предотвращает выворачивание створок клапанов в предсердие.

В желудочках - в устьях аорты и легочного ствола - имеется по три **полулунных клапана,** препятствующих обратному току крови при расслаблении желудочков.

- Полулунные клапаны имеют вид карманов на стенках артерии. При движении крови из желудочка в артерию карманы клапана прижимаются к стенке сосуда, и кровь проходит свободно. При расслаблении желудочка, когда возникает обратный ток крови (из артерии в желудочек), кровь наполняет карманы клапана, они раскрываются, прижимаются друг к другу и перекрывают ток крови.

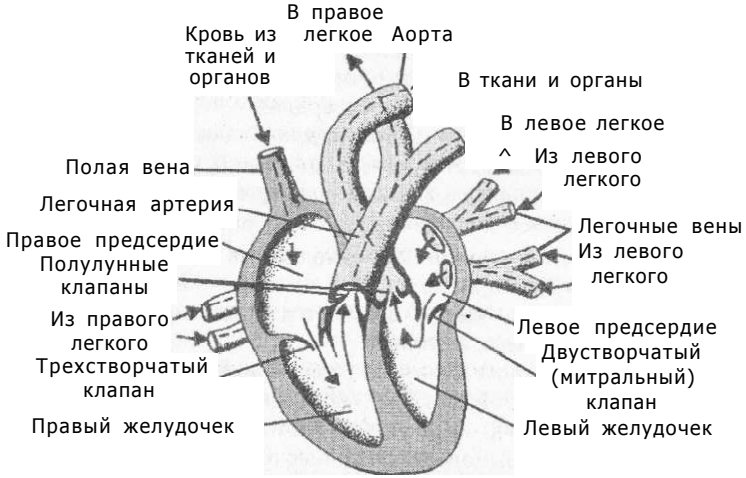


Рис. 9.14. **Схема строения сердца и направления тока крови у человека**

Автоматия и проводящая система сердца человека

- **Правильная периодичность работы сердца обеспечивается:**
  - автоматией сердца, а также
  - возбудимостью,
  - проводимостью,
  - сократимостью и
  - рефрактностью сердечной мышцы.

Автоматия сердца - способность сердца ритмически сокращаться под влиянием биоэлектрических импульсов, автоматически (без влияния внешних раздражителей) генерируемых в сердечной мышце в результате происходящих в ней циклических биохимических реакций.

Возбудимость сердечной мышцы - способность сердечной мышцы отвечать ***возбуждением*** на электрические, химические, механические и термические раздражения, превышающие по силе ***порог раздражения.***

Возбуждение сердечной мышцы - сложный биологический процесс, возникающий в мышечной ткани сердца, проявляющийся в ее биохимических и электрических изменениях и изменениях интенсивности обмена веществ.

Проводимость сердечной мышцы - способность сердечной мышцы проводить возбуждение.

- В мышечной ткани сердца имеются специфические клетки, обладающие способностью генерировать и/или передавать возбуждение подобным соседним клеткам. Эти клетки объединены в узлы, пучки и волокна, которые образуют **проводящую систему сердца,** по которой возбуждение распространяется по миокарду предсердий и желудочков, обеспечивая их координированное сокращение.

- **Проводящая система сердца человека** включает:
  - ***синусно-предсердный узел*** (расположен в стенке правого предсердия вблизи места впадения верхней полой вены), который в норме является **узлом-водителем ритма** (источником автоматии) сердца;
  - предсердно-желудочковый (атриовентрикулярный) узел (расположен на границе правого предсердия и желудочка);
  - пучок Гиса (находится в межжелудочковой перегородке);
  - правую и левую ножки, на которые разделяется пучок Гиса (они ведут в соответствующие желудочки);
  - волокна Пуркинье - окончания ножек пучка Гиса (находятся в желудочках).

Сократимость сердечной мышцы - способность сердечной мышцы при возбуждении сокращаться, т.е. увеличивать напряжение или вызывать укорочение мышечных волокон.

Рефрактность - кратковременное снижение возбудимости. Во время рефрактности сердце не способно отвечать возбуждением на искусственные раздражения или ***внеочередной*** импульс, если он поступит из очага автоматии. Предотвращает появление хаотических сердечных сокращений.

Сердце в значительной степени способно к самостоятельной регуляции не только ритма, но и ***силы*** своих сокращений.

Закон сердца: растяжение сердечной мышцы приводит к увеличению силы ее сокращения. Благодаря этому закону сердце может прокачивать любое (в пределах физиологических норм) количество поступающей к нему крови.

Сердечный цикл

Сердечный цикл - период сокращения и расслабления сердца; состоит из ***систолы, диастолы*** и ***общей паузы.***

- Ритм сердечных сокращений и продолжительность отдельных фаз сердечного цикла задается ***узлом-водителем ритма.***

Систола - сжатие полостей сердца, вызываемое сокращением мышц предсердий или желудочков, во время которых из них выталкивается кровь.

Диастола - расширение полостей сердца, вызванное расслаблением мышц предсердий или желудочков, во время которых они заполняются кровью.

Общая пауза - состояние сердца, при котором мышцы и предсердий, и желудочков расслаблены.

•> Фазы сердечного цикла:

- сердечный цикл начинается с появления в узле-водителе ритма биоэлектрического импульса возбуждения;
- этот импульс быстро охватывает оба предсердия, которые в результате одновременно сокращаются (***систола предсердий);*** желудочки в это время расслаблены (***диастола желудочков) - 1-я фаза,***
- затем одновременно сокращаются оба желудочка (***систола желудочков)-,*** а оба предсердия оказываются расслабленными ***(диастола предсердий) - 2-я фаза-,*** длительность этой фазы больше длительности первой примерно в 3 раза;
- сердечный цикл заканчивается ***паузой - 3-й фазой,*** в которой расслаблены и предсердия, и желудочки. Эта фаза длится примерно половину всего сердечного цикла, что объясняет «неутомимость» работы сердца.

• Параметры сердечного цикла:

- нормальный ритм работы сердца - 70-75 сокращений в минуту;
- длительность сердечного цикла при частоте сокращений сердца 75 ударов в минуту составляет 0,8 с;
- длительность 1-й фазы (систолы предсердий) - 0,1 с;
- длительность 2-й фазы (систолы желудочков) - 0,3 с;
- длительность 3-й фазы - паузы - 0,4 с.

Важнейший показатель функционального состояния сердца - количество крови, выбрасываемой при сокращении желудочков. В клинической практике используются ***систолический*** и ***минутный объемы крови.***

Систолический (ударный) **объем крови** - количество крови, выбрасываемой в артерии при одном сокращении желудочков сердца; в норме он составляет 65-70 **мл.**

Минутный объем крови - количество крови, выбрасываемой желудочками за минуту; в норме составляет в среднем 4,5-5 л.

Электрокардиограмма

Биоэлектрическая активность сердца, приводящая к появлению меняющейся во времени разности потенциалов между возбужденным и невозбужденным участками сердца, передается и другим участкам тела (вследствие электропроводности его тканей).

Электрокардиография - методика регистрации путем измерения разности потенциалов между определенными участками тела человека.

Электрокардиограмма (ЭКГ) - кривая, отражающая биоэлектрическую активность сердца, полученная с помощью специального прибора (см. рис. 9.15).

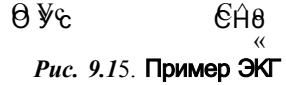


Рис. 9.15. Пример ЭКГ

Регистрируемые на ЭКГ зубцы и интервалы отражают функциональное состояние миокарда, дают информацию о ритме сердца и его нарушениях, локализации патологического очага в миокарде и проводящей системе сердца, гипертрофии предсердий и желудочков. Электрокардиография получила широкое применение в клинике как метод диагностики, позволяющий установить характер нарушений сердечной деятельности.

• Что показывает электрокардиограмма:

- в каждом сердечном цикле на ЭКГ различают зубцы Р, О, Я, 8, Т;
- зубец Р отражает возбуждение предсердий;
- комплекс зубцов 0Я8Т характеризует возбуждение желудочков;
- « интервал от начала зубца Р до зубца 0 указывает время проведения возбуждения от предсердий к желудочкам;
- интервал О-Г указывает время проведения возбуждения в желудочках;
- интервал Т-Р (от окончания зубца Т до следующего зубца Р) определяет продолжительность паузы;
- интервалы Р-Р или Я-Я отражают длительность сердечного цикла, по ним определяется частота сердечных сокращений.

Пульсовая волна. Артериальный пульс

Пульсовая волна - волнообразно распространяющиеся вдоль артерий ритмические колебания артериальных стенок, синхронные с сокращениями сердца.

Пульсовая волна возникает в начале аорты в момент систолы и распространяется до артериол и капилляров, в которых она затухает. Существование пульсовой волны обеспечивается эластичностью стенок артерий, которые во время систолы желудочков

сердца растягиваются, а во время диастолы желудочков сокращаются и выталкивают кровь в более мелкие сосуды.

Скорость распространения пульсовой волны не зависит от скорости течения крови и у здорового взрослого человека составляет 7-10 м/с, во много раз превышая максимальную скорость движения крови. С возрастом, когда эластичность сосудов снижается, скорость пульсовой волны увеличивается.

Запись кривой пульсовой волны называется **сфигмограммой.**

Артериальный пульс - это ритмические толчкообразные колебания стенки артерий, вызываемые выбрасыванием крови в сосуды в результате сокращений желудочков сердца. Пульс отражает работу сердца: частота пульсовых толчков равна частоте сокращений сердца, а их сила пропорциональна силе сердечных сокращений.

- Пульс можно определить на ощупь в **пульсовых точках** - тех местах, где крупные артерии ближе всего подходят к поверхности тела: на шее, предплечьях, висках, запястьях и др.

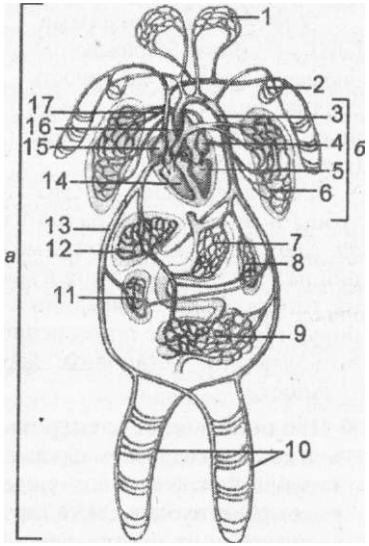


Рис. 9.16. **Схема кругов кровообращения человека:**
а) - большой круг кровообращения, б) малый круг кровообращения; 1 - сосуды головы и шеи; 2 - сосуды верхней конечности; 3 - аорта; 4 - левое предсердие; 5 - левый желудочек; 6 - сосуды легкого; 7 - сосуды желудка; 8 - сосуды селезенки; 9 - сосуды кишечника; 10 - сосуды нижних конечностей; 11 - сосуды почки; 12 - сосуды печени; 13-нижняя полая вена; 14 - правый желудочек; 15 - правое предсердие; 16-легочная артерия; 17 - верхняя полая вена

Круги кровообращения

Система кровообращения человека - двухкруговая, состоит из малого и большого кругов кровообращения (рис. 9.16).

Малый (легочный) круг кровообращения обеспечивает циркуляцию крови через легкие, в которых кровь насыщается кислородом и отдает углекислый газ. Он начинается ***от правого желудочка*** сердца, от которого отходит легочный ствол, разделяющийся на левую и правую ***легочные артерии.*** По этим артериям течет ***венозная*** кровь, которая поступает в левое и правое легкие, где артерии распадаются на капилляры, оплетающие альвеолы. Насыщенная кислородом ***артериальная*** кровь по четырем ***легочным венам*** поступает ***в левое предсердие.***

- Кровоток в малом круге кровообращения поддерживается практически постоянным и не требует сложной системы регуляции.

Большой (телесный) круг кровообращения обеспечивает артериальной кровью все органы тела. Начинается он с левой ***дуги аорты,*** отходящей ***от левого желудочка*** сердца. В месте выхода аорты из желудочка от нее отходят венечные (коронарные) артерии, обеспечивающие кровоснабжение сердечной мышцы. От дуги аорты отходят две сонные артерии (к голове) и две подключичные артерии (к верхним конечностям). Дальше аорта идет вдоль позвоночника. От ее грудного отдела отходят артерии к органам грудной полости (за исключением сердца), от брюшного отдела - к органам брюшной полости. Затем аорта делится на две подвздошньге артерии, от которых отходят бедренные артерии к нижним конечностям. Все артерии разветвляются до капилляров, из которых постепенно формируются венозные сосудьг. Венозная кровь от нижней части тела собирается в ***нижнюю полую вену,*** от верхней части тела - в ***верхнюю полую вену.*** Обе полые вены впадают ***в правое предсердие.***

Кровяное давление

Кровяное давление - это давление, которое кровь оказывает на стенки сосуда. К возникновению давления крови приводит сокращение желудочков сердца, нагнетающих кровь в артерии, а также пульсовая волна.

Систолическое давление - максимальное давление крови в артериях, возникающее в фазе систолы желудочков; в норме у здоровых людей среднего возраста оно составляет 105-120 мм рт. ст.

Диастолическое давление - минимальное давление крови в артериях во время диастолы желудочков; в норме у здоровых людей среднего возраста оно составляет 60-80 мм рт. ст.

Пульсовое давление - это разность между систолическим и диастолическим давлением; в норме у людей среднего возраста оно составляет 35-55 мм рт. ст.

Факторы, от которых зависит давление крови в артериях:

- объем крови, поступающей в артерии при сокращении сердца;
- сопротивление току крови, которое возрастает с уменьшением диаметра сосудов и максимально в мелких артериях и капиллярах;
- вязкость крови: чем она выше, тем давление крови больше.
- На уровень кровяного давления влияет возраст человека, его эмоциональное возбуждение, физические нагрузки, функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.

- По ходу кровеносного русла (аорта —> артерии —• капилляры —> —> вены) кровяное давление снижается.
- В капиллярах давление крови составляет около 25-30 мм рт. ст. на артериальном конце капилляра и 8-12 мм рт. ст. на его венозном конце.
- В венах, расположенных вблизи грудной полости, давление крови зависит от фаз дыхания: при вдохе оно понижается и может стать отрицательным (меньшим атмосферного), при выдохе оно не поднимается выше 2-5 мм рт. ст. Наименьшая величина кровяного давления отмечается в полых венах.

Скорость кровотока

Объем крови, отводящейся от желудочков сердца за одну минуту (скорость оттока крови), равен объему крови, поступающему в предсердия из вен (т.е. скорости венозного притока крови). Поэтому объем крови, протекающей за одну минуту через различные участки кровеносного русла (артерии, капилляры, вены), одинаков. В то же время скорость течения крови (как и любой жидкости) зависит от общей ширины сосудистого русла: чем меньше суммарное поперечное сечение, тем больше скорость течения жидкости, и, наоборот, чем больше суммарное поперечное сечение, тем медленнее течет жидкость.

В кровеносной системе самое узкое место - аорта; в ней скорость крови максимальна (около 50 см/с). При разветвлении артерий суммарное поперечное сечение русла увеличивается, и скорость кровотока падает. Наибольший суммарный просвет имеют капилляры (в 600-800 раз больше просвета аорты), поэтому скорость кровотока в капиллярах минимальна (около 0,5 мм/с).

При переходе от капилляров к венам суммарное сечение кровяного русла сужается, поэтому в венах скорость течения крови больше, чем в капиллярах, и увеличивается по мере приближения к полым венам. В полых венах скорость тока крови равна половины скорости тока крови в аорте (25 см/с).

Механизмы венозного возврата крови к сердцу

Одним из важных параметров функционального состояния сердца и вен системы кровообращения является ***венозный возврат.***

Венозный возврат характеризуется объемом крови, поступающей в сердце по верхней и нижней полым венам за одну минуту.

- **Механизмы, обеспечивающие венозный возврат крови:**
  - ***нагнетающее действие сердца:*** во время систолы желудочков создается повышенное давление крови в аорте;
  - **мышечный насос:** при сокращении скелетных мышц вены, находящиеся в их толще, сдавливаются, и кровь в сосудах проталкивается в сторону сердца, так как ее обратному движению препятствуют полулунные клапаны, имеющиеся в некоторых венах;
  - **дыхательный насос:** во время вдоха давление в грудной полости падает, сосуды расширяются, сопротивление в них снижается, и кровь засасывается из соседних сосудов; увеличение венозного кровотока при вдохе особенно выражено в верхней полой вене;
  - ***присасывающее действие сердца:*** во время систолы желудочков предсердно-желудочковая перегородка смещается вниз, давление в правом предсердии снижается, что вызывает поступление в него крови из полых вен;
  - ***разность давлений в брюшной и грудной полостях:*** в брюшной полости давление выше атмосферного, а в грудной полости, где находится сердце, - ниже атмосферного, поэтому ток крови в сосудах направлен из брюшной полости к грудной (в сторону меньшего давления).

Регуляция деятельности сердца и сосудов

Ритм и сила сердечных сокращений, задаваемые ***узлом-водителем ритма,*** а также функционирование сосудов регулируются ***нервными*** и ***гуморальными*** воздействиями.

- Нервная регуляция сердца осуществляется:
  - импульсами, поступающими к сердцу по парасимпатическим и симпатическим нервам, центры которых расположены соответственно в продолговатом и спинном мозге; парасимпатические нервы уменьшают частоту и силу сердечных сокращений, симпатические нервы оказывают противоположное действие.
  - центрами, расположенными в коре больших полушарий головного мозга; об этом свидетельствует изменение ритма и силы сердечных сокращений при положительных и отрицательных эмоциях (и упоминаниях о них);
  - центрами головного мозга, расположенными в мозжечке и гипоталамической области промежуточного мозга;
  - условнорефлекторно.
- Гуморальная регуляция сердечной деятельности осуществляется гормонами, ионами калия и кальция и другими биологически активными веществами, поступающими в кровь или лимфу:
  - ***учащение*** ритма и усиление сердечных сокращений вызывают гормоны щитовидной железы ***тироксин*** и ***трийодтиронин,*** гормоны мозгового вещества надпочечников ***адреналин и норадреналин,*** избыток ***ионов кальция,***
  - ***замедление*** ритма и ослабление сердечных сокращений вызывают нейрогормон ***ацетилхолин*** (выделяется окончаниями парасимпатических нервов) и избыток в крови ***ионов калия.***

- Нервная **регуляция сосудов.** В норме кровеносные сосуды находятся под постоянным сосудосуживающим влиянием симпатических нервов, обеспечивающим поддержание тонуса сосудов. Просвет сосудов изменяется под действием импульсов, поступающих из **сосудодвигательного центра,** находящегося в продолговатом мозге и состоящего из прессорного и депрессорного отделов. От этого центра нервные волокна отходят к мышечным клеткам артерий и аргериол. Раздражение прессорного отдела вызывает сужение артерий и повышение кровяного давления, раздражение депрессорного отдела дает противоположный эффект.
- Активность сосудодвигательного центра контролируется нервными импульсами, поступающими из промежуточного мозга и коры больших полушарий (об этом свидетельствует покраснение или бледность кожи при волнении или испуге).

- **Гуморальная регуляция сосудов** осуществляется гормонами. ***Адреналин*** сужает все кровеносные сосуды, кроме сосудов мозга и коронарных сосудов сердца. ***Вазопрессин*** (гормон гипофиза) также оказывает сосудосуживающий эффект, действуя преимущественно на артериолы и капилляры.

Сердечно-сосудистые заболевания и их профилактика

Ишемическая болезнь сердца (ишемия - местное обескровливание) связана с ухудшением снабжения миокарда кровью в результате функционального (спазмов) или органического сужения просвета коронарных (венечных) кровеносных сосудов; проявляется периодическими приступами болей за грудиной **(стенокардия).**

Инфаркт миокарда (инфаркт - очаг омертвления в тканях вследствие нарушения их кровоснабжения) - форма ишемической болезни сердца, при которой в тканях сердечной мышцы - миокарда - возникает очаг омертвления из-за нарушения кровотока в снабжающих эту мышцу коронарных артериях (атеросклероза, тромбоза, спазма). Проявляется в длительных приступах острых, сжимающих болей за центральной или левой частью грудины, ощущении страха, удушья, повышении температуры, изменениях в крови и на кардиограмме и др.; требует экстренной госпитализации.

- В настоящее время ишемическая болезнь сердца и, в частности, инфаркт миокарда, стала одной из наиболее частых причин смерти не только пожилых, но и молодых людей.

Артериальная гипертензия - устойчивое повышение артериального давления, обусловленное перенапряжением или психической травматизацией центральной нервной системы; проявляется в повышенной возбудимости, раздражительности, головных болях, головокружениях; поражает сосуды мозга, сердца, почек, глазного дна; может привести к сердечной недостаточности, нарушениям мозгового кровообращения (вплоть до инсульта) и т.д.

Инсульт - острое нарушение мозгового кровообращения (кровоизлияние в мозг) при артериальной гипертензии, атеросклерозе и др.; проявляется головной болью, рвотой, нарушениями речи, расстройством сознания, параличами и др.; может привести к тяжелой инвалидности, нередко - к смерти.

Основные причины сердечно-сосудистых заболеваний: чрезмерные психические нагрузки (сильные эмоциональные переживания, как отрицательные, так и положительные), гипокинезия, нерациональное питание, избыточная масса тела (ожирение), курение, употребление алкоголя.

Никотин и **алкоголь** уменьшают просвет сосудов и приводят к перерождению их стенок, усиливают выделение в кровь адреналина, который значительно увеличивает частоту и силу сердечных сокращений, заставляя сердце работать с чрезмерным напряжением; алкоголь уменьшает содержание белка и увеличивает содержание жира в клетках миокарда, никотин увеличивает свертываемость крови и способствует образованию тромбов.

Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний: регулярно заниматься физкультурой, соблюдать правильный режим питания, избегать стрессов, не злоупотреблять курением и алкоголем.

9.8. Иммунная система человека

Иммунитет

Иммунология - наука, изучающая механизмы защитных реакций организма, направленных на сохранение его структурной и функциональной целостности и биологической индивидуальности.

Иммунитет - врожденная или приобретенная способность организма защищать собственную структурную и функциональную целостность и биологическую индивидуальность; невосприимчивость, сопротивляемость организма к инфекционным агентам и чужеродным веществам, поступающим извне или образующимся в организме.

- Иммунитет защищает от инфекционных заболеваний, уничтожает раковые клетки, является причиной отторжения пересаженных тканей.
- Явление иммунитета открыто в XVIII в. английским врачом Э. Дженнером, наблюдавшим за больными натуральной оспой.

Иммунная система - совокупность органов, тканей, клеток и веществ, обеспечивающих иммунитет организма.

- **Состав иммунной системы:**
  - красный костный мозг (место образования гранулоцитов, моноцитов, некоторых других видов лимфоцитов);

- вилочковая железа (тимус), селезенка, лимфатические узлы, одиночные лимфатические узелки слизистых оболочек (места образования лимфоцитов);
- миндалины (скопления лимфатической ткани в слизистой оболочке в области зева);
- кожа и слизистые оболочки;
- специализированные клетки иммунной системы (нейтрофилы, макрофаги, лимфоциты и др.);
- антитела;
- интерферон (белок, обладающий противовирусным действием; образуется в клетках организма, подвергшегося вирусной инфекции) и др.

- Виды иммунитета в зависимости от механизма реализации:
  - неспецифический клеточный иммунитет (реализуется посредством ***фагоцитоза***, обеспечиваемого, в основном, ***нейтрофилами, моноцитами*** и одним из видов Т-лимфоцитов - ***Т-киллерами***); см. ниже;
  - специфический гуморальный иммунитет (реализуется посредством ***образования антител).***
- Виды специфического гуморального иммунитета в зависимости от его происхождения приведены на рис. 9.17).

Рис. 9.17. Виды иммунитета

Врожденный иммунитет - это иммунитет, передаваемый ***по наследству*** в ряду многих поколений (люди с рождения имеют в крови антитела). Характеризуется устойчивостью, однотипностью для каждого вида и различается лишь степенью индивидуальной выраженности (***пример***: иммунитет человека к чумке собак и чуме рогатого скота).

Приобретенный иммунитет - это индивидуальный иммунитет, вырабатываемый в процессе естественной жизни (***естественный*** иммунитет) или вызванный искусственным путем (***искусственный*** иммунитет).

- Формы естественного иммунитета: пассивный плацентарный, пассивный материнский, активный постинфекционный.
  - При пассивном плацентарном иммунитете антитела передаются от матери плоду через плаценту.
  - При пассивном материнском иммунитете антитела передаются от матери младенцу при грудном вскармливании.
  - После рождения ребенка и прекращения его вскармливания грудным молоком приобретенный пассивный плацентарный и материнский иммунитет угасает через 1-1,5 месяца.
  - При активном постинфекционном иммунитете антитела возникают у человека в результате перенесенного заболевания (кори, оспы и др.). Этот вид иммунитета осуществляется ***антителами,*** вырабатываемыми В-лимфоцитами (см. ниже) и сохраняется в течение многих лет (нередко — всю жизнь).
- Формы искусственного иммунитета: пассивный (постсывороточный), активный (поствакцинарный).
  - Пассивный искусственный иммунитет создается через несколько часов после введения ***сывороток*** с содержащимися в ней ***антителами*** против возбудителя какого-либо заболевания; сохраняется обычно не более месяца; используется главным образом в лечебных целях.
  - Активный (поствакцинарный) искусственный иммунитет создается введением в организм ***вакцин,*** содержащих ослабленные или убитые возбудители болезни; вырабатывается примерно через несколько часов после введения вакцины; сохраняется в течение длительного времени.

Антитела - белки, вырабатываемые в организме человека и теплокровных животных, участвующие в выработке иммунитета. У человека вырабатываются ***В-лимфоцитами.*** Антитела взаимодействуют с ***антигенами,*** осаждая и нейтрализуя их.

Антигены - чужеродные для организма вещества органического происхождения (чужеродные белки, нуклеиновые кислоты, некоторые полисахариды), вызывающие при попадании в этот организм

иммунную реакцию, связанную с образованием в нем ***антител.*** В качестве антигена может выступать как ***свободное,*** так и ***находящееся на поверхности вирусов и микроорганизмов*** вещество.

Вакцина — препарат, получаемый из микроорганизмов - возбудителей инфекцюнной болезни, продуктов их жизнедеятельности или содержащий эти микроорганизмы ***ослабленными*** или ***убитыми***; применяется для активной иммунизации людей и животных в профилактических и лечебных целях.

Иммуноглобулины - сложные белки (гликопротеиды), обладающие способностью специфически связываться с чужеродными органическими веществами - ***антигенами.*** Являются антителами; содержатся в крови, лимфе, молозиве, слюне и на поверхности клеток (антитела, связанные с мембраной).

Прививка - введение в организм ***вакцины*** с ослабленными или убитыми возбудителями инфекционного заболевания. Прививка может вызвать заболевание в ослабленной форме. После прививки человек не заболевает или болезнь про текает в легкой форме.

Сыворотка - препарат, получаемый из плазмы крови людей или животных, болевших определенной болезнью, и содержащий необходимые ***антитела.*** *Примеры:* ***антидифтерийная*** сыворотка (при дифтерии поражается слизистая горла; при этом образуются яды, отравляющие организм); до применения этой сыворотки погибало 60-70% болевших дифтерией детей; ***противостолбнячная сыворотка*** применяется для предотвращения заболевания при попадании в рану земли (в земле длительное время может сохраняться возбудитель столбняка).

- **Механизм специфического гуморального иммунитета.** Образование антител и сохранение приобретенного иммунитета происходит с участием несколько видов клеток и веществ:
- **Т-хелперы** (один из видов лимфоцитов) узнают чужеродный ***антиген*** и передают информацию о нем В-лимфоцитам;
- **В-лимфоциты** продуцируют соответствующие ***антитела-,***
- **антитела** взаимодействуют с ***антигенами*** (свободными или находящимися на поверхности болезнетворных микроорганизмов), осаждая и нейтрализуя их;
- специальные клетки (один из видов ***иммунотоцитов)*** регулируют действие антител;
- ***еще один вид иммунотоцитов*** хранит данные о структуре уничтоженных антигенов для быстрейшей выработки антител, при повторной инфекции.

Фагоцитоз

Фагоцитоз - активный захват и поглощение особыми клетками (***фагоцитами***) чужеродных для данного организма живых или неживых объектов (микроорганизмов, разрушенных клеток, инородных частиц). Фагоцитоз - защитная реакция организма, способствующая сохранению постоянства его внутренней среды.

- Фагоцитоз впервые был детально изучен И.И. Мечниковым (1845-1916), за что в 1908 г. ему была присуждена Нобелевская премия.

В организме человека фагоцитоз осуществляется специальными бесцветными клетками крови ***- лейкоцитами*** (см. с. 331), в основном двумя их разновидностями - ***нейтрофилами*** **(микрофагами)** и ***моноцитами*** **(макрофагами).** Поглощая чужеродные объекты, лейкоциты вызывают местную **воспалительную реакцию** организма: расширение капилляров, увеличение притока крови, покраснение, отек и боль. Воспаленные ткани выделяют в кровь вещество, которое переносится кровью в костный мозг и стимулирует усиленное образование и развитие лейкоцитов. Новые лейкоциты направляются с кровью в очаг воспаления, выходя из капилляров через небольшие отверстия. После поглощения чужеродных объектов лейкоциты гибнут, превращаясь в ***гной.***

- Увеличение количества лейкоцитов в крови сверх нормы указывает на наличие в организме воспалительного процесса.

Аллергия

Аллергия - форма иммунного ответа, проявляющаяся в повышенной чувствительности организма к некоторым веществам - ***аллергенам.*** Проявляется в форме насморка, чиханья, слезоотделения, раздражения и отечности кожи; приводит к снижению работоспособности и общему ухудшению самочувствия.

Аллерген - любое вещество, способное даже в небольших количествах вызвать в организме болезненное состояние повышенной чувствительности. Аллергенами могут быть лекарства, компоненты цветочной пыльцы, комнатная пыль, шерсть домашних животных, резкие запахи, определенные виды пищи (апельсины, яйца, клубника и др.), микробы, глисты, вирусы и грибы, паразитирующие у человека, яд пчел и ос и т.д.

При проникновении в организм аллергена происходит выработка ***антител,*** которые прикрепляются к мембранам клеток стенок сосудов, различных тканей и органов. При повторном проникновении в организм аллергена его соединение с антителами происходит на поверхности клеток, которые в этом случае повреждаются или раздражаются; из них могут выделяться вещества, вызывающие покраснение и зуд кожи, отек и воспаление тканей, спазм или расслабление гладкой мускулатуры, нарушение тока крови и т.д.

Для предотвращения или ослабления аллергии склонным к ней людям следует избегать контакта с аллергенами.

9.9. Дыхательная система человека

Основной источник энергии для всех тканей человека - процессы ***аэробного*** (кислородного) ***окисления*** органических веществ, протекающие в митохондриях клеток и требующие постоянного снабжения ***кислородом.***

Дыхание - это совокупность процессов, обеспечивающих поступление кислорода в организм, использование его в окислении органических веществ и удаление из организма углекислого газа и некоторых других веществ.

- **Дыхание человека включает:**
  - вентиляцию легких;
  - газообмен в легких;
  - транспортировку газов кровью;
  - газообмен в тканях;
  - * клеточное дыхание (биологическое окисление).

Состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха

Воздух	Содержание газов, %		
	O_2	CO_2	N_2
Вдыхаемый	20,94	0,03	79,03
Альвеолярный	14,44	5,56	80,00
Выдыхаемый	16,30	4,00	79,70

Различия в составе альвеолярного и вдыхаемого воздуха объясняются тем, что в альвеолах кислород непрерывно диффундирует в кровь, а из крови в альвеолы поступает двуокись углерода. Различия в составе альвеолярного и выдыхаемого воздуха объясняются тем, что во время выдоха воздух, выходящий из альвеол, смешивается с воздухом, содержащимся в дыхательных путях.

Строение и функции органов дыхания

- **Система органов дыхания человека** (рис. 9.18) включает:
  - ***воздухоносные пути*** - носовую полость (она отделена от полости рта спереди твердым, а сзади мягким нёбом), носоглотку, гортань, трахею, бронхи;
  - ***легкие,*** состоящие из альвеол и альвеолярных ходов.

Носовая полость - начальный отдел дыхательного пути; имеет парные отверстия - ***ноздри,*** через которые проникает воздух; у наружного края ноздрей располагаются ***волоски,*** задерживающие проникновение крупных частиц пыли. Носовая полость делится перегородкой на правую и левую половины, каждая из которых состоит из верхнего, среднего и нижнего ***носовых ходов.***

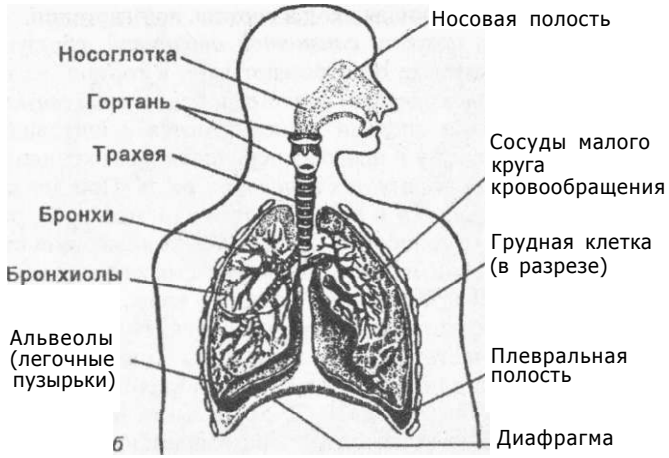


Рис. 9.18. **Органы дыхания человека**

Слизистая оболочка носовых ходов покрыта ***мерцательным эпителием,*** выделяющим ***слизь,*** которая склеивает пылинки и губительно действует на микроорганизмы. ***Реснички*** эпителия постоянно колеблются и способствуют удалению инородных частиц вместе со слизью.

- Слизистая оболочка носовых ходов обильно снабжена ***кровеносными сосудами,*** что способствует согреванию и увлажнению вдыхаемого воздуха.
- » В эпителии также находятся ***рецепторы,*** реагирующие на различные запахи.

Из носовой полости воздух через внутренние носовые отверстия - ***хоаны*** - попадает в ***носоглотку*** и дальше в ***гортань.***

Гортань - полый орган, образована несколькими парными и непарными хрящами, соединенными между собой суставами, связками и мышцами. Самый крупный из хрящей - ***щитовидный*** - состоит из двух четырехугольных пластинок, соединенных спереди под углом. У мужчин этот хрящ несколько выступает вперед, образуя ***кадык.*** Над входом в гортань располагается ***надгортанник*** - хря-

Рис. 9.19. **Верхние дыхательные пути**

щевая пластина, закрывающая вход в гортань при глотании.

Полость гортани покрыта ***слизистой оболочкой,*** образующей две пары ***складок,*** которые перекрывают вход в гортань во время глотания и (нижняя пара складок) прикрывают ***голосовые связки.***

Голосовые связки спереди прикрепляются к щитовидному хрящу, а сзади - к левому и правому черпаловидным хрящам, при этом между связками образуется ***голосовая щель.*** При движении хрящей связки сближаются и натягиваются или, наоборот, расходятся, изменяя форму голосовой щели. Во время дыхания связки разведены, а при пении и речи они почти смыкаются, оставляя лишь узкую щель. Воздух, проходя через эту щель, вызывает вибрацию краев связок, которая генерирует ***звук.*** В формировании ***звуков речи*** также участвуют язык, зубы, губы и щеки.

Трахея - трубка длиной около 12 см, отходящая от нижнего края гортани. Она образована 16-20 хрящевыми ***полукольцами,*** несомкнутая мягкая часть которых образована плотной соединительной тканью и обращена к пищеводу. Внутри трахея выстлана ***мерцательным эпителием,*** реснички которого выводят пылевые частицы из легких в глотку. На уровне 1У-У грудных позвонков трахея делится на левый и правый ***бронхи.***

Бронхи по своему строению подобны трахее. Вступая в легкое, бронхи ветвятся, образуя ***бронхиальное «дерево».*** Стенки мелких бронхов (***бронхиол***) состоят из эластичных волокон, между которыми расположены гладкомышечные клетки.

Легкие (рис. 9.20) - парный орган (правое и левое), занимающий большую часть грудной клетки и плотно прилегающий к ее стенкам, оставляя место для сердца, крупных сосудов, пищевода, трахеи. Правое легкое состоит из ***трех*** долей, левое - из ***двух.***

Грудная полость с внутренней стороны выстлана ***пристеночной плеврой.*** Снаружи легкие покрыты плотной оболочкой - ***легочной плеврой.*** Между легочной и пристеночной плеврами имеется узкая щель - ***плевральная полость,*** заполненная жидкостью, которая уменьшает трение легких о стенки грудной полости при дыхании. Давление в плевральной полости ниже атмосферного, что создает ***присасывающую силу,*** прижимающую легкие к грудной клетке. Так как ткань легких упруга и способна растягиваться, то легкие всегда находятся в расправленном состоянии и следуют за движениями грудной клетки.

Бронхиальное дерево в легких разветвляется на ходы с мешочками, стенки которых образованы множеством (около 350 млн.) легочных пузырьков - ***альвеол.*** Снаружи каждая альвеола окружена густой ***сетью капилляров.*** Стенки альвеол состоят из однослойного плоского эпителия, покрытого изнутри слоем поверхностно-активного вещества - ***сурфактанта.*** Через стенки альвеол и

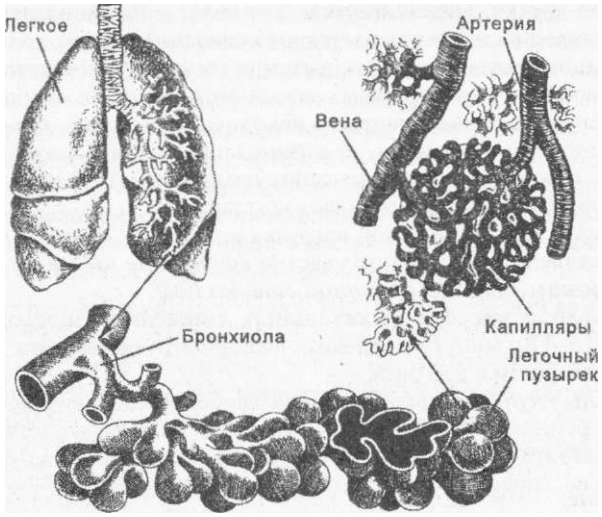


Рис. 9.20. **Строение легких**

капилляров происходит ***газообмен*** между вдыхаемым воздухом и кровью: из альвеол в кровь переходит кислород, а из крови в альвеолы поступает углекислый газ. Сурфактант ускоряет диффузию газов через стенку и препятствует «схлопыванию» альвеол. Общая газообменная поверхность альвеол составляет 100-150 $м^2$.

Обмен газов между альвеолами и кровью происходит вследствие ***диффузии.*** В альвеолах кислорода всегда больше, чем в крови капилляров, поэтому он переходит из альвеол в капилляры. Наоборот, углекислого газа больше в крови, чем в альвеолах, поэтому он переходит из капилляров в альвеолы.

Дыхательные движения

Вентиляция легких - это постоянная смена воздуха в альвеолах легких, необходимая для газообмена организма с внешней средой и обеспечиваемая регулярными движениями грудной клетки при ***вдохе*** и ***выдохе.***

Вдох осуществляется ***активно,*** за счет сокращения ***наружных косых межреберных мышц*** и ***диафрагмы*** (куполообразной сухожильно-мышечной перегородки, отделяющей грудную полость от брюшной).

Межреберные мышцы приподнимают ребра и слегка отводят их в стороны. При сокращении диафрагмы ее купол уплощается и смещает органы брюшной полости вниз и вперед. В результате объем грудной полости и легких, следующих за движениями

грудной клетки, увеличивается. Это ведет к падению давления в альвеолах, и в них засасывается атмосферный воздух.

Выдох при спокойном дыхании осуществляется ***пассивно.*** При расслаблении наружных косых межреберных мышц и диафрагмы ребра возвращаются в исходное положение, объем грудной клетки уменьшается, а легкие принимают первоначальную форму. Вследствие этого давление воздуха в альвеолах становится выше атмосферного, и он выходит наружу.

Выдох при физической нагрузке становится ***активным.*** В его осуществлении принимают участие ***внутренне косые межреберные мышцы, мышцы брюшной стенки*** и др.

Средняя частота дыхательных движений взрослого человека- 15-17 в минуту. При физической нагрузке частота дыхания может возрасти в 2-3 раза.

Роль глубины дыхания. При глубоком дыхании воздух успевает проникнуть в большее количество альвеол и растянуть их. В результате улучшаются условия газообмена и кровь дополнительно насыщается кислородом.

Емкость легких

Легочный объем - максимальное количество воздуха, которое вмещают легкие; у взрослого человека составляет 5-8 л.

Дыхательный объем легких - это объем воздуха, поступающего в легкие за один вдох при спокойном дыхании (в среднем около 500 $см^3$).

Резервный объем вдоха - объем воздуха, который можно дополнительно вдохнуть после спокойного вдоха (около 1500 $см^3$).

Резервный объем выдоха - объем воздуха, который можно выдохнуть после спокойного выдоха при волевом напряжении (примерно 1500 $см^3$).

Жизненная емкость легких — это сумма дыхательного объема легких, резервного объема выдоха и резервного объема вдоха; в среднем она составляет 3500 $см^3$ (у спортсменов, в частности у пловцов, она может достигать 6000 $см^3$ и более). Измеряется при помощи специальных приборов - ***спирометра*** или ***спирографа,*** графически представляется в виде **спирограммы.**

Остаточный объем - количество воздуха, которое остается в легких после максимального выдоха.

Перенос газов кровью

Кислород переносится кровью в двух формах - в форме ***оксигемоглобина*** (около 98%) и в форме растворенного 0_2 (около 2%).

Кислородная емкость крови - максимальное количество кислорода, которое может быть поглощено одним литром крови. При температуре 37 °С в 1л крови может содержаться до 200 мл кислорода.

Перенос кислорода к клеткам организма осуществляется ***гемоглобином*** (НЬ) крови, находящимся в ***эритроцитах.*** Гемоглобин связывает кислород, превращаясь в ***оксигемоглобин:***

$$НЬ + 40_2 \quad НЬ0_8.$$

Перенос кровью двуокиси углерода:

- в растворенной форме (до 12% $С0_2$);
- большая часть $С0_2$ не растворяется в плазме крови, а проникает в ***эритроциты,*** где она взаимодействует (с участием фермента карбоангидразы) с водой, образуя нестойкую угольную кислоту:

$$С0_2 + Н_20 \;\hat{}\; Н_2С0_3, \qquad (*)$$

которая затем диссоциирует на ион $Н^+$ и бикарбонатный ион $НС0_3$. Ионы $НС0_3$" из красных кровяных телец переходят в плазму крови, с которой они переносятся к легким, где вновь проникают в эритроциты. В капиллярах легких реакция (*) в эритроцитах смещается влево, и ионы $НС0_3$ в итоге превращаются в углекислый газ и воду. Углекислый газ поступает в альвеолы и выходит наружу в составе выдыхаемого воздуха.

Обмен газов в тканях

Обмен газов в тканях происходит в капиллярах большого круга кровообращения, где кровь отдает кислород и получает углекислый газ. В клетках тканей концентрация кислорода ниже, чем в капиллярах (так как в тканях он постоянно утилизируется). Поэтому кислород переходит из кровеносных сосудов в тканевую жидкость, а с ней - в клетки, где вступает в реакции окисления. По той же причине углекислый газ из клеток поступает в капилляры, током крови транспортируется по малому кругу кровообращения в легкие и выводится из организма. Пройдя через легкие, венозная кровь становится артериальной и поступает в левое предсердие.

Регуляция дыхания

- **Дыхание регулируется:**
  - корой больших полушарий,
  - дыхательным центром, расположенным в продолговатом мозге и варолиевом мосте,
  - нервными клетками шейного отдела спинного мозга,
  - нервными клетками грудного отдела спинного мозга.

Дыхательный центр - это участок головного мозга, представляющий собой совокупность нейронов, обеспечивающих ритмическую деятельность дыхательных мышц.

- Дыхательный центр подчиняется вышележащим отделам головного мозга, расположенным в коре больших полушарий; это позволяет сознательно изменять ритм и глубину дыхания.
- Дыхательный центр регулирует работу дыхательной системы по рефлекторному принципу.

- Нейроны дыхательного центра подразделяются на ***нейроны вдоха*** и ***нейроны выдоха.***

Нейроны вдоха передают возбуждение на нервные клетки спинного мозга, которые управляют сокращением диафрагмы и наружных косых межреберных мышц.

Нейроны выдоха возбуждаются рецепторами воздухоносных путей и альвеол при увеличении объема легких. Импульсы от этих рецепторов поступают в продолговатый мозг, вызывая торможение нейронов вдоха. В результате дыхательные мышцы расслабляются и происходит выдох.

Гуморальная регуляция дыхания. При мышечной работе в крови накапливается $C0_2$ и недоокисленные продукты обмена (молочная кислота и др.). Это приводит к возрастанию ритмической активности дыхательного центра и, как следствие, к усилению вентиляции легких. При уменьшении концентрации $C0_2$ в крови тонус дыхательного центра снижается: наступает непроизвольная временная задержка дыхания.

Чиханье - резкий, форсированный выдох воздуха из легких через сомкнутые голосовые связки, наступающий после остановки дыхания, смыкания голосовой щели и быстрого роста давления воздуха в грудной полости, вызванных раздражением слизистой оболочки носа пылью или резко пахнущими веществами. Вместе с воздухом и слизью выделяются и раздражители слизистой оболочки.

Кашель отличается от чиханья-тем, что основной поток воздуха выходит через рот.

Гигиена дыхания

- **Правильное дыхание:**
  - дышать нужно через нос **(носовое дыхание),** так как его слизистая оболочка богата кровеносными и лимфатическими сосудами и имеет специальные реснички, согревая, очищая и увлажняя воздух и препятствуя проникновению в дыхательные пути микроорганизмов и пылевых частиц (при затруднении носового дыхания появляются головные боли, быстро наступает утомление);
  - вдох должен быть короче выдоха (это способствует продуктивной умственной деятельности и нормальному восприятию умеренных физических нагрузок);
  - при повышенных физических нагрузках резким выдох должен производиться в момент наибольшего усилия.
- **Условия правильного дыхания:**
  - хорошо развитая грудная клетка; отсутствие сутулости, впалой груди;
  - соблюдение правильной осанки: положение тела должно быть таким, при котором дыхание не затруднено;

  - закаливание организма: следует много времени проводить на свежем воздухе, выполнять различные физические упражнения и дыхательную гимнастику, заниматься видами спорта, развивающими дыхательную мускулатуру (плавание, гребля, ходьба на лыжах и др.);
  - поддержание оптимального газового состава воздуха в помещениях: регулярно проветривание помещений, сон летом при открытых окнах, а зимой - при открытых форточках (пребывание в душном, непроветренном помещении может вызвать головную боль, вялость, ухудшение самочувствия).

Опасность пыли: на пылинках оседают болезнетворные микроорганизмы и вирусы, которые могут стать причиной инфекционных заболеваний. Крупные частицы пыли могут механически травмировать стенки легочных пузырьков и воздухоносных путей, затрудняя газообмен. Пыль, содержащая частички свинца или хрома, может вызвать химические отравления.

Влияние курения на органы дыхания. Курение - одно из звеньев в цепи причин многих заболеваний органов дыхания. В частности, раздражение табачным дымом глотки, гортани, трахей может вызвать хроническое воспаление верхних дыхательных путей, нарушение функций голосового аппарата; в тяжелых случаях неумеренное курение вызывает рак легких.

Некоторые заболевания органов дыхания

Воздушно-капельный способ заражения. При разговоре, сильном выдохе, чихании, кашле из органов дыхания больного в воздух попадают капельки жидкости, содержащие бактерии и вирусы. Эти капельки в течение некоторого времени остаются в воздухе и могут попасть в органы дыхания окружающих, перенеся туда болезнетворные микроорганизмы. Воздушно-капельный способ заражения характерен для гриппа, дифтерии, коклюша, кори, скарлатины и др.

Грипп - острое, склонное к эпидемии вирусное заболевание, передающееся воздушно-капельным путем; чаще наблюдается в зимний и ранний весенний периоды. Характерен токсичностью вируса и склонностью к изменению его антигенной структуры, быстрым распространением, опасностью возможных осложнений. ***Симптомы:*** повышение температуры (иногда до 40 °С), озноб, головная боль, болезненные движения глазных яблок, боль в мышцах и суставах, затруднение дыхания, сухой кашель, иногда рвота и геморрагические явления. ***Лечение:*** постельный режим, обильное питье, применение антивирусных препаратов. ***Профилактика:*** закаливание, массовая вакцинация населения; для предотвращения распространения фиппа больные люди при общении со здоровыми должны закрывать нос и рот сложенными вчетверо марлевыми повязками.

Туберкулез - опасное инфекционное заболевание, имеющие различные формы и характеризующееся образованием в пораженных тканях (обычно в тканях легких и костей) очагов специфического воспаления и выраженной общей реакцией организма. Возбудитель — туберкулезная палочка; распространяется воздушно-капельным и пылевым путем, реже - через зараженные продукты питания (мясо, молоко, яйца) от больных животных. Выявляется при ***флюорографии.*** В прошлом имел массовое распространение (этому способствовало постоянное недоедание и антисанитарные условия). Некоторые формы туберкулеза могут протекать бессимптомно или волнообразно, с периодическими обострениями и ремиссиями. Возможны ***симптомы:*** быстрая утомляемость, общее недомогание, снижение аппетита, одышка, периодически субфебрильная (около 37,2 °С) температура, постоянный кашель с выделением мокроты, в тяжелых случаях — кровохарканье и др. ***Профилактика:*** регулярные флюорографические обследования населения, поддержание чистоты в жилищах и на улицах, озеленение улиц, очищающее воздух.

Флюорография - исследование органов грудной клетки путем фотографирования изображения со светящегося рентгеновского экрана, за которым находится испытуемый. Является одним из методов исследования и диагностики заболеваний легких; позволяет вовремя выявить ряд заболеваний (туберкулез, пневмонию, рак легкого и др.).

- Флюорографию необходимо делать не реже одного раза в год.

Первая помощь при отравлении газом

Помощь при отравлении угарным или бытовым газом. Отравление угарным газом (СО) проявляется головной болью и тошнотой; могут возникнуть рвота, судороги, потеря сознания, а при сильном отравлении - смерть от прекращения тканевого дыхания; отравление бытовым газом во многом сходно с отравлением угарным газом.

При таком отравлении пострадавшего необходимо вынести на свежий воздух и вызвать «скорую помощь». В случае потери сознания и прекращения дыхания нужно сделать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца (см. ниже).

Первая помощь при остановке дыхания

Остановка дыхания может наступить вследствие заболевания органов дыхания или в результате несчастного случая (при отравлениях, утоплении, поражении электрическим током и др.). При длительности более 4-5 мин она может привести к смерти или глубокой инвалидности. В такой ситуации спасти человеку жизнь может лишь своевременная доврачебная помощь

- При ***закупорке глотки*** инородным телом его можно достать пальцем; ***извлечение инородного тела из трахей или бронхов*** возможно только с помощью специальной медицинской аппаратуры.
- При ***утоплении*** необходимо максимально быстро удалить из воздухоносных путей и легких пострадавшего воду, песок и рвотные массы. Для это пострадавшего нужно положить животом на колено и резкими движениями сдавливать его грудную клетку. Затем следует перевернуть пострадавшего на спину и приступить к ***искусственному дыханию.***

Искусственное дыхание: нужно освободить от одежды шею, грудь и живот пострадавшего, положить под его лопатки твердый валик или руку и запрокинуть его голову. Спасатель должен находиться сбоку от пострадавшего у его изголовья и, зажав его нос и придерживая его язык носовым платком либо салфеткой, периодически (через каждые 3-4 с) быстро (за 1 с) и с силой после глубокого вдоха вдувать воздух из своего рта через марлю или носовой платок в рот пострадавшему; при этом краем глаза нужно следить за грудной клеткой пострадавшего: если она расширяется, значит, воздух попал в легкие. Затем нужно надавить на грудную клетку пострадавшего и вызвать выдох.

- Можно использовать метод дыхания «рот в нос»; при этом спасатель своим ртом вдувает воздух в нос пострадавшего, а рукой плотно зажимает его рот.
- Количество кислорода в выдыхаемом воздухе (16-17%) вполне достаточно для обеспечения газообмена в организме пострадавшего; а наличие в нем 3—4% углекислого газа способствует гуморальной стимуляции дыхательного центра.

Непрямой массаж сердца. При остановке сердца у пострадавшего его нужно уложить на спину ***обязательно на жесткую поверхность*** и освободить грудь от одежды. Затем спасатель должен стать в полный рост или на колени сбоку от пострадавшего, одну ладонь положить на нижнюю половину его грудины так, чтобы пальцы были ей перпендикулярны, и поверх поместить другую руку; при этом руки спасателя должны быть прямыми и располагаться перпендикулярно грудной клетке пострадавшего. Массаж нужно производить быстрыми (с периодичностью один раз в секунду) толчками, не сгибая руки в локтях, стараясь прогнуть грудную клетку по направлению к позвоночнику у взрослых - на 4-5 см, у детей - на 1,5-2 см.

" Непрямой массаж сердца проводится в сочетании с искусственным дыханием: сначала пострадавшему делается 2 вдоха искусственного дыхания, затем 15 нажатий на грудину подряд, затем снова 2 вдоха искусственного дыхания и 15 нажатий и т.д.; после каждых 4 циклов нужно проверять у постра-

давшего пульс. Признаки успешного оживления - появление пульса, сужение зрачков, порозовение кожи.

- Один цикл может состоять также из одного вдоха искусственного дыхания и 5-6 нажатий грудной клетки.

9.10. Пищеварительная система человека

Общие замечания

Пищеварение - совокупность процессов механической и химической переработки пищи на компоненты, пригодные для всасывания в кровь и лимфу и участия в обмене веществ. Продукты пищеварения поступают во внутреннюю среду организма и переносятся к клеткам, где либо окисляются с выделением энергии, либо используются в процессах биосинтеза как строительный материал.

- **Отделы пищеварительной системы человека:** ротовая полость, глотка, пищевод, желудок, тонкий и толстый отделы кишечника, анальное отверстие (рис. 9.21).

Стенки полых органов пищеварительного тракта состоят из трех ***оболочек,*** наружной соединительнотканной, средней - мышечной и внутренней - слизистой. Перемещение пищи из одного отдела в другой осуществляется благодаря сокращению стенок органов тракта.

- **Основные функции пищеварительной системы:**
  - ***секреторная*** (выработка пищеварительных соков печенью и поджелудочной железой, короткие протоки которых выходят в тонкий кишечник; важную роль в пищеварении также играют слюнные железы и железы, находящиеся в стенках желудка и тонкого кишечника);
  - ***моторная,*** или ***двигательная*** (механическая обработка пищи, ее передвижение по пищеварительному тракту и вывод непереваренных остатков за пределы организма);
  - ***всасывания*** продуктов расщепления пищи и других питательных веществ во внутреннюю среду организма - кровь и лимфу.

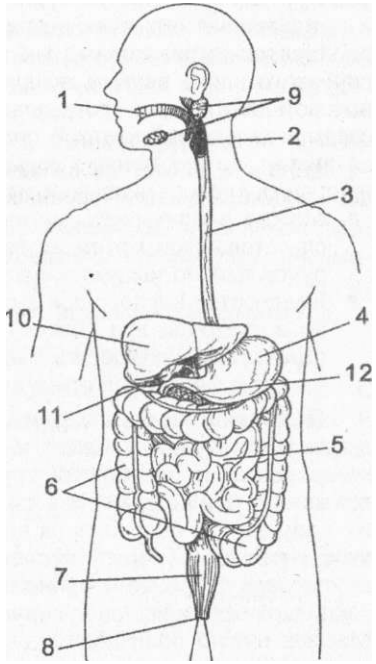


Рис. 9.21. Пищеварительная система человека:

1 - полость рта, 2 - глотка, 3 - пищевод, 4 - желудок, 5 - тонкая кишка, 6 - толстая кишка, 7 - прямая кишка, 8 - анальное отверстие, 9 - слюнные железы, 10-печень, 11 -желчный пузырь, 12 - поджелудочная железа

Ротовая полость. Глотка

Ротовая полость сверху ограничена твердым и мягким нёбом, снизу - челюстно-подъязычной мышцей, по бокам - щеками, спереди - губами. Сзади ротовая полость при помощи ***зева*** сообщается с ***глоткой.*** В ротовой полости находятся ***язык*** и ***зубы.*** В ротовую полость открываются протоки трех пар крупных ***слюнных желез*** - околоушных, подъязычных и нижнечелюстных.

- Во рту анализируются вкусовые качества пищи, затем пища измельчается зубами, обволакивается слюной и подвергается действию ферментов.

Слизистая оболочка рта имеет множество желез разной величины. Мелкие железы расположены неглубоко в тканях, крупные обычно удалены от полости рта и сообщаются с ней длинными выводными протоками.

Зубы. У взрослого человека обычно имеются 32 зуба: по 4 резца, 2 клыка, 4 малых коренных и 6 больших коренных зубов на каждой челюсти. Зубы служат для удержания, откусывания, разгрызания и механического измельчения пищи; они также принимают участие в формировании звуков речи.

- **Резцы** расположены в полости рта спереди; имеют прямые острые края и приспособлены для откусывания пищи.
- **Клыки** расположены за резцами; имеют конусовидную форму; у человека развиты слабо.
- **Малые коренные зубы** расположены за клыками; имеют один или два корня и два бугорка на поверхности; служат для измельчения пищи.
- **Большие коренные зубы** расположены за малыми коренными; имеют три (верхние коренные зубы) или четыре (нижние) корня **и** четыре или пять бугорков на поверхности; служат для перетирания пищи.

Зуб состоит из ***корня*** (часть зуба, погруженная в лунку челюсти), ***шейки*** (часть зуба, погруженная в десну) и ***коронки*** (часть зуба, выступающая в ротовую полость). Внутри корня проходит ***канал,*** расширяющийся в полость зуба и заполненный ***пульпой*** (рыхлой соединительной тканью), содержащей сосуды и нервы. Пульпа вырабатывает щелочной раствор, просачивающийся по порам зуба наружу; этот раствор необходим для нейтрализации кислой среды, образуемой живущими на зубах бактериями и разрушающей зуб.

Основу зуба составляет ***дентин,*** покрытый на коронке ***зубной эмалью,*** а на шейке и корне - ***зубным цементом*** Дентин и цемент - виды костной ткани. Зубная эмаль - самая твердая ткань в организме человека, по твердости она близка к кварцу.

У ребенка в возрасте около года появляются ***молочные зубы,*** которые затем, начиная с шестилетнего возраста, выпадают и заменяются ***постоянными зубами.*** Перед сменой корни молочных зубов рассасываются. Зачатки постоянных зубов закладываются еще в утробном периоде развития. Прорезывание постоянных зубов заканчивается к 10-12 годам; исключение составляют зубы мудрости, появление которых задерживается порой до 20-30 лет.

Прикус - смыкание верхних резцов с нижними; при правильном прикусе верхние резцы располагаются впереди нижних, что усиливает их режущее действие.

Язык — подвижный мышечный орган, покрытый слизистой оболочкой, богато снабженный сосудами и нервами; состоит из ***тела*** и задней части - ***корня.*** Тело языка формирует пищевой комок и передвигает пищу в процессе жевания, корень языка проталкивает пищу в направлении глотки, ведущей в пищевод. При глотании пищи отверстие трахеи (дыхательной трубки) прикрывается надгортанником. Язык также является ***органом вкуса*** и участвует в формировании ***звуков речи.***

Слюнные железы рефлекторно выделяют ***слюну,*** имеющую слабощелочную реакцию и содержащую воду (98-99%), ***слизь*** и пищеварительные ***ферменты.*** Слизь представляет собой вязкую жидкость, состоящую из воды, антител (связывают бактерии) и веществ белковой природы - ***муцина*** (смачивает пищу во время ее пережевывания, способствуя образованию пищевого комка для проглатывания пищи) и ***лизоцима*** (обладает обеззараживающим действием, разрушая оболочки бактериальных клеток).

- Слюна выделяется непрерывно (До 1,5-2 л в сутки); выделение слюны может усиливаться рефлекторно (см. ниже). Центр слюноотделения находится в продолговатом мозге.

Ферменты слюны: ***амилазы*** и ***мальтаза*** начинают расщеплять углеводы, а ***липаза*** - жиры; при этом полного расщепления не происходит из-за непродолжительности нахождения пищи во рту.

Зев - отверстие, через которое ротовая полость сообщается с ***глоткой.*** По бокам зева находятся особые образования (скопления лимфоидной ткани) - ***миндалины,*** в которых содержатся лимфоциты, выполняющие защитную функцию.

Глотка - это мышечный орган, соединяющий ротовую полость с ***пищеводом*** и носовую полость - с гортанью. ***Глотание - рефлекторный*** процесс. Во время глотания пищевой комок проходит в глотку; при этом мягкое нёбо приподнимается и перекрывает вход в носоглотку, а надгортанник перекрывает путь в гортань.

Пищевод

Пищевод - верхняя часть пищеварительного канала; представляет собой мышечную трубку длиной около 25 см, изнутри выстланную плоским эпителием; начинается от глотки. Мышечный слой стенок пищевода в верхней части состоит из поперечнополосатой мышечной ткани, в средней и нижней - из гладкой мышечной ткани. Вместе с трахеей пищевод проходит в грудную полость и на уровне XI грудного позвонка открывается в желудок.

Мускульные стенки пищевода могут сокращаться, проталкивая пищу в желудок. Сокращения пищевода происходят в виде медленных ***перистальтических волн,*** возникающих в его верхней части и распространяющихся вдоль всей длины пищевода.

Перистальтическая волна представляет собой распространяющийся вдоль пищеварительной трубки волнообразный цикл последовательных сокращений и расслаблений небольших сегментов трубки, продавливающих пищу в расслабленные участки. Перистальтические волны обеспечивают движение пищи через весь пищеварительный тракт.

Желудок

Желудок - расширенная грушевидная часть пищеварительной трубки объемом 2-2,5 (иногда до 4) л; имеет тело, дно и пилорическую часть (отдел, граничащий с двенадцатиперстной кишкой), входное и выходное отверстия (рис. 9.22). В желудке пища накапливается и на некоторое время (2-11 ч) задерживается. В течение этого времени она перетирается, смешивается с желудочным соком, приобретая консистенцию жидкого супа (образует ***химус),*** и подвергается действию соляной кислоты и ферментов.

- Главный процесс пищеварения в желудке - ***гидролиз белков.***

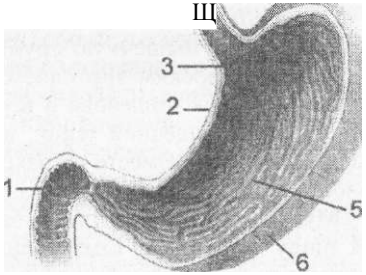
Стенки желудка состоят из *трех* слоев гладких мышечных волокон и выстланы железистым эпителием. Мышечные клетки наружного слоя имеют *продольную* направленность, среднего - *циркулярную* (круговую), внутреннего - *косую.* Такое строение способствует поддержанию тонуса стенок желудка, перемешиванию пищевой массы с желудочным соком и ее передвижению в кишечник.

Слизистая оболочка желудка собрана в складки, в которые открываются выводные протоки ***желез,*** вырабатывающих желудочный сок. Железы состоят из ***главных*** (вырабатывают ферменты), ***обкладочных*** (вырабатывают соляную кислоту) и ***добавочных клеток*** (вырабатывают слизь, которая постоянно обновляется и препятствует перевариванию стенок желудка его же ферментами).

В слизистой оболочке желудка также имеются ***эндокринные клетки,*** продуцирующие пищеварительные и другие ***гормоны.***

" В частности, гормон ***гастрин*** стимулирует выработку желудочного сока.

Желудочный сок - это прозрачная жидкость, в состав которой входят пищеварительные ферменты, 0,5-процентный раствор соляной кислоты (pH = 1-2), муцины (защищают стенки желудка) и неорганические соли. Кислота активизирует ферменты желудочного сока (в частности, превращает неактивный непсиноген в активный ***пепсин),*** денатурирует белки, размягчает волокнистую пищу и уничтожает болезнетворные микроорганизмы. Желудочный сок выделяется рефлекторно, 2-3 л в сутки.



Р1/с. 9.22. Строение желудка:
1 — привратнику 2 — малая кривизна, 3-вход в желудок (кардия), 4-пищевод, 5 - слизистая оболочка, 6 ~ большая кривизна

- Ферменты желудочного сока:
  - ***пепсин*** расщепляет сложные *белки* на более простые молекулы - полипептиды;
  - ***желатиназа*** расщепляет белок соединительной ткани - *желатин;*
  - ***липаза*** расщепляет эмульгированные *жиры* молока до глицерина и жирных кислот;
  - ***химозин*** створаживает казеин *молока.*

В желудок вместе с пищевым комком также попадают ферменты слюны, где они продолжают действовать в течение некоторого времени. Так, ***амилазы*** расщепляют углеводы до тех пор, пока пищевой комок не пропитается желудочным соком и не произойдет нейтрализация этих ферментов.

Переработанный в желудке химус порциями поступает в ***двенадцатиперстную кишку*** - начальный отдел тонкого кишечника. Выход химуса из желудка контролируется специальной кольцевой мышцей - ***привратником.***

Тонкий кишечник

Тонкий кишечник - самая длинная часть пищеварительного тракта (его длина 5-6 м), занимающая большую часть брюшной полости (рис. 9.23). Начальная часть тонкой кишки - ***двенадцатиперстная кишка*** - имеет длину около 25 см; в нее открываются протоки поджелудочной железы и печени. Двенадцатиперстная кишка переходит в ***то1цую,*** тощая - в ***подвздошную кишку.***

Мышечный слой стенок тонкого кишечника образован гладкой мышечной тканью и способен к ***перистальтическим движениям.*** Слизистая оболочка тонкой кишки имеет большое количество микроскопических ***желез*** (до 1000 на 1 мм^2), вырабатывающих ***кишечный сок,*** и образует многочисленные (около 30 млн) микроскопические выросты - ***ворсинки.***

Ворсинка (рис. 9.24) - это вырост слизистой оболочки тонкого кишечника высотой 0,1-0,5 мм, внутри которого находятся гладкие мышечные волокна и хорошо развитая кровеносная и лимфатическая сеть. Ворсинки покрыты однослойным эпителием, образующим пальцеобразные выросты ***- микроворсинки*** (длиной около 1 мкм и диаметром 0,1 мкм). На площади 1 см^2 расположено от 1800 до 4000 ворсинок; они вместе с микроворсинками увеличивают площадь поверхности тонкого кишечника более чем в 30-40 раз.

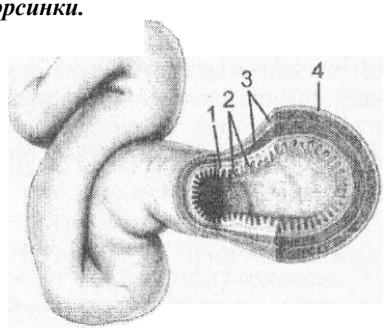


Рис. 9.23. **Строение тонкого кишечника:**
- слизистая оболочка, 2 - ворсинки, 3 - мышечный слой, 4 - серозный слой

В тонком кишечнике органические вещества расщепляются до продуктов, которые могут быть усвоены клетками организма: углеводы - до простых Сахаров, жиры - до глицерина и жирных кислот, белки - до аминокислот. В нем сочетаются два типа пищеварения: полостное и мембранное (пристеночное).

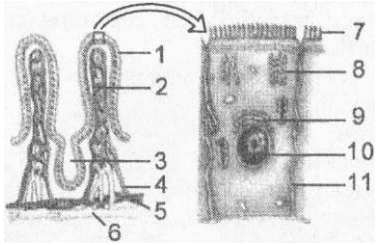


Рис. 9.24. **Строение ворсинки кишечника:**
1 - эпителиальные клетки, 2 - капилляр, 3 - кишечная железа, 4 - венула, 5 - артериола, 6 - лимфатический сосуд, 7 - микроворсинка, 8 - шероховатая эндоплазматическая сеть, 9 - аппарат Гольджи, 10 - ядро, 11 - клеточная мембрана

С помощью ***полостного пищеварения*** происходит первоначальный гидролиз пищевых веществ.

Мембранное пищеварение осуществляется на поверхности ***микроворсинок,*** где находятся соответствующие ферменты, и обеспечивает заключительную стадию гидролиза и переход к всасыванию. Аминокислоты и глюкоза всасываются через ворсинки в кровь; глицерин и жирные кислоты всасываются в клетки эпителия тонкого кишечника, где из них синтезируются собственные жиры организма, которые поступают в лимфу, а затем в кровь.

Большое значение для пищеварения в двенадцатиперстной кишке имеют ***панкреатический сок*** (выделяется ***поджелудочной железой)*** и ***желчь*** (секретируется ***печенью).***

Кишечный сок имеет щелочную реакцию и состоит из мутноватой жидкой части и комочков слизи, содержащих опущенные клетки кишечного эпителия. Эти клетки разрушаются и освобождают содержащиеся в них ферменты, которые активно участвуют в переваривании химуса, расщепляя его до продуктов, которые могут быть усвоены клетками организма.

- **Ферменты кишечного сока:**
  - *амилазы* и *мальтозы* катализируют распад *крахмала* и *гликогена;*
  - ***инвертаза*** завершает переваривание *Сахаров;*
  - ***лактазы*** гидролизируют *лактозу;*
  - ***энтерокиназа*** превращает неактивный фермент трипсиноген в активный ***трипсин,*** расщепляющий *белки;*
  - ***дипептидазы*** расщепляют *дипептиды* до аминокислот.

Поджелудочная железа

Поджелудочная железа - орган смешанной секреции: ее ***экзокринная*** часть вырабатывает ***панкреатический сок, эндокринная*** часть вырабатывает ***гормоны*** (см. с. 501), регулирующие углеводный обмен.

Поджелудочная железа расположена под желудком; состоит из головки, тела и хвоста и имеет гроздевидное дольчатое строение (рис. 9.25); ее длина 15-22 см, масса 60-100 г. ***Головка*** железы окружена двенадцатиперстной кишкой, а ***хвостовая*** часть прилегает к селезенке. В железе имеются проводящие каналы, сливающиеся в основной и дополнительный протоки, по которым панкреатический сок во время пищеварения поступает в двенадцатиперстную кишку. При этом основной проток у самого входа в двенадцатиперстную кишку (у фатерова соска) соединяется с общим желчным протоком (см. ниже).

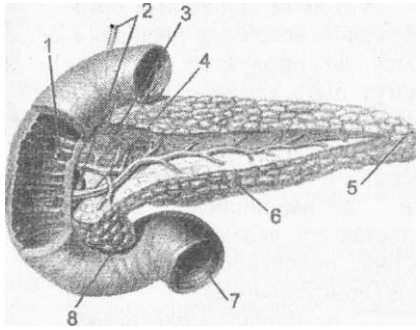


Рис. 9.25. **Строение поджелудочной железы:**

1 - фатеров сосок, 2 - общий желчный проток, 3 - дополнительный проток поджелудочной железы, 4 - основной проток поджелудочной железы, 5 - хвост железы, 6 - тело железы, 7 - двенадцатиперстная кишка, 8 - головка железы.

Деятельность поджелудочной железы регулируется автономной нервной системой (через блуждающий нерв) и гуморально (соляной кислотой желудочного сока и гормоном секретином).

Панкреатический сок (сок поджелудочной железы) содержит ионы $HC0_3$, нейтрализующие соляную кислоту желудка, и ряд ферментов; имеет щелочную реакцию, pH = 7,5-8,8.

- **Ферменты панкреатического сока:**
  - протеолитические ферменты ***трипсин, химотрипсин*** и ***эластаза*** расщепляют *белки* до низкомолекулярных пептидов и аминокислот;
  - ***амилаза*** расщепляет *углеводы* до глюкозы;
  - ***липаза*** расщепляет нейтральные *жиры* до глицерина и жирных кислот;
  - ***нуклеазы*** расщепляют *нуклеиновые кислоты* до нуклеотидов.

Печень

Печень - самая крупная пищеварительная железа, связанная с тонким кишечником (у взрослого человека ее масса достигает 1,8 кг); расположена в верхнем отделе брюшной полости, справа под диафрагмой; состоит из четырех неравных долей. Каждая доля состоит из гранул размером 0,5-2 мм, образованных железистыми клетками ***гепатоцитами,*** между которыми находится соединительная ткань, кровеносные и лимфатические сосуды и желчные протоки, сливающиеся в один общий печеночный проток (рис. 9.26).

Гепатоциты богаты митохондриями, элементами цитоплазматической сети и комплекса Гольджи, рибосомами и особенно отложениями гликогена. Они (гепатоциты) вырабатывают ***желчь*** (см. ниже), которая выделяется в желчные протоки печени, а также секретируют глюкозу, мочевину, белки, жиры, витамины и др., попадающие в кровеносные капилляры.

Через правую долю в печень входят печеночная арте-

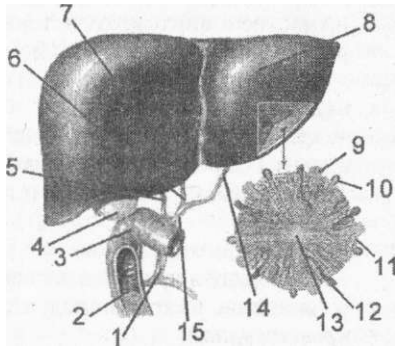


Рис. 9.26. **Строение печени:**

1 - общий желчный проток, 2 - фатеров сосок, 3 - двенадцатиперстная кишка, 4 - желчный пузырь, 5 - проток желчного пузыря, 6 - правый печеночный проток, 7 - правая доля печени, 8 - левая доля печени, 9 - ветвь печеночной вены, 10-желчный проток, 11 - гепатоциты, 12 - ветвь печеночной артерии, 13-внутридольковая вена, 14 - левый печеночный проток, 15 - общий печеночный проток

рия, воротная вена и нервы; на ее нижней поверхности располагается ***желчный пузырь*** объемом 40-70 мл, служащий для накопления желчи и периодического (во время приема пищи) ее впрыскивания в кишечник. Проток желчного пузыря соединяется с общим печеночным протоком, образуя ***общий желчный проток,*** который направляется вниз, сливается с протоком поджелудочной железы и открывается в двенадцатиперстную кишку.

• **Основные функции печени:**

• ***синтез и секреция желчи,***

• ***метаболическая.***

- участие в обмене *белков:* синтез белков крови, в том числе участвующих в ее свертывании, - фибриногена, протромбина и др.; дезаминирование аминокислот;
- участие в обмене *углеводов:* регуляция уровня сахара в крови путем ***синтеза*** (из избытка глюкозы) ***и депонирования гликогена*** под воздействием гормона инсулина, а также ***расщепление гликогена до глюкозы*** (под действием гормона глюкагона);
- участие в обмене *липидов:* активирование ***липазы,*** расщепляющей эмульгированные жиры, обеспечение всасывания жиров, депонирование избытка жира;
- участие в синтезе холестерина и ***витаминов*** А, B_{12}, депонирование витаминов А, О, К;
- участие в регуляции водного обмена;

• ***барьерная*** и ***защитная:***

- детоксикация (обезвреживание) и превращение в мочевину ядовитых продуктов распада белков (аммиака и др.), попадающих в кровь из кишечника и поступающих по воротной вене в печень;
- поглощение микробов;
- инактивация чужеродных веществ;
- выведение из крови продуктов распада гемоглобина;

• ***кроветворная:***

- печень эмбрионов (2-5-й месяцы) выполняет функцию кроветворения;
- печень взрослого человека накапливает железо, которое затем используется для синтеза гемоглобина;

• ***депо крови*** (вместе с селезенкой и кожей); может депонировать до 60% всей крови.

Желчь - продукт деятельности клеток печени; представляет собой очень сложную слабощелочную смесь веществ (воды, солей желчных кислот, фосфолипидов, желчных пигментов, холестерина, минеральных солей и др.; pH = 6,9-7,7), предназначенных для эмульгирования жиров и активирования ферментов их расщепления; имеет желтоватый или зеленовато-бурый цвет, который определяется желчными пигментами ***билирубином*** и др., образующимися при расщеплении гемоглобина. Печень вырабатывает в сутки 500-1200 мл желчи.

•> **Основные функции желчи:**

" создание щелочной среды в кишечнике;
• усиление двигательной активности (моторики) кишечника;
• дробление жиров на капельки **(эмульгирование),** что облегчает их расщепление;
" активизация ферментов кишечного сока и сока поджелудочной железы;
• облегчение Переваривания жиров и других веществ, нерастворимых в воде;
• активизация процессов всасывания в тонком кишечнике;
• оказание губительного действия на многие микроорганизмы.

Без желчи жиры и жирорастворимые витамины не могут не только расщепляться, но и всасываться.

Толстая кишка

Толстая кишка имеет длину 1,5-2 м, диаметр 4-8 см и располагается в брюшной полости и полости малого таза. В ней различают четыре отдела: ***слепую*** кишку с червеобразным отростком ***- аппендиксом, сигмовидную, ободочную*** и ***прямую*** кишки. В месте перехода тонкого кишечника в толстый располагается ***клапан,*** обеспечивающий однонаправленное движение содержимого кишечника. Прямая кишка заканчивается ***анальным отверстием,*** окруженным двумя ***сфинктерами,*** регулирующими опорожнение кишечника. Внутренний сфинктер образован гладкой мускулатурой и находится под контролем вегетативной нервной системы, наружный сфинктер образован кольцевой поперечнополосатой мышцей и контролируется центральной нервной системой.

Толстая кишка вырабатывает слизь, но не имеет ворсинок и почти лишена пищеварительных желез. В ней обитают ***симбиотические бактерии,*** синтезирующие органические кислоты, витамины групп В и К и ферменты, под действием которых происходит частичное расщепление клетчатки. Образующиеся при этом ядовитые вещества всасываются в кровь и по воротной вене поступают в печень, где обезвреживаются.

Основные функции толстой кишки: расщепление клетчатки (целлюлозы); всасывание воды (до 95%), минеральных солей, витаминов и аминокислот, вырабатываемых микроорганизмами; образование полутвердых каловых масс; перемещение их в прямую кишку и рефлекторное выведение через анальное отверстие наружу.

Основные пищеварительные ферменты

Ферменты	На что и как действуют	Место синтеза	Место действия
Амилазы	Расщепляют углеводы до дисахаридов	Слюнные железы	Ротовая полость, желудок (недолго)
Мальтаза	Расщепляет дисахариды до глюкозы		
Пепсин (действует только в кислой среде)	Осуществляет гидролиз белков; расщепляет сложные белки до более простых белков и полипептидов	Слизистая оболочка желудка	Желудок
Желатиназа	Расщепляет желатин (белок соединительной ткани)		
Химозин	Створаживает казеин молока		
Липаза (желудочная)	Расщепляет жиры молока до глицерина и жирных кислот		
Трипсин	Продолжают начатое в желудке расщепление белков и полипептидов до аминокислот; активны только в щелочной среде	Поджелудочная железа	Двенадцатиперстная кишка тонкого кишечника
Химотрипсин			
Липаза	Расщепляет эмульгированные желчью жиры до глицерина и жирных кислот		
Нуклеазы	Расщепляют нуклеиновые кислоты до нуклеотидов	Поджелудочная железа, тонкий кишечник	Тонкий кишечник
Амилазы	Расщепляют углеводы до дисахаридов	Слизистая оболочка топкого кишечника	Тонкий кишечник
Мальтаза	Расщепляет дисахариды до глюкозы		
Лактаза	Расщепляет молочный дисахарид лактозу до моносахаридов		
Инвертаза	Завершает расщепление Сахаров		

Всасывание

Всасывание - совокупность процессов, обеспечивающих перенос веществ из желудочно-кишечного тракта во внутреннюю среду организма (кровь, лимфу); в нем принимают участие клеточные органеллы: митохондрии, комплекс Гольджи, эндоплазматическая сеть.

•> **Механизмы всасывания веществ:**

- ***пассивный транспорт*** (диффузия, осмос, фильтрация), осуществляемый без затрат энергии, и
- ***активный транспорт***, требующий затрат энергии, источником которой служат молекулы АТФ (подробнее см. с. 36).

Посредством ***диффузии*** (она возникает вследствие разности концентраций растворенного вещества) в кровь проникают некоторые соли и небольшие органические молекулы;

фильтрация (наблюдаемая при повышении давления в результате сокращения гладкой мускулатуры кишечника) способствует всасыванию тех же веществ, что и диффузия;

посредством ***осмоса*** всасывается вода;

путем ***активного транспорта*** всасываются натрий, глюкоза, жирные кислоты, аминокислоты.

- **Отделы пищеварительного тракта, в которых происходит всасывание.** Всасывание различных веществ осуществляется на протяжении всего пищеварительного тракта, но интенсивность этого процесса в различных отделах неодинакова:
  - в **ротовой полости** всасывание незначительно вследствие кратковременного пребывания здесь пищи;
  - в **желудке** всасываются глюкоза, частично вода и минеральные соли, алкоголь, некоторые лекарственные препараты;
  - в **тонкой кишке** всасываются аминокислоты, глюкоза, глицерин, жирные кислоты и др.;
  - в толстой **кишке** всасываются вода, минеральные соли, витамины, аминокислоты.

•> **Эффективность всасывания** в кишечнике обеспечивается:

- ворсинками и микроворсинками (см. выше), которые в 30-40 раз увеличивают всасывающую поверхность тонкой кишки;
- высоким кровотоком в слизистой оболочке кишечника.

- **Особенности всасывания различных веществ:**
  - **белки** всасываются в кровь в виде растворов аминокислот;
  - **углеводы** всасываются в основном в виде глюкозы; наиболее интенсивно глюкоза всасывается в верхнем отделе кишечника. Кровь, оттекающая от кишечника, направляется по воротной вене в печень, где большая часть глюкозы превращается в гликоген и откладывается про запас;
  - **жиры** всасываются преимущественно в лимфатические капилляры ворсинок тонкого кишечника;

14 Так. 2103

- **вода** всасывается в кровь (наиболее интенсивно - **1** л за **25** мин - в толстом кишечнике);
- **минеральные соли** всасываются в кровь в виде растворов.

Регуляция пищеварения

Процесс пищеварения длится от 6 до 14 ч (в зависимости от состава и количества пищи). Регуляция и строгое согласование действий (двигательных, секреторных и всасывательных) всех органов пищеварительной системы в процессе пищеварения осуществляются с помощью нервных и гуморальных механизмов.

" Физиология пищеварения была детально изучена И.П. Павловым, разработавшим новый метод изучения желудочной секреции. За эти работы И.П. Павлову была присуждена Нобелевская премия (1904 г.).

Суть метода И.П. Павлова: оперативным путем изолируется часть желудка животного (например, собаки) так, чтобы в ней сохранились все вегетативные нервы и она обладала полноценной пищеварительной функцией, но чтобы пища в нее не попадала. В эту часть желудка вживляется фистульная трубка, через которую выделяющийся желудочный сок выводится наружу. Собирая этот сок и определяя его качественный и количественный состав, можно установить основные особенности процесса пищеварения на любом его этапе.

Пищевой центр совокупность структур, находящихся в центральной нервной системе, регулирующих потребление пищи; включает нервные клетки ***центров голода*** и ***насыщения,*** расположенных в гипоталамусе, ***центров жевания, глотания, сосания, слюноотделения, выделения желудочного и кишечного сока,*** расположенных в продолговатом мозге, а также нейроны ретикулярной формации и определенных областей коры больших полушарий головного мозга.

- Пищевой центр возбуждается и тормозится ***нервными импульсами,*** поступающими от рецепторов желудочно-кишечного тракта, зрения, обоняния, слуха и др., а также ***гуморальными агентами*** (гормонами и другими биологически активными веществами), поступающими к нему с кровью.

- **Регуляция слюноотделения -** ***сложнорефлекторная***\ включает безусловный и условно-рефлекторный компоненты.
- **Безусловный слюноотделительный рефлекс:** при попадании пищи в полость рта с помощью расположенных в этой полости ***рецепторов*** распознаются вкус, температура и другие свойства пищи. От рецепторов по чувствительным нервам возбуждение передается в ***центр слюноотделения,*** находящийся в продолговатом мозге. От него команда направляется к ***слюнным железам,*** в результате чего выделяется ***слюна,*** количество и качество которой определяется физическими свойствами и количеством пищи.

" **Условно-рефлекторная реакция** (осуществляется с участием коры больших полушарий головного мозга): слюноотделение, возникающее при отсутствии пищи в полости рта, но при виде или ощущении запаха хорошо знакомых продуктов питания или при упоминании об этой пище в разговоре (при этом вид пищи, которую мы никогда не пробовали, слюноотделения не вызывает).

- **Регуляция секреции желудочного сока -** ***сложнорефлекторная*** (включает условно-рефлекторный и безусловный компоненты) и ***гуморальная.***
- Сходным (сложнорефлекторным и гуморальным) образом осуществляется регуляция секреции ***желчи*** и ***сока поджелудочной железы.***
- **Условно-рефлекторная реакция** (осуществляется с участием коры больших полушарий головного мозга): секреция желудочного сока начинается задолго до поступления пищи в желудок при мыслях о еде, ощущении ее запаха, при виде накрытого стола и т.п. Такой сок И.П. Павлов назвал «запальным», или «аппетитным»; он готовит желудок к принятию пищи.

" Шум, чтение, посторонние разговоры тормозят условно-рефлекторную реакцию. Стресс, раздражение, ярость усиливают, а страх и тоска тормозят секрецию желудочного сока и моторику (двигательную деятельность) желудка.

- **Безусловный рефлекс:** усиление секреции желудочного сока в результате механического раздражения пищей (а также химического раздражения приправами, перцем, горчицей) рецепторов полости рта и желудка.
- **Гуморальная регуляция:** высвобождение слизистой оболочкой желудка (под воздействием продуктов переваривания пищи) гормонов (гастрина и др.), усиливающих секрецию соляной кислоты и пепсина. Гуморальные агенты - ***секретин*** (образуется в двенадцатиперстной кишке) и ***холецистокинин,*** стимулирующий образование пищеварительных ферментов.

- **Фазы желудочной секреции:** цефалическая (мозговая), желудочная, кишечная.
- **Цефалическая фаза** - первая фаза желудочной секреции, протекающая под контролем условных и безусловных рефлексов. Длится около 1,5-2 часов после приема пищи.
- **Желудочная фаза** - вторая фаза сокоотделения, во время которой секреция желудочного сока регулируется гормонами (гастрином, гистамином), образующимися в самом ***желудке*** и поступающими с током крови к его железистым клеткам.

- **Кишечная фаза** - третья фаза сокоотделения, во время которой секреция желудочного сока регулируется химическими веществами, образующимися в *кишечнике* и поступающими к железистым клеткам желудка с током крови.

- **Регуляция секреции кишечного сока** - ***безусловно-рефлекторная*** и ***гуморальная.***
- **Рефлекторная регуляция:** слизистая оболочка тонкого кишечника начинает рефлекторно выделять кишечный сок, как только кислая пищевая кашица поступает в начальный отдел кишечника.
- **Гуморальная регуляция:** выделение (под влиянием слабой соляной кислоты) внутренним слоем, выстилающим тонкую кишку, гормонов ***холецистокинина*** и ***секретина,*** стимулирующих секрецию сока поджелудочной железы и желчи.

Регуляция работы пищеварительной системы тесно связана с механизмами формирования целенаправленного пищевого поведения, в основе которого лежит чувство голода, или ***аппетит.***

9.11. Рациональное питание. Гигиена питания

Аппетит

Аппетит - это эмоциональное ощущение, связанное со стремлением к потреблению пищи.

Глюкостатическая теория аппетита (наиболее распространенная): в гипоталамусе имеются ***центры голода и насыщения,*** характеризующиеся высокой чувствительностью к изменению концентрации глюкозы в крови. Понижение содержания глюкозы приводит к возбуждению центра голода и формированию поведения, направленного на поиск и потребление пищи. После приема пищи и в процессе пищеварения концентрация глюкозы в крови повышается, что сопровождается возбуждением центра насыщения и угнетением центра голода. При этом сигналы о насыщении поступают в головной мозг с опозданием примерно в 20 минут; поэтому при быстрой еде существует возможность переедания.

Регуляция аппетита. Возбуждение ***пищевого центра*** инициирует стремление организма к пополнению своих пищевых ресурсов. Этот центр также регулирует выбор, потребление (или отказ от) пищи и начальные этапы пищеварения. Потребление пищи включает нервные и гуморальные механизмы, приводящие к появлению чувства насыщения.

- Чувство голода у человека ослабевает на третьи-четвертые сутки после начала голодовки, но из-за отсутствия пищи он быстро устает, у него появляются слабость и головокружение.

Расход энергии организмом человека

Суточный расход энергии организмом человека зависит от условий жизни, характера и количества выполняемой работы, состояния здоровья, пола, возраста и др. (см. таблицу).

- У детей удельные энергозатраты выше из-за повышенной интенсивности у них обменных процессов. Суточная потребность в энергии у них с возрастом меняется и у детей в возрасте от одного года до двух лет составляет 375-420 кДж на I кг массы тела, от 14 до 17 лет - 210-270 кДж.

Примерный суточный расход энергии при разных видах работ

Характер выполняемой работы	Расход энергии в сутки (кДж)
Человек в покое	6 000-6 500
Интеллектуальный труд (студенты, педагоги, врачи, ученые, служащие и др.)	9 000-12 500
Физическая работа средней тяжести (хирурги, водители, слесари, токари, фрезеровщики, крановщики и др.)	12 500-15 500
Тяжелая механизированная физическая работа (шахтеры, кузнецы, сельскохозяйственные рабочие и др.)	15 500-18 000
Тяжелая немеханизированная физическая работа (грузчики, землекопы, лесорубы, сталевары и др.)	18 000 и более

Основы рационального питания

Основные питательные вещества, поступающие в организм человека в составе ***пищевых продуктов***: белки, жиры, углеводы, минеральные соли, витамины.

Пищевые продукты - это то, чем питается человек: мясо, молоко, яйца, рыба, хлеб, крупы, овощи, фрукты и др.

- Пищевые продукты бывают ***растительного*** и ***животного*** происхождения, содержат разное количество пищевых веществ и имеют разную ***усвояемость*** и ***энергетическую ценность.***

Продукты животного происхождения - источники преимущественно белков (содержатся в мясе, рыбе, молоке и т.д.) и жиров (наибольшее их количество содержится в свином сале, сливочном масле, сметане, сырах и т.д.). Животные белки содержат ***незаменимые иминокислоты*** и усваиваются на 96%.

Продукты растительного происхождения (овощи, фрукты, ягоды и соки из них) - основные источники углеводов (около 80% сухого вещества), а также белков, жиров (в виде растительного масла), витаминов, ферментов и микроэлементов; клетчатка, пектиновые вещества и органические кислоты этих продуктов сти-

мулируют секрецию пищеварительных соков, способствуют перистальтике и опорожнению кишечника.

Незаменимые аминокислоты - восемь аминокислот (валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин; а в детском возрасте - еще аргинин и гистидин), которые не синтезируются в организме человека или синтезируются в недостаточном количестве.

- Отсутствие хотя бы одной из незаменимых аминокислот приводит к нарушению синтеза определенных белков и в результате к нарушению тех или иных физиологических функций организма (***пример***: отсутствие в пище лизина вызывает у детей задержку роста и истощение мышечной системы).

Полноценные белки - белки пищи, содержащие весь набор аминокислот, необходимых для синтеза белков в организме.

- К полноценным белкам относятся животные белки (белки яиц, мяса, молока, рыбы) и белки бобовых растений;
- другие растительные белки бедны незаменимыми аминокислотами.

- Усвояемость пищи. Пищевые вещества усваиваются организмом лишь частично; при этом:
  - растительная пища в целом усваивается хуже, чем пища животного происхождения;
  - смешанная пиша усваивается лучше, нем отдельные пищевые продукты;
  - белок животной пищи усваивается на 97%, растительной - на 85%, смешанной - на 92%;
  - лучшему усвоению пищи способствуют тщательная кулинарная обработка пищи, аккуратно и хорошо сервированный стол.
- Энергетическая ценность питательного вещества - величина, показывающая, на сколько джоулей увеличивается запас внутренней энергии человека при расщеплении 1 г данного питательного вещества.
  - Энергетическая ценность ***углеводов*** и ***белков*** равна в среднем 17 220 Дж, энергетическая ценность ***жиров -*** около 38 900 Дж.
  - Зная энергетическую ценность принятых с пищей белков, углеводов и жиров, можно рассчитать калорийность пищевого рациона человека, что важно для организации ***рационального питания.***
- Концепция сбалансированного питания:
  - « количество потребляемой человеком пищи должно быть таким, чтобы ее ***энергетическая ценность*** соответствовала его энергетическим затратам;
  - необходимо, чтобы в пище в определенных соотношениях присутствовали ***все нужные организму вещества*** - белки, углеводы, жиры, вода, минеральные соли, витамины, незаменимые аминокислоты (так, в питании детей младшего школьного возраста количество белков, жиров и углеводов должно соотноситься примерно как 1:1:5, в питании взрослых- как 1:1:4; см. также таблицу на с. 583);
  - важно, чтобы пищевые продукты соответствовали ***ферментному составу*** пищеварительного сока (в противном случае развиваются различные ферментопатологии; ***например,*** при недостатке фермента лактазы молоко вызывает диарею).

Нормы питания - это научно обоснованные и разработанные с учетом принципов сбалансированного питания нормы потребления всех необходимых человеку веществ - растительных и животных белков, углеводов, жиров, воды, минеральных солей, микроэлементов и витаминов в зависимости от пола и возраста человека, характера его работы, климатических условий и т.д.

Суточные нормы белков, жиров и углеводов в пище (г)

Возраст	Белки		Жиры	Углеводы
	общее количество	животного происхожден.		
5-7 лет	72-75	47	75-80	250-350
8-11 лет	75-95	56	80-95	350-380
12-14 лет	90-110	64	90-110	380-500
15-16 лет	100-120	68	90-110	420-450
взрослые	100-120	70	60-80	400-500

- Нормативное содержание белков, углеводов и жиров в школьном горячем завтраке: белков - 15-30 г, углеводов - 80- 100 г, жиров - 15-20 г.

Рациональное питание - питание, при котором количество и качество принимаемой пищи соответствует концепции сбалансированного питания, нормам и правильному режиму питания.

- Мясные и рыбные блюда, богатые белками и экстрактивными веществами, возбуждающе действующими на нервную систему, рекомендуется сочетать с растительными продуктами (крупами, овощами) и употреблять в первую половину дня. На ужин рекомендуются молочно-растительные блюда/
- В рационе белки и жиры животного происхождения должны составлять около 1/3, растительные белки и жиры - 2/3.

Режим питания - это режим приема пищи, при котором суточный рацион определенным (и неизменным в течение длительного периода) образом распределяется по времени суток.

- **Правильный режим питания:**
  - кратность приема пищи - 4 раза в сутки (не более 5);
  - интервалы между приемами пищи не должны превышать 5-6 часов;
  - пищу желательно принимать в одно и то же время (при этом образуется условный рефлекс выделения в нужное время желудочного сока, улучшающего пищеварение);
  - распределение суточного рациона: для школьников - 25-30% на завтрак, 15-20% на второй завтрак, 35% на обед, 20% на ужин, для взрослых - 25-30% на завтрак, 35-40% на обед, 10-15% на полдник, 20-25% на ужин.

Гигиена питания - наука о рациональном питании, обеспечивающем сохранение здоровья человека.

- Гигиенические требования включают: соблюдение режима и правильного рациона питания, правил хранения продуктов, правильное приготовление пищи, соблюдение правил личной гигиены.

Предупреждение заболеваний органов пищеварения и отравлений

- **Инфекционные заболевания** (ботулизм, брюшной тиф, дизентерия, сальмонеллез, холера и др.) вызываются и переносятся микроорганизмами, которые могут содержаться в инфицированных продуктах и воде, на предметах, которыми пользуется человек; распространителями этих микроорганизмов являются мухи и тараканы.

Многие болезнетворные бактерии в основном гибнут под влиянием слюны, желудочного сока и желчи. Однако *устойчивые* болезнетворные бактерии, попав в кишечник, начинают интенсивно размножаться. Выделяемые ими яды вызывают нарушение пищеварения, тяжелые отравления, кишечные кровотечения, образование язв на стенке кишки, ослабление перистальтики кишечника (в результате из-за потери воды возникает запор), воспаление толстого кишечника (приводит к нарушению всасывания воды и развитию поноса) и могут привести к смерти.

- Заболевших людей необходимо немедленно госпитализировать, а помещение, где находились больные и их вещи, тщательно продезинфицировать.

Лечат инфекционные желудочно-кишечные заболевания ***антибиотиками.*** При этом следует учитывать, что антибиотики убивают не только вредные, но и полезные бактерии, что может привести к нарушению пищеварения и авитаминозам. Поэтому после приема антибиотиков рекомендуется употребление кисломолочных продуктов и хлеба грубого помола, нормализующих пищеварение.

Ботулизм. Возбудитель - ***палочка ботулизма,*** выделяющая сильный яд, поражающий центральную нервную систему. Палочки ботулизма живут в кишечнике крупного рогатого скота, свиней, лошадей, грызунов, не вызывая у них заболевания; они могут заражать водоемы и находящуюся в них рыбу. Попадая в почву вместе с навозом, палочки ботулизма оказываются на овощах, грибах и других продуктах. ***Они активно развиваются без доступа воздуха в герметически закрытых консервных банках.*** Поэтому если консервная банка хотя бы немного вздута, ее содержимое непригодно к употреблению.

Ботулизм развивается через 12-14 ч после приема зараженной пищи. Заболевание начинается с головной боли, тошноты, рвоты, болей в животе, чувства слабости; температура тела остается в пределах нормы. Через 1-2 сут наступает расстройство зрения, паралич шейных и дыхательных мышц. Если болезнь не лечить, она может иметь смертельный исход.

Дизентерия вызывается неподвижными микробами рода Шигелла, которые могут сохраняться в воде до **30** суток, а в почве - несколько месяцев. Заболевание распространяется контактно-бытовым способом, через зараженную пищу или воду. Болезнь сопровождается ухудшением общего состояния, болями **в** животе, жидким стулом **(5-10** раз **в** сутки), иногда повышением температуры.

Сальмонеллез: возбудитель - ***стафилококк сальмонелла.*** Заражение происходит при контакте с крупным и мелким рогатым скотом, домашней птицей, кошками, собаками, а также через инфицированные продукты: мясо, молоко, яйца. Болезнь сопровождается повышением температуры, болями в животе, диареей (поносом) и рвотой.

Холера - особо опасное заболевание, поражающее только людей и распространяющееся контактно-бытовым способом или через пищу и воду; его возбудитель - ***холерный вибрион.*** Особенности холерного вибриона: хорошо сохраняется в воде, легко переносит холод, плохо выдерживает нагревание, ***погибает от хлорной извести (хлорки) или хлорамина.*** Заболевание сопровождается обильной рвотой, водянистым поносом, понижением температуры, резким обезвоживанием организма и нарушением обмена веществ. При угрозе холеры необходимо кипятить воду, молоко, а руки ополаскивать раствором хлорной извести.

- **Глистные заболевания (гельминтозы)** возникают при заражении яйцами паразитических червей (глистов). При гельминтозах возрастает поток чужеродных белков из пищеварительного тракта в кровь, что может привести к пищевым аллергиям. Эти аллергии, в свою очередь, могут вызвать бронхиальную астму, крапивницу, заболевания сердца, почек и г.д.

Заражение яйцами глистов происходит путем занесения их в пищеварительный тракт с немытых рук, плохо вымытых овощей и фруктов, непрожаренной рыбой или мясом и т.д.

- **Другие заболевания органов пищеварения.**

Гастрит - воспаление слизистой оболочки желудка вследствие ее раздражения алкоголем, недоброкачественными продуктами, лекарственными препаратами, острого отравления или пищевой токсикоинфекиии. Заболевание сопровождается чувством тяжести и боли в эпигастрии, отрыжкой кислым, тошнотой, рвотой (может быть с примесью крови), метеоризмом, изредка поносом.

Гепатиты (инфекционные и **токсические** - алкогольный, вызванный отравлением и т.п.) - воспалительные заболевания печени. Сопровождаются повышением уровня билирубина и ряда ферментов в крови, увеличением печени, быстрой усталостью.

Колит и **энтероколит** - воспаления слизистой оболочки толстой (колит) и тонкой (энтероколит) кишки. Их причины - инфекции различного происхождения, различные микроорганизмы, глисты, грубые нарушения режима и рациона питания, аллергии.

Панкреатит - заболевание поджелудочной железы, связанное с ее аутолизом, вызванным активацией ферментов вследствие злоупотребления жирной пищей или алкоголем или заболеваний желчного пузыря и желчевыводящих протоков. Заболевание сопровождается интенсивной тупой болью в эпигастрии, правом и/или левом подреберье (боль может быть'опоясывающей), бледностью кожи; частой рвотой, не приносящей облегчения.

Язвенная болезнь - хроническое рецидивирующее заболевание, при котором в желудке или двенадцатиперстной кишке образуется язва (реже две и более). Причины язвенной болезни - нарушение нервных и гуморальных механизмов, регулирующих секреторно-трофические процессы, вследствие нервного перенапряжения, грубого нарушения режима питания, чрезмерного употребления алкоголя, никотина и кофе, некоторых противовоспалительных препаратов.

- **Пищевые отравления** возникают при использовании недоброкачественных или несвежих продуктов питания (колбасных изделий, консервов и т.д.), ядовитых грибов (особенно опасны бледная поганка, мухомор и др.), ядовитых растений (белены черной, дурмана, белладонны, паслена, вороньего глаза, волчьего лыка и др.), при попадание в продукты или готовую пищу большого количества свинца, цинка (возможно при хранении в оцинкованной посуде кислых продуктов - кваса, квашеной капусты), меди, мышьяка, различных химикатов и т.д.
- **Признаки пищевого отравления:** недомогание, боли в желудке и кишечнике, рвота, понос.

Действия при пищевом отравлении: необходимо дать пострадавшему выпить 1,5-2 л воды с растворенными в ней несколькими кристалликами марганцовокислого калия, а затем освободить его желудок от ядов, вызвав рвоту надавливанием пальцами на корень языка. Рвоту следует вызывать до тех пор, пока вода из желудка не станет выходить без примесей пищи. После этого больного следует уложить в постель, тепло укрыть и ожидать врача.

- **Влияние курения и алкоголя на пищеварение:**
  - алкоголь и никотин возбуждают пищеварительные железы, увеличивая выделение пищеварительных соков;
  - при злоупотреблении алкоголем и никотином нарушается регуляция деятельности пищевых желез, пропадает аппетит, затрудняется пищеварение и усвоение пищи; часто нарушается выделение защитной слизи (в результате чего желудочный сок повреждает слизистую оболочку желудка, развивается воспаление слизистой желудка - ***гастрит,*** может образоваться язвя);
  - уксусный альдегид, образующийся в печени при обезвреживании этанола, поражает ее клетки, что приводит к неизлечимому заболеванию - ***циррозу печени,*** при котором пораженные клетки печени постепенно заменяются соединительной тканью.
- **Профилактические меры** против желудочно-кишечных заболеваний, гельминтозов и отравлений:
  - своевременно делать прививки;
  - регулярно проводить обследования на наличие глистов;
  - строго соблюдать режим и оптимальный рацион питания;
  - употреблять в пищу только доброкачественные продукты;
  - не злоупотреблять алкоголем и никотином;
  - хорошо прожаривать или отваривать мясо и рыбу;
  - перед употреблением тщательно мыть овощи и фрукты;
  - не пить сырую воду;
  - " держать еду закрытой;
  - соблюдать правила личной гигиены: мыть руки перед едой и после посещения туалета, систематически стричь ногти и т.д.;
  - уничтожать тараканов и мух.

9.12. Обмен веществ в организме человека

Пластический и энергетический обмен

В организм поступают воздух, вода и пища. В нем эти вещества преобразуются, и из организма выделяются излишки тепла, продукты обмена и непереваренные остатки пищи.

Обмен веществ - это совокупность всех химических изменений и всех видов превращений веществ и энергии в организме, обеспечивающих его развитие, жизнедеятельность, самовоспроизведение и связь с окружающей средой.

V ***Общие сведения об обмене веществ в организме приведены в п. 1.5*** (с. ***37).***

<• Основные виды обмена веществ:

- пластический обмен (***ассимиляция, анаболизм)*** и
- энергетический обмен (***диссимиляция, катаболизм).***

Пластический обмен (или **ассимиляция, анаболизм)** - это совокупность биохимических реакций ***образования сложных биополимеров*** из простых молекул, приводящих к обновлению структурных частей клеток и тканей и требующих ***затрат энергии.*** Пластический обмен включает:

- » поступление из внешней среды веществ, необходимых организму;
- превращение поступивших веществ в соединения, приемлемые для тканей организма;
- ***синтез сложных биополимеров*** (белков, нуклеиновых кислот и др.) из простых органических молекул;
- синтез структурных единиц клеток и замена устаревших структурных частей клеток и тканей;
- отложение (депонирование) в организме запасов питательных веществ.

Энергетический обмен (или **диссимиляция, катаболизм) -** совокупность биохимических реакций ***расщепления*** сложных органических веществ, поступающих с пищей.или имеющихся в самом организме, в результате которых, во-первых, из расщепляемых молекул ***извлекается*** необходимая организму ***энергия*** и, во-вторых, ***образуются простые соединения.*** Энергетический обмен включает:

- расщепление энергоемких соединений (углеводов, жиров, некоторых белков) и высвобождение заключенной в них энергии; при этом часть выделяемой энергии рассеивается в виде тепла, а часть запасается в форме высокоэнергетических фосфатных связей молекул АТФ, которые в дальнейшем обеспечивают энергией синтез необходимых организму молекул органических веществ, поддержание жизнедеятельности организма и совершение им работы (мышечной и умственной);
- расщепление сложных биополимеров (белков, углеводов) до простых соединений, служащих исходным материалом для синтеза сложных биополимеров в процессе ассимиляции;
- распад устаревших тканевых элементов;
- выведение продуктов распада из организма;
- мобилизация запасов организма.

Процессы ассимиляции и диссимиляции взаимосвязаны и в организме протекают одновременно. При этом в различные периоды жизнедеятельности какой-то из видов обмена может преобладать.

Например, в период интенсивного роста организма преобладают процессы пластического обмена, а во время совершения интенсивной физической работы -- процессы энергетического обмена.

Обмен белков

Молекулы белков образуются из молекул 20 различных аминокислот, соединяющихся между собой в той или иной последовательности посредством пептидных связей. Каждому белку соответствует определенное количество каждой из этих аминокислот и определенная последовательность их соединения в полипептидную цепь. Число подобных комбинаций аминокислот, различающихся их количеством и последовательностью, а значит, и число различных белков, очень велико. Поэтому каждый человек имеет свойственный только ему набор белков.

- Такая специфичность в наборе белков делает организм очень чувствительным к чужеродным белкам, которые при попадании во внутреннюю среду организма вызывают немедленную негативную реакцию его иммунной системы.

- **Функции белков в организме человека:**
  - транспортная (гемоглобин переносит 0_2);
  - защитная (входят в состав клеточных мембран; белковые антитела участвуют в иммунном процессе);
  - " каталитическая (все ферменты - белки);
  - двигательная (актин и миозин - сократительные белки мышц);
  - регуляторная (гормоны, участвующие в регуляции процессов жизнедеятельности организма, - белки);
  - энергетическая (при расщеплении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии);
  - являются строительным материалом (основной компонент соединительной ткани);
  - входят в состав различных органелл клеток;
  - определяют индивидуальные особенности организма.

Поступившие с пищей белки в желудочно-кишечном тракте расщепляются на аминокислоты, которые всасываются в кровь и поступают по воротной вене в печень, а затем разносятся к тканям и органам. Большая часть аминокислот используется клетками для образования собственных белков. Небольшая часть аминокислот подвергается расщеплению с выделением энергии. Некоторые необходимые человеку (незаменимые) аминокислоты его организмом не синтезируются.

^ О незаменимых аминокислотах и полноценных белках см. с. 582.

- Таким образом, ***обмен белков состоит в расщеплении не свойственных организму (чужеродных) или поврежденных собственных белков и синтезе белков, необходимых организму.***

- **Особенности обмена белков:**
  - так как аминокислоты не образуются ни из жиров, ни из углеводов, то недостаток белков в пище невосполним;
  - в запас в организме белки не откладываются;
  - у взрослого человека общее количество синтезируемых белков равно количеству расщепляемых; однако у детей в связи с ростом их тела синтез белков превышает их распад.

Конечные продукты обмена белков: вода, углекислый газ, аммиак NH_3 (в печени превращается в мочевину), мочевина, мочевая кислота, сероводород H_2S и различные азотистые соединения; они выводятся из организма с мочой, потом и выдыхаемым воздухом.

Рекомендация Всемирной организации здравоохранения: взрослый человек должен ежедневно употреблять не менее 0,75 г белка на 1 кг массы тела; в период роста организма потребность в белках значительно выше.

В настоящее время аминокислотный состав белков различных пищевых продуктов изучен достаточно хорошо, поэтому имеется возможность так комбинировать продукты питания, чтобы человек получал все жизненно необходимые аминокислоты в нужных количествах и сочетаниях.

Обмен углеводов

Обмен углеводов представляет собой совокупность процессов превращения углеводов в организме.

- **Функции углеводов в организме человека:**
  - энергетическая: ***углеводы - основной источник энергии для организма*** (глюкоза);
  - структурная (входят в состав нуклеиновых кислот, полисахаридов и цитоплазмы; необходимы для образования новых клеток);
  - без глюкозы невозможна нормальная работа мозга;
  - глюкоза в крови участвует в регуляции осмотического давления.

/ Снижение количества глюкозы в плазме крови с 0,1 до 0,08% приводит к нарушениям в деятельности нервной системы, сердца, мышц, а до 0,05% - к потере сознания, судорогам и смерти.

При окислении 1 г глюкозы в присутствии кислорода образуется двуокись углерода и вода и выделяется 17,6 кДж энергии, которая расходуется на образование молекул АТФ и на поддержание постоянной температуры тела. При распаде 1 г АТФ на аденозиндифосфорную кислоту и фосфат H_3PO_4 выделяется 0,17 кДж энергии, которая расходуется на мышечные сокращения, активный мембранный транспорт или синтез органических молекул.

- Возможен распад глюкозы без участия кислорода (такой режим реализуется, например, во время спринтерского бега), когда количество выделяемой энергии относительно невелико, но образуется она очень быстро.

В организм углеводы попадают в виде полисахаридов (крахмала, гликогена), дисахаридов (сахара) и моносахаридов. В течение жизни человек потребляет около 10 т углеводов в составе, в основном, пищи растительного происхождения - хлеба, овощей, фруктов, круп, макаронных изделий; в продуктах животного происхождения (за исключением молока) углеводов мало.

В пищеварительном тракте человека под воздействием ферментов слюны, поджелудочного и кишечного соков сложные углеводы распадаются до моносахаридов (важнейший из них - глюкоза), которые всасываются в ворсинки тонкого кишечника, откуда они попадают в кровь и поступают в клетки тканей и органов.

В крови содержание глюкозы поддерживается на относительно постоянном уровне. При увеличении ее концентрации избыток глюкозы превращается (в печени и частично в мышцах) в гликоген и откладывается «про запас», при снижении концентрации гликоген распадается с высвобождением глюкозы.

- При избытке потребления углеводов многие из них превращаются в жиры и откладываются в запас, при недостатке потребления они образуются в организме из белков и жиров.

В **регуляции** концентрации глюкозы в крови главная роль принадлежит гормонам поджелудочной железы и надпочечников.

Продукты распада углеводов - вода и двуокись углерода; выводятся из организма через почки (H_2O) и легкие (CO_2).

Обмен жиров

Обмен жиров представляет собой совокупность процессов превращения жиров в организме.

- **Функции жиров в организме человека:**
  - энергетическая: жиры - самые энергоемкие органические соединения (при их распаде высвобождается энергии в 2 раза больше, чем при распаде углеводов или белков) и являются одним из источников энергии для многих органов (печени, почек, мышц);
  - защитная: жировая ткань защищает внутренние органы от механических и температурных воздействий;
  - структурная (жиры входят в состав цитоплазмы, ядра, клеточных мембран, биологически активных веществ);
  - двигательная: участвуют в обеспечении мышечных сокращений;
  - проводящая: участвуют в проведении нервных импульсов;
  - с жирами в организм поступают необходимые человеку витамины (А, Э, Е, К).

В организм человека жиры поступают в составе животной и растительной пищи; они также могут синтезироваться го углеводов и

белков в самом организме. Жиры растительного происхождения жидкие, а животного - твердые (при комнатной температуре). Животные и растительные жиры содержат незаменимые вещества, в частности, жирорастворимые витамины и непредельные жирные кислоты, необходимые для правильного функционирования организма.

В желудочно-кишечном тракте пищевые жиры под действием ферментов желудочного, поджелудочного и кишечного соков (при участии желчи, эмульгирующей жиры) расщепляются на глицерин и жирные кислоты и всасываются в ворсинки стенок тонкого кишечника. В эпителиальных клетках ворсинок из глицерина и жирных кислот синтезируются жиры, свойственные данному организму. Образованные жиры в виде эмульсии поступают в лимфатические сосуды и через грудной лимфатический проток - в кровь.

В клетках тканей жиры используются как строительный материал при образовании клеточных мембран; там же под действием ферментов они способны снова превращаться в глицерин и жирные кислоты, которые используются для пластических и энергетических нужд организма.

Продукты распада жиров - вода и двуокись углерода; выводятся из организма через почки (H_20) и легкие ($C0_2$).

Содержание жиров в организме человека составляет 10-30% и зависит от массы тела, характера питания, двигательной активности, возраста и пола. Избыток жиров откладывается в подкожной жировой клетчатке, образуя жировые депо, содержащие запасы жира на многие сутки.

Рекомендация Всемирной организации здравоохранения: взрослый человек должен ежедневно употреблять 0,5-0,75 г жиров на 1 кг массы тела.

Обмен воды и минеральных веществ

Обмен воды и минеральных веществ (водно-солевой обмен) - совокупность физико-химических процессов распределения воды и ионов химических элементов и неорганических веществ между организмом и внешней средой, а также между жидкими фазами организма.

Вода составляет около 65% массы тела взрослого человека (у детей - до 80%); она растворяет питательные вещества, поступающие в организм, принимает участие практически во всех обменных реакциях, является важнейшим компонентом внутренней среды (составляет основную часть плазмы крови, лимфы, тканевой жидкости) и транспортным средством (переносит растворы веществ по всему организму), входит в состав пищеварительных соков, участвует в регуляции температуры тела (при ее испарении с поверхности кожи тело охлаждается) и т.д.

Водный баланс - это отношение количества воды, потребленной организмом за сутки, к количеству воды, выделенной им за то же время.

- При комфортной температуре окружающей среды (+20 °С) для нормальной жизнедеятельности организма человеку в сутки необходимо 2-2,5 л воды.
- Поступление воды должно полностью покрывать ее расход.
- Без воды человек может прожить не более 14 дней.

В организм ***вода поступает*** при питье (около 1 л) и с жидкой пищей (около I л) и последующем ее всасывании из пищеварительного тракта; часть воды (300—350 мл) образуется в самом организме при обмене белков, жиров и углеводов.

Из организма ***вода выводится*** (ниже приведены суточные расходы воды):

- почками в составе мочи (1,2-1,5 л);
- потовыми железами через кожу с потом (500-700 мл);
- легкими в виде водяных паров (в среднем 350 мл воды, а при частом и глубоком дыхании - до 700-800 мл);
- через кишечник с калом (в норме так выводится 100-150 мл воды; при расстройстве всасывания воды - **диарее** — выведение жидкости резко возрастает, что может привести к обезвоживанию организма).

Минеральные вещества - необходимые компоненты организма человека, общая масса которых составляет около 4% массы тела человека; они входят в состав цитоплазмы клеток, плазмы крови, лимфы, тканевой жидкости, пищеварительных соков, обеспечивают возбудимость и проводимость нервной ткани, сократимость мышц и т.д. В частности:

- железо является важнейшим компонентом гемоглобина;
- йод входит в состав гормонов щитовидной железы;
- калий, натрий, кальций и хлор (ионы K^+, Ca^{2+}, СГ) необходимы для возбуждения нервных и мышечных клеток;
- кальций, кроме того, обеспечивает нормальное сокращение мышц, влияет на свертываемость крови, участвует в обмене белков и жиров, его соли входят в состав костной ткани;
- кобальт содержится в витамине B_{12};
- магний входит в состав костей;
- медь содержится в составе многих ферментов, обеспечивающих работу нервной системы;
- натрий и хлор (ионы Ыа', СГ) создают осмотическое давление, влияющее на распределение воды между клетками;
- фосфаты входят в состав ДНК, РНК, АТФ, костей;
- фтор входит в состав дентина и эмали;
- " хлор входит в состав соляной кислоты желудочного сока.

^ В сутки в организм человека должно поступать не менее 8 г натрия, 5 г хлора, 3 г калия, 2 г фосфора, 1 г кальция, 0,2 г железа.

Регуляция обмена веществ

- **Механизмы регуляции обмена веществ:**
  - ***нервный*** (ведущий) - под управлением центральной нервной системы; высшим подкорковым центром регуляции обмена веществ является ***гипоталамус;***
  - ***гормональный*** - гормонами щитовидной и поджелудочной желез, надпочечников и др.
- **Регуляция обмена белков:** влияние гипоталамуса на обмен белков осуществляется через гипофиз:
  - ***прямое*** влияние на обмен белков оказывает соматотропный гормон гипофиза;
  - ***опосредованное*** влияние осуществляется путем увеличения выработки передней долей гипофиза тиреотропного гормона, который приводит к увеличению синтеза щитовидной железой специфических регуляторов белкового обмена - тироксина и трийодтиронина.
- **Регуляция обмена жиров** осуществляется гипоталамусом путем контроля деятельности щитовидной и половых желез.
- **Регуляция обмена углеводов:**
  - ***нервная*** регуляция осуществляется гипоталамусом через автономную нервную систему, симпатический отдел которой стимулирует мозговой слой надпочечников, выделяющий адреналин;
  - ***гормональная*** регуляция осуществляется поджелудочной железой, гормон инсулин которой способствует выводу углеводов из кровеносного русла в запас; другие гормоны, вырабатываемые различными железами, обеспечивают обратный процесс - выход глюкозы в кровь.

Витамины

Витамины - низкомолекулярные органические вещества, обладающие высокой биологической активностью и необходимые для нормальной жизнедеятельности организма.

- **Свойства витаминов:**
  - они входят в состав молекул многих ферментов и некоторых физиологически активных веществ;
  - регулируют процессы обмена веществ;
  - действуют в малых количествах;
  - " являются непрочными соединениями: быстро разрушаются при нагревании пищевых продуктов;
  - не являются (в отличие от белков, углеводов и жиров) источником энергии или материалом для биосинтеза.

Существование витаминов установлено в 1881 г. русским врачом Н.И. Луниным в опытах по питанию животных чистыми жирами, углеводами и белками; впервые в чистом виде витамин (тиамин) получен польским ученым К. Функом в 1912 г.

В настоящее время известно около 80 витаминов. Их обозначают заглавными буквами латинского алфавита: А, $B_ь$ В?, B_6, $B_{,2}$, С, Э, Е, Н, К, Р.

Источником большинства витаминов служат растения; человек и животные получают такие витамины с пищей (как растительной, так и животной). Некоторые витамины вырабатываются микрофлорой кишечника.

- **Заболевания,** обусловленные ненормальным содержанием витаминов в организме, - ***авитаминозы, гиповитаминозы*** и ***гипервитаминозы',*** они сопровождаются нарушением обмена веществ.

Авитаминозы - заболевания, вызванные отсутствием в организме тех или иных витаминов.

Гиповитаминозы - заболевания, вызванные длительной нехваткой в пище витаминов или плохим их усвоением организмом.

Гипервитаминозы - заболевания, вызванные избыточным поступлением витаминов в организм; чаще всего развиваются при бесконтрольном приеме синтетических витаминных препаратов или при приеме в пищу продуктов, содержащих большое количество того или иного витамина (например, чрезмерное употребление овощей, печени морских животных может вызвать гипервитаминоз А).

- Гипервитаминозы проявляются как тяжелые отравления организма. Наиболее токсичны витамины А, B_{12} и О (так, витамин $B_{|2}$ в больших дозах вызывает сильные аллергические реакции).
- **Две основные группы витаминов:** ***растворимые в жирах*** и ***растворимые в воде.***
- **Жирорастворимые витамины** (витамины А, О, Е, К).

Витамин А (ретинол) участвует в окислительно-восстановительных реакциях; необходим для обеспечения роста организма, развития эпителиальной, костной, нервной ткани, для синтеза зрительного пигмента ***родопсина*** и др. Необходимая человеку суточная доза 1,0-1,5 мг. Витамин А содержится в животной пище - молоке, сливочном масле, печени крупного рогатого скота, рыбьем жире. В организме человека витамин А синтезируется в печени из природного пигмента ***каротина,*** содержащегося в свежих овощах - моркови, помидорах, перце, шпинате, салате и др.

- Признаки гипо- и авитаминоза А: задержка роста у детей, нарушение формирования зубов и волос, сухость и помутнение

роговицы глаза, «куриная слепота» (нарушение сумеречного зрения), сухость кожи, снижение устойчивости эпителиальных клеток к раздражающим факторам и, как следствие, появление на коже язв, снижение сопротивляемости к заболеваниям.

Витамин 1) (кальциферол) стимулирует образование костной ткани, регулирует обмен кальция и фосфора; содержится в рыбьем жире, печени, желтке куриного яйца; образуется в коже из ***эргостерина*** под действием ультрафиолетовых лучей. Необходимая суточная доза: у детей - 0,0125 мг, у взрослых - 0,003-0,005 мг.

- При гипо- и авитаминозе О развивается рахит; его признаки: понижение содержания кальция в костях, у детей наблюдается незарастание родничков, замедление роста зубов, происходит размягчение, а затем искривление костей ног, деформация грудной клетки, резкое ослабление мускулатуры; повышается восприимчивость к инфекциям.
- Для предупреждения и лечения рахита используется облучение тела кварцевой лампой в сочетании с приемом специальных витаминных препаратов и продуктов, богатых витамином Б.

Витамин Е (токоферол) является антиоксидантом (антиокислителем), участвует в функциональной активности мышц и половой системы; содержится в зародышах пшеницы, ржаной муке, зеленых овощах, печени. Необходимая суточная доза - 10-12 мг.

* При недостатке в организме витамина Е наблюдается **мышечная дистрофия,** нарушения беременности.'

Витамин К1 (филлохинон) участвует в синтезе протромбина; содержится в зеленых листьях капусты, салата и крапивы, в моркови, томатах, свиной печени; синтезируется кишечной микрофлорой. Необходимая суточная доза - 1 мг.

- При недостатке витамина К! ухудшается свертываемость крови, появляются кровоточивость и кровоизлияния.

• Водорастворимые витамины (витамины группы В, в которую входит более 15 витаминов, а также витамины С, Р, Н).

Витамин В1 **(тиамин)** участвует в процессах тканевого дыхания (цикле Кребса), в регуляции обмена белков, жиров и углеводов, повышает активность ферментов, обеспечивающих использование продуктов неполного окисления, важен для работы нервной и мышечной систем. Содержится в оболочках и зародышевой части зерен риса, пшеницы, ржи, в семенах бобовых, дрожжах, орехах, печени, почках, сердце, яичном желтке и др. Необходимая суточная доза - 1,5-2,5 мг.

- При гипо- и авитаминозе В, происходит накопление недоокисленных продуктов в мышечной и нервной системах, что вызывает болезнь **«бери-бери»** («ножные оковы»), которая сопровождается сердечно-сосудистыми нарушениями, отеками, воспалениями нервов и нарушением проводимости по нервным волокнам, приводящим к судорогам, атрофии мышц и параличу конечностей.

Витамин B_2 (рибофлавин) участвует в окислительно-восстановительных реакциях и регуляции обмена веществ; содержится в пивных дрожжах, пшеничных отрубях, в печени, сердце, молоке, яйцах, томатах, шпинате, капусте и др. Необходимая суточная доза - 2-3 мг.

- Признаки гипо- и авитаминоза B_2: поражение роговицы и хрусталика глаза, нарушение зрения, повреждение слизистых оболочек полости рта, задержка роста, нарушение углеводного обмена, дерматит.

Витамин B_5 (пантотеновая кислота) входит в состав коэнзима А; содержится в зерновых, бобовых, печени, яйцах. Необходимая суточная доза - 5-10 мг.

- При гипо- или авитаминозе B_5 наблюдаются дерматозы, нарушение нервно-мышечной координации и процессов роста.

Витамин B_6 (пиридоксин) участвует в азотистом и жировом обмене, синтезе серотонина, в регуляции обмена аминокислот. Содержится в дрожжах, зерновых и бобовых культурах, мясе, сыре, рыбе; синтезируется микрофлорой кишечника. Необходимая суточная доза - 2,5-3,5 мг.

- Признаки гипо- и авитаминоза B_6: потеря аппетита, повышенная раздражительность, сонливость, дерматиты на лице, нарушения белкового обмена.

Витамин B_9 (фолиевая кислота) участвует в обмене нуклеиновых кислот; содержится в печени, почках, сырах, яйцах, белой рыбе. Необходимая суточная доза - 0,4-0,6 мг.

- При недостатке в организме фолиевой кислоты развивается **анемия** (сложная форма малокровия), особенно у беременных женщин.

Витамин B_{12} (цианкобаламин) участвует в синтезе РНК, в регуляции обмена белков, жиров и углеводов; содержится в печени рыб, свиней, крупного рогатого скота, в мясе, твороге, сырах, яйцах; вырабатывается микроорганизмами кишечника. Необходимая суточная доза - 2-4 мг.

- При гипо- и авитаминозе B_{12} нарушается образование эритроцитов, развивается **злокачественная анемия;** лечится препаратами, содержащими кобальт, необходимый для синтеза витамина $B1_2$.

Витамин С **(аскорбиновая кислота)** необходим для синтеза белков соединительной ткани (входящих в состав кожи и десен) и антител крови; повышает сопротивляемость организма к инфекционным заболеваниям. Содержится в свежих овощах и фруктах (черной смородине, шиповнике, лимонах, клюкве, зеленом луке,

картофеле, капусте, красном перце и др.). В 1928 г. выделен в чистом виде, в 1933 г. получен путем химического синтеза. Малоустойчив, быстро окисляется и теряет биологическую активность; в долго хранящихся продуктах и в пище, подвергшейся длительной кулинарной обработке, его содержание невелико (исключение - квашеная капуста). Необходимая суточная доза - 50-100 мг; во время эпидемий вирусных инфекционных заболеваний эту дозу можно увеличить в 3-5 раз.

- При гипо- и авитаминозе С развивается **цинга.** Эта болезнь характеризуется повышенной утомляемостью, кровоточивостью десен; на более поздней стадии - кровоточащими язвами на слизистой оболочке рта и коже, расшатыванием и выпадением зубов, кровоизлияниями, снижением иммунитета. При длительном отсутствии витамина С человек может погибнуть.

Витамин РР, или **B_3 (никотиновая кислота),** входит в состав ферментов, участвует в переносе электронов в ряде обменных процессов; содержится в говядине, печени, почках, сердце, рыбе (лосось, сельдь), в зародышах зерен пшеницы, пивных дрожжах. Необходимая суточная доза - 15-25 мг.

- При гипо- и авитаминозе РР возникает заболевание **пеллагра,** характеризующаяся потерей вкуса, шумом в ушах, воспалением кожи, поражением слизистых оболочек полости рта и языка, поносом, нарушением психики (вплоть до слабоумия).

Витамин Н (биотин) участвует в синтезе белков, жирных кислот и т.д.; содержится в дрожжах, печени, яичном белке, синтезируется кишечной микрофлорой (бифидобактериями и др.). Необходимая суточная доза - 0,15-0,25 мг.

- При гипо- и авитаминозе Н появляются мышечные боли, возникают заболевания кожи, происходят нарушения белкового и углеводного обмена.

Суточная потребность человека в некоторых витаминах (мг)

Возраст	Витамины						
	A	B1	B_6	B12	PP	C	
7-12 лет	1,5	1,5	3,0	1,5	15	60	0,0125
13—15 лет	1,5	2,0	3,0	2,0	20	70	
16-18 лет	1,5	2,5	3,5	2,0	25	70	0,003
взрослые	1,5	2,0	2,5	2,0	15	70	

Сохранение витаминов в пище зависит от ее кулинарной обработки, условий и длительности хранения. Наименее устойчивыми являются витамины А (быстро разрушается в процессе варки и сушки), С (разрушается при нагревании и соприкосновении с воздухом и металлическими поверхностями) и группы В (при термической обработке пищи их количество в мясе снижается до ~ 60%, в растительной пище - до ~ 20%).

- **Способы сохранения витаминов** в пищевых продуктах:
  - консервирование (сохраняет продукты со сравнительно небольшими потерями витаминов);
  - квашение овощей и фруктов (в процессе молочнокислого брожения образуется молочная кислота, способствующая сохранению в продуктах витамина С);
  - замораживание с образованием в цитоплазме клеток кристаллов льда;
  - вакуумная сушка, проводящаяся в условиях разрежения при температуре не выше +50 °С (обеспечивает сохранность витаминов в наибольшей степени).

9.13. Выделительная система

Общая характеристика выделительной системы

- **Необходимость выделительных процессов** в организме:
  - некоторые из веществ, образующихся в процессе обмена из пищи, не используются организмом **(конечные продукты обмена),** и их накопление во внутренней среде организма привело бы к его отравлению;
  - необходимо удалять из организма попадавшие в него токсичные чужеродные вещества **(ксенобиотики)** - никотин, алкоголь, многие лекарственные препараты, яды и др.

Выделительные процессы - процессы, обеспечивающие удаление из организма конечных продуктов обмена веществ и ксенобиотиков и тем самым способствующие поддержанию постоянства внутренней среды организма и оптимальных условий для жизнедеятельности клеток (см. также с. 363).

- **Органы, обеспечивающие процессы выделения у человека:**
  - ***мочевыделительная система*** (играет основную роль в выделительных процессах) выводит из организма жидкие продукты обмена и ксенобиотики;
  - ***потовые железы*** выводят из организма воду и растворы минеральных веществ;
  - ***легкие*** выделяют в атмосферу газообразные продукты обмена - углекислоту и водяные пары, а также пары алкоголя при опьянении, пары эфира после наркоза и т.д.;
  - ***кишечник*** участвует в выведении из организма твердых продуктов обмена - солей тяжелых металлов, продуктов распада гемоглобина и др. (см. также с. 369).

Органы мочевыделительной системы

Состав мочевыделительной системы: две почки, два мочеточника, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал.

Почки человека - парные органы, расположенные в задней части брюшной полости на уровне поясницы по обеим сторонам от позвоночника.

Мочеточник - выводной проток почки, соединяющий почечную лоханку с мочевым пузырем и представляющий собой полую трубочку, стенка которой образована гладкой мускулатурой. По мочеточнику моча из почки непрерывно поступает в мочевой пузырь, при этом движение мочи происходит в результате волнообразно распространяющихся (перистальтических) сокращений мышц.

Мочевой пузырь представляет собой полый мышечный орган, в котором накаливается моча (до 800 мл) перед периодическим выводом ее из организма. Стенка мочевого пузыря состоит из гладкомышечных клеток; при наполнении пузыря мочой она растягивается и утончается. Выход из мочевого пузыря в мочеиспускательный канал перекрывается клапаном - ***сфинктером.***

Мочеиспускательный канал (уретра) - отходящая от мочевого пузыря мышечная трубочка, по которой моча выводится за пределы организма.

Сфинктер - кольцевая мышца, сокращение которой препятствует вытеканию мочи из мочевого пузыря.

Строение и функции почек

Строение почек. Каждая почка имеет форму боба длиной около 10 см, обращенного вогнутой стороной к пояснице. Она состоит из внешнего темного слоя, образованного ***корковым веществом,*** внутреннего светлого ***мозгового вещества*** и покрыта капсулой, к которой снаружи прилежит слой жировой клетчатки (см. рис. 8.13, с. 367). На верхнем полюсе почки расположен ***надпочечник*** (железа внутренней секреции). Корковое вещество в виде столбиков входит в мозговое вещество и делит его на 15-20 **почечных пирамид,** вершины которых направлены внутрь почки. Ог вершины каждой из пирамид мозгового вещества отходит мочевыводящий каналец, впадающий в небольшую полость внутри почки - **почечную лоханку,** в которой собирается моча. С вогнутой стороны почки к почечной лоханке примыкает глубокая выемка - **ворота почки,** через которую в почку входит ***почечная артерия*** и выходят ***почечная вена*** и ***мочеточник*** (мочеточник берет начало в почечной лоханке).

По почечной *артерии* в почку поступает *неочищенная* кровь, по почечной *веке очищенная* от жидких продуктов распада кровь из почки поступает в кровеносную систему, по мочеточнику удаляемые вещества а виде мочи поступают в мочевой пузырь.

Структурно-функциональной единицей почки, осуществляющей всю совокупность процессов образования мочи, является ***нефрон.*** Одна почка человека содержит около миллиона нефронов.

Нефрон состоит из небольшого ***почечного тельца*** (находится в корковом веществе) и разветвленной системы ***канальцев*** (рис. 9.27). Почечное тельце образовано ***капсулой*** в виде двустенной чаши, внутри которой находится клубок кровеносных капилляров ***(мальпигиев клубочек).*** Между стенками капсулы имеется полость, от которой начинается длинный извитой ***каналец нефрона первого порядка,*** проходящий через корковое вещество почки в мозговое вещество. Стенка канальца состоит из одного слоя плоских эпителиальных клеток. На границе коркового вещества этот каналец выпрямляется, сужаегся и глубоко проникает в мозговое вещество. Затем, повернувшись на 180°, он следует в обратном направлении, образуя петлю **Генле.** После этого каналец вновь входит в корковое вещество, где расширяется и приобретает изгибы, переходя в ***каналец второго порядка,*** и впадает в ***собирательную трубочку.*** Общая длина канальцев одного нефрона составляет 50—55 мм, а общая фильтрующая поверхность одной почки - до 3 м\

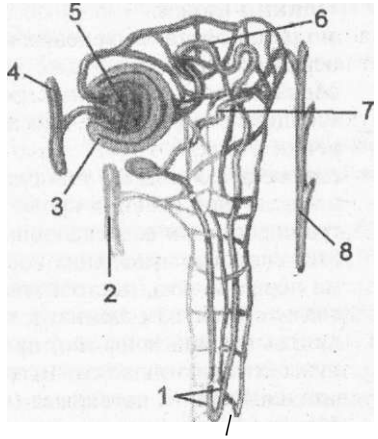


Рис. 9.27. Строение нефрона:
1 - петля Генле; 2 - вена; 3 - капсула; 4 - артерия; 5 - мальпигиев клубочек; 6 - извитой каналец I порядка; 7 - извитой каналец II порядка; 8 - собирательная трубочка

Собирательная трубочка (или **собирательный проток)** представляет собой канал, в который впадают канальцы второго порядка нескольких десятков нефронов. Собирательные трубочки направляются в почечную лоханку.

Ток крови в ночке. Почечная ***артерия,*** войдя в ворота почки, ветвится на мелкие артериолы. Каждая из артериол заходит в одну из капсул, где образует капиллярный клубочек, состоящий из примерно 50 ***первичных капилляров.*** Затем эти капилляры объединяются, переходя в выносящую артериолу. которая выходит из капсулы и вновь разветвляется на ***вторичные капилляры,*** густо оплетающие извитые канальцы первого порядка, петлю Генле и канальцы второго порядка. Из капилляров кровь поступает в мелкие венулы, которые сливаются в почечную ***вену,*** впадающую

в нижнюю полую вену. Кровоток через каждую почку составляет около 0,6 л (10-12% объема всей крови) в минуту.

Масса почки человека составляет около 150 г.

- **Функции почек:**
  - ***фильтрующая:*** выведение из организма избытка воды и минеральных солей, а также продуктов обмена (мочевины, мочевой кислоты и др.), чужеродных, и ядовитых веществ, образующихся в организме или принятых в виде лекарств, при курении и т.п.;
  - ***гомеостатическая***: участие в процессах регуляции кислотно-щелочной реакции крови (при увеличении в крови концентрации кислых или щелочных продуктов обмена увеличивается скорость выведения соответствующих солей из организма через почки), постоянства ионного состава крови (происходит с участием аммиака, который замещает в кислых продуктах обмена ионы натрия и калия K^+, сохраняя их для нужд организма), постоянства объема крови, лимфы и тканевой жидкости в организме (волюморегуляция) а также осмотического давления крови (осморегуляция);
  - ***синтезирующая***: синтез и выделение в кровь некоторых биологически активных веществ (фермента ***ренина,*** участвующего в биохимических реакциях расщепления белков плазмы, а также гормонов ***эритропоэтина,*** стимулирующего кроветворение, ***ангиотензина*** и др.); в почках неактивный витамин Оз превращается в физиологически активную форму;
  - ***регуляторная***: участие в регуляции ***артериального давления крови*** (здесь посредником является ренин, при участии которого из определенных белков плазмы в почках образуются гормоны ***ангиотензины,*** повышающие артериальное давление);
  - ***метаболическая:*** ткани почек могут синтезировать глюкозу (процесс ***глюконеогенеза***); при длительном голодании около половины образующейся в организме глюкозы синтезируется в почках.

Моча, ее состав и образование

Моча - жидкий продукт выделения, образующийся в почках и удаляемый из организма; представляет собой прозрачный, желтоватого цвета раствор отфильтрованных из крови веществ; содержит в среднем 98% воды, 1,5% солей (в основном 1MaCl), около 2,5% органических веществ (в основном мочевины и мочевой кислоты), а также билирубин (экскретируемый печенью продукт распада гемоглобина) и чужеродные вещества.

- Состав мочи зависит от состояния организма.
- Объем мочи, выделяемой за сутки, может колебаться в широких пределах и зависит от состояния организма; у здорового взрослого человека он составляет около 1,5 л.

- Желтоватьгй цвет мочи обусловлен цветом продуктов распада гемоглобина.
- После принятия пищи, богатой углеводами, и тяжелой физической работьг в моче может появиться небольшое количество глюкозы, отсутствующей в норме.
- При заболевании сахарным диабетом в моче постоянно присутствует глюкоза.
- При почечных заболеваниях в моче обнаруживается белок.

Мочевина (формула $0=C(ЫН_2)_2$) - конечный продукт обмена белков; образуется (примерно 25-30 г в сутки) из двуокиси углерода и аммиака в печени; выводится с мочой и потом.

Мочевая кислота - один из продуктов распада пуринов, являющихся составными частями нуклеиновых кислот. Выводится из организма с мочой и экскрементами.

- При подагре мочевая кислота и ее кислые соли откладываются в суставах и мышцах, при некоторых нарушениях обмена веществ они могут образовывать ***камни*** в почках и мочевом пузыре.

Образование мочи. Процесс мочеобразования подразделяется на два этапа: на первом этапе из плазмы крови образуется ***первичная моча,*** на втором этапе - ***вторичная*** (см. с. 367).

Первый этап - клубочковая фильтрация (см. с. 368). Диаметр приносящей артериолы мальпигиева клубочка в два раза больше диаметра выносящей артериолы, поэтому выход крови из клубочка оказывается затруднен, и в его капиллярах создается более высокое (в 2-3 раза) кровяное давление, чем в других капиллярах тела. Под влиянием высокого давления плазма крови переходит из капилляров клубочка в полость соседнего канальца нефрона, при этом тонкие стенки капилляров клубочка и капсулы нефрона выполняют функцию фильтров, пропуская плазму и растворенные в ней небольшие молекулы низкомолекулярных соединений (глюкозы, аминокислот, витаминов и др.), но задерживая форменные элементы крови и крупные молекулы белков.

Полученный фильтрат, состоящий из плазмы крови, лишенной белков, - это ***первичная моча***\ ежесуточно ее образуется около 150-160 л.

Второй этап - канальцевая реабсорбция (или ***обратное всасывание).*** На этом этапе из первичной мочи, продвигающейся по извилистому канальцу нефрона, обратно в кровь капилляров, оплетающих густой сетью каналец, всасываются необходимые организму вещества (глюкоза, аминокислоты, витамины, ионы натрия и кальция и др.) и большая часть (99%) воды. В результате в канальце остается небольшое количество воды, насьгщенной конечными продуктами обмена и веществами, ненужными организму или теми, которые он не в состоянии сохранить (например, глюкозой при сахарном диабете).

Реабсорбция требует больших затрат энергии: энергопотребление почек составляет примерно 9% энергопотребления всего организма, в то время как масса почки составляет лишь 4% массы тела.

Канальцевая реабсорбция сопровождается ***канальцевым синтезом*** (образованием из молекул аммиака удерживаемых мочой азотоводородных ионов) и избирательной ***канальцевой секрецией*** - выделением в просвет канальца нефрона ксенобиотиков, ионов калия, протонов и др. (происходит за счет активного транспорта; см. с. 368).

В результате процессов канальцевой реабсорбции, секреции и синтеза из первичной мочи образуется ***вторичная моча;*** ежесуточно ее образуется около 1,5 л.

Конечная вторичная моча, образовавшаяся в канальце нефрона, по собирательной трубочке стекает в почечную лоханку, а оттуда по мочеточнику поступает в мочевой пузырь.

Регуляция деятельности почек

• **Механизмы регуляции** функциональной активности почек:

• ***нервно-рефлекторный:*** возбуждение определенных центров симпатического отдела автономной нервной системы приводит к сужению просвета почечных артериол - *приносящих* (тогда приток и давление крови в мальпигиевом клубочке уменьшается, фильтрация плазмы замедляется и, как следствие, снижается образование первичной мочи) или *выносящих* (тогда давление крови в клубочке увеличивается, фильтрация плазмы усиливается, и образование первичной мочи возрастает);

• ***гуморальный:*** интенсивность всех процессов мочеобразования (фильтрации, реабсорбции, канальцевого синтеза и секреции) изменяется под влиянием гормонов ***гипофиза*** (*вазопрессин* усиливает реабсорбцию воды из канальцев и одновременно ослабляет реабсорбцию ионов Ыа$^+$ и СГ, в результате чего объем мочеобразования снижается), ***надпочечников*** (*адреналин* уменьшает мочеотделение, *альдостерон* усиливает реабсорбцию ионов самих ***почек*** (*ангиотензин II* сужает просветы выносящих артериол клубочков, усиливая фильтрацию), ***щитовидной*** и ***паращитовидной желез*** (их гормоны косвенно влияют на мочеобразование путем изменения водно-минерального обмена в тканях) и других желез; при этом количество образующейся мочи может уменьшаться или возрастать, но содержание в ней мочевины и мочевой кислоты будет оставаться неизменным (см. также с. 369).

^ Взаимодействие нервно-рефлекторного и гуморального механизмов обеспечивает водно-минеральный гомеостаз организма посредством регуляции состава и количества выводимой мочи.

Мочеиспускание

Мочеиспускание - рефлекторный процесс, заключающийся в одновременном сокращении мочевого пузыря и расслаблении сфинктеров мочевого пузыря и мочеиспускательного канала и приводящий к удалению мочи из мочевого пузыря.

Непроизвольное мочеиспускание (характерно для детей в возрасте до 2-3 лет). В стенках мочевого пузыря имеются рецепторы, реагирующие на растяжение гладкомышечной ткани. При накоплении мочи в пузыре его стенки растягиваются, раздражая рецепторы. Возбуждение от этих рецепторов передается по афферентным нервам рефлекторной дуги в центр мочеиспускания, расположенный в крестцовых сегментах спинного мозга. Отсюда импульсы по аксонам эфферентных нервов рефлекторной дуги поступают к мускулатуре мочевого пузыря и сфинктерам пузыря и мочеиспускательного канала, заставляя мускулатуру стенок сокращаться, а сфинктеры - расслабляться. В результате моча поступает в мочеиспускательный канал и удаляется из организма.

Энурез - ночное недержание мочи; обычно наблюдается у 5—10% детей в возрасте до 13-14 лет. При этом заболевании нужно исключить из рациона соленые и острые блюда, не употреблять на ночь много жидкости; необходимо специальное лечение.

Произвольная (сознательная) регуляция мочеиспускания устанавливается при увеличении размеров мочевого пузыря (в результате роста ребенка) и под влиянием окружающей среды (родителей, друзей). Она возможна вследствие существования связей нейронов коры головного мозга с нервными клетками крестцового отдела спинного мозга, позволяющих высшим отделам центральной нервной системы человека - его большим полушариям головного мозга — контролировать спинномозговой центр мочеиспускания и сознательно управлять актом мочеиспускания.

• У детей произвольное мочеиспускание формируется к 2-3 годам.

Гигиена мочевыделительной системы

• **Воспалительные процессы** вызываются микроорганизмами:

• болезнетворные микроорганизмы могут проникнуть в органы мочевыделительной системы через кровь (***нисходящие инфекции);*** так возникают инфекционные заболевания мочевыделительной системы, спровоцированные ангиной, кариесом, заболеваниями ротовой полости и др.;

• микробы могут попасть в мочеиспускательный канал, откуда по мочевым путям распространиться в другие органы этой системы (***восходящие инфекции);*** этому пути возникновения заболеваний способствуют несоблюдение правил личной гигиены, охлаждение организма, простуды.

Воспаления мочеиспускательного канала и мочевыводящих путей отличаются интенсивным слущиванием эпителия и его высокой ранимостью.

Нефрит - воспаление почек, приводящее к нарушению их работы; характеризуется повышением температуры, нарушением белково-жирового обмена, отеками, выделением крови с мочой.

- При нефрите повышается проницаемость стенок капилляров почек, поэтому в моче обнаруживаются белки и форменные элементы крови, возникают отеки (наполнение тканей жидкостью), возможно отравление организма продуктами обмена - **уремия.**
- **Нарушение деятельности и заболевания почек** вследствие их чувствительности к ядовитым веществам:
- нарушение деятельности почек может быть вызвано попавшими в кровь свинцом, ртутью, борной кислотой, нафталином, бензолом, ядами насекомых и змей и т.д.;
- особенно вредно злоупотребление алкоголем, который поражает почки;
- почечные заболевания могут быть вызваны некоторые лекарствами (сульфаниламидами, антибиотиками) при их передозировке.
- **Образование «камней»** в почках и мочевыводящих путях связано с нарушениями обмена веществ:
- камни образуются уратами (солями мочевой кислоты) или фосфатами кальция;
- они нарушают отток мочи, а острыми краями раздражают слизистую оболочку, вызывая сильные боли.
- **Основные правила** личной гигиены и предупреждения заболеваний органов мочевыделения:
* необходимо содержать в чистоте наружные половые органы, обмывать их теплой водой с мылом утром и вечером перед сном;
- избегать переохлаждения почек;
* не злоупотреблять алкоголем и острой пищей, содержащей избыток пряностей и соли;
- соблюдать правила безопасности при работе с ядовитыми веществами;
- не допускать передозировки лекарств.

9.14. Покровная система. Кожа

Покровная система человека - система органов, покрывающих снаружи тело человека и выполняющих защитные, рецепторные и гомеостатические функции; включает кожу, волосы **и** ногти.

Кожа - прочный, упругий, практически непроницаемый для воды и микроорганизмов наружный, постоянно обновляемый посредством физиологической регенерации покров тела человека, содержащий множество чувствительных рецепторов, воспринимающих различные факторы внешней среды, и позволяющий через себя выводить из организма часть продуктов обмена веществ.

- Общая площадь кожи человека составляет 1,5-2 м".

Функции кожи

- **Основные функции кожи:**
- ***защитная*** - защита тканей и органов тела от:
  - механических повреждений;
  - вредных химических воздействий внешней среды;
  - избыточного ультрафиолетового излучения (благодаря синтезируемому в коже защитному пигменту ***меланину);***
  - проникновения микроорганизмов (кожа обладает бактерицидными свойствами, которые обеспечиваются особыми веществами, выделяющимися на ее поверхность);
- ***рецепторная:*** кожа содержит рецепторы, воспринимающие температуру внешней среды (имеется два вида рецепторов: одни реагируют на холод, другие - на тепло), прикосновение, давление (тактильные рецепторы) и боль (болевые рецепторы имеются на всех участках кожи - до 100 рецепторов на 1 см);
- ***гомеостатическая*** - участие в поддержании постоянства внутренней среды организма:
  - предохранение организма от чрезмерной потери влаги и проникновения воды снаружи;
  - участие в терморегуляции тела (через кожу человек теряет около 85-90% образующегося в организме тепла);
  - выведение из организма путем потоотделения излишков воды, минеральных солей, а также некоторых продуктов обмена;
  - участие в приспособлении организма к условиям окружающей среды и в его ***закаливании;***
- ***синтезирующая***: синтез витамина О и пигмента меланина под действием ультрафиолетовых лучей;
- ***запасающая***: кожа является одним из депо крови.

Строение кожи человека

Кожа человека состоит из трех слоев: тонкого наружного ***эпидермиса,*** хорошо развитой ***дермы (собственно кожи)*** и слоя ***подкожной жировой клетчатки*** (рис. 9.28).

- ***Замечание:*** в учебнике биологии для 9 класса (авторы М.В. Мащенко и Л.В. Борисов, 2006 г.) дерма и подкожная жировая клетчатка рассматриваются как один внутренний слой кожи.

- **Эпидермис** кожи человека имеет толщину 0,07-2,5 мм (хорошо развит на ладонях и подошвах), представляет собой плоский многослойный эпителий (см. с. 316-317) и дифференцирован на два слоя ***-роговой*** и ***ростковый.***

Роговой слой - это наружный слой эпидермиса, непосредственно контактирующий с окружающей средой; он защищает лежащие под ним ткани от высыхания и повреждений и состоит из твердых ***чешуек***, образованных мертвыми, ороговевшими и постепенно слущивающимися клетками.

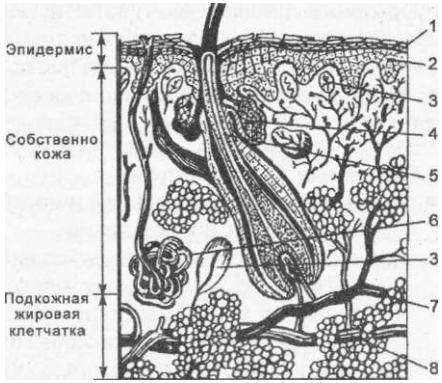


Рис. 9.28. Строение кожи человека:
1 - роговой слой эпидермиса; 2 - ростковый слой эпидермиса; 3 - рецептор давления; 4 - сальная железа; 5 - корень волоса; б - потовая железа; 7 - кровеносные сосуды; 8 - нервные волокна

Ростковый слой эпидермиса лежит под роговым слоем и прилегает к дерме. Он состоит из живых клеток цилиндрической формы с большими ядрами. Эти клетки постоянно делятся, образуя новые клетки, которые заменяют омертвевшие клетки рогового слоя (роговой слой кожи полностью обновляется в течение 7-10 дней). В этом же слое имеются клетки, вырабатывающие и накапливающие пигмент ***меланин,*** придающий коже цвет (он зависит от количества меланина и глубины его расположения) и защищающий организм от воздействия ультрафиолетовых лучей.

- **Дерма (собственно кожа)** - основной, лежащий под эпидермисом слой кожи толщиной 0,5—5 мм, в котором выделяют верхний ***сосочковый слой*** и находящийся под ним ***сетчатый слой.***

Сосочковый слой состоит из соединительной ткани, образованной системой эластических и коллагеновых волокон, придающих коже прочность и упругость, и отдельных клеток между ними; образует выпячивания в эпидермис. В этом слое находятся многочисленные кровеносные и лимфатические сосуды, нервные сплетения и чувствительные окончания нервных волокон - различные рецепторы (см. выше).

Сетчатый слой находится под сосочковым слоем и содержит ***сальные*** и ***потовые железы*** и ***волосяные луковицы.***

- **Подкожная жировая клетчатка** - это самый глубокий слой кожи, состоящий из рыхлой соединительной ткани, между волокнами которой располагаются жировые клетки, содержащие запасы липидов (жиров). Толщина этого слоя зависит от образа жизни человека, его питания и особенностей обмена веществ.

Функции подкожной жировой клетчатки:

- она образует «подушку безопасности», смягчающую механические воздействия на тело;
- защищает организм от переохлаждения;
- служит депо питательных веществ.

Потовые железы - это железы внешней секреции, находящиеся в самом глубоком слое дермы и участвующие в выделении некоторых продуктов обмена и терморегуляции организма. Имеют таю (в виде свернутой в клубочек железистой трубочки, внутренние стенки которой выстланы секреторными клетками, выделяющими ***пот)*** и длинный ***выводной проток,*** открывающийся на поверхности кожи.

- У человека насчитывается 2-3 млн. потовых желез; больше всего их на лице, ладонях, подошвах стоп и в подмышечных впадинах.

Пот - выделяемая потовыми железами водянистая, солоноватая на вкус жидкость, в состав которой входят вода и ряд продуктов белкового обмена: аммиак, мочевина, мочевая кислота, некоторые аминокислоты, минеральные соли (ЫаС1, КС1, соли кальция, сернокислые соединения, фосфаты и др.) и т.д.

- У человека за сутки в условиях относительного покоя и умеренной температуры выделяется около 0,5 л пота, а при напряженной мышечной работе или/и высокой температуре окружающей среды - 3 л и более.

Потоотделение происходит рефлекторно при повышении температуры окружающей среды; способствует охлаждению тела.

Сальные железы - расположенные в дерме кожи железы внешней секреции, выделяющие жирный секрет (***кожное сало);*** имеют вид разветвленных ***пузырьков,*** стенки которых состоят из многослойного эпителия, и ***выводных протоков,*** большая часть которых открывается в волосяные сумки; в процессе выделения кожного сала эпителий сальных желез разрушается.

- За сутки сальные железы взрослого человека выделяют до 20 г секрета.

Кожное сало состоит из продуктов распада эпителиальных клеток сальных желез и витаминов А, Э и Е.

- Кожное сало смазывает растущие волосы и кожу, делая их эластичными и предохраняя от высыхания и смачивания водой.
- Па поверхности кожи под влиянием пота кожное сало разлагается, образуя жирные кислоты с характерным запахом.

Волос - нитевидное роговое производное эпидермиса кожи, образованное из кубовидных ороговевающих эпителиальных клеток. Волос структурно дифференцируется на находящийся в толще кожи ***корень,*** имеющий утолщенную и оплетенную нервными окончаниями и кровеносными капиллярами начальную часть -

волосяную луковицу, - и выступающий над поверхностью кожи ***стержень.*** Волосяная луковица и корень охвачены узкой длинной ***волосяной сумкой,*** образованной глубоким впячиванием эпидермиса в дерму. Внутренний слой волосяной сумки состоит из эпителиальной, а наружный — из соединительной ткани; в просвет между этими слоями открываются протоки сальных желез. К волосяной сумке прикреплены ***лентовидные мышцы,*** которые могут приподнимать волос. Сокращение этих мышц происходит рефлекторно при понижении температуры окружающей среды и проявляется в появлении на поверхности кожи бугорков («гусиной кожи»),

- Внутри стержня волоса имеются пузырьки, заполненные пигментом меланином, определяющим ***цвет волос.*** С возрастом количество пузырьков в отрастающем волосе увеличивается, а количество пигмента в нем уменьшается; при этом пузырьки заполняются воздухом, отчего волос становится ***седым.***
- Волос человека имеет высокую прочность: при поперечном сечении 0,002 мм^2 здоровый волос выдерживает массу 100 г.

• ***Замечание:*** в учебнике биологии для 9 класса (авторы М.В. Мащенко и Л.В. Борисов, 2006 г.) утверждается, что волос - роговое производное *дермы.*

Рост волос. Волос растет из волосяной луковицы, к которой по капиллярам поступают питательные вещества. Скорость роста волос не постоянна: фаза роста сменяется фазой покоя, во время которой возможно выпадение стержня волоса. Густые волосы на голове предохраняют человека от солнечных лучей и охлаждения; за один год они вырастают в среднем на 15 см. На ладонях, пальцах рук и стопах волосы не растут.

- Продолжительность жизни волоса зависит от возраста человека и состояния его нервной и гуморальной систем. Волос головы в среднем живет 4-6 лет. У человека ежедневно выпадает около 100 волос и столько же появляется новых.

Ногти - роговые пластинки, защищающие тыльную поверхность конечных фаланг пальцев и являющиеся опорой для мягких тканей; являются производными эпидермиса. ***Ногтевая пластинка*** лежит на ***ногтевом ложе*** - участке кожи, состоящем из соединительной ткани, покрытой ростковым эпителием. В ногте различают ***свободный край*** и ***корень ногтя,*** по бокам у корня расположены ***ногтевые валики -*** складки кожи, прикрывающие ноготь.

Ногтевая пластинка состоит из плотной соединительной ткани и не имеет нервных окончаний и кровеносных сосудов. Она прозрачна, за исключением корня ногтя, где заметна узкая белая полулунная полоска; розовый цвет пластинки обусловлен просвечивающими через нее капиллярами ногтевого ложа.

Рост ногтя в длину происходит непрерывно из области корня. Скорость роста около - 0,5 мм в неделю. Летом ногти растут быстрее, чем зимой, на руках ногти растут быстрее, чем на ногах.

Гигиена кожи

Гигиена кожи - комплекс условий, направленных на нормальное функционирование кожи. Для выполнения своих функций кожа должна быть чистой и не иметь повреждений, ногти должны быть коротко остриженными, волосы чисто вымытыми.

- Правильный уход за кожей предотвращает ее заболевания и преждевременное старение (снижение эластичности, образование морщин и складок, ухудшение цвета).

• Загрязнение кожи, ногтей и волос:

- приводит к нарушению их функций (в частности, слущивающиеся клетки эпидермиса склеиваются кожным салом и закупоривают протоки сальных и потовых желез, способствуя образованию угрей, особенно в подростковом возрасте);
- " создает условия для развития различных гнойничковых и грибковых заболеваний кожи;
- создает условия для попадания в организм (через рот) возбудителей различных кишечных заболеваний (на каждом квадратном сантиметре грязной кожи человека, а также под ногтями, может находиться несколько десятков тысяч разных микроорганизмов, в том числе болезнетворных, а также множество яиц гельминтов);
- приводит к появлению неприятного запаха кожи;
- способствует появлению головных вшей.

•> Уход за кожей:

- умываться следует водой комнатной температуры с мылом;
- горячая вода снижает эластичность кожи, делает ее дряблой,
- холодная вода стимулирует выделения сальных желез и нарушает нормальный отток кожного сала.

• Уход за волосами:

- необходимо не реже 1 раза в *3-4* дня мыть волосы кипяченой водой с шампунем;
- " рекомендуется защищать волосы от прямых солнечных лучей, предотвращая их выгорание и пересушивание, ведущие к ломкости и выпадению волос;
- не следует зимой ходить без головного убора, так как это приводит к увеличению подкожной жировой клетчатки кожи головы и выпадению волос за счет нарушения кровоснабжения волосяных сумок.

•> Уход за ногтями: необходимо один раз в неделю подстригать ногти на руках и один раз в две недели - на ногах.

- **Гигиенические требования к одежде:**
  - она должна поглощать влагу, отводить избыточное тепло и сохранять тепло при его недостатке;
  - летняя одежда должна хорошо отражать солнечные лучи и быть легко проницаемой для воздуха и водяных паров;
  - зимняя одежда должна хорошо защищать от холода и ветра.
- **Первая помощь при ожогах.** Ожоги возникают при соприкосновении с горячей поверхностью, при неосторожном обращении с огнем, кислотами, щелочами и сильными окислителями.

^ Погасить пламя на одежде можно катаясь земле, полив одежду водой, накрыв пламя одеялом.

" ***Ожоги I степени:*** пораженный участок кожи краснеет и припухает. *Рекомендации:* промыть его водным раствором питьевой соды и приложить содовую примочку.

- ***Ожоги II степени***: на покрасневшей и припухшей поверхности образуются пузыри, наполненные жидкостью. *Рекомендации:* подержать обожженный участок кожи под струей холодной воды; пузыри не вскрывать, на них наложить стерильную повязку; дать принять внутрь обезболивающее средство.
- ***Ожог III степени***: обожженные участки кожи мертвеют, обугливаются. *Рекомендации*: на пораженную поверхность наложить *сухую* стерильную повязку и пострадавшего срочно доставить в больницу.
- ***Ожог щелочью.*** *Рекомендации*: поврежденный участок тела промывают в течение 10-15 минут под струей холодной проточной воды, затем обильно орошают 1-2-процентным раствором борной или уксусной кислоты.
- ***Ожог кислотой.*** *Рекомендации*: поврежденный участок тела промывают в течение 10-15 минут под струей холодной проточной воды, затем орошают его 2-процентным раствором питьевой соды и накладывают на него влажную повязку с тем же раствором.

У ***Замечание:*** на место ожога нельзя наносить спирт, йод, масло, так как они усиливают ожог и замедляют заживление ран.

- **Первая помощь при обморожениях.** При обморожении кожа сначала бледнеет из-за сужения кровеносных сосудов, затем в обмороженных участках появляется ощущение покалывания, потом в них исчезает чувствительность и, наконец, кожа гибнет.

^ При первых признаках обморожения пострадавшего нужно отвести в теплое помещение или укрытое от ветра место.

- ***Обморожение I степени,*** кожные покровы становятся бледными и утрачивают чувствительность. *Рекомендации:* чистыми руками или носовым платком растереть обмороженные участки тела до покраснения кожи и появления ощущения потепления (*снегом или варежками растирать кожу нельзя\),* после чего наложить на них ватно-марлевые или шерстяные повязки и дать пострадавшему горячее питье. Повязки должна быть неподвижны до тех пор, пока не восстановятся чувствительность и кровоснабжение, ощущаемое как чувство жара.
- ***Обморожение II степени***: на коже образуются пузыри, наполненные мутной, кровянистой жидкостью. *Рекомендации:* растирать обмороженные участки и вскрывать пузыри ни в коем случае нельзя! Нужно наложить на них повязку с дезинфицирующей мазью и как можно быстрее доставить пострадавшего в лечебное учреждение.
- ***Обморожение III степени***: происходит омертвление кожи. *Рекомендация*: пострадавшего необходимо срочно доставить в больницу.
- ***Замечания:***
  - курение на морозе вызывает спазм сосудов конечностей, что может привести к их переохлаждению и обморожению;
  - алкоголь расширяет сосуды кожи, что ведет на морозе к быстрой потере тепла, хотя субъективно появляется ощущение «разогревания».

9.15. Терморегуляция организма. Закаливание

Основные понятия

Терморегуляция - особая реакция организма, проявляющаяся в непроизвольном регулировании физиологических процессов ***теплопродукции*** (образования тепла) в организме и ***теплоотдачи,*** направленном на поддержание постоянной оптимальной температуры тела (у человека - 36,6-37 °С) в непрерывно меняющихся условиях внешней среды.

Теплопродукция - процесс образования тепла в организме в результате протекающих в нем ***экзотермических*** (сопровождающихся выделением тепла) химических реакций. Наибольшее количество тепла образуется в организме при работе сердца и скелетных мышц, а также в химических процессах, происходящих в печени и почках.

- При интенсивном физическом труде в организме человека выделяется около 19 ООО кДж энергии в сутки; этого достаточно для нагревания 70 л воды от температуры 37 °С до температуры кипения. Избыток тепла организм отдает во внешнюю среду.

Теплоотдача - процесс рассеивания (передачи) избыточного тепла от тела человека в окружающую среду.

" Интенсивность теплоотдачи зависит от толщины слоя подкожной жировой клетчатки.

- **Способы отдачи тепла организмом:**
  - с выдыхаемым воздухом;
  - путем теплоизлучения, теплопроводности и конвекции; количество рассеиваемого этими способами тепла зависит от разности температур тела человека и окружающего воздуха, а также от влажности и скорости движения воздуха: чем ниже температура воздуха и чем выше его влажность и скорость ветра, тем больше тепла теряет организм;
  - путем испарения пота, выделяемого потовыми железами кожи; при этом на испарение 1 г пота затрачивается около 2,4 кДж энергии. Скорость испарения возрастает с увеличением температуры и уменьшением влажности воздуха.

Терморегуляция

- **Способы терморегуляции:**
  - путем сужения или расширения (в зависимости от температуры тела) просвета ***кровеносных сосудов кожи,*** изменяющего скорость циркуляции крови в коже и, тем самым, скорость теплоотдачи;
  - путем регулирования наклона ***волосков*** кожи;
  - путем ***потоотделения*** из потовых желез;
  - путем изменения интенсивности обмена веществ в мышцах (дрожь) и/или во внутренних органах (***химическая терморегуляция);***
  - путем ***терморегуляторного поведения,*** т.е. определенных действий, направленных на изменение теплоотдачи (ношение определенной одежды, перемещение в теплое или прохладное место и т.д.).
- **Контроль терморегуляции** осуществляется центральной нервной системой (корой головного мозга и рядом подкорковых центров) и эндокринной системой с помощью нейрогуморальных механизмов.
  - ***Главный нервный центр терморегуляции*** находится в ***гипоталамусе,*** задние ядра которого контролируют теплопродукцию, а передние - теплоотдачу; повреждение гипоталамуса приводит к потере организмом способности поддерживать температуру тела постоянной. Сигналом для изменения теплообразования и теплоотдачи служат импульсы, поступающие от рецепторов тепла и холода в спинной мозг, гипоталамус и кору больших полушарий. В этих центрах происходит анализ импульсов и возникает ответная реакция. По двигательным нервным волокнам исполнительные команды передаются на кровеносные сосуды, скелетные мышцы, потовые железы и диафрагму.

  - ***Гуморальный способ терморегуляции*** реализуется с помощью биологически активных веществ, изменяющих уровень теплопродукции и теплоотдачи посредством изменения скорости обменных процессов в клетках и тканях организма.
- **Реакция организма на понижение температуры** окружающей среды:
  - возбуждаются рецепторы, воспринимающие холод;
  - кровеносные сосуды кожи рефлекторно сужаются, уменьшая количество протекающей по ним крови (кожа становится бледной); это приводит, во-первых, к уменьшению теплоотдачи с поверхности тела и, во-вторых, к увеличению снабжения кровью внутренних органов, что способствует сохранению тепла внутри организма;
  - рефлекторно сокращаются мышцы, поднимающие волоски на коже, и она становится «гусиной». Поднявшиеся волоски задерживают тепло, ухудшая движение воздуха у поверхности тела;
  - при дальнейшем понижении температуры возникает болезненное ощущение холода **(озноб)** и рефлекторно начинаются непроизвольные ритмичные сокращения мышц **(дрожь),** в результате чего увеличивается теплопродукция в мышцах, препятствующая снижению температуры тела.
- **Реакция организма на повышение температуры** окружающей среды:
  - возбуждаются рецепторы, воспринимающие тепло;
  - рефлекторно замедляется обмен веществ и, как следствие, уменьшается теплопродукция организма;
  - кровеносные сосуды кожи рефлекторно расширяются, увеличивая количество протекающей по ним крови (кожа становится красной) и, как результат, теплоотдачу с поверхности тела;
  - при дальнейшем повышении температуры тела начинается обильное потоотделение; максимальная скорость потоотделения - около 4 л в час.

Гипертермия - состояние организма, при котором температура тела превышает нормальный уровень; она возникает в случаях, когда механизмы терморегуляции не могут обеспечить баланс между теплопродукцией и теплоотдачей ***(например,*** при очень высокой температуре окружающей среды).

Гипотермия - состояние организма, при котором его температура ниже нормального уровня; она развивается при очень большой скорости теплоотдачи ***(например,*** на сильном морозе). При гипотермии пострадавшего необходимо согреть и отправить в больницу.

Лихорадка - особое состояние организма, при котором он стремится поддерживать повышенную температуру тела; выража-

ется в сильной непроизвольной мышечной дрожи и чувстве озноба. Лихорадка развивается при инфекционных заболеваниях или обширном повреждении тканей, является защитной реакцией организма и способствует скорейшему выздоровлению (при повышении температуры тела возрастает вероятность гибели инфекций). В состоянии лихорадки теплопродукция увеличивается за счет мышечной дрожи; озноб также способствует повышению температуры тела, так как заставляет человека укутываться и тем самым уменьшать теплоотдачу.

Тепловой и солнечный удары

Тепловой удар - это острое болезненное состояние организма, вызванное перегреванием тела из-за недостаточной теплоотдачи.

•> Условия возникновения теплового удара:
- длительное воздействие высокой температуры окружающей среды (выше +35 °С) при высокой относительной влажности воздуха (выше 80%) и низкой двигательной активности (длительное лежание на пляже);
- интенсивная физическая работа в жарких и душных помещениях в одежде, плохо пропускающей воздух.

Симптомы теплового удара: головная боль, шум в ушах, учащение пульса и дыхания, усиление потоотделения, расширение зрачков, общая слабость, бледность, нарушение координации движений, головокружение, мелькание'«мушек» перед глазами; возможны тошнота, рвота, обморок и потеря сознания.

Солнечный удар - тяжелое болезненное состояние, наступающее в результате чрезмерного воздействия на головной мозг инфракрасной части спектра солнечного излучения, проникающего через кости черепа.

Симптомы солнечного удара: головная боль, резкое покраснение кожи, головокружение; в тяжелых случаях возможны рвота, потеря сознания, судороги и даже смерть.

• Помощь при тепловом ударе:
- вывести или перенести пострадавшего в прохладное, затемненное и хорошо вентилируемое место;
- » освободить тело пострадавшего от лишней одежды;
- на его голову и лицо положить холодный компресс;
- приподнять ноги пострадавшего;
- если пострадавший не потерял сознание, дать ему выпить прохладной воды;
- обернуть его тело мокрой простыней и обмахивать его для создания движения воздуха и увеличения испарения воды;
- при потере сознания, остановке дыхания и сердца необходимо сделать искусственное дыхание и закрытый массаж сердца;

- после этого вызвать врача или доставить пострадавшего в больницу.

•> Предупреждение теплового и солнечного ударов. В жаркое время следует:
- постоянно проветривать жилые помещения;
- носить светлый головной убор и легкую хлопчатобумажную одежду, хорошо пропускающую воздух и впитывающую влагу;
- ограничивать время пребывания на ярком солнце;
- не спать на пляже;
- сократить потребление мясопродуктов, увеличив в рационе долю овощей и фруктов;
- чаще пить минеральную воду.

Закаливание

Закаливание - это комплекс приемов, основанных на целенаправленном использовании климатических факторов и систематически применяемых для тренировки организма с целью совершенствования работы его терморегуляторных механизмов и повышения сопротивляемости организма неблагоприятным воздействиям внешней среды.

•> Основные факторы закаливания: пребывание на свежем воздухе, солнечные ванны, водные процедуры.

• Свежий воздух содержит больше кислорода и губительно действует на болезнетворные бактерии. Поэтому дома следует носить легкую одежду, часто проветривать помещение; полезен сон на открытом воздухе, а зимой - при открытой форточке.

Закаливающий эффект воздуха оказывается тем больше, чем больше его температура отличается от температуры кожи. Воздушные ванны принимают в купальных костюмах через 1-2 часа после еды. Закаливание следует начинать при температуре воздуха не ниже +20 °С; продолжительность первых процедур - 10 мин. Постепенно продолжительность воздушных ванн доводят до 1-1,5 ч и более при температуре воздуха +10-15 °С; при этом рекомендуется периодически выполнять активные движения.

• Солнечные ванны улучшают кровообращение, способствуют образованию в организме витамина О, усиливают выработку в коже пигмента ***меланина***, предохраняющего подкожные ткани от избыточного воздействия ультрафиолетового излучения.

Солнечные ванны наиболее полезны между 9 и 11 часами дня. Между приемом пищи и солнечной ванной должен быть промежуток времени не менее 2 ч. На время приема солнечной ванны голову следует прикрыть светлой панамой или зонтиком.

Продолжительность первой процедуры - не более 5 мин; каждую последующую увеличивают на 3-5 мин, постепенно доводя

время до 30-40 мин. После приема солнечной ванны нужно Ю-15 мин отдохнуть в тени, а затем принять теплый душ.

- **Закаливание водой** более эффективно для развития механизмов терморегуляции, улучшения нервного тонуса, дыхания и кровообращения, чем воздушные ванны, так как теплопроводность воды почти в 30 раз превосходит теплопроводность воздуха.
- **Способы закаливания водой:** обтирание, обливание, купание.

Обтирание тела мокрым полотенцем или губкой производится ежедневно и энергично в течение 2-3 мин. Температура воды при первом обтирании +33 °С, при каждом последующем ее снижают на 0,5 °С, доведя до +18 °С. После обтирания нужно насухо вытереться полотенцем до появления ощущения теплоты.

Обливание тела водой производится ежедневно в течение 1-2 мин. Начинать обливание рекомендуется при температуре воды +33°-34 °С, постепенно понижая ее до +20-24 °С (на 1 °С через каждые 3-4 дня).

При ***купании*** в открытых водоемах (а зимой - в бассейне) сочетается действие многих закаливающих факторов. Лучшее время для купания - с 9 до 11 ч и с 16 до 18 ч. Не следует купаться натощак или сразу же после приема пиши. Купание можно начинать при температуре воды +20-22 °С и воздуха +21-24 °С. Длительность щупаний вначале 2-3 мин, а затем увеличивается до 15-25 мин.

- **Основные правила закаливания:**
  - периодический контроль врача;
  - " учет индивидуальных особенностей и состояния здоровья;
  - * постепенность (нельзя резко снижать температуру воды или воздуха или увеличивать продолжительность закаливающих процедур);
  - систематичность (даже непродолжительный перерыв в закаливании ведет к угасанию выработанных реакций);
  - комплексное использование основных закаливающих факторов - воздуха, солнца и воды.
- **Результаты закаливания:**
  - снижение чувствительности организма к холоду;
  - ускорение приспособительных реакций (*например*, расширения или сужения сосудов кожи) и достижение более высокой устойчивости организма к изменениям внешней среды;
  - активизация обменных процессов;
  - увеличение теплопродукции,
  - улучшение деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем,
  - стимулирование размножения клеток кожи и, как следствие, ее утолщение и повышение защитных свойств;

  - " укрепление иммунитета организма;
  - повышение устойчивости к заболеваниям органов дыхания.

9.16. Репродуктивная система

Общие понятия, относящиеся к половой системе, рассмотрены в п. 8.3, с. 391, а основные стадии эмбрионального развития - в п. 8.4, с. 394-399.

Мужская половая система

Органы мужской половой системы: два семенника (яичка), два семявыносящих протока, два семенных пузырька, предстательная железа, половой член.

- Мужская половая система функционально связана с мочевыделительной системой.

Семенник (яичко) - *парная* половая железа смешанной секреции, имеющая эллипсоидную форму, длину 3 4 см и массу 20-30 г, лежит вне таза в кожно-мышечном образовании - **мошонке.**

- **Функции семенников.**
  - ***внешнесекреторная*** — образование мужских половых клеток — **сперматозоидов,** которые по протокам выводятся из организма;
  - ***внутрисекреторная -*** образование половых гормонов ***(андрогенов),*** поступающих во внутреннюю среду организма и влияющих на рост половых органов, развитие вторичных половых признаков, половое поведение и созревание сперматозоидов.

Семенник состоит из 250-300 конусовидных долек, разделенных тонкими перегородками; каждая долька состоит из 3-4 слепо замкнутых извитых семенных канальцев, железистых клеток, секретирующих андрогены, и соединительной ткани. Стенки канальцев образованы сперматогенным эпителием, в котором развиваются сперматозоиды; по мере своего созревания они попадают в семенные канальцы.

- " Положение семенников вне полости тела обеспечивает оптимальный температурный режим для созревания сперматозоидов - около +33-35 °С.
- В каждом семеннике за одну секунду образуется примерно 1500 сперматозоидов.
- * Образованные в семенниках сперматозоиды не способны самостоятельно передвигаться; способность к активному движению они приобретают под действием секретов ***семенных пузырьков*** и ***предстательной железы.***

К заднему краю семенника прилегает **придаток яичка,** тело которого представляет собой сильно извитую трубку - **проток придатка,** - в который впадают сливающиеся друг с другом выносящие

канальцы, отходящие от долек семенника; в хвосте придатка его проток переходит в ***семявыносящий проток.*** Проток придатка заполнен образованными в семеннике сперматозоидами.

Семявыносящий проток - *парный* трубчатый канал диаметром около 3 мм и длиной до 50 см, служащий для транспортировки сперматозоидов; начинается от придатка яичка, проходит из мошонки вверх в брюшную полость и затем опускается в малый таз. Конечная часть протока возле дна мочевого пузыря расширяется в виде ампулы и принимает выводные протоки семенных пузырьков. Затем семявыносящий проток входит в предстательную железу и в ней впадает в мочеиспускательный канал.

Семенной пузырек - *парная* мужская половая железа с тонкими, складчатыми стенками, расположенная в полости тела позади мочевого пузыря ближе **к** его основанию. Проток семенного пузырька открывается в ампулу (конечную часть) семявыносящего протока. Семенные пузырьки вырабатывают прозрачный бесцветный жидкий секрет слабо щелочной реакции, обеспечивающий питание сперматозоидов.

Предстательная железа (простата) - *непарная* мужская половая железа, расположенная в полости тела под мочевым пузырем, имеющая форму каштана и охватывающая начальную часть мочеиспускательного канала; состоит из секреторной и мышечной частей; сквозь эту железу проходят также семявыносящие протоки. Протоки предстательной железы открываются в ампулу (конечную часть) семявыносящего протока.

• **Функции предстательной железы:**

- выработка секрета, способствующего окончательному созреванию сперматозоидов и стимулирующего их подвижность;
- выработка ***простагландинов*** (биологически активных веществ широкого спектра действия), поступающих в сперму и кровь, стимулирующих сперматогенную деятельность яичек и оказывающих активирующее влияние на гладкую мускулатуру и центральную нервную систему;
- мышечная часть железы служит для впрыскивания ее секрета в мочеиспускательный канал, а также играет роль жома мочевого пузыря.

Семявыносящие протоки, слившись с протоками семенных пузырьков и предстательной железы, впадают в **мочеиспускательный канал,** являющийся общим мочеполовым протоком и проходящий внутри ***полового члена.*** **В** мочеиспускательный канал открываются многочисленные протоки желез, вырабатывающих слизь.

Половой член образован двумя пещеристыми телами и одним губчатым, связанными между собой плотной соединительной тканью и покрытыми легко подвижной кожей. Пещеристые тела расположены на тыльной стороне и укреплены на лонных костях. Их строение характеризуется наличием многочисленных ячеек, которые при эрекции наполняются кровью, выпрямляя член и делая его упругим. Вдоль губчатого тела проходит мочеиспускательный канал.

Сперматозоид - зрелая мужская половая клетка, имеющая гаплоидный (одинарный) набор хромосом (23 хромосомы) и способная при слиянии с женской яйцеклеткой к образованию зиготы; образуется путем мейоза (см. с. 54); состоит из короткой головки, средней части (шейки) и хвостика, обеспечивающего передвижение сперматозоида в жидкой среде половых путей.

- Образование сперматозоидов начинается в период полового созревания мальчиков.
- За сутки у человека образуется около 200 млн. сперматозоидов.
- Сперматозоид человека сохраняет способность к оплодотворению в женских половых путях до 3 суток.

Семенная жидкость - жидкая смесь секретов семенных пузырьков и предстательной железы; является средой, в которой сперматозоиды питаются и приобретают подвижность для перемещения к яйцеклетке.

Сперма - жидкость, состоящая из ***семенной жидкости*** и ***сперматозоидов***; выделяется из мочеиспускательного канала мужчины во время ***эякуляции.***

- В норме в 1 см спермы содержится до 60 млн. сперматозоидов.

Эякуляция - извержение спермы у мужчин при половом акте или поллюции; обеспечивает основную биологическую цель половой активности; является рефлекторным актом.

Поллюция - непроизвольная эякуляция, происходящая у мальчиков в период полового созревания; чаще всего происходит во сне, обычно 1-3 раза в месяц.

Женская половая система

Органы женской половой системы: два яичника, две маточные трубы (яйцеводы), матка, влагалище (внутренние женские половые органы), малые и большие половые губы (прикрывают влагалище), клитор, девственная плева (наружные женские половые органы).

- Женская половая система функционально связана с мочевыделительной системой.

Яичники - *парные* женские половые железы эллипсоидной формы длиной 3-5 см и массой 5-8 г; расположены в брюшной

полости в области малого таза по обе стороны от матки. Они имеют неровную поверхность и покрыты однослойным кубическим эпителием, под которым лежит слой коркового вещества, а в центре - слой мозгового вещества, пронизанного кровеносными и лимфатическими сосудами.

- **Функции яичников:**
  - ***внешнесекреторная*** **-** образование и созревание женских половых клеток - **яйцеклеток;**
  - ***внутрисекреторная*** - образование женских половых гормонов ***{эстрогенов*** и ***прогестерона),*** поступающих во внутреннюю среду организма и влияющих на развитие вторичных половых признаков, половое поведение, созревание яйцеклеток, беременность, родовую деятельность и работу различных органов и систем организма.

В корковом слое яичника имеется множество эпителиальных пузырьков - **фолликулов,** в каждом из которых находится яйцеклетка на той или иной стадии развития.

В яичниках новорожденной девочки содержится до 40 тыс. (по другим данным - до 800 тыс.) ***первичных фолликулов*** с незрелыми предшественниками яйцеклеток - ***ооцитами.*** Около 95% первичных фолликулов погибает до наступления половой зрелости женщины, а большая часть остальных - в последующие десятилетия, и только примерно в 400-500 фолликулах яйцеклетки полностью развиваются (созревают).

Маточные, или **фаллопиевы, трубы -** *парные* гладкомышечные трубки диаметром 5 мм и длиной 10-12 см каждая с диаметром просвета 0,5-2 мм; служат для перемещения яйцеклеток в матку и сперматозоидов навстречу яйцеклеткам; в маточной трубе также происходит ***оплодотворение*** яйцеклетки сперматозоидом. Начало маточной трубы находится вблизи яичника и открыто в полость брюшины ***воронкой,*** представляющей собой расширение трубы, окаймленное бахромой и покрытое множеством ресничек, при этом одна из нитей бахромы сращена с краем яичника. Другой конец трубы впадает в матку на границе между ее дном (верхней частью) и телом. Внутренняя поверхность маточной трубы выстлана мерцательным эпителием, колебания ресничек которого вместе с сокращениями мышечной стенки способствуют продвижению яйцеклетки в матку.

Матка - *непарный* полый мышечный орган, служащий для укрепления, развития и вынашивания плода, а также вытеснения (изгнания) его из организма матери во время родов. Расположена в области малого таза; форма грушевидная, близкая к треугольной, уплощенная в переднезаднем направлении. От верхнебоковых углов матки в стороны отходят ***маточные трубы.***

Форма и размеры матки изменяются в зависимости от функционального состояния организма (беременность и т.д.). У небеременной и нерожавшей женщины длина матки достигает 5 см, масса 50 г, емкость 3-4 см^3; у рожавших женщин эти величины в 1,5-2 раза больше.

Стенка матки трехслойная. Наружная оболочка - серозная; она плотно сращена с мышечной оболочкой, которая имеет толщину 2-3 см и состоит из переплетающихся гладкомышечных волокон. Во время беременности происходит образование новых мышечных волокон. Внутренняя оболочка - слизистая; она богата кровеносными сосудами и подвержена циклическим изменениям, связанным с созреванием яйцеклетки; при отсутствии оплодотворения она отторгается ***{менструация),*** а затем вновь разрастается.

Внизу матка заканчивается ***шейкой,*** открывающейся во ***влагалище.*** В шейке расположены самые мощные ***сфинктеры*** (кольцевые мышцы) человеческого тела, поскольку они должны удерживать в матке плод и околоплодную жидкость (всего около 7-8 кг), пока не наступит время рождения ребенка.

Влагалище - сплющенная Спереди назад растяжимая мышечная трубка длиной около 8 см, соединяющая матку с наружными половыми органами и являющаяся семяприемником и родовым каналом. Вход во влагалище расположен между кожными складками - **половыми губами.** У девочек вход закрыт соединительнотканной пленкой - **девственной плевой.** Спереди от входа во влагалище находится отверстие мочеиспускательного канала.

Функционирование женской половой системы

Яйцеклетка человека - крупная округлая, не способная к самостоятельному перемещению женская половая клетка, имеющая гаплоидный (одинарный) набор хромосом (23 хромосомы) и способная при слиянии с мужским сперматозоидом к образованию зиготы; содержит запасы питательных веществ и соединения, регулирующие стадии зародышевого развития. Постепенно развивается (созревает) в фолликулах яичников женщины.

- Яйцеклетка сохраняет способность к оплодотворению только 24 ч.

Овуляция. У половозрелой женщины через каждый лунный месяц под влиянием гормонов гипофиза ***гонадотропипов*** один из фолликулов созревает. Сначала этот фолликул выпячивается на поверхности яичника, затем его наружная стенка истончается и через 2 недели лопается, в результате чего зрелая яйцеклетка выходит из фолликула в брюшную полость - происходит ***овуляция.***

- Обычно овуляция происходит поочередно - то в правом, то в левом яичнике.

- Момент овуляции сопровождается повышением температуры в прямой кишке на 0,5 °С.

Вышедшая из фолликула яйцеклетка через бахромчатую воронку попадает в маточную трубу. В маточной трубе происходит окончательное созревание яйцеклетки, которая медленно (в течение 7 дней) продвигается к матке за счет сокращений гладких мышц яйцевода и движений реснитчатого эпителия.

- Если оплодотворения яйцеклетки не произошло, то она, выйдя в полость матки, разрушается.

Полость лопнувшего фолликула заполняется клетками с жироподобным веществом желтого цвета, образуя ***желтое тело.***

Желтое тело - временная железа внутренней секреции, вырабатывающая гормон ***прогестерон,*** подготавливающий слизистую оболочку матки для прикрепления к ней развивающегося зародыша (к беременности) и задерживающий развитие остальных фолликулов. Если оплодотворение яйцеклетки не произошло, то желтое тело на 13-14 день после овуляции прекращает выделение прогестерона и рассасывается.

В отсутствие прогестерона разросшаяся под его действием слизистая оболочка матки отторгается от тела матки (при этом лопаются довольно крупные кровеносные сосуды) - начинается ***менструация.***

Менструация - кровотечение из влагалища, связанное с выделением отторгнутой слизистой оболочки матки; длится 2-5 дней.

- В случае оплодотворения яйцеклетки менструация не наступает.

Менструальный цикл - периодически повторяющийся процесс, стадиями которого являются: созревание фолликула, овуляция, образование желтого тела, выделение желтым телом гормона прогестерона, прекращение выделения гормона и отторжение слизистой оболочки матки (см. рис. 9.29).

- В среднем длительность менструального цикла составляет 28 дней (может быть от 21 до 35 дней).
- У женщины зачатие возможно 13 раз в год.

Оплодотворение

Оплодотворение - процесс слияния яйцеклетки и сперматозоида, в результате которого сливаются их гаплоидные ядра, объединяются хромосомные наборы родительских клеток и образуется ***зигота*** - клетка с диплоидным ядром, которая затем (первоначально путем дробления) развивается в новый организм.

- У человека в норме оплодотворение происходит в верхней трети яйцевода.
- Оплодотворение возможно не позднее 24 часов (оптимально - 12 часов) после овуляции.

Рис. 9.29. **Менструальный цикл**

Попавшие в семяприемник (влагалище) сперматозоиды проникают сначала в матку, а через несколько часов, в небольшом количестве, - в маточные трубы, по которым они медленно перемещаются по направлению к воронке.

Если в трубе находится яйцеклетка, то сперматозоиды окружают ее, и их головки вступают в контакт с их оболочками. При этом сперматозоиды выделяют фермент, увеличивающий проницаемость оболочек яйцеклетки. Но как только один из сперматозоидов проникает в цитоплазму яйцеклетки, вокруг нее образуется оболочка, препятствующая проникновению других сперматозоидов (т.е. с яйцеклеткой сливается только один сперматозоид). Ядро сперматозоида сливается с ядром яйцеклетки - происходит ***оплодотворение.***

Оплодотворенная яйцеклетка (***зигота***) медленно движется по маточной трубе к матке, путем дробления постепенно превращаясь в многоклеточный (несколько сот клеток) ***зародыш,*** который на 4-6 сутки после оплодотворения попадает в матку (рис. 9.30).

Пол ребенка. Так как все яйцеклетки (женские гаметы) имеют из половых хромосом только Х-хромосому, а сперматозоиды (мужские гаметы) могут содержать или Х-, или У- хромосому, то пол ребенка зависит от того, какую из половых хромосом отца, Х или V, он наследует: если в зиготе оказались две Х-хромосомы, родится девочка, если ХУ - мальчик.

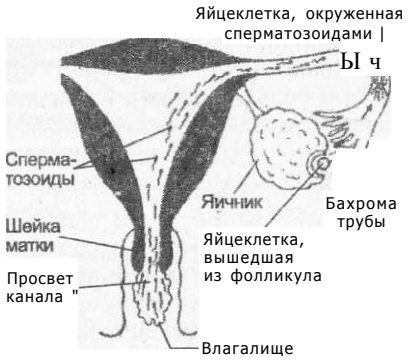


Рис. 9.30. Оплодотворение

- **Образование близнецов.**
  - ***Разнояйцевые близнецы.*** Если при овуляции образовалось две или несколько яйцеклеток, то при оплодотворении образуются два или несколько зародышей, а при рождении появляются разнояйцевые близнецы, имеющие различный генотип и не похожие друг на друга.
  - ***Однояйцовые близнецы*** образуются при разделении зиготы на две или больше *обособленных* клеток, каждая из которых развилась в отдельный организм. Такие близнецы имеют одинаковый генотип и очень похожи друг на друга; все различия между ними обусловлены только влиянием внешней среды.

Беременность

Беременность - состояние женщины, в матке которой развивается плод - будущий ребенок; беременность сопровождается многочисленными сложными изменениями и особыми физиологическими процессами, протекающими в организме женщины и связанными с вынашиванием зародыша.

Признаки начальной стадии беременности: прекращение менструаций, набухание молочных желез, учащенное мочеиспускание, сонливость, изменение вкуса; возможно появление пятен на коже, слабости, тошноты, иногда рвоты (примерно через три месяца эти явления обычно исчезают).

- **Периоды беременности:**
  - **зародышевый,** или **эмбриональный;** длится два месяца - от оплодотворения до формирования зачатков всех органов, туловища, головы, конечностей;
  - **плодовый,** или **фетальный;** длится с третьего месяца беременности до родов; характеризуется быстрым ростом плода, становлением его органов и подготовкой к выходу в свет.

- Нормальная беременность продолжается около 270 суток (9 календарных месяцев), однако этот срок сильно варьирует.

Эмбрион - зародыш организма на ранних стадиях развития, развивающийся в теле матери.

- Часто ***зародышем*** называют организм в течение первых 8 недель его внутриутробного развития; на более поздней стадии развития до рождения организм называют ***плодом.***

- **Этапы эмбрионального периода** развития зародыша.
  - **Дробление зиготы и образование бластулы;** происходит в яйцеводе; при этом зигота последовательно делится на 2, 4, 8 и т.д. клеток (без их роста); в результате на 2-3 сутки образуется ***морула*** - плотный, не имеющий полости многоклеточный шар. Клетки морулы подразделяются на два типа: *наружные* мелкие светлые клетки **(трофобласт)** и *внутренние* крупные темные клетки **(эмбриобласт).**

    - Большая часть клеток ***трофобласта*** при дальнейшем делении отслаивается от эмбриобласта, и из них впоследствии развиваются внезародышевые элементы - ***внешние оболочки,*** окружающие зародыш и обеспечивающие его защиту от повреждений, и ***плацента,*** обеспечивающая жизнедеятельность зародыша.

    - ***Эмбриобласт*** в процессе дальнейшего дробления образует ***бластулу*** - полый замкнутый пузырек с однослойной стенкой (см. с. 394); из бластулы затем развивается ***новый организм.***

    Бластула образуется из морулы в процессе ее медленного продвижения по яйцеводу; в матку бластула попадает примерно на пятые-шестые сутки после оплодотворения.

- **Имплантация** - внедрение зародыша (в виде ***бластулы*** и окружающего ее трофобласта) в слизистую оболочку матки; происходит примерно через одни-двое суток после попадания зародыша в матку (на седьмые сутки после оплодотворения).

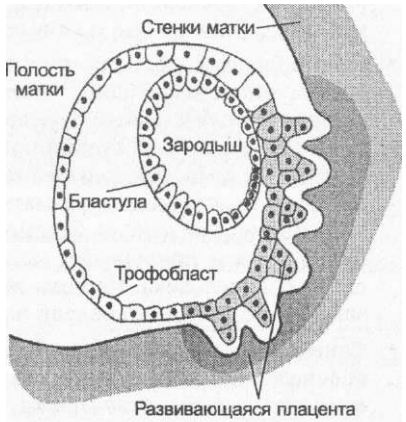


Рис. 9.31. Имплантация

С момента имплантации зародыш начинает получать питание и кислород из слизистой оболочки матки при помощи врастающих в нее ворсинок трофобласта (рис. 9.31).

- **Гаструляция** - образование из однослойной бластулы (путем деления ее клеток) сначала двухслойного, а затем трехслойного зародыша - ***гаструлы.*** Этот этап начинается после имплантации, на 7-е сутки беременности. Клетки гаструлы постепенно ***дифференцируются,*** т.е. становятся различными по биохимическому составу и структуре. В результате дифференциации каждый из клеточных слоев гаструлы приобретает особые, характерные только для негр свойства, образуя так называемый ***зародышевый листок,*** который в ходе дальнейшего развития зародыша преобразуется в совершенно определенные ткани, органы и системы.

  - *Наружный* зародышевый листок гаструлы - **эктодерма;** ее производные выполняют в основном покровную и чувствительную функции. Из эктодермы развивается эпителий кожи с железами и видоизмененными структурами (волосы, ногти), а также нервная система и органы чувств.

  - *Внутренний* зародышевый листок - **энтодерма;** ее производные выполняют функции питания и дыхания. Энтодерма дает начало первичной кишке, из которой затем формируется эпителиальный покров органов пищеварения и дыхания, хорда, а также печень и поджелудочная железа.

  - *Средний* зародышевый листок - **мезодерма** - формируется на 3-й неделе беременности между наружным и внутренним листками; ее производные осуществляют связи между частями зародыша, а также выполняют двигательную, опорную и трофическую функции. Из мезодермы развиваются около 70-75% тканей и органов: соединительная ткань, собственно кожа, кости скелета, мышцы, кровеносная система, органы кроветворения, почки, половые органы.

- **Органогенез** - закладка и развитие конечностей и основных систем органов: нервной, кровеносной, пищеварительной и др.; начинается с 4-й недели беременности, и продолжается вплоть до родов. На первой стадии органогенеза зародыш очень чувствителен к инфекционным заболеваниям и лекарственным препаратам, принимаемым матерью.

  К концу 8-й недели беременности зародыш имеет длину около 3 см и приобретает черты строения, характерные для организма человека. На этом эмбриональный период развития заканчивается и с 9-й недели начинается плодный период.

- **Формирование внезародышевых провизорных органов,** обеспечивающих рост и развитие эмбриона и плода, - ***хориона, амниона, желточного мешка, аллантоиса*** и ***плаценты.*** Этот процесс начинается с момента попадания зародыша в матку, происходит параллельно с гаструляцией и эмбриональной стадией органогенеза и заканчивается после 12 недель беременности.

Хорион (ворсинчатая оболочка) - первичная наружная оболочка зародыша, покрытая ворсинками; начинает формироваться из клеток трофобласта вскоре после попадания зародыша в матку. После имплантации хорион непосредственно контактирует со стенкой матки.

Функции хориона:

- выделение его ворсинками ферментов, с помощью которых разрушается слизистая оболочка матки и осуществляется внедрение (имплантация) зародыша в ее стенку;
- выработка ворсинками некоторых гормонов, необходимых для нормального развития беременности;
- обеспечение *на первом месяце беременности* обмена веществ между организмами матери и развивающегося зародыша (питание и дыхание зародыша и удаление ненужных продуктов обмена);
- участие в образовании плодной части ***плаценты.***

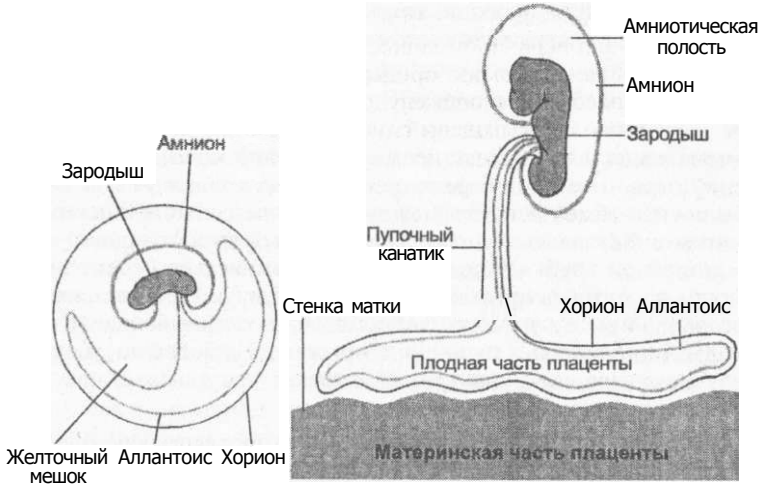


Рис. 9.32. Внезародышевые оболочки:
а - схема; б - расположение оболочек и их участие в формировании плаценты и пуповины

Амнион - ближайшая к плоду оболочка, заполненная ***амниотической жидкостью (околоплодными водами).*** Амнион развивается из клеток внутреннего слоя трофобласта; при этом он сначала появляется как небольшой пузырек, который постепенно разрастается и окружает зародыш тонкой полупрозрачной пленкой.

Функции амниона и околоплодных вод: обеспечение плода водной средой, необходимой для его выживания и свободного пе-

редвижения (плавания) в матке; защита плода от соприкосновения с другими оболочками и механических повреждений.

- Околоплодные воды содержат некоторое количество клеток, отторгающихся от зародыша. Поэтому анализ этой жидкости, получаемой путем специальной пункции, позволяет выявлять наличие у плода хромосомных аномалий.

Желточный мешок - орган, являющийся хранилищем питательных веществ (желтка), необходимых зародышу на начальных стадиях развития. Образуется в результате обрастания желтка клетками зародышевых листков.

Желточный мешок у человеческого зародыша играет вспомогательную роль, обеспечивая зародыш назапашенными питательными веществами только в течение нескольких первых недель его развития. На 4-5-й неделе беременности на стенках желточного мешка появляются первые клетки крови и кровеносные сосуды, а начиная с 7-8-й недели беременности он превращается в узкую трубку, служащую проводником кровеносных сосудов к плаценте и входящую в состав ***пупочного канатика (пуповины).***

Аллантоис - одна из зародышевых оболочек, по которой к хориону проходят кровеносные сосуды, обеспечивающие дыхание и питание зародыша; он служит также для сбора продуктов обмена веществ зародыша (преимущественно мочи). Образуется к концу первого месяца беременности, когда хорион уже не может обеспечить обмен веществ между зародышем и материнским организмом. Закладывается как пальцевидный вырост заднего отдела кишечной трубки зародыша. На втором месяце беременности сосуды аллантоиса врастают в хорион, образуя ***хориоаллантоис,*** который затем принимает участие в образовании большей части плодной ***плаценты*** и пупочного канатика. На более поздних стадиях развития плода внутризародышевая часть аллантоиса превращается в мочевой пузырь.

Плацента - орган, образующийся в процессе беременности из тканей оболочек, покрывающих зародыш (аллантоиса и хориона), и кровеносных сосудов слизистой оболочки матки.

- Плацента начинает формироваться к концу первого месяца беременности, а после 8 недель она способна полностью выполнять все свои функции; с этого момента развитие плода связано с получением питания через плаценту.
- Внешне плацента напоминает диск, прочно прикрепленный к слизистой оболочке матки; ко времени родов она достигает размеров большой тарелки.

Пуповина (пупочный канатик) - соединительнотканный упругий шнур длиной 50-60 см и толщиной 1,5-2 см, соединяющий брюшную часть плода с плацентой и организмом матери; образована складками хориона, аллантоиса и желточного мешка; содержит в себе пупочную вену и две пупочные артерии. Вена обеспечивает доставку кислорода и питательных веществ плоду, артерии несут кровь к плаценте **для** очистки и аэрации.

•> Функции плаценты:

- осуществление связи между организмом матери и плодом в период внутриутробного развития;
- обеспечение поступления к плоду из крови матери всех необходимых для его развития питательных веществ (кислорода, воды, углеводов, белков, жиров, гормонов, витаминов, минеральных солей) и антител;
- выведение из плода в кровь матери продуктов обмена веществ, образовавшихся в процессе жизнедеятельности плода (двуокиси углерода, мочевины, мочевой кислоты и др.);
- обеспечение ***плацентарного барьера;***
- образование гормонов (хорионического гонадотропина, релаксина, плацентарного лактогенного гормона и др.), воздействующих на плод и организм матери и регулирующих течение беременности; в частности, с четвертого месяца беременности плацента начинает выделять гормон, препятствующий отслоению слизистой матки.

Плацентарный барьер. Мать и ее плод - два ***разных*** организма, для каждого из которых характерны только ему присущие биохимические особенности (в частности, наличие тех или иных белков). Смешение крови матери и плода способно привести к тяжелым последствиям для обоих. Поэтому кровеносные сосуды плода и матери нигде не объединяются, т.е. прямой кровоток между матерью и плодом отсутствует, и в ходе беременности кровь матери никогда не смешивается с кровью плода. Кроме того, плацента осуществляет тщательный контроль за перемещением веществ из материнской части плаценты в плодную.

Механизм передачи питательных веществ плоду. В кровь плода питательные вещества поступают ***не*** непосредственно из крови матери путем диффузии и осмоса, а претерпевая в плаценте цепь биохимических превращений, катализируемых различными ферментами, присутствующими в ее клетках. Одни из этих ферментов катализируют разложение материнских питательных веществ на ряд более простых соединений, а другие ферменты способствуют сборке из этих соединений тех питательных веществ, которые нужны плоду, могут быть усвоены им и не повредят ему. И уже эти, синтезированные в плаценте, питательные вещества попадают **в** кровь плода путем диффузии и осмоса.

Развитие плода. Плод проходит все стадии зародышевого развития, сходные со стадиями развития позвоночных животных.

К трем месяцам у него формируются все органы; в четыре с половиной месяца прослушиваются сердечные сокращения, имеющие частоту в 2 раза большую частоты сердечных сокращений у матери; в пять месяцев он весит около 500 г и имеет волосяной пушок и хвост, которые затем исчезают. На пятом месяце мать начинает ощущать движения плода, хотя двигаться он начинает несколько раньше. К шестому месяцу плод принимает вид ребенка, но с короткими ногами и дугообразным позвонком.

- К концу седьмого месяца беременности рост плода составляет около 35 см, а масса - около 1300 г; к этому моменту его органы развиты настолько, что в случае **преждевременных родов** можно сохранить жизнь ребенка с помощью специальных мероприятий.
- » В последующие два месяца вплоть до нормальных родов происходит дальнейшее созревание плода, увеличиваются его рост, масса и физические силы, образуются подкожные жировые складки, округляются формы тела; он принимает свое окончательное положение в матке перед родами (как правило, головкой вниз).
- ^ Характерные черты зародышевого развития человека (наличие у зародыша жаберных щелей, хвоста, волосяного покрова) свидетельствует об общем происхождении человека и всех хордовых животных.

- **Рекомендации беременным:** регулярно (раз в две недели) наблюдаться у врача-гинеколога, получать полноценное питание с учетом того, что в ее организме развивается плод, много времени проводить на свежем воздухе, делать специальную гимнастику для беременных - дыхательные упражнения и упражнения на расслабление тела, укрепление спины и диафрагмы таза.
- **Противопоказания при беременности:**
  - не носить обувь на высоком каблуке;
  - не переедать, не увлекаться соленой, копченой, маринованной, пряной пищей;
  - не использовать лекарства без назначения врача;
  - не переутомляться;
  - исключить интенсивные занятия спортом, особенно в течение второго периода беременности;
  - п исключить курение и алкоголь (***курение*** матерей может привести к кислородной недостаточности зародыша и, как следствие, к выкидышу или рождению ребенка пониженного веса; оно также часто является причиной нарушений развития родившихся детей; ***опьянение*** родителей во время зачатия может привести к различным аномалиям у их детей; ***употребление беременными женщинами спиртных напитков*** нередко вызывает у их детей уродства и умственное недоразвитие).

Роды

Роды - сложный физиологический процесс изгнания плода, его оболочек, плаценты и околоплодных вод из полости матки матери по истечении срока беременности.

За 2-3 недели до родов у беременной женщины начинает опускаться живот; при этом предлежащая часть плода (обычно головка) прижимается ко входу в таз.

Первые роды у женщины обычно длятся от 9 до 14 часов, последующие - 4-8 часов.

- Начало родов стимулируется выделением гипофизом гормона ***окситоцина,*** вызывающего родовые схватки - периодические сокращения мышц матки, которые становятся все более частыми;
- эти сокращения выталкивают плод к шейке матки, которая под давлением плода расширяется;
- при этом разрывается плодная оболочка (амнион), и околоплодная жидкость через влагалище выходит наружу;
- к интенсивным схваткам добавляются **потуги** (сокращение мышц брюшного пресса и диафрагмы); под совокупным действием схваток и потуг плод раздвигает кости таза (это оказывается возможным из-за наступающего ко времени родов ослабления связок, удерживающих эти кости) и выталкивается в малый таз, а затем наружу;
- при появлении головки плода из влагалища врач помогает освобождению тела ребенка и извлекает из его рта и носа слизь;
- после этого пуповина, связывающая мать и дитя, перевязывается около живота новорожденного, а затем перерезается;
- " так как ребенок теперь не снабжается кислородом через плаценту, в его крови накапливается двуокись углерода, которая возбуждает дыхательный центр. Новорожденный издает первый крик, при этом его легкие расправляются, и он начинает дышать самостоятельно;
- а примерно через 20 мин после родов плацента отделяется от матки и выходит из влагалища с остатками оболочек плода (вес родившейся плаценты - ***последа*** - составляет около 400 г).

Сразу после родов молочные железы женщины вырабатывают ***молозиво,*** которое через 2-3 дня сменяется настоящим, зрелым ***молоком,*** содержащим все вещества, необходимые для роста и развития ребенка в первые пять месяцев его жизни, а также антитела, обеспечивающие защиту от инфекционных заболеваний.

Кормление ребенка грудью вызывает рефлекторное сокращение матки, так что ее размеры постепенно восстанавливаются.

Через несколько недель (иногда месяцев) после родов созревание яйцеклеток в яичниках возобновляется, и женщина вновь становится способной к зачатию ребенка.

Дальнейшее развитие организма человека

Периоды постнатального (после рождения) онтогенеза: новорожден™, грудной, ясельный, дошкольный, школьный, юношеский, зрелого возраста, пожилого возраста, старости и смерти.

Период новорождения включает первые **10** суток после рождения; он характеризуется несовершенством всех систем органов ребенка, отсутствием изгибов позвоночника и условных рефлексов (жизнедеятельность организма новорожденного ребенка обеспечивают безусловные рефлексы), продолжительным (до 21 часа) сном, необходимостью питания материнским молоком.

[рудной период - первый год жизни. Ребенок интенсивно растет и развивается, спит несколько раз в сутки. В конце 1-го месяца младенец держит голову, у него формируется шейный изгиб позвоночника; в 5 месяцев он может сидеть, у него образуется грудной изгиб позвоночника - **кифоз;** с 6-8 месяцев у ребенка прорезываются молочные зубы, формируется поясничный изгиб позвоночника - **лордоз,** появляются первые условные рефлексы, он учится говорить и ходить. Иммунная система ребенка еще недоразвита, антитела он получает с молоком матери.

Ясельный период охватывает 2-3-й годы жизни. Ребенок овладевает речью, познает мир. у него увеличивается число условных рефлексов, быстро развивается мышление; в это время исчезает приобретенный пассивный иммунитет и появляется опасность возникновения «детских» инфекционных заболеваний (кори, скарлатины, свинки и т.д.).

В **дошкольный** (4-6 лег) **и школьный** (7-16 лет) **периоды** происходит интенсивное развитие нервной системы (в дошкольном и младшем школьном возрасте - обычно через общение со взрослыми и подражание им в процессе ***игры),*** рост скелета; процессы ассимиляции преобладают над процессами диссимиляции, возбуждение преобладает над торможением, наступает половое созревание (см. ниже), формируются вторичные половые признаки и индивидуальный характер.

- Период от 2 до 4 лет очень важен для развития мышления и двигательной активности ребенка (***пример***: дети-«маугли», возвращенные в общество до 3-4 лет, развиваются в нормального человека, а возвращенные позднее не способны стать полноценными людьми).
- В младшем школьном возрасте дети еще не могут свободно выполнять сложные и точные движения. В полной мере двигательная активность формируется к 18 годам.

Особенность сердечно-сосудистой системы подростка: рост просвета сосудов отстает от роста сердца. Поэтому у подростков возможны расстройства кровообращения (головокружения, повышение артериального давления, нарушения сердечного ритма, появление шумов сердца), а при тренировках нередки перегрузки сердечно-сосудистой системы.

Акселерация - ускорение психического и физического развития детей по сравнению с детьми предыдущих поколений.

- Возможные ***причины акселерации***: лучшее (по калорийности и содержанию витаминов) питание, занятия спортом, увеличение светового дня (за счет искусственного освещения), гетерозис (увеличение числа межэтнических браков), рост уровня радиации и $C0_2$ в атмосфере.

В течение **юношеского периода** (16-20 лет девушки и 17-21 год юноши) завершается рост и окостенение скелета; к 18 годам устанавливаются гармоничные отношения между корой и подкоркой головного мозга, происходит социальная адаптация человека.

С 21-22 лет наступает **зрелый возраст,** который в 56-60 лет сменяется **пожилым,** а с 75 лет - **старческим.**

Половое созревание

Переходный возраст - один из важнейших этапов в процессе индивидуального развития человека, в течение которого происходит интенсивное развитие его нервной системы, ***половое созревание*** и достижение биологической зрелости организма.

Переходный возраст начинается с 9-11 лет и характеризуется резкой и глубокой перестройкой работы всех систем организма, изменением психики и поведения подростков (снижением работоспособности, изменчивостью и противоречивостью эмоций, частыми сменами настроения, повышенной возбудимостью, раздражительностью, плаксивостью, конфликтностью, часто резкостью и даже агрессивностью, критическим отношением к советам и требованиям старших, нетерпимостью к родительской опеке, ярко выраженным стремлением к самостоятельности и т.д.) и становлением характера; это - важнейший этап в становлении личности человека.

Половое созревание - это комплекс физиологических процессов, протекающих в течение длительного периода времени (8-9 лет), в результате которых происходит окончательное формирование половых желез, половых органов и вторичных половых признаков, и организм достигает половой зрелости, т.е. становится способным к половому размножению.

- Срок начала, длительность и интенсивность полового созревания зависят от индивидуальных наследственных особенностей подростка, состояния его здоровья, характера питания, климата, бытовых и социально-экономических условий жизни.
- После завершения полового созревания наступает **репродуктивный период.**

Общие закономерности **полового созревания.** «Движущей силой» полового созревания является деятельность желез внутренней секреции. Гормоны гипофиза усиливают рост тела в длину и активизируют деятельность щитовидной железы, надпочечников и половых желез. В результате повышается возбудимость автономной нервной системы, возникает половое влечение, интерес к представителям противоположного пола, влюбленность, происходит постепенное формирование вторичных половых признаков.

- Основной критерий физической зрелости - окостенение скелета.
- Половое созревание у девочек:
  - продолжительность периода - с 8-9 до 16-17 лет;
  - с 8-9 лет - отложение жировой ткани в молочных железах, на бедрах, ягодицах; округление форм тела в области бедер, туловища, плечевого пояса, груди;
  - в 10-11 лет - начало выделения гипофизом фолликулостимулирующего гормона, который вызывает рост яичников и увеличение синтеза женских половых гормонов;
  - в 13-15 лет - быстрый рост тела в длину, увеличение размеров костей таза, появление волос на лобке и в подмышечных впадинах; увеличение в размерах матки, созревание в яичниках первых фолликулов, начало менструаций (см. с. 624); нормальным считается начало месячных не раньше 11-12 и не позднее 17-18 лет; при этом первые менструации нерегулярны; они становятся регулярными через 2-3 года;
  - в 16-17 лет - окончание формирования скелета по женскому типу;
  - в 19-20 лет - окончательное становление менструальной функции; наступление анатомической и физиологической зрелости организма, готовность к детородной функции.

В 45-55 лет у женщин наступает менопауза: менструальные циклы сначала становятся нерегулярными, а затем месячные прекращаются.

- Половое созревание у мальчиков:
  - продолжительность периода - с 10-11 до 19-20 лет;
  - с 10-11 лет - усиление роста полового члена и яичек;
  - в 12-13 лет - начало выработки мужских половых гормонов, формирующих вторичные половые признаки; происходит изменение формы гортани, удлинение голосовых связок и ломка голоса (голос становится низким);
  - в 13-14 лет - формирование скелета по мужскому типу: интенсивный рост костей плечевого пояса, замедление роста костей таза; усиление (под действием половых гормонов) секреции кожных желез лица и спины (при их воспалении появляются угри; исчезают угри обычно к 25 годам);

  - в **15-16** лет - появление волос на лице, подмышечных впадинах и на лобке; увеличение выработки яичками сперматозоидов; появление непроизвольных ночных извержений семени - **поллюций** (бывают от **1** раза в **1,5-2** месяца до **1-3** раза в месяц; посредством поллюций организм освобождается от избытка семенной жидкости и полового напряжения).

Планирование семьи

Наиболее благоприятный возраст для вступления в брак, беременности и первых родов - 19-22 года, т.е. после окончания школы, получения образования и освоения профессии.

^ Не существует заболеваний или расстройств, которые возникали бы на почве полового воздержания.

- **Причины опасности половой жизни в подростковом возрасте и ранней беременности** (в **13-16** лет):
  - * половая жизнь является чрезмерной нагрузкой для неокрепшего организма подростка, тормозящей его развитие;
  - велика вероятность возникновения гинекологических заболеваний у девочек;
  - случайные половые связи отрицательно влияют на психическое здоровье подростка;
  - возможно появление нежелательной беременности, для прерывания которой девушки нередко решаются на аборт;
  - беременность у подростков обычно протекает с осложнениями;
  - искусственное прерывание первой беременности часто (примерно в **16-17%** случаев) приводит к бесплодию (у рожавших женщин аборты могут вызвать ослабление родовой деятельности и/или возникновение внематочной беременности);
  - смертность новорожденных при ранней беременности значительно выше, чем в более зрелом возрасте.

Планирование семьи - это осознанное, основанное на анализе имеющихся бытовых условий, финансовых возможностей и других факторов решение молодых мужа и жены о том, сколько должно быть в семье детей и примерно когда они должны появиться на свет, а также принятие мер для предупреждения несвоевременной и нежелательной беременности.

Контрацепция - предохранение от беременности.

Методы контрацепции: химические, механические, физиологический.

- **Химические методы контрацепции:**
  - ***противозачаточные таблетки***, принимаемые внутрь; они содержат в своем составе в небольших количествах синтетические половые гормоны, задерживающие созревание яйцеклетки; подбор таблеток осуществляется врачом-гинекологом индивидуально для каждой женщины;

- *пасты* и *таблетки,* вводимые во влагалище перед половым актом; они содержат вещества, губительно действующие на сперматозоиды.

- **Механические методы контрацепции:**
  - использование механических средств (женщинами - специальных ***колпачков,*** мужчинами - ***презервативов),*** препятствующих контакту сперматозоидов с яйцеклеткой женщины;
  - применение особых внутриматочных приспособлений (***спирали***), изготавливаемых из биологически инертных материалов и не препятствующих оплодотворению, но не позволяющих зародышу укрепиться в слизистой оболочке матки.

- **Физиологический метод контрацепции:** по небольшому повышению температуры тела (см. с. 624) определяется момент овуляции, и в течение следующих 4-5 суток используются механические средства контрацепции. (Этот метод не вполне надежен, поскольку из-за стресса, болезни, приема лекарств, дальней поездки у женщины может произойти нарушение менструального цикла и изменение времени наступления овуляции.)

Заболевания, передающиеся половым путем

Главная опасность беспорядочных половых связей - высокая вероятность инфекционных заболеваний, передающихся половым путем и поражающих мочеполовые органы. Врожденного или приобретенного иммунитета к этим заболеваниям не существует.

Трихомоноз - заболевание, сопровождающееся воспалением слизистой оболочки половых органов и приводящее к снижению активности сперматозоидов и, как следствие, к бесплодию. Его возбудитель - одноклеточная жгутиковая *трихомонада* (помимо собственной патогенности она способна переносить в организм другие болезнетворные микроорганизмы).

Гонорея: возбудитель - *гонококк Нейсера.* Заражение происходит исключительно половым путем. Течение болезни у мужчин и женщин различное. Инкубационный период - от 3-5 дней до двух недель. Попав на слизистую оболочку мочевыводящих путей мужчины, гонококк усиленно размножается, вызывая сильное воспаление, сопровождающееся отеком и обильным выделением гноя, жжением и зудом в переднем отделе уретры, болями в конце мочеиспускания. У женщин симптомы заболевания выражены слабо или отсутствуют, однако на слизистой оболочке влагалища и матки гонококк вызывает типичные очаги воспаления.

Острый период заболевания продолжается 1-3 недели, а затем при недостаточном или неправильном лечении оно переходит в хроническую форму, которая может продолжаться много лет, периодически обостряясь под влиянием провоцирующих факторов (алкоголя, наркотиков, некоторых инфекционных заболеваний); возможны различные осложнения (простатит и др.)

Гонорея вызывает появление рубцов в предстательной железе у мужчин, матке и маточных трубах у женщин и может привести к бесплодию.

Лечение гонореи проводится антибиотиками.

Сифилис - хроническое инфекционное заболевание, передающееся в основном половым путем (возможно заражение бытовым путем - через предметы личной гигиены и домашнего обихода, а также врожденный сифилис - внутриутробное заражение плода через плаценту, которое возможно в первые три года болезни матери). Возбудитель сифилиса - *бледная трепонема,* внешне похожая на маленькую беловато-прозрачную змейку. Трепонемы распространяются по лимфатической системе, активно размножаются и кровотоком заносятся в разные органы, вызывая пх поражение. У нелеченных больных заболевание принимает длительный характер, в котором различают инкубационный, первичный, вторичный и третичный периоды.

Инкубационный период начинается с момента попадания трепонемы на слизистую оболочку половых органов, характеризуется быстрым размножением инфекции, отсутствием явных симптомов заболевания и длится в среднем 20-35 дней.

Первичный период (первичный сифилис). Через 4-5 недель на месте первоначального внедрения бактерии образуется эрозия или *шанкр* - безболезненная язва округлой формы с блестящей синюшно-красной поверхностью и уплотнением в основании. Спустя еще несколько дней увеличиваются ближайшие к шанкру (обычно паховые) лимфатические узлы. В конце периода, длящегося 5-7 недель, возможно появление общей слабости и субфебрильной температуры.

Вторичный период (вторичный сифилис) длится 3-4 года и характеризуется постепенным распространением трепонемы по всему организму. В этот период заболевания появляется сыпь на коже и слизистых оболочках, нешелушащиеся бледно-розовые округлые пятна и гладкие округлые гнойнички синюшно-красного цвета на коже туловища; гнойнички превращаются в язвочки или покрываются корочкой, наблюдаются признаки интоксикации: общая слабость, недомогание, боль в мышцах, суставах и костях, возникают сифилитические ангины (отличаются отсутствием островоспалительных процессов).

Третичный период (третичный сифилис) начинается на четвертом году болезни и при отсутствии лечения длится до смерти больного. Характеризуется усилением борьбы организма с возбудителем, отступлением трепонемы в отдельные очаги сопротивления (где она накапливается в огромных количествах), волнообразным течением

болезни с нечастыми обострениями и многолетними латентными состояниями. В этот период в местах скопления трепонем постепенно происходят тяжелые поражения тканей ***(«гуммы»):*** сначала возникает сильный отек, который сменяется омертвлением и распадом тканей и появлением на их месте рубцов, обезображивающих внешность человека. Поражение нервных клеток и сосудов головного мозга ведет к нарушению речи, потере памяти, способности к чтению и письму и т.д. вплоть до полного слабоумия.

Лечение сифилиса начинают в стационаре, назначая антибиотики и препараты висмута. Продолжительность лечения может составлять 5 и более лет, а по его окончании больной должен в течение еще 5 лет проходить контрольные обследования.

Синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД) - особо опасное вирусное заболевание, представляющее собой последнюю стадию заболевания, возникающего вследствие заражения ***вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ;*** см. также п. 6.1, с. 214-215).

У человека, зараженного ВИЧ, этот вирус обнаруживается в крови, сперме, слюне, грудном молоке, слезной жидкости. ВИЧ проникает только в те клетки, на мембране которых имеется особый рецептор, — это Т-лимфоциты, макрофаги и некоторые клетки мозга. Проникший в клетку вирус встраивает свои гены в генетический аппарат клетки. Наличие в зараженной клетке генов вируса может долгое время никак не сказываться на ее жизнедеятельности, однако в дальнейшем значительная часть таких клеток погибает.

СПИД характеризуется разрушением иммунной системы и возникающей вследствие этого крайней восприимчивостью к различным (вирусным, бактериальным и др.) инфекциям и онкологическим поражениям. Впервые официально зарегистрирован в 1981 г. в США; в настоящее время распространен во всех странах мира; количество инфицированных - десятки миллионов человек.

Источники инфекции - человек, больной СПИДом, или бессимптомный ВИЧ-носитель. Передача заболевания происходит половым путем, через плаценту от матери к плоду, а также с кровью больного (при переливании крови и ее препаратов, использовании инфицированных медицинских инструментов и т.д.). Особенно много ВИЧ-инфицированных среди гомосексуалистов и наркоманов.

Симптомы заболевания: общая слабость, недомогание, длительные немотивированные лихорадящие состояния, постоянная или эпизодическая диарея, потеря массы тела, потливость, увеличение лимфатических узлов, в дальнейшем — стоматиты, нагноения на коже, длительно текущие пневмонии, сепсис и др.

В настоящее время эффективные средства полного излечения от СПИДа отсутствуют; однако разработаны схемы лечения, которые могут задержать развитие этого заболевания и несколько улучшить состояние больных.

9.17. Опасность употребления наркогенных и токсических веществ

Наркогенные вещества - природные или синтетические вещества (алкоголь, никотин, марихуана, опий, кокаин и др.), изменяющие сознание человека, вызывающие у него галлюцинации или эйфорию.

Галлюцинация - обман чувств, ложное зрительное или/и слуховое восприятие, возникающее без соответствующего внешнего раздражителя; обычно воспринимается как реальное явление.

Эйфория - состояние приподнятого настроения, удовольствия, не соответствующее объективным условиям.

Наркотики - вещества, вызывающие ***наркоманию.*** В малых дозах наркотики вызывают эйфорию, а в больших - оцепенение, наркотический сон.

Наркомания - опасное хроническое заболевание, характеризующееся непреодолимым стремлением наркомана к очередному употреблению наркотика для получения удовольствия. Зависимость от наркотиков развивается очень быстро, иногда после первого же приема. При систематическом употреблении наркотика с течением времени эффект от прежней дозы ослабевает, и для достижения желаемого состояния наркоману требуется еще большая доза, в то время как воздержание от употребления наркотика сопровождается особым болезненным состоянием - ***абстинентным синдромом.*** Поэтому растет зависимость наркомана и от наркотика, и от торговца им. При наркомании поражаются внутренние органы, возникают неврологические и психические расстройства, разрушается личность человека, развивается его социальная деградация. Передозировка наркотиков может привести к смерти.

Алкоголь - наркогенное вещество на основе этилового спирта (C_2H_5OH). Пристрастие к алкоголю формируется очень быстро, особенно в подростковом или юношеском возрасте. Систематическое употребление алкоголя приводит к ***алкоголизму.***

Алкоголизм - хроническое заболевание, обусловленное систематическим употреблением спиртных напитков. Характеризуется физической и психической зависимостью человека от алкоголя, перестройкой всех систем его организма, нарушением обмена веществ, патологией внутренних органов, центральной и периферической нервной системы, нарушением координации движений, тремором рук, ослаблением умственных и физических способностей, забывчивостью, снижением сообразительности, психической и социальной деградацией; нередко сопровождается ***алкогольными психозами.*** Алкоголик не может сосредоточиться ни на чем, кроме мыслей о спиртном; он становится эгоистичным, черствым,

21 Зак 2103

бесцеремонным, пренебрегает нравственными нормами, не учитывает интересы других, в том числе самых близких, людей.

- У родителей-алкоголиков дети рождаются с недостаточной массой тела и плохо развиваются физически; они предрасположены к различным заболеваниям, отличаются плохой памятью, неспособностью сосредоточиться и четко действовать по заранее намеченному плану, часто отстают в умственном развитии.

Алкогольный психоз - психическое заболевание, возникновение которого связано с алкоголизмом. Наиболее частые формы ***- белая горячка*** (помрачнение сознания, зрительные и слуховые галлюцинации, возбуждение, страхи, различные соматические **и** неврологические расстройства; в этом состоянии человек может выброситься из окна, причинить себе или окружающим тяжелые физические повреждения и моральные травмы), ***алкогольный галлюциноз*** (преимущественно слуховые галлюцинации угрожающего содержания), ***бред ревности.***

Никотин - наркогенное вещество (алкалоид), содержащееся в табаке и некоторых других растениях; при курении всасывается в организм. Сильный яд; в малых дозах действует возбуждающе на нервную систему, в больших - вызывает ее паралич (остановку дыхания, прекращение сердечной деятельности). В Европе табак появился в 1492 г., когда Х. Колумб доставил его из Америки.

•> Опасность курения:

- очень быстрое наступление психической зависимости от никотина (значительно быстрее, чем от алкоголя);
- " нарушение нормального режима труда и отдыха;
- ухудшение памяти, снижение внимания и эффективности заучивания, появление немотивированных ошибок при письме и выполнении математических операций;
- " отрицательное воздействие на кровеносные сосуды никотина и других (примерно 1200) веществ, выделяющихся при сгорании табака (сажи, оксида углерода, сероводорода, синильной кислоты, мышьяка, аммиака, ацетилена, канцерогенного бензогшрена и др.). Никотин вызывает спазмы кровеносных сосудов и перерождение их внутренней оболочки; в результате чего уменьшается просвет сосудов, затрудняется кровообращение, ухудшается снабжение кислородом и питательными веществами различных органов, нарушается выведение из организма продуктов обмена веществ. Повреждение никотином сосудов сердца приводит к ишемической болезни сердечной мышцы и ***инфаркту миокарда.*** Повреждение сосудов мозга вызывает нарушение кровоснабжения мозга и может привести к ***инсульту;***

- повышение вероятности заболевания ***хроническим бронхитом, туберкулезом легких, раком*** гортани, легких (возникает в 6-10 раз чаще, чем у некурящих) и пищевода (в 2-6 раз чаще);
- у мужчин (реже у женщин) - опасность заболевания ***эндартериитом*** (перемежающейся хромотой), при котором больной может пройти лишь несколько шагов, после чего в мышцах ног из-за сужения сосудов возникают онемение и резкая боль, которая при прекращении движения через некоторое время проходит, но при попытке идти возобновляется. Со временем кровоснабжение мышц может стать недостаточным даже в покое, и происходит омертвление тканей ***(гангрена);***
- у женщин - осложнения беременности, увеличение (до 75-80%) вероятности рождения умственно неполноценного ребенка, рост смертности новорожденных (на 40% выше, чем у некурящих), преждевременное старение;
- сокращение продолжительности жизни;
- нанесение вреда курильщиком некурящим окружающим, находящимся в накуренном помещении ***(пассивным курильщикам).***

Бытовые токсические вещества (БТВ) - некоторые вещества, используемые в быту (различные растворители, клеи, синтетические моющие средства и др.) и вызывающие одурманивающий эффект при их употреблении не по назначению (принятии внутрь, вдыхании паров и т.п.).

- **Опасность употребления БТВ не по назначению:**
  - систематическое употребление БТВ не по назначению ведет к появлению зависимости от них ***(токсикомании);***
  - многие из этих веществ по своей токсичности превосходят даже наркотики;
  - даже в малых дозах они чрезвычайно отрицательно влияют на различные органы, в первую очередь на легкие (при вдыхании паров) и печень, которая вынуждена их обезвреживать и зачастую не может справиться с этим;
  - принятие внутрь БТВ или вдыхание их паров нередко приводит к летальному исходу.

9.18. Сенсорные системы

Основные понятия

Сенсорная система (или **анализатор)** - это совокупность специализированных структур, обеспечивающих восприятие организмом информации из внешней и внутренней среды, ее передачу в кору больших полушарий головного мозга, обработку (анализ) этой информации в центральной нервной системе и формирование соответствующих ощущений в сознании человека.

Сенсорные системы человека: ***зрительная, слуховая, равновесия, вкусовая, обонятельная, осязательная, проприоцептивная*** (или костно-мышечное чувство; воспринимает информацию о взаимном расположении суставов и степени сокращения каждой мышцы; позволяет поддерживать позы тела и координировать движения его разных частей), ***висцеральная*** (принимает и обрабатывает информацию о состоянии внутренней среды организма: о химическом составе и давлении жидкостей тела, о температуре органов, степени наполнения желудка, кишечника, мочевого пузыря и т.д.).

- Все сенсорные системы построены по единому принципу.
- Каждая сенсорная система способна реагировать только на определенный вид раздражения (на ***адекватный раздражитель).***
- Некоторые сенсорные системы действуют на бессознательном уровне или осознаются человеком лишь частично.
- Различные сенсорные системы взаимодействуют друг с другом. Повреждение одной из сенсорных систем частично компенсируется за счет других (***пример***: при потере зрения обостряются слух, обоняние и осязание).

Отделы сенсорных систем. Рецепторы

- **Отделы сенсорной системы:** периферический, проводниковый, центральный.

Периферический отдел сенсорной системы является **органом** чувства и состоит из рецепторов, сконцентрированных в определенных участках тела, и вспомогательных структур.

Рецепторы воспринимают раздражение и преобразуют энергию раздражителя (света, звука, температуры, прикосновения и т.д.) в нервные импульсы. От рецепторов нервные импульсы поступают к ***чувствительным нейронам.***

Рецепторы не реагируют на слишком слабые раздражители, а также (за исключением рецепторов вестибулярного аппарата и костно-мышечного чувства) на раздражители, интенсивность воздействия которых не меняется в течение длительного времени.

Порог раздражения - минимальная интенсивность и продолжительность действия раздражителя, которая может вызвать возбуждение рецептора.

Порог различения - минимальная разница в величине прироста или уменьшения раздражения, которая ощущается человеком.

^ Рецепторы различают по местоположению (внутренние и наружные), строению (***например***, световые рецепторы и волосковые чувствительные клетки внутреннего уха) и избирательности.

- Классификация **рецепторов по избирательности:**
  - хеморецепторы (рецепторы вкуса и обоняния);
  - механорецепторы (рецепторы осязания и слуха);
  - фоторецепторы (рецепторы зрения);
  - терморецепторы (холода и тепла);
  - болевые рецепторы.

Вспомогательные структуры выполняют защитную, опорную и некоторые другие функции ***(пример:*** периферический отдел слуховой сенсорной системы представлен слуховыми рецепторами и вспомогательным аппаратом - ушной раковиной, наружным слуховым проходом, барабанной перепонкой и др.).

Проводниковый отдел состоит из нервов, образованных пучками длинных аксонов чувствительных (центростремительных) нейронов, по которым информация, поступившая от рецепторов, передается в центральную нервную систему. При этом нервные импульсы сначала попадают в подкорковый отдел мозга - ***таламус*** (в нем происходит первичная обработка информации), а от него - в кору головного мозга.

Центральный отдел расположен в определенной области коры больших полушарий головного мозга, где находятся ***высшие сенсорные центры*** **-** зоны, образованные нервными ***ядрами*** (скоплениями нервных клеток) и обеспечивающие окончательный анализ поступившей информации, формирование соответствующих ощущений - ***образа объекта*** **-** и, если необходимо, ответной реакции.

Обработка информации в сенсорных системах

- **Обработка информации в сенсорной системе:**
  - сигнал из внешней или внутренней среды организма действует или на рецепторную клетку, или на разветвленный дендрит чувствительного нейрона. В результате чувствительный нейрон генерирует несколько нервных импульсов, причем чем сильнее раздражение, тем больше количество возникающих нервных импульсов;
  - по длинным аксонам чувствительных нейронов (чувствительному нерву) нервные импульсы проводятся в центральную нервную систему (ЦНС);
  - в ЦНС нервные импульсы передаются по цепочке нейронов (проводящему пути) и достигают проекционной зоны коры больших полушарий головного мозга; при этом по ходу проводящего пути осуществляется начальная обработка информации;
  - в проекционной зоне коры больших полушарий поступившие нервные импульсы обрабатываются, в результате чего у человека возникают ощущения;
  - в ассоциативных зонах коры возникшее ощущение сопоставляется с информацией, хранящейся в памяти человека, что приводит к распознаванию данного ощущения.

- Возможные **ошибки сенсорных систем:**
  - ошибки, связанные с действием на рецепторы не соответствующих им раздражителей *(пример:* механическое раздражение рецепторов глаза может вызвать световое ощущение - «искры из глаз»);
  - ***иллюзии*** - ошибки зрительного, слухового, теплового и др. восприятия, вызванные физическими причинами *(пример:* из-за того, что показатели преломления света в воздухе и воде различны, ложка, опущенная в стакан с водой, кажется сломанной).
- **Значение сенсорных систем:**
  - они обеспечивают восприятие и анализ информации из внешней и внутренней среды, позволяя организму ориентироваться и адекватно реагировать на изменения, происходящие в среде;
  - участвуют в образовании условных рефлексов;
  - получаемая от них информация обеспечивает поведение человека, его психическую деятельность.

9.19. Зрительная сенсорная система

Общая характеристика

Зрение - вид чувствительности, позволяющий воспринимать форму, размер, цвет и яркость окружающих нас предметов, а также расстояние до них, состояние покоя или движения и его направление; обеспечивается ***зрительной сенсорной системой.***

Острота зрения - способность определять относительное положение предметов. В среднем острота нормального зрения у человека составляет 3-5 секунд дуги.

Цветовое зрение: при хорошем освещении человеческий глаз может различить более 10 млн. цветовых оттенков.

Стереоскопическое зрение - способность зрительной системы воспринимать объемное (трехмерное) изображение; обеспечивается **бинокулярностью** - наличием двух глаз, видящих один и тот же объект с разных точек, находящихся на расстоянии 40-70 мм одна от другой; при этом оба изображения рассматриваемого объекта воспринимаются человеком как одно.

- **Значение зрения:**
  - к зрительной информации относится до 90% информации, получаемой человеком из внешнего мира;
  - каждое новое поколение людей получает практически все накопленные человечеством знания именно в визуальной форме - в виде информации, записанной в книгах, журналах и т.д. (а теперь - на СЬ, ОУЭ, ... и визуально отображаемой на мониторах компьютеров).

- **Состав зрительной сенсорной системы:**
  - периферическая часть представлена двумя ***глазными яблоками*** с ***фоторецепторами сетчатки*** и ***оптической системой,*** и вспомогательным аппаратом ***(глазными мышцами, слезными железами, бровями, веками и ресницами);***
  - проводниковый отдел образован ***зрительными нервами*** (это II пара черепно-мозговых нервов; по одному нерву отходит от каждого глазного яблока), передающими нервные импульсы в подкорковые центры: верхние бугры четверохолмия среднего мозга и зрительные бугры (таламус) промежуточного мозга;
  - центральный отдел представлен ***зрительной зоной*** в *затылочной* доле коры больших полушарий головного мозга.

Строение и функции глазного яблока

Глазное яблоко (рис. 9.33) имеет шаровидную форму и находится в **глазнице** - специальном углублении лицевой части черепа.

Стенка глазного яблока состоит из трех слоев (оболочек) - ***фиброзной, сосудистой и сетчатки.***

Полость глазного яблока заполнена ***стекловидным телом.***

Фиброзная оболочка - это *наружная* белковая оболочка глаза, покрывающая всю его поверхность и служащая для защиты его внутренних структур; морфологически в этой оболочке выделяют ***роговицу*** и ***склеру.***

Роговица - передняя, *прозрачная* и выпуклая вперед часть фиброзной оболочки, не имеющая кровеносных сосудов; в ней происходит наиболее сильное преломление световых лучей. Помутнение роговицы ведет к слепоте.

Склера - остальная часть фиброзной оболочки, образованная плотным *непрозрачным* веществом белого или слегка голубоватого цвета.

Сосудистая оболочка - это средняя оболочка глаза, состоящая из трех частей: ***собственно сосудистой, ресничного тела*** и ***радужки.***

Собственно сосудистая оболочка пронизана множеством мелких сосудов, снабжающих глаз кровью; ее внутренняя поверхность выстлана клетками, содержащими черный пигмент, поглощающий свет.

Радужка - передняя стенка сосудистой оболочки, имеющая форму диска с отверстием в центре - **зрачком.** Клетки радужки содержат пигмент меланин, количество которого определяет ***цвет глаз*** - от голубого до темно-коричневого и почти черного. В радужке имеются кольцевые и радиальные гладкомышечные волокна.

- ***Кольцевые мышечные волокна радужки*** расположены параллельно периметру зрачка и иннервируются парасимпатическими нервами; их сокращение приводит к сужению зрачка.

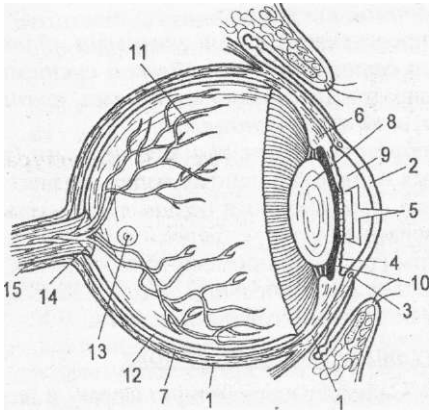


Рис. 9.33. Строение глаза:
1 - склера, 2 - роговица, 3 - край роговицы, 4 - радужка, 5 - зрачок, 6 - ресничное тело, 7 - собственно сосудистая оболочка, 8 - хрусталик, 9 - передняя камера глаза, 10- задняя камера глаза, 11 - стекловидное тело, 12 - сетчатка, 13 - центральная ямка сетчатки, 14- диск зрительного нерва, 15 - зрительный нерв

и ***Радиальные мышечные волокна*** ориентированы вдоль радиусов радужки и иннервируются симпатическими нервами; сокращение этих волокон расширяет зрачок.

Передняя камера глаза - пространство между роговицей и радужкой.

Хрусталик - прозрачное эластичное двояковыпуклое образование диаметром около 10 мм, располагающееся позади зрачка, имеющее форму и выполняющее функцию линзы; не имеет кровеносных сосудов,

>• Хрусталик помещен в прозрачную ***капсулу,*** соединенную с ресничной мышцей упругими волокнами - цинновьши связками, При сокращении и расслаблении ресничной мышцы натяжение цинновых связок изменяется, что приводит к изменению кривизны поверхностей хрусталика. Это позволяет фокусировать изображение предметов точно на поверхности сетчатки.

Задняя камера глаза - пространство между радужкой и хрусталиком.

Водянистая влага - прозрачная жидкость, заполняющая переднюю и заднюю камеры глаза и снабжающее питательными веществам и роговицу и хрусталик.

Стекловидное тело - *прозрачная,* не содержащая сосудов желеобразная масса, заполняющая полость глазного яблока позади хрусталика. Участвует в поддержании внутриглазного давления и формы глаза.

Сетчатка. Нейронная сеть сетчатки

Сетчатка - тонкая внутренняя оболочка глаза, прилегающая к сосудистой оболочке и содержащая ***фоторецепторы*** и ***нейронную сеть,*** образованную 4 типами нервных клеток (рис. 9.34).

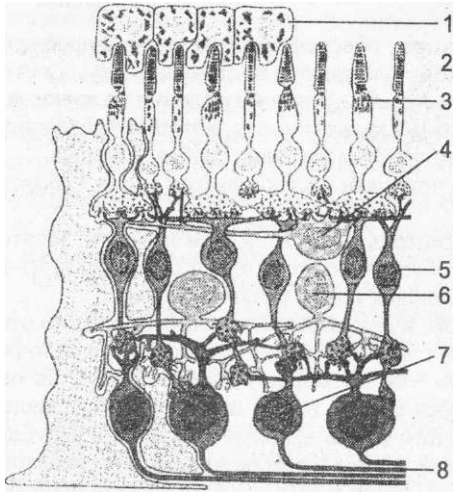


Рис. 9.34. Структура сетчатки глаза:
1 - пигментный эпителий, 2 - палочка, 3 - колбочка, 4 - горизонтальная нервная клетка, 5- биполярная нервная клетка, 6 - амакриновая клетка, 7 - ганглиозная клетка, 8 - зрительный нерв.
Свет падает снизу

1 I I

Фоторецептор - рецепторная клетка зрительной сенсорной системы, которая возбуждается при действии света.

• Первым в сетчатке по ходу световых лучей является слой нервных (ганглиозных) клеток, слой фоторецепторов - последний по ходу лучей, он прилегает к пигментным клеткам сосудистой оболочки.

Типы фоторецепторов сетчатки глаза: ***колбочки*** и ***палочки*** (различаются по форме рецепторных клеток). Чувствительность фоторецепторов к свету обусловлена особыми светочувствительными белками (см. ниже), молекулы которых под воздействием света распадаются на два фрагмента и при этом возбуждают фоторецептор.

Колбочки - фогорецепторы, воспринимающие очертания и детали объектов и обеспечивающие цветовое зрение.

Всего в сетчатке глаза человека имеется около 6 млн. колбочек.

Трехкомпонентная теория цвета: в сетчатке глаза человека и позвоночных животных имеется *три вида колбочек* (по последним данным - семь видов), каждый из которых содержит только один из типов светочувствительного белка и лучше всего воспринимает один из цветов - красно-оранжевый (светочувствительный белок *хлоролаб),* желто-зеленый (светочувствительный белок - *зриплаб)* или сине-фиолетовый (светочувствительный белок - *иодопсин).* Одновременное возбуждение двух или трех Ридов кол-

бочек воспринимается человеком как составной цвет (например, розовый или белый).

Палочки - фоторецепторы, обеспечивающие черно-белое зрение и обладающие высокой чувствительностью к свету. Светочувствительный белок - ***родопсин.*** Для возбуждения палочки достаточно попадания всего 6-10 квантов света, которые зрительной сенсорной системой регистрируются как одна слабая вспышка.

Всего в сетчатке глаза человека насчитывается около 125 млн. палочек.

^ Колбочки менее чувствительны к свету, чем палочки. Поэтому в сумерках зрение обеспечивается только палочками, из-за чего в этих условиях человек плохо различает цвета.

Желтое пятно - область в центральной части сетчатки, в которой колбочки расположены с максимальной плотностью, а палочки отсутствуют. Желтое пятно - область наилучшего видения; на нее проецируются световые лучи от той точки, на которую направлен наш взгляд. В центре желтого пятна имеется небольшое углубление сетчатки - ***центральная ямка.*** По мере удаления от желтого пятна количество колбочек уменьшается, а количество палочек возрастает. На периферии сетчатки имеются только палочки.

Центральное зрение - наилучшее видение предметов, обусловленное наличием максимального количества колбочек в области желтого пятна; обеспечивает возможность рассматривать мелкие детали предметов. • •

Периферическое, или **боковое, зрение** - менее острое видение предметов периферическими участками сетчатки, в которых количество колбочек невелико; позволяет ориентироваться в пространстве и замечать движение, происходящее вблизи боковой границы обзора.

Типы нервных клеток сетчатки глаза: горизонтальные, ганглиозные, биполярные и амакриновые. Соединяясь друг с другом, эти клетки образуют ***нейронную сеть сетчатки.***

Горизонтальные нервные клетки соединяют фоторецепторы друг с другом. От тела каждой горизонтальной клетки отходит множество отростков, которые образуют синаптические контакты на фоторецепторах сетчатки.

Ганглиозные нервные клетки - нейроны, аксоны которых образуют зрительный нерв, выходящий из глаза и идущий в головной мозг.

Биполярные клетки соединяют фоторецепторы с ганглиозными клетками. Биполярные клетки имеют два отростка: один из них контактирует с несколькими фоторецепторами, а другой - с несколькими биполярными клетками.

Амакриновые клетки соединяют друг с другом ганглиозные клетки; **по** своему строению они сходны с горизонтальными.

Зрительный нерв - нерв, выходящий из глаза и следующий в головной мозг; образован пучком собранных вместе аксонов ганглиозных нервных клеток.

Слепое пятно - область сетчатки, в которой отсутствуют фоторецепторы, а аксоны ганглиозных клеток собираются в пучок, формируя зрительный нерв; это место выхода зрительного нерва; находится сбоку от желтого пятна.

• Принцип работы нейронной сети сетчатки.

- Каждая фоторецепторная клетка соединена с несколькими горизонтальными и биполярными клетками, а каждая биполярная - с несколькими ганглиозными клетками. Ганглиозные клетки также соединяются между собой через амакриновые клетки.
- Такая сеть рецепторных и нервных клеток позволяет, во-первых, сравнивать информацию, поступающую от соседних рецепторных клеток, и во-вторых, дублировать работу отдельных элементов зрительной системы, устраняя их возможные ошибки и тем самым исключая риск.
- Нервные импульсы от рецепторных клеток поступают сначала в горизонтальные и биполярные, а затем в ганглиозные клетки сетчатки, обменивающиеся информацией друг с другом.
- Результатом работы нейронной сети сетчатки является первичный анализ изображения и его движения. Полученная информация передается по зрительному нерву в головной мозг.

Вспомогательные структуры глаза. Движения глаз

Вспомогательные структуры глаза: брови, веки, ресницы, слезные железы, слезные протоки, мышцы глазного яблока.

Брови предупреждают попадание в глаза пота, стекающего со лба.

Веки осуществляют механическую защиту глазного яблока; изнутри имеют оболочку — **конъюнктиву.** Периодические смыкания и размыкания век (***моргание***) обеспечивают равномерное распределение ***слезной жидкости*** по поверхности глазного яблока.

Ресницы обеспечивают дополнительную защиту глазного яблока от пыли.

Слезные железы продуцируют ***слезную жидкость***; расположены у верхних наружных углов глаз.

Слезные протоки служат для отведения излишков ***слезной жидкости*** в носовую полость.

Слезная жидкость увлажняет и согревает глаза, облегчает движение век, уменьшая их трение, предохраняет глаза от проникновения инфекций (содержит бактерицидное вещество - лизоцим), смывает пыль через слезный канал.

Мышцы глаза, обеспечивающие повороты глазного яблока в глазнице (одним концом эти мышцы прикреплены к глазному яблоку, другим - к глазнице):

- верхняя и нижняя прямые мышцы;
- внутренняя и наружная прямые мышцы;
- верхняя и нижняя косые мышцы.

Сокращение верхней прямой мышцы приводит к повороту глазного яблока по вертикали вверх. При одновременном сокращении верхней прямой и наружной прямой мышц глазное яблоко перемещается по диагонали. Сокращение косых мышц вызывает вращение глазного яблока по часовой стрелке или против нее.

• **Виды движений глаз:** скачкообразные и плавные.

Скачкообразные движения (или **саккады)** возникают, когда человек осматривается вокруг. За одну секунду глаз совершает от 2 до 5 саккад.

Плавные движения глаз сопровождают предметы, перемещающиеся в поле зрения.

Оптическая система глаза

Оптическая система глаза - совокупность структур и сред глаза, через которые проходят световые лучи; включает (в порядке прохождения лучей света) ***роговицу, жидкость передней камеры, зрачок, жидкость задней камеры, хрусталик, стекловидное тело.*** Пройдя через стекловидное тело, лучи попадают на сетчатку.

Основные преломляющие элементы оптической системы глаза - ***роговица*** (образует вогнуто-выпуклую линзу) и ***хрусталик*** (представляет собой двояковыпуклую линзу).

Преломляющая сила линзы - способность линзы отклонять лучи от их первоначального направления. Преломляющая сила зависит от кривизны линзы: чем меньше кривизна, тем меньше преломляющая сила.

Преломляющая сила оптических элементов глаза: преломляющая сила роговицы постоянна, преломляющая сила хрусталика может изменяться.

/ Оптическая система глаза формирует на сетчатке ***уменьшенное перевернутое*** изображение предметов.

Условие четкого (резкого) видения предмета: лучи, исходящие от каждой точки предмета, должны быть ***точно сфокусированы на сетчатке,*** т.е. эти лучи должны сходиться также **в** одной точке, и эта точка должна находиться на сетчатке.

Если смотреть на предмет, находящийся вблизи, то далекие предметы видны нечетко; наоборот, если смотреть вдаль, то неясно и расплывчато видны близкие предметы. Причина этого в том, что лучи, исходящие от предметов, находящихся на разных расстояниях, фокусируются в глазу на разных расстояниях от хрусталика, и точная фокусировка на сетчатке достигается только для некоторых предметов.

Аккомодация. Зрачковый рефлекс

Аккомодация - процесс (и способность к) приспособления (-ю) глаза к четкому (резкому) видению предметов, находящихся на разных расстояниях; осуществляется изменением преломляющей силы хрусталика путем изменения его кривизны (выпуклости).

" ***Пример***: при рассматривании близких предметов хрусталик делается более выпуклым (за счет сокращения ресничной мышцы глаза), и его преломляющая сила возрастает. В результате световые лучи, исходящие от этих предметов, фокусируются точно на сетчатке - изображение становится резким. В то же время лучи, исходящие от удаленных предметов, фокусируются перед сетчаткой, и их изображение становится нечетким.

Зрачковый рефлекс - безусловное рефлекторное изменение диаметра ***зрачка*** при изменении уровня освещенности (при уменьшении освещенности зрачок расширяется, при ярком свете он сужается), приводящее к изменению количества света, падающего на сетчатку; служит для адаптации зрительной системы к разному уровню освещенности.

• Площадь зрачка у человека может изменяться более чем в 40 раз.

Обработка зрительной информации

В черепную коробку пара зрительных нервов проникает через специальные отверстия и затем перекрещивается, причем внутренние части каждого нерва обмениваются волокнами, а наружные - нет. После пересечения зрительные нервы опять расходятся, и получается, что информация от внутренних половин сетчатки переходит на противоположную сторону. В результате все, что мы видим справа, оказывается в левом ***зрительном тракте*** (зрительном нерве после пересечения), а то, что видим слева, - в правом.

Зрительные тракты заканчиваются в промежуточных подкорковых ядрах (в верхних буграх четверохолмия среднего мозга и зрительных буграх промежуточного мозга), где поступившая информация проходит дополнительную обработку.

От подкорковых ядер нервные волокна, несущие информацию от глаз, поднимаются к ***зрительным зонам*** в затылочных долях обоих полушарий головного мозга, где происходит окончательная обработка зрительной информации. Таким образом, левое полушарие видит правую половину мира, правое - левую. Кроме того, в зрительных зонах происходит обратное «переворачивание» воспринимаемого изображения «с головы на ноги» (напомним, что

оптическое изображение *на сетчатке* является *перевернутым*), так что зрительное ощущение оказывается правильно ориентированным.

- Зона коры, принимающая сигналы от желтого пятна, в 35 раз обширнее, чем корковые зоны, отвечающие за такие же по размеру периферические участки; поэтому корой мозга основное внимание уделяется информации, идущей из области наилучшего зрения.

Дефекты и гигиена зрения

Дефекты зрения обусловлены нарушениями структуры и функций элементов зрительной сенсорной системы (*например,* нарушением аккомодации, из-за чего световые лучи, пройдя через оптическую систему глаза, не фокусируются точно на сетчатке). Могут быть врожденными или приобретенными.

Расстройства зрения могут быть вызваны недостатком витамина А, а также никотином, алкоголем, различными наркотическими и токсическими веществами.

- **Близорукость** - дефект зрения, при котором лучи фокусируются *перед сетчаткой*, и человек четко видит предметы только на близком расстоянии.
- **Причины близорукости:**
  - удлиненное глазное яблоко (***врожденная близорукость);***
  - увеличение кривизны хрусталика или ослабление ресничной мышцы (***приобретенная близорукость).***
- **Коррекция близорукости** осуществляется с помощью очков с *рассеивающими двояковогнутыми* линзами.

- **Дальнозоркость** - дефект зрения, при котором лучи фокусируются *за сетчаткой,* и человек четко видит предметы только на большом расстоянии.
- **Причины дальнозоркости:**
  - укороченное глазное яблоко (***врожденная дальнозоркость);***
  - уплотнение хрусталика, приводящее к потере его эластичности и уменьшению кривизны (***старческая дальнозоркость).***
- **Коррекция дальнозоркости** осуществляется с помощью очков с *собирающими двояковыпуклыми* линзами.

Астигматизм - дефект зрения, при котором точечный источник света на сетчатке образует различные фигуры (эллипс, линию и др.); обусловлен неоднородностью кривизны роговицы или хрусталика. Корректируется очками со специальными астигматическими линзами (их поверхности имеют небольшую цилиндричность).

Дальтонизм - дефект зрения, при котором не воспринимается один или несколько основных цветов (*например,* зеленый или красный); обусловлен поражением или дефектом одного из видов колбочек.

Заболевания глаз (конъюнктивит, неврит и др.) часто связаны с попаданием болезнетворных микробов на слизистые оболочки глаз, инфекционными заболеваниями других органов, действием аллергенов, недостатком витамина А и др. Могут быть следствием использования несвежих полотенец, платков, попадания инфекции с грязных рук и т.п.

Глаукома - заболевание, характеризующееся повышением внутриглазного давления, нарушением зрительных функций и атрофией зрительного нерва; часто является одной из причин слепоты.

- Возможные причины глаукомы: наследственная предрасположенность, перенесенные заболевания или травмы глаза, тяжелая физическая работа, сильный стресс и др.

Катаракта - заболевание, характеризующееся помутнением хрусталика. Устраняется вживлением пластмассового хрусталика вместо помутневшего.

Конъюнктивит - аллергическое или инфекционное воспаление слизистых оболочек век; проявляется покраснением и резью в глазу, слезотечением, слизистыми или слизисто-гнойными выделениями, светобоязнью. В гнойной стадии может вызвать слепоту.

Куриная слепота (гемералопия) - заболевание, вызываемое недостатком в организме витамина А; характеризуется нарушением рецепто'рной функции палочек и ухудшением сумеречного зрения.

- **Гигиена зрения** - комплекс условий, направленных на нормальное функционирование органа зрения:
  - освещение при чтении и письме должно быть достаточным и равномерным;
  - свет при этом должен падать слева (для правшей) или справа (для левшей);
  - предпочтительным является естественное дневное освещение; не стоит применять настольные лампы с «дневным светом»;
  - расстояние от глаза до предмета должно быть 30-35 см;
  - через каждые 30-40 мин занятий, связанных с чтением, письмом или работой на компьютере, следует устраивать 10-15-минутный отдых;
  - при просмотре телепередач следует находиться от экрана на расстоянии не менее 2,5-3,0 м; длительность просмотра телепередач для учащихся не должна превышать 30-40 мин в день;
  - в вечернее время при работе на компьютере или просмотре телепередач в помещении необходимо включать освещение;
  - нельзя читать в транспорте, так как в результате постоянно меняющегося расстояния между предметом и хрусталиком ослабевают эластичность хрусталика и ресничная мышца;
  - следует защищать глаза от попадания пыли, инородных предметов, яркого света;

- нужно использовать защитные экраны или очки при опасных для глаз работах;
- вытирать глаза следует только совершенно чистым полотенцем или носовым платком;
- рекомендуется регулярно (через каждые один-два часа) в течение 3-5 мин тренировать зрение, попеременно смотря то вдаль, то на близко расположенный предмет.

• Первая помощь при повреждении глаз:
- при попадании в глаз соринки промыть его прохладной кипяченой водой и, оттянув веко, влажной ваткой удалить с него соринку; руки при этом должны быть предварительно вымыты;
- при ушибе необходимо приложить к глазу марлевую салфетку или чистый носовой платок, смоченный прохладной кипяченой водой;
- при ранениях глаза его нельзя промывать водой и вынимать инородное тело; на глаз необходимо наложить стерильную повязку и отправить пострадавшего в больницу;
- при химических ожогах глаза (попадании в глаз щелочи, кислоты, ядовитых веществ) его необходимо немедленно промыть (в течение 15-20 мин) проточной водой и срочно обратиться к врачу.

9.20. Сенсорная система слуха

Общая характеристика

Слух - вид чувствительности, позволяющий воспринимать частоту и силу (амплитуду) звуковых колебаний, а также направление, в котором находится источник звука; обеспечивается ***слуховой сенсорной системой.***

Звук представляет собой колебания давления, волнообразно распространяющиеся в упругой среде (воздухе, воде).

Ухо человека может воспринимать звуковые колебания с частотой от 12-14 до 20 ООО Гц (у детей - до 22 ООО Гц, у пожилых людей - до 15 ООО Гц). 1 Гц ***(герц) -*** единица измерения частоты, равная одному колебанию за одну секунду.

Громкость звука зависит от ***амплитуды*** колебаний давления.

Высота звука определяется ***частотой*** колебаний давления: высокочастотные изменения давления воспринимаются как высокий звук (свист, писк), низкочастотные колебания - как низкий звук (гул, гудение).

• Значение слуха:
- к слуховой информации относится до 9% информации, получаемой человеком из внешнего мира;
- слух позволяет ориентироваться в окружающей обстановке;

- с помощью слуха возможно общение между людьми;
- у человека слуховая сенсорная система является частью более общей системы, обеспечивающей способность к членораздельной речи; поэтому ребенок, потерявший слух в раннем детстве, утрачивает и речь, несмотря на то, что его речевой аппарат не нарушен.

•> Состав слуховой сенсорной системы:
- периферический отдел (орган слуха) представлен парными ***наружным ухом, средним ухом, внутренним ухом*** со ***слуховыми рецепторами*** и вспомогательными образованиями, входящими в состав наружного и среднего уха;
- проводниковый отдел образован ***преддверно-улитковыми (слуховыми) нервами*** (это VIII пара черепно-мозговых нервов), передающими нервные импульсы в головной мозг;
- центральный отдел представлен ***слуховыми зонами*** в ***височных*** долях коры больших полушарий головного мозга.

Строение наружного, среднего и внутреннего уха

• Наружное ухо - звукоулавливающая часть слуховой сенсорной системы; включает ***ушную раковину, наружный слуховой проход*** и ***барабанную перепонку*** (рис. 9.35).

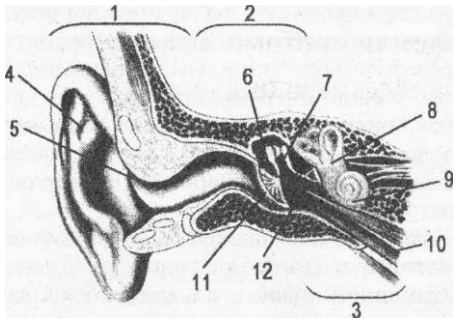


***Рис.* 9.35. Строение наружного, среднего и внутреннего уха:**
I - наружное ухо, 2 - среднее ухо, 3 - внутреннее ухо, 4 - ушная раковина, 5 - наружный слуховой проход, 6 - молоточек, 7 - наковальня, 8 - вестибулярный аппарат, 9 - улитка, 10- слуховая труба, II - стремечко, 12 - барабанная перепонка

Ушная раковина состоит из хряща, покрытого кожей; выполняет функцию звукоулавливающей антенны. У человека ушные мышцы развиты слабо, поэтому ушная раковина практически неподвижна.

Наружный слуховой проход представляет собой костно-хрящевой канал длиной до 3 см, покрытый многослойным плоским эпителием; служит для проведения звуковых колебаний к барабанной перепонке. Эпителий содержит видоизмененные потовые железы, вырабатывающие ***ушную серу -*** вязкое вещество, обладающее бактерицидными свойствами и задерживающее пыль и бактерии, попадающие в наружный слуховой проход.

Барабанная перепонка - тонкая эластичная мембрана, отделяющая наружное ухо от среднего и имеющая вид тонкого конуса, вершина которого направлена в полость среднего уха; служит для восприятия звуковых колебаний, пришедших по наружному слуховому проходу, преобразования их в механические колебания и передачи их в среднее ухо.

- **Среднее ухо** - звукопроводящая часть слуховой сенсорной системы; представлено ***барабанной полостью,*** тремя ***слуховыми косточками*** и ***слуховой (евстахиевой) трубой.***

Барабанная полость представляет собой полую камеру в височной кости объемом около 1 см^3, находящуюся между наружным и внутренним ухом, выстланную слизистой оболочкой, заполненную воздухом и через ***слуховую трубу*** соединяющуюся с носоглоткой. Барабанная полость заканчивается ***овальным*** и ***круглым окнами,*** отделяющими среднее ухо от внутреннего.

Слуховые косточки - ***молоточек, наковальня, стремечко*** - имеют очень маленькие размеры (длина стремечка - 3 мм), расположены в барабанной полости и служат для передачи колебаний от барабанной перепонки к мембране ***овального окна,*** а также для усиления (в 20-50 раз) слабых колебаний и ослабления чрезмерно сильных колебаний. Слуховые косточки соединяются друг с другом суставами, образуя цепочку - рычажно-шарнирную систему, которая может усиливать колебания. При этом рукоятка молоточка вплетена в барабанную перепонку, его головка соединена с наковальней, которая, в свою очередь, шарнирно связана со стремечком, а стремечко прикреплено к мембране овального окна. Ослабление очень сильных колебаний происходит рефлекторно (без участия сознания) за счет сокращения мышц, ограничивающих подвижность косточек.

Слуховая (или **евстахиева) труба** - канал, соединяющий барабанную полость с носоглоткой и служащий для поддержания одинакового давления в барабанной полости и в носоглотке (выравнивание давлений происходит во время глотания и зевания); это позволяет создать наилучшие условия для колебаний барабанной перепонки и, тем самым, для наилучшего восприятия звука.

Овальное и **круглое окна** - затянутые эластичными мембранами отверстия в барабанной полости, соединяющие среднее ухо с внутренним. **В** мембранную перепонку овального окна (площадь которой примерно в 20 раз меньше площади барабанной перепонки) упирается плоская часть стремечка. Круглое окно снижает давление на овальное окно.

- **Внутреннее ухо** - звуковоспринимающая часть слуховой сенсорной системы; находится в височной кости и состоит из системы полостей и каналов, образующих ***костный лабиринт*** и расположенный в нем ***перепончатый лабиринт.*** Пространство между этими лабиринтами заполнено жидкой средой - ***перилимфой,*** внутри перепончатого лабиринта находится ***эндолимфа.***

Костный лабиринт - система полостей и каналов внутреннего уха, в которой выделяют три части: ***улитку*** (расположена спереди), ***преддверие*** (в центре) и три ***полукружных канала,*** улитка относится к органу слуха, а преддверие с полукружными каналами - к ***вестибулярному аппарату*** (см. п. 9.20).

Перилимфа - вязкая жидкость, близкая по составу к плазме крови.

Эндолимфа - жидкость, сходная по своем составу с внутриклеточной жидкостью; отличается высоким содержанием ионов калия и натрия.

Улитка - спирально закрученный в 2,5-2,75 оборота, постепенно суживающийся к центру спирали костный канал длиной около 35 мм. Состоит из трех параллельных, свернутых вместе каналов, называемых ***верхней (вестибулярной), средней*** и ***нижней (барабанной) лестницами*** (рис. 9.36). Средняя лестница заполнена ***зндолимфой,*** две другие - ***перилимфой.***
Каналы улитки отделены друг от друга двумя мембранами (перепонками): верхняя лестница отделена от средней ***вестибулярной мембраной,*** а средняя от нижней - ***основной мембраной.***

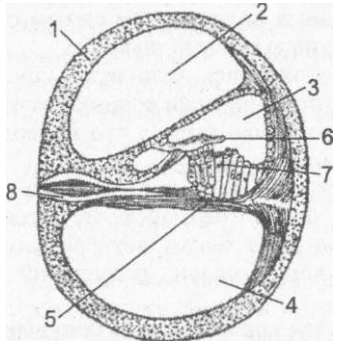


Рис. 9.36. Поперечный разрез улитки:
1 - костный канал улитки, 2 - верхняя лестница, 3 - средняя лестница, 4 - нижняя лестница, 5 - основная мембрана, 6 - покровная мембрана, 7 - рецепторы, 8 - волокна слухового нерва

Основная мембрана состоит из соединительной ткани; у нее закреплен только один край, а второй - свободен и образует вырост - **покровную мембрану,** которая может скользить по расположенным под ней структурам.

- На продольном утолщении основной мембраны расположен ***кортиев орган.***

Кортиев орган - звуковоспринимающий аппарат, в состав которого входит около 24 ООО тонких волокон различной длины,

расположенных на основной мембране поперек хода улитки, причем в начале мембраны (у вершины улитки) находятся самые длинные волокна, а в ее конце - самые короткие. На каждом из этих волокон в пять рядов расположены по 30-60 высокочувствительных волосковых ***слуховых рецепторных клеток***, омываемых эндолимфой. От фиксированных концов рецепторных клеток отходят волокна слухового нерва, а свободные концы этих клеток могут соприкасаться с нависающей над ними ***покровной мембраной.***

Механизм восприятия звука

- Механизм восприятия звука:
  - звуковые волны улавливаются ушной раковиной, проходят через наружный слуховой проход и вызывают колебания барабанной перепонки;
  - колебания барабанной перепонки передаются слуховым косточкам;
  - слуховые косточки проводят и усиливают звук;
  - " колебания стремечка вызывают колебание мембраны овального окна;
  - колебания мембраны овального окна инициируют колебания перилимфы и эндолимфы;
  - колебания эндолимфы вызывают резонансные колебания волокон кортиева органа той или иной длины; причем звуки высоких тонов вызывают колебания коротких волокон, а звуки низких тонов - колебания длинных волокон; тем самым осуществляется первый этап частотного анализа звука;
  - при этом находящиеся на колеблющихся волокнах волосковые рецепторные клетки будут периодически соприкасаться с покровной мембраной и изменять свою форму, что приводит к возникновению в них нервных импульсов;
  - по волокнам преддверно-улиткового (слухового) нерва импульсы передаются сначала в продолговатый мозг, затем в подкорковые центры слуха (нижние бугры четверохолмия среднего мозга) и, наконец, в кору больших полушарий головного мозга;
  - в слуховых зонах височных долей коры больших полушарий происходит распознавание звуков (их характера, высоты и силы) и формируются соответствующие слуховые ощущения.

Бинауральный слух. Адаптация

Бинауральный слух - восприятие звука двумя ушами, позволяющее с высокой точностью определять направление на источник звука; характерно для человека и высших животных.

Объяснение бинаурального эффекта: звуковые колебания, идущие сбоку, во-первых, доходят до одного уха чуть раньше, чем до

другого, и, во-вторых, воспринимаются ухом, более близким к источнику звука, как более громкие. Вследствие этого время поступления в центральную нервную систему от правого и левого уха, а также интенсивности соответствующих нервных импульсов будут различны, что и дает возможность с высокой точностью определить направление на источник звука.

- Если у человека одно ухо не слышит, то он может определить направление звука поворотом головы до тех пор, пока звук не окажется наиболее четко различим здоровым ухом.

Адаптация - снижение возбудимости слуховых волосковых рецепторных клеток и слуховых нервных узлов при длительном действии сильных звуков и возрастание возбудимости этих клеток и узлов при длительном пребывании в тишине.

Гигиена слуха

Гигиена слуха - комплекс правил и мероприятий, направленных на нормальное функционирование слуховой сенсорной системы. В частности:

- при скоплении в наружном слуховом проходе грязи и ушной серы, вызывающих раздражение и зуд и ухудшающих слышимость, нельзя извлекать их острыми предметами (карандашом, спичкой, шпилькой и т.п.), поскольку это может привести к повреждению или разрыву барабанной перепонки;
- * чтобы избежать накопления ушной серы нужно ежедневно мыть уши теплой водой с помощью ватного тампона;
- " необходимо беречь уши от переохлаждения в сырую, холодную и ветреную погоду;
- следует избегать длительного воздействия сильного шума, так как он приводят к потере эластичности барабанной перепонки и снижению остроты слуха; кроме того, шум нарушает нормальную жизнедеятельность человека, способствует развитию бессонницы, быстрому наступлению утомления; для ослабления вредного воздействия шума следует применять индивидуальные противошумные наушники, беруши, специальную облицовку помещений, поглощающую звук на производстве и т.д.;
- при сильных, резких звуках (при взрывах, выстрелах и т.п.) необходимо открывать рот для уравновешивания наружного давления и давления в среднем ухе, так как в противном случае сильная звуковая волна может разорвать барабанную перепонку;
- следует защищать уши от воздействия ультра- и инфразвуков;
- необходимо полностью излечивать инфекционные заболевания (ангину, грипп, корь и др.), так как их возбудители из носоглотки вместе со слизью проникают через слуховую трубу в барабанную полость и могут вызвать воспаление среднего уха (отит);

- при болях в ухе следует немедленно обратиться к врачу;
* люди, страдающие значительным ослаблением слуха или глухотой, должны использовать слуховые аппараты, усиливающие звук.

9.21. Сенсорная система равновесия

Общая характеристика

Сенсорная система равновесия (или **вестибулярная сенсорная система)** - система, контролирующая и анализирующая положение головы в пространстве, а также информацию об изменении силы тяжести и об ускорениях, возникающих при прямолинейном или вращательном движении тела; представлена ***органом равновесия*** (периферийный отдел), ***преддверно-улитковым*** (вестибулярным) ***нервом*** (проводниковый отдел) и ***височными областями коры*** больших полушарий (центральный отдел).

- Таким образом, преддверно-улитковый нерв передает в мозг нервные импульсы, поступающие от рецепторов и слуховой, и вестибулярной сенсорных систем.

Орган равновесия, или **вестибулярный аппарат** - орган, воспринимающий изменение положения головы и движение тела в пространстве; является частью внутреннего уха; состоит из трех ***полукружных каналов*** и ***преддверия,*** в котором находятся два маленьких ***мешочка*** (рис. 9.37). Вход в вестибулярный аппарат закрыт мембраной ***круглого окна.***

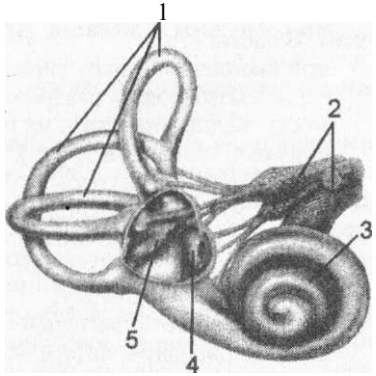


Рис. 9.37. Орган равновесия:
1 - полукружные каналы, 2 - преддверно-улитковый нерв, 3 улитка, 4 - круглый мешочек, 5 - овальный мешочек

Восприятие движения в пространстве

Восприятие движения тела в пространстве осуществляется с помощью ***преддверия.***

Преддверие - часть внутреннего уха, представляющая собой ***круглый*** и ***овальный костные мешочки,*** расположенные рядом с улиткой и заполненные жидкостью (***эндолимфой***). На внутренней поверхности мешочков имеется ***макула*** - скопление чувствительных ***волосковых рецепторных клеток,*** погруженных в эндолимфу. На верхушках этих клеток имеются пучки волосков (от 40 до 110), напоминающие кисточку и покрытые сверху студенистой ***отолитовой мембраной.*** Эта мембрана содержит многочисленные ***отолиты*** - кристаллы углекислого кальция, утяжеляющие мембрану.

Восприятие движения: в неподвижном состоянии при вертикальном положении головы макула преддверия располагается строго горизонтально. При этом отолиты давят на чувствительные клетки, указывая направление силы тяжести. При движении головы или тела возникают ускорения (изменения скорости), под влиянием которых отолитовая мембрана свободно перемещается, вызывая деформацию волосков рецепторных клеток. В зависимости от направления, в котором смещаются волоски, и степени их деформации изменяется частота возникновения нервных импульсов в волокнах вестибулярного нерва.

Восприятие положения головы в пространстве

Восприятие положения головы в пространстве осуществляется с помощью ***полукружных каналов.***

Полукружные каналы представляют собой три костные трубочки, свернутые в кольца и расположенные в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Полости каналов заполнены жидкой ***эндолимфой.*** На одном из концов каждого канала имеется ампулообразное расширение, на внутренней поверхности стенки которого имеется небольшое скопление волосковых рецепторных клеток - ***макула.*** Пучки волосков, отходящих от клеток макулы, покрыты желеобразной мембраной - ***купулой,*** которая погружена в эндолимфу и полностью перегораживает просвет канала.

Восприятие поворота головы: при повороте головы жидкая эндолимфа, находящаяся внутри полукружного канала, из-за своей инерции отстает от движения костной части канала, оказывая давление на поверхность купулы. В результате купула смещается от своего прежнего положения, деформируя при этом погруженные в нее выросты волосковых клеток и тем самым возбуждая рецепторы. Частота нервных импульсов, возникающих в чувствительных нейронах, соединенных с рецепторами того или иного полукружного канала, зависит от ускорения, с которым смещаются чувствительные волоски, т.е., фактически, от скорости движения головы в соответствующем направлении. Возникшие нервные импульсы по волокнам вестибулярного нерва передаются в ЦНС.

Восприятие положения головы: если положение головы отличается от вертикального, то под действием силы тяжести купулы в полукружных каналах оказываются сдвинутыми в сторону наклона головы. Этот сдвиг, как и при повороте головы, приводит к изгибанию выростов волосковых клеток и к возникновению соответствующих нервных импульсов, частота которых зависит от степени наклона головы.

Рис. 9.38. **Схема строения и принцип действия вестибулярного аппарата**

Обработка информации о положении тела в пространстве

Информация от рецепторов преддверия и полукружных каналов передается по цепочке нейронов и волокнам преддверно-улиткового нерва в продолговатый мозг и кору больших полушарий.

В зависимости от того, какие конкретно рецепторы и каких отделов вестибулярного аппарата (преддверия и/или тех или иных полукружных каналов) были возбуждены, и какова частота поступающих от них нервных импульсов, ЦНС делает вывод о положении головы в пространстве и о характере ее движения.

Кроме того, в спинной и продолговатый мозг, в мозжечок, таламус, а затем в височные доли коры больших полушарий поступает информация о степени сокращения мышц шеи, спины, ног и т.д. и сухожилий. Эта информация анализируется центральной нервной системой и сравнивается с информацией, поступившей от органа равновесия и со зрительной информацией. В результате этого анализа и сравнения делается вывод не только о положении головы относительно сторон света и тела, но также об ориентации в пространстве, характере и направлении движения всего тела.

- При повреждении полукружных каналов человек не может уверенно стоять и ходить.

* Длительное *ритмичное* возбуждение рецепторов вестибулярного аппарата приводит к ***морской болезни;*** ее характерные симптомы - учащение или замедление сердцебиения, головокружение, тошнота, рвота, усиленное потоотделение,

* В состоянии невесомости (в отсутствие силы тяжести) характер нервных импульсов, поступающих из вестибулярного аппарата, значительно изменяется, в результате чего появляется ***чувство падения.***

9.22. Сенсорные системы вкуса и обоняния

Органолептический метод - метод контроля качества напитков и продуктов питания, основанный на апробации их свойств на вкус и запах; применяется в производстве продуктов питания и парфюмерии. Запах и вкус - обязательные химические характеристики вещества.

Сенсорная система вкуса

Вкус - ощущение, возникающее при действии вещества на вкусовые рецепторы, расположенные на поверхности языка и в слизистой оболочке ротовой полости. Вкусовые ощущения воспринимаются человеком в совокупности с ощущениями тепла, холода, давления и запаха веществ, попадающих в ротовую полость.

• Роль вкусовых ощущений. Они позволяют:

- определить качество пищи;
- запустить пищеварительные рефлексы сокоотделения;
- стимулировать поглощение тех веществ, которые необходимы организму, но редко встречаются.

Основные вкусы: горький, соленый, кислый, сладкий.

Вкусовая сенсорная система осуществляет восприятие и анализ действующих на органы вкуса химических раздражителей.

Вкусовые рецепгорные клетки с микроворсинками находятся внутри ***вкусовых почек*** (рис. 9.39), Рецегторные клетки контактируют с пищей, молекулы которой вызывают образование в рецепторах соответствующих нервных импульсов.

- Вкусовые рецепторы реагируют только на растворенные в воде вещества.

Вкусовые почки расположены во ***вкусовых сосочках***, представляющих собой выросты (складки) слизистой оболочки языка.

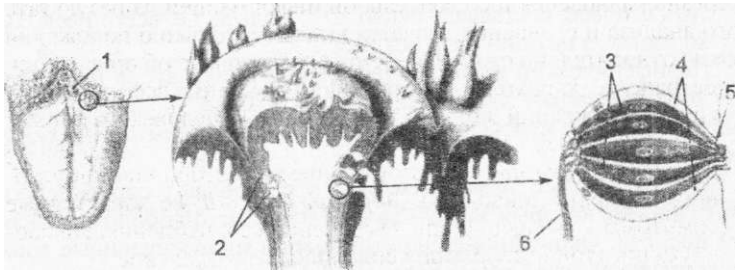


Рис. 9.39. Схема строения органа вкуса:
1 - вкусовой сосочек. 2 - вкусовые почки, 3 - рецепторные клетки, 4 - поддерживающие клетки, 5 - вкусовая пора, 6 - нервные волокна

Самые большие скопления рецепторов находятся на кончике, краях и в корне (задней части) языка.

- **Чувствительные зоны языка:**
  - ***сладкое*** возбуждает рецепторы кончика языка;
  - ***горькое*** возбуждает рецепторы корня языка;
  - ***соленое*** возбуждает рецепторы краев и передней части языка;
  - ***кислое*** возбуждает рецепторы боковых краев языка.

К рецепторным клеткам прилегают охватывающие их нервные волокна, которые входят в мозг в составе черепных нервов. По ним нервные импульсы поступают в заднюю центральную извилину коры головного мозга, где и формируются вкусовые ощущения.

Адаптация ко вкусу - снижение вкусовых ощущений при продолжительном действии на вкусовые рецепторы веществ одного и того же вкуса. Быстрее всего адаптация наступает к соленым и сладким веществам, медленнее - к кислым и горьким.

" Перец, горчица и подобные им продукты восстанавливают вкусовые ощущения и стимулируют аппетит.

Сенсорная система обоняния

Обоняние - способность организма воспринимать ***запахи*** различных химических веществ, находящихся в воздухе.

Запах - ощущение, возникающее при действии находящегося в воздухе химического вещества на обонятельные (химические) рецепторы, расположенные в слизистой оболочке носовой полости. Количество типов запахов, воспринимаемых человеком, практически бесконечно.

Обонятельная сенсорная система осуществляет восприятие и анализ химических раздражителей (запахов), находящихся во внешней среде и действующих на органы обоняния.

* Молярная концентрация вещества, запах которого может ощутить человек, составляет около $КГ^{14}$ моль/л, т.е. всего несколько молекул на один литр воздуха.

Периферический отдел обонятельного анализатора представлен ***обонятельным эпителием*** носовой полости, содержащим многочисленные чувствительные клетки - ***обонятельные хеморецепторы.***

Обонятельные хеморецепторы представляют собой нейроны, дендриты которых заканчиваются в слизистой оболочке носовой полости. Окончания дендритов имеют многочисленные микроскопические углубления различной формы. Молекулы летучих веществ, попавшие вместе с вдыхаемым воздухом в полость носа, приходят в контакт с окончаниями дендритов. Если форма и размеры молекулы совпадают с формой и размерами какого-то из углублений на поверхности рецептора (дендрита), то она (молекула) «ложится» в это углубление, вызывая появление соответствующего нервного импульса. При этом импульсы, генерируемые углублениями разной формы, а значит, и разными молекулами, имеют различные характеристики, что позволяет различать запахи разных веществ.

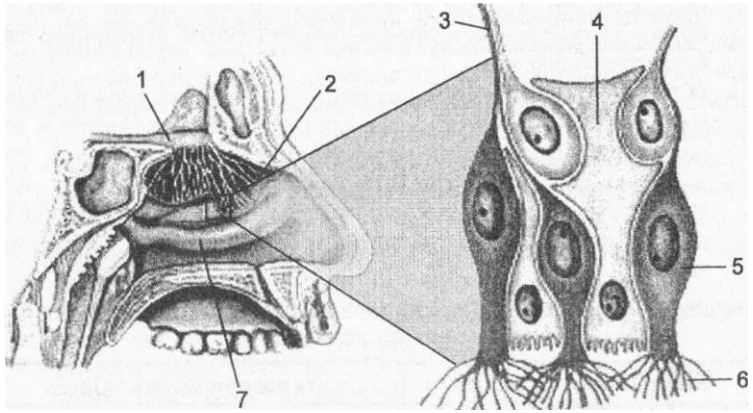


Рис. 9.40. **Схема строения органа обоняния:**
1 - обонятельный нерв, 2 - слизистая оболочка, 3 - аксон, 4 - поддерживающая клетка, 5 - рецепторная клетка, 6 - микроворсинки, 7 - носовая раковина

Обонятельные рецепторные клетки в слизистой оболочке находятся среди снабженных ресничками поддерживающих клеток.

Аксоны обонятельных нейронов образуют ***обонятельный нерв***, проходящий в полость черепа. Далее возбуждение проводится к обонятельным центрам коры больших полушарий, в которых осуществляется распознавание запахов.

Адаптация к запаху - снижение ощущения запаха данного вещества при его продолжительном действии на обонятельные рецепторы. При этом острота восприятия к другим запахам сохраняется.

9.23. Высшая нервная деятельность человека

Основные понятия

Высшая нервная деятельность (ВИД) - это совокупность форм деятельности высших отделов центральной нервной системы, обеспечивающая ***приспособление*** человека и животных к окружающей среде путем соответствующего ***поведения.***

Поведение - сложный комплекс разнообразных действий организма, вызванных изменением внешних условий или (у человека) социальными мотивами, целенаправленных на удовлетворение возникших в связи с этим биологических потребностей и способствующих его выживанию и нормальному функционированию.

- **Основоположники учения о ВИД:**
  - **И.М. Сеченов** в книге «Рефлексы головного мозга» (1863 г.) объяснил поведение человека рефлекторным принципом работы головного мозга.
  - **И.П. Павлов** разработал методы изучения рефлексов и создал учение о безусловных и условных рефлексах; он считается основоположником теории высшей нервной деятельности - физиологии поведения. По И.П. Павлову высшая нервная деятельность - это психическая деятельность, обеспечивающая нормальные сложные отношения целого организма с внешним миром.

Сравнительная характеристика безусловных и условных рефлексов

Безусловные рефлексы	Условные рефлексы
Видовые	Индивидуальные
Наследственные	Не наследуются
Сформированы к моменту рождения	Формируются в процессе онтогенеза путем установления временных связей между двумя очагами возбуждения в коре головного мозга
Обеспечивают жизнедеятельность организма с первых моментов жизни	Приспосабливают организм к изменяющимся условиям внешней среды
Устойчивы, неизменны в течение жизни	Непостоянны: одни образуются, другие исчезают в результате внешнего и внутреннего торможения
Рефлекторные дуги замыкаются в спинном мозге, стволе и подкорковых ядрах головного мозга	Рефлекторные дуги замыкаются в коре больших полушарий головного мозга
Являются основой для образования условных рефлексов	Образуются на основе безусловных рефлексов
Пищевые, половые, оборонительные рефлексы	Рефлексы поиска пищи, укрытия, реакция на определенные слова и др.

Высшая нервная деятельность носит ***рефлекторный характер*** и обеспечивается работой высших отделов головного мозга; у человека и млекопитающих - работой ***коры больших полушарий*** вместе с подкорковыми ядрами ***переднего мозга*** и образованиями ***промежуточного мозга.***

•> ***Замечание:*** *понятия первой и второй сигнальных систем, рефлексов и га видов, памяти, формы проявления безусловных рефлексов, а также условия и механизмы формирования условных рефлексов, основные виды торможения и памяти, способы индивидуального научения относятся как к человеку, так и к животным и рассмотрены в п.* ***«Поведение животных»*** *(гл. 8, с. 383-388). Поэтому в данном параграфе рассматриваются только те особенности высшей нервной деятельности, которые характерны для человека, проявляются у него наиболее четко или не были подробно рассмотрены в гл. 8.*

•> **Особенности формирования и проявления условных рефлексов у человека:**
- ***специализация*** (каждый условный рефлекс вырабатывается на определенный раздражитель);
- ***генерализация*** (близкие по характеру условные раздражители вызывают одинаковую безусловную реакцию).

- **Роль коры больших полушарий** головного мозга в обеспечении ВИД человека:
  - кора - аналитический центр сигналов, поступающих от органов чувств;
  - в коре происходит формирование различных ощущений;
  - в коре замыкаются дуги условных рефлексов;
  - кора обеспечивает психическую деятельность человека, его сознание, абстрактное мышление, память и речь;
  - кора является органом приобретения и накопления жизненного опыта.

- ***Высшая нервная деятельность человека*** существенно отличается от ВНД животных, так как ***базируется и на первой, и на второй сигнальных системах*** (см. с. 383, 388). Она - основа психической деятельности - ***сознания, мышления*** и др.
  - ***Первая сигнальная система*** характерна для животных и человека; ее раздражителями являются конкретные сигналы, предметы и явления внешнего мира, поступающие через органы чувств. У человека она обеспечивает ***конкретное мышление.***
  - ***Вторая сигнальная система*** характерна только для человека, связана с речью и формируется в ходе межличностного общения на основе информации, поступающей в виде слов, знаков, формул. Обеспечивает ***абстрактное мышление.***

•> Одна из форм проявления высшей нервной деятельности ***-рассудочная деятельность*** человека и животных.

Рассудочная деятельность - это высшая форма приспособления к условиям среды и их изменениям, выражающаяся в способности ***улавливать закономерности,*** связывающие предметы и явления окружающей среды, и на их основе ***предвидеть изменения*** среды и ***учитывать*** их в своем поведении. Чем выше уровень развития нервной системы, тем глубже и эффективнее рассудочная деятельность.

Психика - совокупность функций головного мозга, отражающих явления внешнего и внутреннего мира человека; способность высокоразвитого мозга создавать ***образ действительности,*** воспринимаемый как нечто отдельное от создающего этот образ объекта.

Психическая деятельность головного мозга имеет рефлекторный характер.

Психика находится в единстве с соматическими (телесными) процессами и характеризуется активностью, целостностью, развитием, саморегуляцией, коммуникативностью, адаптацией и т.д.

Содержание психики конкретного человека, его индивидуальное поведение формируется особенностями окружающего мира, с которым он (человек) взаимодействует. Посредством психических процессов осуществляется познание окружающего мира, усвоение знаний и навыков, обучение и т.д.

Ощущение, восприятие, внимание, воображение

В понятие ***сознания*** (являющегося высшим проявлением психики, см ниже) включаются познавательные процессы, с помощью которых человек постоянно пополняет, обогащает свои знания: ощущение, восприятие, внимание, воображение, память, мышление.

Ощущение - элементарный, рефлекторный по своей природе психофизиологический процесс, заключающийся в отражении мозгом предметов и явлений при воздействии их на рецепторы органов чувств; это первый этап в познании мира.

Ощущения бывают ***зрительными, слуховыми, кожными {тактильными), вкусовыми*** и др. В разных зонах мозга происходит переработка и анализ отдельных признаков раздражителя. Эта информация объединяется, и в ассоциативных областях коры происходит комплексная ее оценка и формируются ответные реакции на раздражитель.

- В ощущениях отражаются лишь отдельные качества и свойства объекта, но не возникает образ объекта как целого.
- Ощущения зависят от индивидуальных особенностей человека О***примеры:*** музыкальный слух, способность различать тонкие оттенки цвета или запаха).

- При восприятии объекта различными по функциям рецепторами ощущения могут искажаться ***(пример-,*** холодный чай кажется более сладким, чем тот же, но горячий чай).

Восприятие - это отражение предметов или явлений в целом в мозге человека в виде ощущений, образов или словесных символов в те моменты, когда они действуют на органы чувств. Т.е. восприятие - это формирование из совокупности отдельных ощущений психического образа объекта, представления об объекте как целом.

Формирование восприятия начинается с раздражения наблюдаемой группой объектов рецепторов нескольких сенсорных систем и заканчивается в высших отделах центральной нервной системы. Там сначала обрабатывается информация, относящаяся к каждому отдельному признаку каждого из объектов, затем в других зонах головного мозга эта информация анализируется и объединяется в комплексы, относящиеся к одному и тому же объекту. Наконец, в ассоциативных областях коры эти комплексы информации сопоставляются с информацией, хранящейся в памяти, интегрируются, обобщаются и оцениваются; на основании этой оценки вырабатывается ответная реакция на раздражители.

Иллюзия восприятия - искаженная органами чувств оценка воспринимаемого объекта (***пример -*** оптические иллюзии).

Для того чтобы предмет, явление, событие были восприняты, необходимо, чтобы они вызывали ориентировочную реакцию, привлекли ***внимание.***

Внимание - психофизиологический процесс, который проявляется в ***сосредоточенности на чем-либо.*** В его основе лежит явление **доминанты** - создания устойчивого очага возбуждения. Без внимания возможно ощущение, но не восприятие; чем большее внимание привлечено предметом или событием, тем больше вероятность того, что этот предмет или событие будут восприняты.

Внимание - основа и необходимое условие для обучения.

- **Виды внимания:** ***непроизвольное*** и ***произвольное.***

Непроизвольное внимание привлекается неожиданным, ярким, сильным раздражителем.

Произвольное внимание направляется волевым усилием человека, сознательно поставленной целью.

Вниманием можно управлять; его можно тренировать и совершенствовать.

Рассеянное внимание - отсутствие должного сосредоточения на обследуемом объекте, связанное с повышенной отвлекаемостью на посторонние объекты.

Воображение - создание образов новых предметов и явлений путем воссоздания комбинаций ранее воспроизводимых предме-

тов и явлений, хранящихся в памяти человека. Воображение присуще только людям и лежит в основе ***творчества.***

Особенности памяти человека

Память - процесс накопления, хранения и последующего воспроизведения человеком прошлого опыта (информации). Память является основой мышления. Без нее невозможно обучение, сохранение опыта и закрепление только что освоенных форм поведения.

Физиологический механизм памяти (наиболее правдоподобная ***гипотеза)-,*** память объясняется изменением характера связей между нейронами головного мозга. А именно, длительное действие раздражителей на рецепторы вызывает такую же длительную циркуляцию электрических импульсов в нервных структурах мозга, которая приводит к росту числа белковых рецепторов и синаптических контактов в дендритах нейронов мозга, увеличению синтеза медиаторов и т.д.. Это, в свою очередь, приводит к образованию, накоплению и упрочению временных связей между нейронами в коре головного мозга, образующих «след» (***энграмму***) информации, т.е. к ее запоминанию. С течением времени эти временные связи, если они долго не используются памятью, постепенно разрушаются.

- В запоминании, хранении и извлечении информации из памяти участвуют нейроны височных долей коры больших полушарий, лимбической системы, мозжечка и таламуса.

Важная особенность памяти: человек неспособен запомнить поступающую ему информацию во всех деталях, а запоминает ее лишь в главном, общем (но на подсознательном уровне могут запомниться и многие детали, казавшиеся несущественными).

Классификация памяти в зависимости ***от времени хранения*** информации рассмотрена в п. «Поведение животных», с. 387.

- **Классификация памяти в зависимости от вида хранимой информации:** ***процедурная*** и ***декларативная*** память.
- **Процедурная память** хранит приобретенные ***навыки*** (см. ниже), т.е. информацию о том, «как сделать». ***Пример*** процедурной памяти - ***двигательная*** память.
- **Двигательная память** - это запоминание и воспроизведение движений; развита у спортсменов, танцоров.
- **Декларативная память** хранит информацию о прошедших событиях и полученные человеком знания. Благодаря декларативной памяти человек помнит имена своих близких, их лица, телефоны и дни рождения, таблицу умножения. Отдельными видами декларативной памяти являются ***эмоциональная, смысловая*** и ***образная*** память.
- **Эмоциональная память** сохраняет пережитые человеком чувства; развита у всех людей.

- **Смысловая память** - это запоминание, сохранение и воспроизведение прочитанных, услышанных и произнесенных слов; развита у актеров, певцов.
- **Образная память** - это запоминание зрительных и звуковых образов; развита у музыкантов, писателей и художников.

Навык - это приобретенное упражнениями или созданное привычкой умение совершать определенную последовательность действий, необходимую для получения нужного результата (навыки ходьбы, плавания, катания на коньках, письма, чтения и др.).

Сон

Сон — особое жизненно важное, периодически наступающее физиологическое состояние покоя организма, характеризующееся выключением сознания, обездвиженностью, почти полным отсутствием реакций на внешние раздражители, снижением частоты сердечных сокращений и скорости обмена веществ, а также особой организацией активности нейронов головного мозга.

" Продолжительность сна у взрослых людей - в среднем 7-8 часов, у новорожденных 21 ч.

Сон - одна из фаз суточного ***биоритма***, охранительное торможение, при котором головной мозг переходит в иное состояние, характеризующееся отсутствием активных связей организма с окружающей средой, заторможенностью условных рефлексов и значительным ослаблением безусловных. При этом стволовые отделы мозга продолжают работать, обеспечивая жизненно важные функции организма (дыхание, кровообращение и др.).

- **Фазы сна.** Обычный сон состоит из 4-6 циклов, закономерно сменяющих друг друга. Каждый цикл состоят из двух фаз: ***медленного (медленноволнового)*** и ***быстрого сна.***

Медленный (или **ортодоксальный, глубокий) сон** наступает сразу после засыпания и длится 1-1,5 часа. Для него характерны наличие высокоамплитудного медленного ритма активности головного мозга (***дельта-ритма***, регистрируемого на электроэнцефалограмме), более редкое дыхание, уменьшение частоты сердечных сокращений, расслабление мышц, снижение интенсивности обмена веществ и температуры тела, отсутствие быстрых движений глазных яблок. Сновидения отсутствуют или обрывочные и неяркие. Ведущей является парасимпатическая иннервация. Возможны разговоры во сне, ночные страхи у детей и снохождение (лунатизм). Человек может быстро проснуться при действии важных для него раздражителей, но может не просыпаться от сильных, но привычных и безразличных для него раздражителей.

- Фаза медленного сна свойственна только человеку.

22 Зак. 2103

Быстрый (или **парадоксальный, поверхностный) сон** - это фаза сновидений; он наступает после фазы медленного сна и длится 15-20 мин, после чего вновь наступает фаза медленного сна. К утру продолжительность быстрого сна возрастает до 30 мин; суммарная длительность периодов быстрого сна составляет 20-25% от общей продолжительности сна. Для быстрого сна характерны учащение сердечных сокращений и дыхания, активизация обмена веществ, повышение температуры тела, импульсивные сокращения мышц конечностей и мимических мышц, движение глаз под закрытыми веками. Сновидения во время быстрого сна ярки, реалистичны, эмоциональны, часто сопровождаются звуковыми и обонятельными образами. Во время этой фазы сна возбуждаются нейроны затылочных долей коры головного мозга. Ведущей является симпатическая иннервация.

Сравнительная характеристика фаз медленного и быстрого сна

Быстрый (парадоксальный)	Медленный (дельта-ритм)
Длится 15-20 минут	Длится 60-90 минут
Дыхание учащается	Дыхание замедляется
Пульс учащается	Пульс замедляется
Температура тела повышается	Температура тела понижается
Возможно движение глаз под закрытыми веками	Глаза неподвижны
Обмен веществ активизируется	Обмен веществ замедляется
Сны яркие, эмоциональные	Снов нет или они смутные, неяркие

- **Теории, объясняющие механизм возникновения сна.** Природа сна до конца не выяснена. Известно, что в регуляции состояний сна и бодрствования участвуют различные структуры центральной нервной системы: ствол мозга, гипоталамус, базальные ядра переднего мозга, эпифиз и др. **В** настоящее время существует несколько теорий, объясняющих возникновение сна разными причинами. Эти теории можно разделить на два класса:
  - ***пассивные теории,*** согласно которым сон возникает в результате снижения уровня бодрствования, и
  - ***активные теории,*** согласно которым сон возникает в результате торможения центра бодрствования промежуточного мозга.

Деафферентационная теория (относится к классу пассивных) утверждает, что состояние бодрствования поддерживается благодаря постоянному притоку в кору больших полушарий нервных импульсов от чувствительных нейронов (афферентных импульсов). Сон наступает при ослаблении этого потока. Когда человек находится в тишине и закрывает глаза, это способствует наступлению сна.

Метаболическая теория утверждает, что во время активного бодрствования в крови накапливаются продукты обмена веществ, которые оказывают угнетающее действие на кору больших полушарий и вызывают сон. Во время сна эти вещества разрушаются, деятельность коры восстанавливается, и наступает пробуждение.

Теории нервных центров (или **регуляторные теории)** чередование бодрствования и сна объясняют сменой активности различных нервных центров, контролирующих работу коры больших полушарий головного мозга. Когда эти нервные центры тормозят процессы возбуждения в коре, наступает сон; активирующее влияние этих центров на кору способствуют пробуждению.

- Согласно некоторым вариантам регуляторной теории, эти центры находятся в гипоталамусе (передние ядра гипоталамуса - это центры сна, задние ядра - центры бодрствования), в промежуточном мозге и т.д.

Ретикулярная теория (одна из регуляторных теорий; в настоящее время считается наиболее приближенной к истине) утверждает, что важнейшим регулятором активности коры является ***ретикулярная формация*** (см. ниже) заднего мозга. При электростимуляции ее клеток, контролирующих сон, подопытное животное засыпает, а при электростимуляции клеток, контролирующих бодрствование, спящее животное пробуждается и настораживается.

Ретикулярная формация - это скопление нейронов разных размеров и формы, разделенных множеством нервных волокон, проходящих в различных направлениях; расположена в варолиевом мосту заднего мозга и продолжается в продолговатый и средний мозг.

- **Значение сна:**
  - во время сна в головном мозге происходит дополнительная обработка, перераспределение и запоминание информации, полученной организмом во время бодрствования;
  - сон помогает организму приспособиться к циклической смене дня и ночи,
  - сон обеспечивает восстановление умственной и физической работоспособности за счет того, что во время сна клетки и ткани организма получают определенную долю независимости и могут осуществлять местную саморегуляцию; при лишении человека сна у него нарушаются внимание, память,

притупляются эмоции, падает трудоспособность; лишение сна в течение длительного времени может вызвать психические заболевания;

- с эволюционной точки зрения сон является благоприятным приспособлением, обеспечивающим повышение уровня организации физиологических систем у высших животных и человека.

Сновидения

Сновидения - это более или менее яркие и сложные события, картины, живые образы и т.п., возникающие у спящего человека и являющиеся продуктом деятельности нервных клеток, остающихся активными во время сна.

- Считается, что сновидения сопровождаются появлением высокочастотных колебаний в электроэнцефалограмме спящего человека.
- Впервые систематическое исследование роли сновидений предпринял австрийский психиатр Зигмунд Фрейд (1856-1939).

Основная функция сновидений - снижение эмоционального напряжения, возникшего у человека за день.

Характер сновидений определяется прошлым опытом, психической активностью и эмоциональным и физическим состоянием человека. Он обусловливается спонтанным возникновением и изменением комбинаций извлеченных из памяти реалистичных или искаженных образов реально произошедших и желаемых событий и явлений внешнего мира, а также осознанных и неосознанных внутренних конфликтов, на которые могут накладываться другие образы, обусловленные текущим состоянием организма (например, затруднением дыхания во сне, болезнью и **др.)** и сигналами от раздражителей, поступающими в мозг во время сна.

Гигиена сна

Длительное насильственное лишение сна непереносимо человеческим организмом.

Нарушение сна чаще всего проявляется в виде **бессонницы.**

- **Причины бессонницы:** отсутствие физического утомления при гиподинамии; нарушение нормального суточного ритма (ночная работа, вечерние развлечения и т.п.); перегрузка информацией (кино, телевидение, театр), эмоциональное перевозбуждение и др.
- **Профилактика нарушений сна:**
  - необходимо ложиться спать и вставать в одно и то же время суток (что способствует выработке соответствующего условного рефлекса):

  - в течение некоторого времени перед отходом ко сну не следует выполнять напряженную умственную работу, играть в шумные подвижные игры и т.д., возбуждающие нервную систему;
  - ужинать рекомендуется не позже чем за 1,5-2 ч до сна;
  - перед сном полезно совершить прогулку на свежем воздухе и принять теплый душ;
  - быстрому засыпанию способствуют привычки, сложившиеся в течении жизни (например, одним необходим плотный ужин, другим, наоборот, нужно ложиться на пустой желудок);
  - спать рекомендуется в хорошо проветренном помещении;
  - постель должна быть ровной и достаточно жесткой, подушка - небольшой.

Биологические часы

Биологические часы — это совокупность процессов в живом организме, служащих для неосознаваемого измерения времени и обеспечивающих ритмические изменения физиологических функций. Природа биологических часов пока не установлена.

Доказывают существование биологических часов эксперименты, в ходе которых организм изолируется от внешней среды и длительное время содержится при постоянной освещенности, температуре, влажности и т.д. Оказывается, что в этих условиях суточные ритмы у животных и человека сохраняются, хотя и несколько сбиваются - их период увеличивается до 25-27 часов. Это свидетельствует о том, что в естественных условиях циклические процессы в окружающей среде (смена дня и ночи) «подстраивают» внутренние биологические часы.

Биологические ритмы

Биологические ритмы - регулярные периодические изменения скорости и интенсивности биологических процессов и обусловленного ими состояния организма.

- **Классификация биоритмов в зависимости от их источника:**
  - **экзогенные,** связанные с периодическими изменениями внешних факторов - сменой дня и ночи, сезонными изменениями климата, лунными фазами и т.д.;
  - **эндогенные,** возникающие на основе особенностей кинетики физико-химических процессов, протекающих в самом организме.
- **Классификация биоритмов в зависимости от продолжительности их периода:**
  - **циркадные** (или **циркадианные, околосуточные)** - ритмы, период которых равен примерно 24 часам; ***примеры,*** ритм

двигательной активности (днем человек активно передвигается, а ночью спит), ритм температуры тела (днем она в среднем на 0,5-1° выше, чем ночью) и др.;

- **ультрадианные** - ритмы с периодом менее 24 часов; ***пример-.*** ритм работы желудка, кишечника и пищеварительных желез (при трехразовом питании их работа усиливается три раза в течение суток) и др.;
- **инфрадианные** - ритмы с периодом более 24 часов: сезонные и др.

Сознание и мышление

Сознание - важнейшее свойство и продукт ***психики,*** высшая функция человеческого мозга, его способность адекватно отражать все стороны действительности и использовать мыслительную деятельность для направленного регулирования поведения человека, определяющего его (человека) взаимоотношения с окружающим миром, а также для вариативного планирования, последующей оценки результатов такого поведения, познавательных

- В относительно примитивной, неразвитой форме сознание свойственно животным.
- У человека в процессе его социальной эволюции и на основе потребности к общению, передаче опыта и накопленных знаний с помощью звуков, жестов, символов, знаков сознание приобрело наиболее высокоразвитую форму.
- Одна из важнейших функций сознания - осуществление познавательных процессов.

Мышление - психофизиологический процесс, позволяющий осуществить познавательные функции без непосредственного контакта с объектами среды; характерно для человека и (в незначительной степени) для высших приматов.

В основе мышления лежит процесс постоянного анализа огромного количества информации, поступающей из внешней среды через органы чувств и с подсознательного функционального уровня ВНД - памяти и т.д.

С физиологической точки зрения мышление основано на сложных процессах, связанных с распространением нервных импульсов по определенным нейронным путям в головном мозге человека и с обработкой этих импульсов в телах нейронов: объединением импульсов, их переключением, выделением наиболее сильного импульса и т.д.

У Сознание и мышление человека отражают действительность в абстрактной форме - в представлениях, суждениях, понятиях; с мышлением связана ***речь*** (см. ниже).

Билатеральная (полушарная) **организация мозга** означает, что каждое из полушарий ответственно за свой способ мышления: ***левое*** полушарие обрабатывает информацию аналитически **и** последовательно и поэтому способно использовать отвлеченные (абстрактные) понятия, ***правое*** полушарие обрабатывает информацию одновременно и целостно и поэтому способно использовать лишь образы объектов; играет большую роль в процессе мышления.

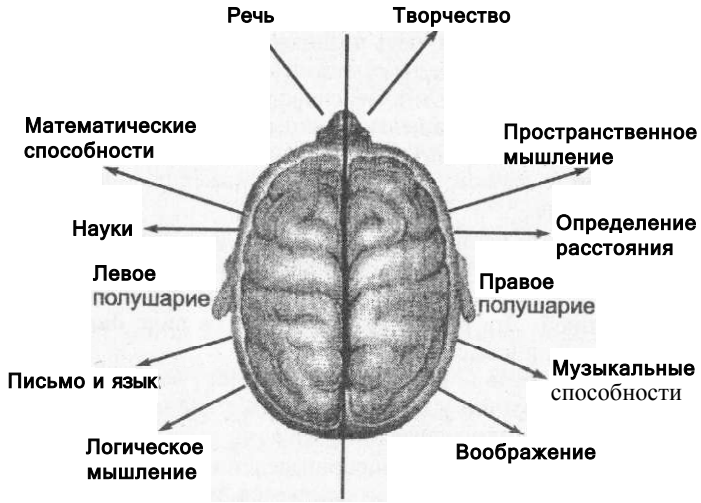


Рис. 9.41. Билатеральная организация мозга

Способы мышления, характерные для человека: ***наглядно-образное*** мышление и ***словесно-логическое*** мышление.

Наглядно-образное мышление - мышление, основанное на анализе, сравнении и обобщении различных мысленных образов предметов, явлений, событий. Обеспечивается ***правым*** полушарием головного мозга.

Словесно-логическое мышление - способность мыслить с использованием абстрактных понятий. Обеспечивается ***левым*** полушарием головного мозга.

Речь и язык

Речь - психофизиологический процесс, реализующийся в способности человека обмениваться информацией с другими людьми при помощи сложной системы звуковых **(устная речь)** или зрительных **(письменная речь)** знаков. Она возникла из потребности человека к общению, передаче и получению знаний.

Предпосылки появления звуковой речи: развитие и совершенствование гортани, нижней челюсти, языка, отдельных мышц головы и шеи.

- Функции речи: коммуникативная и семантическая (основные), отвлечения и обобщения.
  - « Коммуникативная функция: речь является средством общения между людьми; с ее помощью люди обмениваются информацией - передают друг другу знания, команды, впечатления.
  - Семантическая функция: речь является средством выражения мыслей, их образования и развития
  - * Функция отвлечения: речь позволяет получать новые знания о предметах и явлениях, не обращаясь к ним непосредственно.
  - Функция обобщения: многие слова речи обозначают не один конкретный предмет, а целые группы предметов (автомобили, птицы, животные и т.п.), поэтому, имея представление об одном предмете данной группы, человек может обобщить его на все остальные.
- Классификация речи в зависимости от адресата:
  - внешняя речь - речь, адресованная явному или неявному собеседнику; с помощью такой речи люди могут обмениваться информацией. Эта речь бывает устная - в виде ***диалога*** или ***монолога*** - и письменная;
  - внутренняя речь - мысленный разговор человека с самим собой (формируется у детей в возрасте около трех лет на основе внешней монологической речи).
- Физиологически процесс воспроизведения, восприятия и понимания смысла речи контролируется нервными центрами, расположенными главным образом в височной, лобной и теменной долях ***коры левого полушария*** головного мозга. На основе речи формируется вторая сигнальная система.
  - Зона Брока (названа по имени открывшего ее ученого; расположена в лобной доле коры левого полушария) обеспечивает формирование правильных движений мышц гортани, языка, губ для ***произнесения*** слов; при ее повреждении (например, в результате инсульта) человек понимает смысл слов, но не может их произносить, при этом сохраняется способность к воспроизведению мелодий без слов и крику.
  - Зона Вернике (расположена в височной доле коры левого полушария) обеспечивает ***понимание*** значения слов ***устной*** речи, а также ***припоминание*** необходимых слов; при повреждении этой зоны человек перестает различать слова и теряет способность к осмысленной речи.
  - Восприятие ***письменной*** речи осуществляется сначала затылочной, затем теменной и, наконец, височной долей коры левого полушария головного мозга.

- Произнесение звуков складывается из двух процессов - ***фонации*** и ***артикуляции.***
  - Фонация - процесс образования «чистого звука» (например, «а-а-а-а») в гортани: выдыхаемый воздух проходит через голосовую щель, заставляя вибрировать голосовые связки, а затем - через ненапряженную ротовую полость. Сила натяжения голосовых связок может изменяться с помощью особых мышц, при этом изменяется частота воспроизводимого звука.
  - Артикуляция - процесс модификации «чистого звука» путем изменения конфигурации ротовой полости (***примеры***: вытягивая губы, человек превращает звук «а-а-а» в звук «о-о-о»; замыкая и размыкая губы, поднимая к нёбу язык, человек произносит согласные звуки).

Язык - это сложная, подчиняющаяся определенным правилам комбинирования, система зрительных знаков или звуковых сигналов, которая позволяет человеку обозначать предметы и явления окружающего мира. В мире существует более 5000 языков, для каждого из которых характерен определенный словарный запас и грамматический строй.

Научение

Научение - это адаптивное изменение индивидуальною поведения в результате приобретения жизненного опыта.

- Основные формы научения: неассоциативное, ассоциативное, когнитивное.
  - " Неассоциативное научение - изменение поведения в результате многократного действия раздражителя: ***импринтинг, привыкание, подражание.*** Эти способы научения, характерные и для человека, и для животных, рассмотрены в п. «Поведение животных» на с. 387.
  - * Ассоциативное научение основывается на образовании устойчивой связи (ассоциации) между двумя раздражителями; характерно для человека и (некоторые способы) для животных. К ассоциативному научению относят выработку условных рефлексов.
  - Когнитивное научение - изменение поведения в результате ***мысленного прогнозирования будущих событий.*** Характерно для человека и (в некоторой степени) для высших приматов. ***(.Примеры,*** зная о возможных весьма неприятных последствиях, человек не совершает те или иные действия, даже если они могут принести ему кратковременную незначительнее выгоду; объяснение человеку ошибочности его действий может побудить его изменить свое поведение, отказавшись от устоявшейся привычки.)

Творчество

Творчество - это деятельность, порождающая качественно новые, никогда ранее не существовавшие продукты, имеющие общественное значение (открытие новых закономерностей в науке, изобретение новой техники, создание произведений искусства и т.д.). Творчество является отличительной особенностью человеческого мышления.

Для акта творчества необходима особая подготовленность организма, полное сосредоточение и направленность всего внимания и помыслов человека на решение определенной проблемы в течение более или менее продолжительного промежутка времени. Затем, как правило, творческая доминанта сознательного мышления переходит на бессознательный уровень, на котором может существовать в течение длительного времени (часов, дней, месяцев, лет), постоянно и активно отбирая из памяти и анализируя все необходимое для решения проблемы, обогащаясь и постепенно созревая с учетом новых знаний, ассоциаций, впечатлений, накопленного опыта и т.п. Момент догадки, открытия воспринимается человеком как яркое, внезапно возникающее состояние сознания, которое нельзя предвидеть; оно непроизвольно и как бы случайно. Важный элемент творчества - ***интуиция.***

Интуиция - один из типов мышления, особенностью которого является способность человека мгновенно, не прибегая к развернутым логическим рассуждениям, йайти путь решения той или иной сложной задачи.

В основе интуиции лежит богатый жизненный опыт, позволяющий бессознательной форме высшей нервной деятельности человека почти мгновенно проанализировать огромное количество информации, оценить ситуацию и выдать сознанию единственно верное решение.

Эмоции

Эмоции - субъективные реакции (переживания) человека, в которых проявляется его отношение к окружающему миру (к людям, их поступкам, к каким-либо явлениям) и к самому себе, дается их субъективная оценка.

Эмоции делятся на ***положительные*** (радость, восторг, удовольствие, удовлетворение и др.) и ***отрицательные*** (гнев, ужас, страх, печаль, отвращение и др.).

Положительные эмоции - эмоции, при которых мозговые структуры находятся в таком активном состоянии, которое побуждает усилить, продлить или повторить это состояние.

Отрицательные эмоции - эмоции, при которых мозговые структуры находятся в активном состоянии, побуждающем окончить или ослабить это состояние и предотвратить его повторение,

- **Эмоции сопровождаются:**
  - ***активацией нервной системы*** и ***выделением гормонов*** или других биологически активных веществ (*пример*: при отрицательных эмоциях выделяется ***адреналин*** - гормон надпочечников); физиологические изменения во время эмоций мобилизуют организм, приводя его в состояние готовности к эффективной деятельности или защите;
  - ***характерными выразительными движениями*** - жестами, мимикой, интонацией, изменением походки и др., не зависящими от национальности и уровня культуры человека. Эти движения служат для сигнализации другим особям о своем состоянии, т.е. являются средством общения между людьми. Они вызывают у других людей ответные эмоциональные реакции, что используется в воспитании, актерской деятельности, преподавании.
- **Отличие выразительных движений от вегетативных реакций:** выразительные движения могут контролироваться сознанием человека.
  - Одна из ***главных задач воспитания*** - обучение человека определенной ***культуре поведения,*** предполагающей сдержанность выразительного проявления своих эмоций.
- **Физиологическая природа эмоций:** высшие центры эмоций находятся в коре больших полушарий головного мозга (особенно в ее височной и лобной долях) и в промежуточном мозге (в гипоталамусе). Лобная доля активирует или тормозит эмоции; у больных с поврежденной лобной долей возникает эмоциональная нестабильность. Раздражение структур промежуточного мозга электрическим током ведет к внешним проявлениям эмоций.
- **Типы эмоциональных состояний:** собственно эмоции, настроения, чувства, аффекты, страсти.
  - **Собственно эмоции** (радость, страх, ревность и др.) - *кратковременные* эмоциональные состояния, возникающие под влиянием создавшихся конкретных условий.
  - **Настроение** - это *длительное* (часы, дни) изменение общего эмоционального состояния.
  - **Чувство** - *устойчивое, длительное* (недели, месяцы, годы), не зависящее от состояния организма и наглядно воспринимаемой ситуации эмоциональное отношение человека к другим людям, социальным и природным явлениям действительности (любовь к человеку, долг перед семьей, чувство чести, чувство прекрасного и т.д.).
  - **Аффект** - эмоциональное состояние, стремительно и бурно овладевающее человеком и имеющее характер *кратковременной вспышки* (ярость, гнев, отчаяние и др.); чаще всего

возникает в ответ на резкое изменение важных для человека жизненных обстоятельств, когда человек не способен найти быстрый и правильный выход.

- Страсть - сильное, ***абсолютно доминирующее*** эмоциональное состояние, направляющее все помыслы и деятельность человека на достижение поставленной цели.

Индивид. Индивидуальность. Личность

Индивид - это человек как представитель биологического вида ***Человек разумный,*** обладающий общей для вида конституцией (высокоразвитым мозгом, прямохождением, приспособленностью рук к трудовой деятельности и т.д.) вне зависимости от его конкретных индивидуальных особенностей.

Индивидуальность - это конкретный человек, личность в его своеобразии, с присущим ему комплексом черт (внешности, ***способностей, темперамента, характера,*** здоровья, выносливости и т.д.), которые отличают его от всех других людей. Индивидуальность может проявляться с разной степенью выраженности в одной, нескольких или сразу всех сферах психической деятельности - интеллектуальной, эмоциональной, волевой.

Способности - комплекс индивидуальных свойств и особенностей человека, обеспечивающих успешное выполнение им различных видов деятельности, приобретение знаний, умений и навыков. Способности не являются врожденными, они развиваются в процессе индивидуальной жизни человека. Наивысшие уровни развития способностей - ***талант*** и ***гениальность.***

Темперамент - черты человека, характеризующие его индивидуальный тип активности, степень выраженности двигательных проявлений и уровень его эмоциональности.

Характер - совокупность устойчивых особенностей душевной жизни человека, которые проявляются в типичных для него способах поведения - в манерах, привычках, в отношении к происходящим событиям.

- Основные черты характера:
  - » ***общие*** черты: принципиальность, последовательность, мужество, трусость, честность, дисциплинированность, активность и т.д.;
  - черты, выражающие ***отношение человека к другим людям:*** общительность, замкнутость, откровенность, скрытость, чуткость, дружелюбие, вежливость, наглость и др.;
  - черты, выражающие ***отношение человека к самому себе***\ чувство собственного достоинства, скромность, самомнение, заносчивость, обидчивость, застенчивость, эгоизм и др.;
  - черты, ***выражающие отношение человека к труду,*** к своему делу: инициативность, настойчивость, трудолюбие, лень, добросовестность, боязнь трудностей или стремление к их преодолению и др.

Личность - это человек как биосоциальное существо, как субъект социальных отношений и сознательной деятельности, как член общества, обладающий системой уникальных черт, которые определяют свойственный данному человеку ход мыслей и сознательное поведение, его отношение к другим людям и их сообществам. Личностью человек не рождается, личностью становятся.

- Возникновение личности происходит в процессе совместной деятельности индивида с другими индивидами.

Структура личности: личность характеризуется ***активностью,*** духовными и органическими ***потребностями, индивидуальностью, самосознанием, интересами, интеллектом, волей*** и т.д.

Активность личности - стремление человека выходить за пределы достигнутого, расширять сферу своей деятельности, действовать за границами требований ситуации.

Духовные потребности - стремление к знаниям, творчеству, восприятию прекрасного.

Органические потребности - потребности, отражающие физиологические нужды организма человека (потребности в воздухе, пище, воде, продолжении рода и т.д.); имеются и у человека, и у животных.

Направленность личности - это система побуждений (интересов, убеждений, идеалов и т.д.), в которых проявляют себя потребности человека, определяющие его сознание и поведение.

Мотивы - определенные, внутренние осознанные потребности (причины, поводы и т.п.), направляющие деятельность человека.

Некоторые исторически сложившиеся представления об основном мотиве поступков индивида:

- стремление к удовольствию (учение гедонизма; получило развитие в античности);
- * исполнение долга (согласно И. Канту);
- половое влечение (по 3. Фрейду).

Интересы - это осознанные проявления (в виде мыслей, устремлений, действий) преимущественных, наиболее важных, значимых, привлекательных потребностей.

Непосредственный интерес имеет прямую связь с какой-то потребностью.

Опосредованный интерес предполагает, что для удовлетворения целевой преимущественной потребности необходимо предварительное удовлетворение одной или нескольких промежуточных потребностей (пример: для поступления в медуниверситет необходимо хорошо изучить школьный курс биологии).

Интеллект - комплексное понятие, характеризующее способность человека к мышлению, познанию; способность видеть то, что не замечают другие; умение ставить проблемы и решать их; способность особым, индивидуальным образом перерабатывать информацию и т.д.

Воля - способность человека сознательно и целенаправленно регулировать свою деятельность.

Самосознание личности - мысленный образ собственного *Я;* понимание самого себя, своего значения, роли в жизни, человеческом обществе.

- **Компоненты самосознания личности:**
  - **когнитивный** - образ своих качеств, способностей, внешности, социальной значимости и т.д.;
  - **эмоциональный** - самооценка: самоуважение, себялюбие, самоуничижение и т.д.;
  - **оценочно-волевой** - стремление повысить самооценку, завоевать уважение и т.д.

Формирование личности происходит в результате разрешения проблем и противоречий, возникающих в процессе взаимодействия с окружающей его социальной средой. На формирование личности большое влияние оказывает участие ***учителя.***

- **Фазы развития личности:** адаптация, индивидуализация, интеграция.

Адаптация (первая фаза): уподобление другим членам общности, усвоение свойственных им способов и характера общения, системы ценностей, норм поведения и т.д.

Индивидуализация (вторая фаза) возникает в том случае, если индивид стремится достичь максимальной персонализации и утвердить себя в обществе в качестве достойного и уважаемого всеми члена, мобилизуя все свои ресурсы. Осуществляется посредством ***самоактуализации*** и ***творчества*** (см. выше).

Самоактуализация - стремление человека к максимально полному проявлению и развитию своих личных возможностей; является одним из главных стимулов для развития личности.

Интег рация (третья фаза развития личности) - положительное восприятие обществом деятельности личности и повышение ее (личности) статуса. В противном случае происходит **дезинтеграция** - отчуждение личности обществом, а если личность не предпринимает попыток для своего восстановления, наступает **деградация** личности.

- Социальные факторы, влияющие на биологическую природу человека, приводят к ***акселерации*** (см. с. 635) и ***ретардации.***

Ретардация - замедление процесса старения.

10. Примеры решения задач

10.1. Задачи по генетике

Закономерности наследования

1.1. Выпишите типы гамет, которые образуются у особей с указанным генотипом:

АА	Рг	АаЬЬ	СссМгг

Решение. Если из каждой пары генов в гамету идет один ген и гены свободно комбинируются, то образуются гаметы следующих типов:

®	® ©		

1.2. У гороха желтый цвет семян доминирует над зеленым. Сколько типов гамет образует гетерозиготный горох?

Решение. Число типов гамет N рассчитывается по формуле $N = 2"$, где n - число признаков в гетерозиготном состоянии. Так как здесь учитывается только один признак, то га = 1, поэтому $N = 2$.

Ответ: **2.**

1.3. У человека карий цвет глаз доминирует над голубым. В брак вступили гомозиготный кареглазый мужчина и голубоглазая женщина. Какой цвет глаз будут иметь дети от этого брака?

Решение. Составляем таблицу:

Признак	Ген	Генотип
Карие Голубые	А а	Аа, АА аа

Р аа х АА

е ® ®

Р1 Аа (карие)

Ответ: все потомки имеют карие глаза.

1.4. У человека близорукость доминирует над нормальным зрением, а умение владеть правой рукой - над леворукостью. Дигетерозиготный близорукий праворукий мужчина женился на женщине с нормальным зрением, леворукой. Какова вероятность рождения ребенка с признаками матери?

Решение. Составляем таблицу:

Признак	Ген	Генотип
Близорукость	**А**	**AA_1Aa**
Норма	**а**	**аа**
Праворукость	**В**	**ВВ, Вв**
Леворукость	**в**	**вв**

P **аавв** × **АаВв**

G (ав) (АВ) (Ав) (аВ) (ав)

F_1 **АаВв; Аавв; ааВв; аавв**

25%

Ответ: 25%.

1.5. При самоопылении гетерозиготного желтого растения гороха Т. Мендель в F_1 получил следующее расщепление: 6022 желтых и 2001 зеленых. Какой генотип имели зеленые растения в F_1 и какой генотип имели родительские особи?

Решение. Так как расщепление произошло в соотношении 3:1, то родительские особи – гетерозиготы **Аа**, а зеленые растения в F_1 – рецессивные гомозиготы (**аа**). Если бы одна из родительских форм была доминантной гомозиготой, то в потомстве имело бы место единообразие по фенотипу.

Взаимодействие аллельных генов

1.6. Красная окраска цветков у ночной красавицы детерминирована геном **В**, белая – **в**. Гетерогенные растения вследствие промежуточного наследования имеют розовые цветки. Цветки красного растения опылены пыльцой белого. Какой фенотип и генотип будут иметь растения в F_1?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Красный цвет	**В**	**ВВ**
Белый	**в**	**вв**
Розовый	**B_1в**	**Вв**

P **ВВ** × **вв**

G (В) (в)

F_1 **Вв** (розовые)

Ответ: **Вв** – розовые.

1.7. У человека I группа крови обусловлена геном I^0; II группа – геном I^A, который доминирует над геном I^0 и кодоминантен к гену I^B, определяющему III группу крови. Гетерозиготная женщина со II группой крови вышла замуж за гетерозиготного мужчину III группы крови. Какую группу крови могут иметь дети?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
I гр. (**0**)	I^0	I^0I^0
II гр. (**А**)	I^A	I^AI^A, I^AI^0
III гр. (**В**)	I^B	I^BI^B, I^BI^0
IV гр. (**АВ**)	$I^{A,B}$	I^AI^B

P I^AI^0 × I^BI^0

G (I^A) (I^0) (I^B) (I^0)

F_1 I^AI^B I^AI^0 I^BI^0 I^0I^0

IV гр. II гр. III гр. I гр.

Ответ: дети могут иметь I, II, III и IV группы крови.

1.8. У человека наличие в эритроцитах антигена резус-фактор (фенотип Rh^+) обусловлено доминантным геном **D**. Его аллель **d** обусловливает отсутствие этого антигена (фенотип Rh^-). Ген I^0 обусловливает I группу крови и рецессивен по отношению к генам II группы I^A и I^B (гена III группы). Гены I^A и I^B – кодоминантные и обусловливают IV группу крови.

Генотип мужа ddI^AI^0, жены – DdI^BI^B. Какова вероятность рождения резус-положительного ребенка IV группы крови?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
Rh^+	**D**	**DD, Dd**
Rh^-	**d**	**dd**
I гр. (**0**)	I^0	I^0I^0
II гр. (**А**)	I^A	I^AI^A, I^AI^0
III гр. (**В**)	I^B	I^BI^B, I^BI^0
IV гр. (**АВ**)	I^A, I^B	I^AI^B

P DdI^BI^B × ddI^AI^0

G (DI^B)(dI^B) (dI^A)(dI^0)

F₁ $\underline{DdI^AI^B}$ $\underline{DdI^BI^0}$ $\underline{ddI^AI^B}$ ddI^BI^0

Rh^+ IV гр. Rh^+ III гр. Rh^- IV гр. Rh^- III гр.

Вероятность рождения резус-положительного ребенка с IV группой крови – 25%.

Ответ: 25%.

Взаимодействие неаллельных генов

1.9. У душистого горошка пурпурная окраска цветков обусловлена сочетанием двух комплементарных доминантных генов **C** и **B**. При отсутствии одного из них пигмент не развивается и цветки остаются белыми. Скрестили растение белое **CCвв** с белым **ccBB**. Какой фенотип будет иметь первое поколение гибридов?

Решение.

Признак	Ген	Генотип
пурпурные	C_1B	C– B–
белые	$c_1в$	ccвв C – вв ccB –

Генотип записываем с помощью фенотипического радикала.

P **CCвв × ccBB**

G (Cв) (cB)

F_1 **CcBв** – пурпурные

Ответ: пурпурные.

1.10. У большинства пород кур (виандотты) ген **C** доминирует окрашенным опереньем, а их аллель **c** – белым. У породы леггорн имеется эпистатический ген **I**, подавляющий развитие пигмента даже при наличии гена **C**. Его аллель ген **i** позволяет гену **C** проявлять свое действие. Леггорны с генотипом **IICC** имеют белое оперение в связи с эпистатическим действием гена **I** над **C**. Виандотты с генотипом **iicc** имеют белое оперение вследствие отсутствия доминантного аллеля пигментации – **C**.

Белый леггорн с генотипом **IICC** скрещен с белым виандоттом (**iicc**). Определите расщепление по фенотипу F_2.

Решение.

P **IICC × iicc**

G (IC) (ic)

F_1 **IiCi**

$P_{(F1)}$ **IiCc × IiCc**

G (IC)(Ic)(iC)(ic) (IC)(Ic)(iC)(ic)

F_2	IICC	IICc	IiCC	IiCc
	б	б	б	б
	IICC	IIcc	IiCc	Iicc
	б	б	б	б
	IiCC	IiCc	iiCC	iiCc
	б	б	окр	окр
	IiCC	IiCc	iiCc	iicc
	б	б	окр	б

Отсюда следует, что расщепление F_2 по фенотипу – 13:3.

Сцепление генов

1.11. У дрозофилы гены, доминирующие красную (**W**) и белую (**w**) окраску глаз, локализованы в **X**-хромосоме. **Y**-хромосома соответственно локуса не имеет.

а) Сколько и какие типы гамет продуцирует гомозиготная красноглазая самка?

б) Сколько и какие типы гамет продуцирует гетерозиготная красноглазая самка?

в) Сколько и какие типы гамет продуцирует красноглазый самец?

Решение.

а) X^WX^W – (X^w) (один)

б) X^WX^w – (X^w)(X^w) (два)

в) X^WY – (X^w)(Y) (два).

1.12. У дрозофилы гены **MN** и их рецессивные аллели локализованы в одной паре аутосом. Сколько и какие типы гамет образует: а) самка с генотипом $\frac{MN}{mn}$, б) самец с генотипом $\frac{Mn}{mN}$?

Решение.

а) У самки мухи дрозофилы сцепление неполное, при образовании гамет в процессе мейоза происходит кроссинговер и образуется 4 типа гамет: $\frac{MN}{mn}$; (MN)(mn) – некроссоверные и (Mn)(mN) – кроссоверные.

б) У самца мухи дрозофилы сцепление полное и образуется два типа гамет: (Mn) и (mN) .

1.13. У человека рецессивный ген гемофилии (**h**) и рецессивный ген цветовой слепоты (**c**) локализованы в Х-хромосоме на расстоянии приблизительно 10 морганид. Определить, какие типы гамет и в каком количестве образует женщина с генотипом $\frac{X^{Ch}}{X^{ch}}$.

Решение. Из пары хромосом при образовании гамет в половую клетку идет одна хромосома и образуются два типа некроссоверных гамет X^{Ch} и X^{ch} с вероятностью 45%. Так как у женщины сцепление неполное и происходит кроссинговер, то образуются два типа кроссоверных гамет с вероятностью по 5%.

Ответ: X^{Ch} 5%, X^{ch} 5%, X^{Ch} 45%, X^{ch} 45%

1.14. Генотип самки $\frac{St}{sT}$, самца – $\frac{st}{st}$: при их скрещивании в F_1 получено 8% рекомбинантов. Напишите, какие генотипы имеют потомки и какой процент мух каждого генотипа.

Решение. P $\frac{St}{sT}$ × $\frac{st}{st}$

G (St)(sT) (ST)(st) (st)

46% 46% 4% 4%

некроссоверные кроссоверные

F_1 **Sstt;** **ssTt;** **SsTt** **sstt**

46% 46% 4% 4%

или (в другой форме записи)

$\frac{St}{st}$ $\frac{sT}{st}$ $\frac{St}{st}$ $\frac{st}{st}$

46% 46% 4% 4%

1.15. У кур плимутрок доминантный ген серой окраски оперения (**P**) локализован в **Z**-хромосоме. Его рецессивный аллель вызывает черную окраску оперения. Гомозиготный серый петух скрещен с черной курицей. Определить окраску в F_1 для петушков и для курочек.

Решение. У кур гомогаметными являются самцы (**ZZ**), гетерогаметными – самки (**ZW**).

P Z^PW × Z^PZ^P

черные серые

G $(Z^P)(W)$ (Z^P)

F_1 Z^PZ^P Z^PW

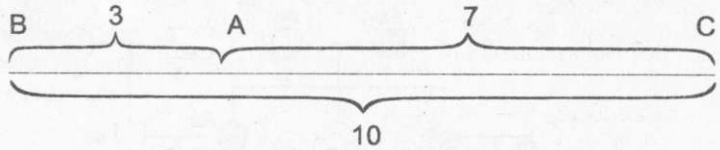
серые серые

Ответ: курочки и петушки в F_1 имеют серую окраску.

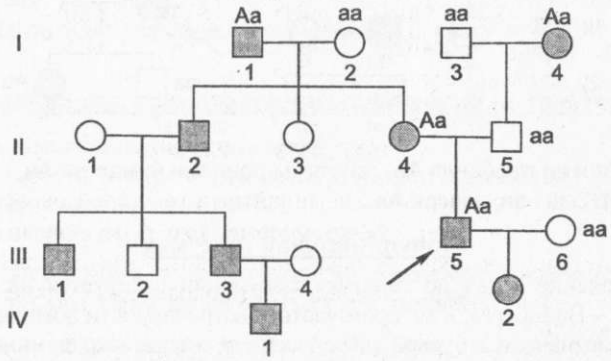
1.16. Гены **ABC** относятся к одной группе сцепления. Расстояние между генами **A** и **C** равно 7 морганид, расстояние между генами **B** и **C** – 10 морганид, а расстояние между генами **BA** – 3 морганиды. Постройте генетическую карту, т.е. изобразите графически положение генов **ABC** в хромосоме, и укажите расстояние между ними.

Решение. Выбираем масштаб (например, 1 морганида соответствует геометрической длине, равной 1 см) и на отрезке прямой, являющемся схематическим изображением хромосомы, изображаем гены **B** и **C** с учетом известного расстояния между ними 10 морганид. Так как расстояние между генами **B** и **A** равно 3 морганиды, а между **A** и **C** – 7 морганид, то ген A находится между генами **B** и **C**.

Ответ:



1.17. Проанализируйте родословную, укажите тип наследования и генотипы пробанда, его родителей и детей.

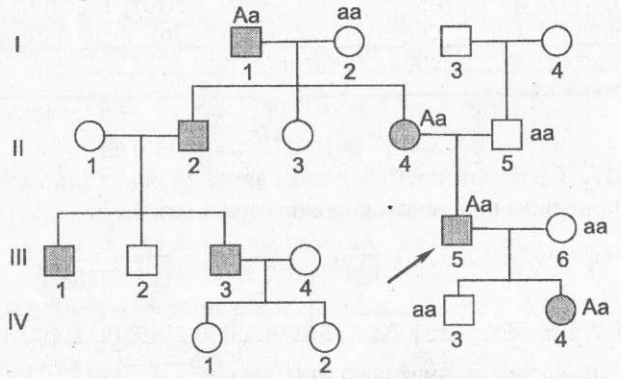


Решение. Проанализируем родословную. В ней отражены IV поколения. Видим, что больные имеются в каждом поколении, причем мужчины и женщины болеют в равной мере, у больных родителей рождаются больные дети, у здоровых родителей – здоровые дети. Следовательно, тип наследования – аутосомно-доминантный, т.е. признак обусловлен доминантным геном. Соответственно, пробанд имеет доминантный ген (**A**), но от отца мог полу-

чить только рецессивный ген (**а**), его генотип **Аа**. Генотипы родителей: матери **Аа**, отца **аа**, дочери **Аа**, так как от матери она могла получить только ген **а**.

1.18. Составьте родословную семьи со случаем врожденной катаракты. Пробанд – мужчина, страдающий катарактой. Катаракта была у матери и деда пробанда по материнской линии. Дядя и тетя и три двоюродных брата от дяди по материнской линии – здоровы. Один троюродный брат имеет здоровых дочерей. Отец пробанда, дед и бабка со стороны отца здоровы. Жена пробанда здорова. Из двух детей пробанда сын здоров, дочь страдает катарактой. Составьте родословную и укажите генотип пробанда, его сестры, родителей и детей.

Решение. Составим родословную на основе данных задачи (см. анализ в решении задачи 1.17).



Генотип пробанда **Аа**, генотипы родителей: матери **Аа**, отца **аа**, генотип сына **аа**, дочери **Аа**.

Популяционная генетика

Решение задач по генетике популяций базируется на законе Харди – Вайнберга, в котором частота встречаемости доминантного гена обозначается буквой **p**, рецессивного гена – **q**, доминантных гомозигот – $\mathbf{p^2}$, рецессивных гомозигот – $\mathbf{q^2}$, гетерозигот – **2pq**:

$$p + q = 1; \quad p^2 + 2pq + q^2 = 1.$$

1.19. Наследственная метгемоглобинемия (повышенный уровень метгемоглобина в крови) детерминируется рецессивным геном **m** и встречается с частотой 0,09%. Определите: а) частоту встречаемости доминантного аллеля; б) частоту встречаемости рецессивного аллеля; в) частоту встречаемости гетерозигот.

Решение. а) 0,09% – частота встречаемости рецессивных гомозигот ($\mathbf{q^2}$). Перейдя от % к долям и извлекая квадратный корень из $\mathbf{q^2}$, можно найти **q**: $q = \sqrt{0{,}0009} = 0{,}03$. Зная **q**, можно найти **p**:

$$p = 1 - 0{,}03 = 0{,}97.$$

б) Частота встречаемости гетерозиготных носителей – **2pq**. Подставляем значение **p** и **q**: $2pq = 2 \cdot 0{,}03 \cdot 0{,}97 = 0{,}0582 = 5{,}82\%$.

$$p^2 = 0{,}97^2 = 0{,}9409 = 94{,}09\%.$$

Ответ: частота встречаемости рецессивного аллеля **q** = 0,03;
частота встречаемости доминантного аллеля **p** = 0,97;
частота встречаемости гетерозигот **2pq** = 0,0582.

1.20. Из 84 000 детей, родившихся в течение 10 лет в родильных домах города N, у 210 обнаружен патологический рецессивный признак **d** (генотип **dd**). Определить частоту генотипа **dd** среди новорожденных. Определить, на какое число новорожденных приходится один ребенок с генотипом **dd**.

Решение:

$$g^2 = \frac{210}{84\,000}; \quad g = \sqrt{\frac{210}{84\,000}} = 0{,}0025.$$

Один ребенок с генотипом **dd** приходится на 400 новорожденных. Частота встречаемости этого генотипа равна $\frac{1}{400}$.

Задачи для самостоятельного решения по генетике

1. Сколько типов гамет образует:
   А) гомозиготная особь с доминирующим признаком?
   Б) дигетерозиготная особь?
   В) особь с рецессивным признаком?
2. Мужская особь имеет генотип **Nn**. Какое соотношение сперматозоидов разных типов образуется у особи **Nn**.
3. Если у женского организма с генотипом **Rr** ген **R** попал при мейозе в яйцеклетку, куда попадет ген **r**?
4. Муха дрозофила дикой расы имеет хорошо развитые крылья (Normal). У рецессивной мутации vestigial крылья недоразвиты. Гетерозиготная муха с нормальными крыльями скрещена с мухой vestigial. Какое потомство ожидается в F_1?
5. У кролика черная пигментация шерсти доминирует над альбинизмом.

А) Какой цвет шерсти будет в F_1 и F_2 при скрещивании гомозиготного черного кролика с альбиносом?

Б) Какой цвет шерсти будет в F_1 при скрещивании гетерозиготного черного кролика с белым?

6. У собак черный цвет шерсти доминирует над коричневым. Черная самка несколько раз скрещивалась с коричневым самцом. В результате такого анализирующего скрещивания было получено 15 черных и 13 коричневых щенков. Какой генотип имела самка?

7. У шортгорнского скота ген **B** обусловливает красную окраску шерсти, ген **в** – белую. Гетерозиготные особи имеют чалую окраску.

А) Какой цвет шерсти будет у потомков **в** F_1 от скрещивания белой коровы с чалым быком?

Б) Какой фенотип и генотип будут **в** F_1 от скрещивания чалой коровы с чалым быком?

8. У андалузских кур доминантный ген **B** определяет черный цвет оперения, ген **в** – белый цвет. Гетерозиготы имеют голубое оперение. Какое расщепление будет происходить в F_1 при скрещивании между собой:

А) черных особей?

Б) белых особей?

В) особей с голубым оперением?

9. У человека группа крови по системе **ABO** обусловлена аллелями гена **I**. Рецессивный ген I^0 детерминирует I группу крови, аллели I^A и I^B обусловливают II и III группы крови, доминируют над геном I^0 и кодоминантны по отношению друг к другу. Люди с генотипом I^AI^B имеют IV группу крови.

А) Мать гомозиготна по гену I^B, отец – по гену I^A. Какую группу крови и генотип будут иметь их дети?

Б) Гетерозиготная женщина с III группой крови вышла замуж за гетерозиготного мужчину со II группой крови. Какой генотип и группу крови могут иметь их дети?

В) ребенок имеет I группу крови, мать – II группу, отец – III группу. Определите генотип родителей.

10. У человека доминантный ген **D** вызывает аномалию развития скелета. Женщина с нормальным строением скелета вышла замуж за мужчину с аномалией скелета. Определите генотип отца, если у них родился здоровый ребенок.

11. Фенилкетонурия (нарушение обмена аминокислоты фенилаланина) наследуется как рецессивный признак.

А) Родители гетерозиготны по гену фенилкетонурии. Какова вероятность рождения больного ребенка?

Б) Жена гетерозиготна по гену фенилкетонурии, а муж гомозиготный по нормальному аллелю этого гена. Какова вероятность рождения больного ребенка?

12. У человека наличие антигена резус-фактора в эритроцитах (Rh^+) обусловлено геном **D**, его аллель **d** обусловливает отсутствие этого антигена (Rh^-). Ген первой группы I^0 рецессивен по отношению к генам I^A и I^B, определяющим II и III группы крови. При генотипе I^AI^B – IV группа крови.

А) Генотип мужа DdI^BI^B, жены – ddI^AI^0. Определить вероятность рождения резус-положительного ребенка IV группы.

Б) Женщина резус-отрицательная с IV группой крови вышла замуж за мужчину с III группой крови резус-положительного. Отец мужа имеет резус-отрицательную кровь I группы. В семье имеются два ребенка: первый имеет резус-отрицательную кровь III группы; второй – резус-положительную кровь I группы. Судебно-медицинская экспертиза установила, что один из этих детей внебрачный. По какой из двух пар аллелей исключается отцовство?

13. У пастушьей сумки плоды бывают треугольной и овальной формы. Форма плода определяется двумя парами полимерных генов. В результате скрещивания двух растений в потомстве оказались особи с треугольными и овальными стручками в соотношении 15 треугольных к 1 (15:1) овальному. Определите генотипы и фенотипы родителей и потомков.

14. Красная окраска луковицы лука определяется доминантным геном, желтая – его рецессивной аллелью. Проявление гена окраски возможно при наличии другого несцепленного доминантного гена. Рецессивная аллель этого гена подавляет окраску, и луковицы оказываются белыми. Краснолуковичное растение было скрещено с желтолуковичным. В потомстве оказались особи с красными, желтыми и белыми луковицами. Определите генотипы родителей.

15. У попугайчиков-неразлучников цвет перьев определяется двумя парами несцепляемых неаллельных генов. Сочетание двух доминантных генов (хотя бы по одному из каждого алле-

ля) определяет зеленый цвет, сочетание доминантного гена из одной пары и рецессивных генов из другой определяет желтый или голубой цвет. Рецессивные по обеим парам особи имеют белый цвет.

При скрещивании зеленых попугайчиков-неразлучников между собой получено потомство: 55 зеленых, 14 желтых, 17 голубых и 6 белых. Определите генотипы потомства и родителей.

16. У томатов высокий рост стебля доминирует над карликовым, а шаровидная форма плода – над грушевидной. Гены высоты стебля и формы плода находятся в одной аутосоме на расстоянии 20 морганид. Скрещено дигетерозиготное растение с карликовым, имеющим грушевидные плоды. Какое потомство и в каком процентном отношении следует ожидать от этого скрещивания?

17. Цвет волосяного покрова морских свинок зависит от содержания меланина. Свинки альбиносы при скрещивании между собой дают белое потомство. Темные свинки при скрещивании между собой дают темное потомство. Гибриды альбиносов и темных дают полутемную окраску. Какое потомство будет от скрещивания полутемной свинки с белой?

18. Женщина правша с карими глазами и нормальным зрением выходит замуж за голубоглазого мужчину правшу и дальтоника. У них родилась голубоглазая дочь – левша и дальтоник. Карий цвет глаз и умение владеть правой рукой – доминантные аутосомные признаки, а дальтонизм – рецессивный, сцепленный с **X**-хромосомой признак. Какова вероятность того, что следующий ребенок будет левшой и дальтоником?

19. Отосклероз наследуется как доминантный аутосомный признак. Отсутствие клыков – как сцепленный с **X**-хромосомой рецессивный признак. Определить вероятность проявления у детей обеих аномалий одновременно в семье, где мать дигетерозиготна, а отец нормален по обеим парам признаков.

20. У кур встречаются четыре формы гребня, обусловленные взаимодействием двух пар генов (**R_1r** и **P_1p**). Ген **R** – определяет развитие розовидного гребня, ген **p** – гороховидного. При сочетании в генотипе генов **R** и **P** развивается ореховидный гребень. Рецессивные гомозиготы по обеим парам генов имеют простой листовидный гребень. Скрещены две особи с генотипами **RRPp** и **rrpp**. Установите расщепление в F_1.

21. У человека рецессивный ген **c** определяет цветовую слепоту и локализован в **X**-хромосоме. А) Какие типы гамет производит женщина с нормальным зрением, отец которой страдал цветовой слепотой? Б) Какие типы гамет производит мужчина с нормальным зрением, отец которого страдал дальтонизмом?

22. Гены **R**, **P**, **F** относятся к одной группе сцепления. Расстояние между генами **R** и **P** – 2 морганиды. В дополнительном опыте установлено, что расстояние между генами **R** и **F** составляет 4 морганиды. Изобразить графически положение генов **R**, **P**, **F** и указать расстояние между ними, если известно, что ген **P** находится между генами **R** и **F**.

23. Составьте родословную семьи со случаем прогрессирующей атрофии скелетной мускулатуры. Пробанд – больной мальчик. Родители и две сестры пробанда здоровы. По отцовской линии дед и бабка, дядя и тетя – здоровы. Две двоюродные сестры от дяди и двоюродный брат от тети – здоровы. По линии матери пробанда дед и бабка здоровы, тетя сама здорова, но имела больного сына, дядя болел атрофией мышц, второй дядя (здоровый) имел двух здоровых сыновей и здоровую дочь. Составьте родословную, установите тип наследования, укажите возможные генотипы членов родословной.

24. Пробанд – женщина с короткопалостью. Она имеет троих здоровых братьев, двух здоровых сестер. Отец пробанда короткопалый. О родственниках со стороны отца известно следующее: дядя и тетя короткопалые, вторая тетя имеет нормальную кисть. У дяди 6 детей, из которых четверо короткопалые (3 мальчика и 1 девочка) и 2 девочки с нормальными кистями. Все родственники по линии матери имели нормальную кисть, бабка по линии отца была короткопалой. Составьте родословную и установите тип наследования.

25. Альбинизм у ржи наследуется как аутосомный рецессивный признак. Среди 84 000 растений обнаружено 210 альбиносов. Определите частоту гена альбинизма у ржи.

26. На одном острове было отстрелено 10 000 лисиц. Из них оказались 9991 рыжая и 9 белых особей. Рыжий цвет доминирует над белым. Определите процентное соотношение гетерозиготных рыжих лисиц.

27. Алькаптонурия обусловлена аутосомно-рецессивным геном. В районе с населением 500 000 человек зарегистрировано четверо больных. Определите количество гетерозигот по анализируемому признаку в данной популяции.

10.2. Задачи по экологии

2.1. Орешниковая соня в среднем съедает около 200 г растительной пищи в сутки. Активный период ее жизнедеятельности длится с начала апреля по конец ноября (около 210 суток). Какое максимальное количество этих зверьков может выжить в широколиственном лесу с биомассой в 1400 т, если известно, что количество доступных плодов составляет около 0,2% от общей фитомассы?

Решение. 1. Количество (в кг) растительной пищи, которую съедает одна орешниковая соня за активный период ее жизнедеятельности:

$$0{,}2 \text{ кг/сутки} \cdot 210 \text{ суток} = 42 \text{ кг}.$$

2. Количество доступной фитомассы (в кг):

$$140\,000 \cdot 0{,}002 = 2800 \text{ кг}.$$

3. Количество особей орешниковой сони, способное выжить за счет доступной фитомассы:

$$2800 \text{ кг} : 42 \text{ кг} = 66{,}7 \approx 67 \text{ особей}.$$

Ответ: 67 особей.

2.2. Рассчитайте первичную продукцию аквариума, где энергия всех консументов второго порядка составляет 1000 ккал, если известно, что 1 кг этой продукции содержит запас энергии в 1000 ккал.

Решение. 1. Первичная продукция равна фитомассе аквариума. Энергия консументов второго порядка составляет 1% от энергии продуцента. Энергия продуцента равна

$$\frac{1000 \text{ ккал} \cdot 100\%}{1\%} = 100\,000 \text{ ккал}.$$

2. Т.к. 1 кг продукции содержит 100 ккал, то масса первичной продукции равна 100 000 ккал:

$$\frac{100 \text{ ккал}}{\text{кг}} = 1000 \text{ кг}.$$

Ответ: 1000 кг.

2.3. Постройте пищевую цепь на суше, которая включает следующие компоненты:

а) кузнечик;
б) опавшие листья;
в) дождевой червь;
г) дрозд;
д) ястреб-змееяд;
е) ястреб-перепелятник.

Решение. Опавшими листьями могут питаться дождевые черви, которых в качестве корма могут использовать дрозды, которыми питаются ястребы-перепелятники.

Ответ: пищевая цепь имеет следующую последовательность:

б → в → г → е.

2.4. Постройте пищевую цепь в водном биогеоценозе, который включает следующие компоненты:

а) планктонные ракообразные;
б) планктонные водоросли;
в) плотва;
г) чайки;
д) плотоядные млекопитающие;
е) хищные птицы.

Решение. Первым звеном в пастбищных цепях питания являются растения, т.е. планктонные водоросли – 1-е звено (продуценты), которыми могут питаться низшие ракообразные, а ими питаются рыбы, которых используют в пищу чайки.

Ответ: пищевая цепь имеет следующую последовательность:

б → а → в → г.

Задачи для самостоятельного решения по экологии

1. Известно, что чистая первичная продукция в образовавшейся после дождя луже составляет 20 кг/год. Рассчитайте, сколько будет энергии у консументов второго порядка в данной экосистеме, если 1 кг первичной продукции содержит 25 000 ккал энергии.

2. При наблюдении за дубравой выявились следующие закономерности: общая биомасса дубравы составляет $1 \cdot 10^8$ г, при этом масса растений составляет 94% от общей биомассы и в среднем на 1 кг биомассы приходится 1200 кДж энергии. Какое количество фименов (консументов третьего порядка) может обитать в данном сообществе, если 1/10 кг массы тела содержит 800 кДж энергии?

3. Определите общее количество берез в роще, если масса всех консументов третьего порядка в ней составила 3 тонны, а в 1 кг их биомассы содержится 100 кДж энергии? Средняя масса одного дерева составляет 3600 кг, а при сжигании 1 кг древесины выделяется 100 кДж тепла.

4. В еловом лесу на протяжении многих лет обитает популяция клеста-еловика, состоящая из 45 пар птиц. Определите общую массу елей в данном сообществе, если за сезон одна птица съедает около 2 кг семян ели. Масса семян составляет 0,001% массы дерева, при условии что в данном лесу только клесты питаются семенами ели, съедая их полностью.

5. Постройте пастбищную пищевую цепь на суше, которая включает следующие компоненты:

а) гусеницы насекомых;
б) синицы;
в) бабочка-белянка;
г) листья дерева;
д) филин;
е) ястреб – большой подорлик.

6. Постройте детритную пищевую цепь:

а) грибы;
б) листья дерева;
в) остатки травостоя;
г) жаворонки;
д) дождевой червь;
е) детрит.

10.3. Задачи по молекулярной биологии (цитологии)

3.1. В процессе синтеза против триплета ДНК **ЦГА** стал триплет **ГЦТ**. Какой фермент обеспечил данный процесс?

Решение. Произошел процесс репликации по принципу комплементарности, а следовательно, это обеспечил фермент **ДНК**-полимераза.

Ответ: **ДНК**-полимераза.

3.2. Сколько видов т-РНК и с какими антикодонами участвуют в процессе трансляции, если информация о полипептиде закодирована в участке **ГЦА, ТЦГ, ГАТ, АТТ, ТАЦ, АГГ**?

Решение. Так как одну аминокислоту кодируют три триплета, то здесь могло быть закодировано шесть аминокислот, однако триплет **АТТ** является кодоном-терминатором, значит, в синтезе полипептида будут участвовать три т-РНК.

Определим антикодоны этих т-РНК. Находим кодоны и-РНК и соответственно **т-РНК** по принципу комплементарности.

т-ДНК	Г	Ц	А	Т	Ц	Г	Г	А	Т
	|	|	|	|	|	|	|	|	|
и-РНК	Ц	Г	У	А	Г	Ц	Ц	У	А
	|	|	|	|	|	|	|	|	|
т-РНК	Г	Ц	А	У	Ц	Г	Г	А	У

Ответ: **ГЦА, УЦГ, ГАУ.**

3.3. Участок молекулы ДНК, кодирующий часть полипептида, имеет следующее строение: **ЦАЦАТАТГЦЦАА**. Определите последовательность аминокислот в полипептиде.

Решение. 1. По принципу комплементарности находим и-РНК:

ДНК: **ЦАЦАТАТГЦЦАА**
и-РНК: **ТУГУАУАЦГГУУ**

2. Используем таблицу генетического кода и находим аминокислоты: вал, тир, тре, вал.

3.4. Начальный участок цепи инсулина **А** содержит следующие аминокислоты:

глицин – изолейцин – вамин – глутамин – глутамин

Определите структуру участка ДНК, кодирующего эту часть цепи инсулина.

Решение. 1. Используя таблицу генетического кода, определяем последовательность нуклеотидов в и-РНК.

и-РНК: **ЦАА–АУУ–ГУУ–ЦАА–ЦАА**

2. По принципу комплементарности построим ДНК:

ГТТ–ТАА–ЦАА–ГТТ–ГТТ
УАА–АТТ–ГТТ–ЦАА–ЦАА

3.5. В молекуле ДНК на долю гуаниновых оснований приходится 18%. Определите процентное соотношение других нуклеотидов, входящих в состав ДНК.

Решение. 1. Гуанин комплементарен цитозину. Используя правило Наргова (число пуриновых оснований равно числу пиримидиновых оснований), определяем, что доля Г + Ц составляет:

$$Г + Ц = 18 + 18 = 36\%.$$

2. На долю адениловых и тиминовых оснований приходится $100 - 36 = 64\%$. Содержание аденина равно содержанию тимина и составляет по 32%.

Ответ: Ц = 18%; А = 32%; Т = 32%.

3.6. Участок молекулы полипептида имеет следующую последовательность аминокислот:

фенилаланин – валин – пролин – тиразин.

Сколько возможных триплетов ДНК кодируют эту часть молекулы полипептида?

Решение. 1. Используя таблицу генетического кода, определяем число кодонов для каждой аминокислоты, входящей в состав полипептида:

фен – 2;
вал – 4;
про – 4;
тир – 2.

2. Перемножаем число всех вариантов кодонов и определяем количество возможных вариантов строения фрагмента молекулы ДНК.

$$2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 = 64.$$

Ответ: 64.

Задачи для самостоятельного решения по молекулярной биологии

1. Определите последовательность нуклеотидов в двуцепочечной ДНК по заданному фрагменту и-РНК:

ЦАУАУГГАУЦГА.

2. На долю адениновых нуклеотидов в молекуле ДНК приходится 20%. Определите процентное содержание цитозиновых нуклеотидов.

3. Определите последовательность аминокислот в полипептиде, если транскрипция идет с комплементарного участка ДНК:

ЦЦАЦГАААГТГЦ.

4. Определите содержание других нуклеотидов в участке молекулы ДНК, если в нем содержится 855 гуаниновых нуклеотидов, что составляет 18% от общего количества нуклеотидов данного фрагмента.

5. Средняя молекулярная масса аминокислоты составляет около 110, нуклеотида – примерно 300. Что тяжелее, ген или полипептид, и во сколько раз?

6. Первые аминокислоты в цепи инсулина:

фен – вал – асп – глу – гист.

Определите один из вариантов структуры двунитевой ДНК, кодирующей эту часть цепи инсулина.

10.4. Ответы к задачам для самостоятельного решения

Ответы к задачам по генетике

1. А) 1 (один). Б) 4 (четыре). В) 1 (один).
2. 50% (N); 50% (n).
3. Ген **r** попадает в редукционное тельце.
4. В F_1 происходит расщепление в соотношении 1:1; 50% мух имеют развитые крылья, 50% – с недоразвитыми крыльями.
5. А) в F_1 все потомки единообразны, имеют черную окраску; в F_2 – 75% кроликов имеют черную окраску, 25% – белую. Б) 50% особей имеют черную окраску, 50% – белую.
6. **Аа** (гетерозиготна).
7. А) 50% скота имеют белую, 50% – чалую окраску. Б) 25% потомков имеют красную окраску, 50% – чалую, 25% – белую.
8. А) Все потомки единообразны (черные) – **ВВ**. Б) Все потомки единообразны (белые) – **вв**. В) По 25% – черные и белые; 50% – голубые.

9. А) IV (АВ) (четвертую). Б) I^0I^0 (I (0) – первую) – 25%, I^AI^0 (II (А) – вторую) – 25%; I^BI^0 (III (В) – третью) – 25%; I^BI^A (IV (АВ) – четвертую) – 25%; В) Генотип матери I^AI^0, отца I^BI^0.
10. **Dd** (гетерозигота).
11. А) 25%. Б) 50%.
12. А) 25%. Б) Отцовство исключается по группе крови АВ0, второй ребенок – приемный.
13. Генотипы родителей: $A_1a_2A_2a_2$ – треугольная форма семян.
14. Генотипы родителей: **АаВв** – родители гетерозиготы. Генотипы потомков: **А – В** – красные; **А – вв** – белые; **ааВ** – желтые; **аавв** – белые.
15. Генотипы родителей: **АаВв** – (зеленые); **6аавв** – белые. Генотипы потомков: зеленые (**А–В–**); желтые (**А–вв–**); голубые (**ааВ–**).
16. 40% – высокие растения с шаровидными плодами; 40% – карликовые растения с грушевидными плодами; 10% – высокие растения с грушевидными плодами; 10% – карликовые растения с шаровидными плодами.
17. 25% – темные; 75% – полутемные; 25% – белые.
18. 6,25%.
19. 0%.
20. 50% особей имеют розовидный гребень, 50% – ореховидный.
21. А. X^o и X^d; Б. X^oY.
22. —
23. Тип наследования – Х-сцепленный рецессивный.
24. Тип наследования – аутосомно-доминантный.
25. q = 0,0025.
26. 2pq = 5,82.
27. 2pq = 1/158.

Ответы к задачам по экологии

1.1. 7500 ккал.
1.2. 14.
1.3. 10 000 берез.
1.4. 18 000 т.

Ответы к задачам по молекулярной биологии

1.1. ГТАТАЦЦТАГЦТ.
1.2. 30%.
1.3. про-арг-лиз-вал.
1.4. Т = А = 32%, количество нуклеотидов каждого типа 1344.
1.5. Тяжелее ген (примерно в 8 раз).

23 Зак. 2103

Соответствие кодонов и-РНК аминокислотам (генетический код)

Основание кодонов					
Первое	Второе	Третье			
		У	Ц	А	Г
У	У	Фен	Фен	Лей	Лей
	Ц	Сер	Сер	Сер	Сер
	А	Тир	Тир	Нонсенс*	Нонсенс*
	Г	Цис	Цис	Нонсенс*	Три
Ц	У	Лей	Лей	Лей	Лей
	Ц	Про	Про	Про	Про
	А	Гис	Гис	Гли	Гли
	Г	Арг	Арг	Арг	Арг
А	У	Иле	Иле	Иле	Мет
	Ц	Тре	Тре	Тре	Тре
	А	Асн	Асн	Лиз	Лиз
	Г	Сер	Сер	Лрг	Арг
Г	У	Вал	Вал	Вал	Вал
	Ц	Ала	Ала	Ала	Ала
	А	Асп	Асп	Глу	Глу
	Г	Гли	Гли	Гли	Гли

Примечание. Звездочкой обозначены кодоны-терминаторы.

ЛИТЕРАТУРА

Андреев В.П., Марков А.Г., Дубенская Г.Н., Сороколетова Е.Ф. Биология: Толковый словарь.'— СПб.: Лань, 1999.-448 с.

Бавтуто Г.А., Еремин В.М. и др. Биология: Учеб. пособ. для 7 кл. - Мн.: Ураджай, 1998. - 352 с.

Богданова Т.Л., Солодова Е.А. Биология: Справочник для старшеклассников и поступающих в вузы. - М.: АСТ-Пресс, 2001.

Биологический энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия, 1988.-928 с.

Биология: Справочник студента. - М.: Слово, АСТ, 2001. - 640 с.

Заяц Р.Г., Рачковская И.В., Бутвиловский В.Э., Давыдов В.В. Биология для абитуриентов. - Мн.: Юнипресс, 2004. - 736 с.

Камлюк Л.В., Шалапенок Е.С., Александрович О.Р. Биология: Учеб. пособ. для 8 кл.. - Мн.: Нар. асвета, 2005. - 230 с.

Лемеза Н.А. и др. Общая биология: Учеб. пособ. для 10 кл. с углубл. изуч. биологии. - Мн.: Нар. асвета, 1998. -366 с.

Лемеза Н.А., Камлюк Л.В., Лисов Н.Д. Биология в экзаменационных вопросах и ответах. - М.: Айрис, Рольф, 1997. - 464 с.

Лемеза Н.А., Камлюк Л.В., Лисов Н.Д. Биология для поступающих в вузы. - Мн.: Юнипресс, 2002. - 608 с.

Лисов Н.Д. Биология: Учимся быстро решать тесты. - Мн.: Тетра-Системс, 2005. - 144 с.

Лисов Н.Д., Камлюк Л.В., Лемеза Н.А. Общая биология: Учеб. пособ. для 10 кл. - Мн.: Ураджай, 2001. - 244 с.

Лисов Н.Д, Камлюк Л.В., Лемеза Н.А. и др. Общая биология: Учеб. пособ. для 11 кл. - Мн.: Беларусь, 2002. - 279 с.

Мамонтов С.Г. Биология. Для школьников и поступающих в вузы: Учеб. пособ. - М.: Дрофа, 2001. - 544 с.

Мамонтов С.Г., Захаров В.Б. Общая биология: Учеб. для студентов средних спец. учеб. заведений. М.: Высш. шк., 2002. - 320 с.

Мащенко М.В., Борисов О.Л. Биология: Учеб. пособ. для 9 кл. - Мн.: Нар. асвета, 2006. - 238 с.

Павлов И.Ю. и др. Биология: Пособие-репетитор для поступающих в вузы. - Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. - 576 с.

Павлов И.Ю., Вахненко Д.В., Москвичев Д.В. Биология: Словарь-справочник. - Ростов-на-Дону: Феникс, 1997. - 576 с.

Сидоров Е.П. Ботаника. Зоология. Анатомия: Для поступающих в вузы. - М.: Евразийский регион, 1997.

Солодовникова И.И., Сандаков Д.Б. Биология в терминах и понятиях: Анатомия, Физиология. - Мн.: Аверсэв, 2003. - 160 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Авитаминоз 595
Автолиз 27
Автоматия сердца 354, 542
Автономная (вегетативная) нервная система 374, 518
Автополиплоидия 98
Агглютинация 539
Агранулоциты:
моноциты (макрофаги) 332
Агроценоз 187
Адаптация 7, 116, 661,666,667, 686
Адаптивная зона 123
Адеиогипофиз 498
Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) 20
Адреналин 389
Аккомодация 380, 653
Акселерация 635
Аксон 328, 507
Активная реабсорбция 364
Активная секреция 364
Активность личности 685
Активный транспорт 364
Активный центр 13
Актин 13
Акцептор 44
Акцепторный конец 20
Алкалоз 524
Алкоголь 551, 641
Алкогольный психоз 642
Аллантоис 399,474, 630
Аллель 72
Аплельное взаимодействие 78, 688
Аллельные гены 72
Аллергия 555
Аллогеиез 123
Алломорфоз (идиоадаптация) 123
Аплополиплоидия 99
Альбумин 329
а-глобулин 330
Р-глобулин 330
у-глобулины (антитела) 330, 541
Альвеолы 361,363,474
Альтернативные признаки 71
Альфа-ритм 517
Амилаза 13
Аминокислоты 10
Амитоз 54
Амнион 399, 474, 629
Амниоты 399, 455
Амфотерные соединения 10
Анабиоз 159
Анаболизм 7,38
Аналогия 335
Анамиии 449
Анатомия 488
Анаэробы 50
Андроген(ы) 389, 503
Андроцей 290
Анемия 331
Антеннальные железы 365
Антеннулы 422
Антенны 382, 422
Антеридии(й) 66,290
Антибиоз 166
Антигены 553
Антикодон 44
Антитела 553
Антропогенез 139
Антропогенные факторы 168
Аорта 353
Апогшастный путь 282
Апоферменты 13
Аппарат органов 489
Ареал 6, 169
Аридные (сухие) области 160
Арогенез 123
Ароморфоз 123
Артериальная кровь 353
Артериальная гипертензия 550
Артериальный пульс 546
Артерии 352
Артериолы 353
Артикуляция 681
Архегонии(й) 66,291
Архейская эра 131
Архипаллиум 376
Ассоциативные зоны 516
Астигматизм 654
Атавизм 138
Атмосфера 190
АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) 20
Аутбридинг 96, 98
Аутосомы 33, 85
Аутофагия 27
Аффект 683
Ацидоз 524
Аэренхима 248
Аэробы 47

Б

Базальная мембрана 317
Назальные тельца 30
Базедова болезнь 500
Бактерии 209,216
~ автотрофные 218
~ гетеротрофные 218
Бактериофаги 211
Барабанная
-перепонка 381,658
-полость 381, 658
Бедренная кость 529
Безотходная технология 206
Безусловный рефлекс 384
Белки 11
Белковые молекулы 23
Белое вещество 373, 505
Бентос 193,222
Беременность 473,503, 626
Бесполое поколение 289
Бессонница 676
Бета-ритм 517
Биваленты 55
Билатеральная (полушарная) организация мозга 679
Бинарная номенклатура 117
Бинауральный слух 660
Бинокулярность 646
Биогенез 6, 200
Биогенное вещество 190
Биогеоценоз 6, 177
Биогеохимический цикл 195
Биокосное вещество 190
Биологическая эволюция 104
Биологические
~ барьеры 534
~ мембраны 22
-ритмы 154, 677
- часы 155,677
Биологический
- круговорот веществ 194
-оптимум 150
- прогресс 122
- регресс 124
Биология 5
Биомасса 179, 192
Биополимеры 10
Биоритмы 154
Биосинтез 42
~белка 42
Биосфера 6, 190
Биота 6
Биотехнология 102
Биотическая среда 163
Биотические факторы среды 163
Биотический потенциал 171
Биотоп 177
Биоценоз 176
Бластодерма 394
Бластомер 394
Бластопор 315
Бластоцель 394
Бластула 394, 627
Близорукость 654
Бокаловидная клетка 318
Боковая линия 382
Большие полушария головного мозга 514:
ассоциативные зоны Б.п. 372,497
доли коры Б.п. 516
зоны коры Б.п. 372,497, 516
моторные (двигательные) зоны Б.п. 372,497,517
сенсорные (проекционные) зоны Б.п. 72,497
функции коры Б.п. 515
Борьба
- внутривидовая 107
- за существование 107
-межвидовая 108
- с факторами неживой природы 108
Ботаника 236
Ботулизм 585
Брови 651
Брожение 50
Бронзовая болезнь 502
Бронхи 363, 558
Бронхиальное дерево 558
Бронхиолы 363
Бурые водоросли 244

В

Вайи 288, 300
Вакуоль(и) 27
- Гольджи 27
- центральная 28
Вакуолярный путь 282
Вакцина 554
Валеология 488
Варианта 88
Вариационная кривая 88
Вариационный ряд 88
Варолиев мост 512
Вдох 559
Вегетативная (автономная) нервная система (ВНС) 374, 504
Вегетативные органы 256
Веки 651
Венозная кровь 353
Венозный возврат 548
Вентиляционные легкие 362
Вентиляция 362
Вентиляция легких 559
Венчик 274

Вены 353
Веретено деления
(митотическое веретено) 29
Верхушечный рост 266
Ветвление 266
Взаимодействие генов 78
Вибриссы 382,475
Вид 6, 117, 208
~ монотипический 117
~ политипический 117
~а критерии:
биохимический 119
генетический 119
географический 118
морфологический 118
физиологический 118
экологический 118
~а признаки 117
Видообразование 119
~ аллопагрическое 120
~ симпатрическое 120
Видоизменение организма 260
Видоизменения корня 260
Видоизмененные побеги 270
Виды-доминанты (~ -эдификаторы) 179
Вилочковая железа (тимус) 501
Вирион 210
Вирус 210
Вирусные инфекции 213
Висцеральная мускулатура 342
Витамины 594
ВИЧ 215
Включения 30
~ трофические 30
- секреторные 30
~ экскреторные 30
Вкус 379, 665
Вкусовые почки 665
Влагалище 623
Влияние курения на органы дыхания 563
Внешнее дыхание 359
Внимание 671
~ непроизвольное 671
- произвольное 671
~ рассеянное 671
Внутреннее дыхание 359
Внутренняя среда организма 533
Вода 9, 160
Водный баланс 593
Водоносная паренхима 24
Водопровод мозга 511
Водорастворимые витамины 596
Водоросли 237
Водяной пар 193
Водянистая влага 648
Возбудимость (возбуждение) 378
~ сердечной мышцы 543
Воздушно-капельный способ
заражения 563
Воздушные корни 261
Воздушные мешки 464
Возрастная структура 173
Волокна 251
Волокнистый хрящ 322
Волос(ы) 337,475, 609
Волосяной покров 475
Воля 686
Воображение 671
Ворсинки 351, 571
Воспаление 606
Воспалительные процессы 605
Восприятие 671
Воспроизведение 64
Восходящий ток 282
Впадина сустава 340
Временные органы 334
Временные паразиты 168
Врожденный иммунитет 553
Всасывание 577
~ в пищеварительном тракте 351
Вставочные пластинки 323
Вставочный рост 266
Вторая сигнальная система 388
Вторичная перетяжка 32
Вторичные половые признаки 85
Выделение (экскреция) 363
Выде,п ительная(ые)
~ клетки 255
~ органы 364
~ процессы 599
~ система 363
Выдох 560
Выносящие лимфатические сосуды 359
Высота звука 656
Высшая нервная деятельность (ВИД) 667

Г

Гаверсовы каналы 323
Г азовая железа 443
Газообмен 359
Галлюцинация 524, 641
Гаметангии 66,289
Гаметогенез 68
Г'аметофит 292
Гаметы 65,289
Ганглии 328, 371
Гаплоидный набор 33
Гастрин 389
Гастрит 586
Гастроцель (первичная кишка) 395
Гаструла 395
Гаетруляция 394, 628: ее типы:
~ деламинация 396
~инвагинация(впячивание)396
~ иммиграция 396
- эпиболия (обрастание) 396
Гаустории 229
Гельминтозы 407
Гельминты (глисты) 407
Гем 331
Гемоглобин 13,331
Гемолимфа 334
Гемоцианин 334
Ген 42, 70
Генерализация 385
Генеративные (репродуктивные) органы 256
Генетика 70
Генетическая карта хромосом 84
Генетический код и его свойства 43
Генная инженерия 70, 103
Генотип 72
Генофонд 112
Геотропизм 256
Геохронологическая шкала Земли 131
Гепарин 16
Гепатит 586
Гермафродит 391
Гетерогаметный пол 85
Г'етерозигота 72
Гетерозис 98
Гетеротермия 157
Гетеросомы 85
Гетерофагия 27
Гиалиновый хряш 322
Гиапоплазма21
Гибрид 73, 574
Гибридизация 73,96, 101
~близкородственная 98
~ межлинейная 98
~ отдаленная 98
~ соматическая 103
Гигиена 488
- зрения 655
~ кожи 611
~ питания 584
-слуха 661
~ сна 676
Гигрофиты 161
Гидролазы 14
Гидростатический аппарат 440
Гидросфера 191
Гинецей 291
Гипертенез 124
Гипервитаминозы 595
Гипертермия 615
Гипертонический раствор 536
Гиперфункция железы 495
Гиповитаминоз 595
Г'ипогенез 124
Гипоталамус 495,497,514
Гипотеза биогенеза 125
Гипотеза вечности жизни 125
Гипотеза гастреи 127
Гипотеза панспермии 125
Гипотеза фагоцителлы 128
Гипотермия 615
Гипотонический раствор 536
Гипофиз 495, 497, 514
Гипофункция железы 495
Г ифы 228
Глаз 379
~ камерный 379
~ плоский 379
~ простой 379
~ сложный (фасеточный) 379
~ ямкообразный 379
Глазница 647
Глазное яблоко 647
Глаукома 655
Глиальные клетки (нейроглия) 328
Гликоген 16
Гликокаликс 23
Глистные заболевания 585
Глотка 347, 568
Глохидий 416
Глюкагон 389
Глюкоза 16
Глкжостатическая теория аппетита 580
Гнездование 464
Годичное кольцо 266
Головастик 449
Головка сустава 340
Головной мозг 371, 510
Г'омеостаз 7
~ популяции 170
Гомогаметный пол 85
Гомозигота 72
Гомойотермные (теплокровные)
организмы 157
Гомология 335
Гонады 67,391
Гонорея 638
Г ормональная (эндокринная)
регуляция 494
Гормон 388
Гортань 363,557
Гранулоцит (микрофаг) 332
Грибница (мицелий) 228
Грибы 209, 228
~ плесневые 231
~ паразиты 231
~ шляпочные 232
~ ядовитые 232
Грипп 563
Громкость звука 656
Грудная клетка 527

Грудной
~ период жизни 634
~ проток 359
Группа сцепления 81
Г руппы крови 539
Грызуны 477
Гумидные (влажные) области 160
Гуморальная регуляция 494
~ дыхания 562
~ сердечной деятельности 549
~ сосудов 550
Гуггация 161

Д

Дальнозоркость 654
Дальтонизм 654
Дарвинизм 106
Движение 524
Двойная аккомодация глаза 465
Двойная иннервация 519
Двойное дыхание 465
Двойное оплодотворение 296
Двудольные растения 280
Двухкамерное сердце 354
Деафферентационная теория 674
Девон 132
Девственная плева 623
Деградация 686
Дезинтеграция 686
Дезоксирибоза16
Дельга-ритм 517
Денатурация белка 12
Дендрит 327
Дерево 247
Дерма (кориум) 322,335,336,608
Детка луковицы 271
Детритофаг 344
Дефекты зрения 654
Диастола 544
Диастолическое давление 356, 547
Диафрагма 475
Дивергенция 120
Дизентерийная амеба 226
Дизентерия 585
Диктиосома 26
Диплоидный набор 33
Дискретность 6
Дистантные рецепторы 378
Дифтерия 221
Дифференциация 396
Диффузионные легкие 362
Диффузия 36
~ облегченная 36
Диффузная нервная система 369
ДНК (состав и структура) 17
Доминанты 671
Доминантные гены 72
Доминантный признак 71
Доминирование 71, 79
~ неполное 79
Дошкольный и школьный периоды 634
Древесина 253
Дрейф генов 114
Дробление 394:
~ полное 394
~ неполное 394
Дрожжи 231
Духовные потребности 685
Дыхальца 426
Дыхание
~ анаэробное 50
~ аэробное 47
~ человека 556
Дыхательные корни 261
Дыхательные пути 362:
~ млекопитающих 362
Дыхательные центр 561
Дыхательный насос 549
Дыхательный объем легких 560

Е

Емкость среды 174
Естественный отбор 108, 114

Ж

Жаберные дуги 443
Жаберные крышки 444
ЖЯберные лепестки 444
Жаберные тычинки 444
Жабры 360
Жало 433
Жгутики 30,218
Жевательный желудок 347
Железа(ы) 318,390
Железистые клетки 255
Железы внутренней секреции
(эндокринные железы) 390,495
Железы смешанной секреции 390
Желтое
~ пятно 650
~ тело 503,624
Желточный мешок 399,630
Желудок 347, 569
Желудок жвачных млекопитающих 350
Желудочек сердца 354
Желудочный сок 570
Желудочная фаза 579
Желчь 574
Живое вещество 192
Живорождение 393
Животные 209,311,313
~ аммонийтелические 364
~ асимметричные 314
~ беспозвоночные 315
~ бесполосгные 314
- водные 313
~вторичнополостные 313
~ вторичноротые 315,397
-двуслойные 314
- двусторонние (билатеральные) 314
~ летающие 313
~ нескольких сред обитания 313
- почвенные 313
~ паразитические 313
~ прикрепленные 314
~ первичнополостные 314
~ первичноротые 315, 397
~ позвоночные 315
~ радиально-симметричные
(лучевые) 314
~ свободнопередвигающиеся 314
~сухопутные 313
~ теплокровные 314
-трехслойные 314
- уреотелические 364
- урикотелические 364
- холоднокровные 314
Жизненная емкость легких 560
Жизненная форма 247
Жизненный цикл 64
Жизнь 5
Жилкование листа 268
Жилые рыбы 444
Жировая ткань 324
Жировое тело 428
Жировые клетки 321
Жирорастворимые витамины 595

З

Заболевания глаз 655
Завязь 274
Загрязнение окружающей среды 202
Задний мозг 372, 512
Задняя камера глаза 648
Заказник 205
Закаливание 617
Закон биогенетический 110
Закон конкурентного исключения 165
Закон Менделя 1-й 74
Закон Менделя 2-й 74
Закон Менделя 3-й 75
Закон Моргана 83
Закон Н.Н. Вавилова 89
Закон Северцова 125
Закон сердца 543
Закон Харди - Вайнберга 112
Запасающая паренхима 248
Запас эритроцитов 537
Запах 666
Заповедник 205
Зародыш семени 281
Зародышевые листки 395
Зародышевый мешок 291
Заросток 279,289
Звук 656
Зев 347, 568
Зеленые железы 422
Земноводные (Амфибии) 445
Зигота 67
Зоб 347, 500
Зона стресса, угнетения 150
Зональность
- высотная 193
- широтная 193
Зоны корня 258
Зоология 311
Зоопарк 205
Зооспоры 287
Зоофаги 344
Зрачок 380,647
Зрачковый рефлекс 653
Зрелый возраст 635
Зрение 378, 646
Зрительный нерв 651
Зубы 347,475, 567:
—клыки 476,567
- коренные 476, 567
—резцы 476, 567

И

Иглы у млекопитающих 475
Изидии 234
Изменчивость 7, 70, 87, 107
~генотипическая 88
- комбинативная 88
- мутационная 89
Изоляция 119
- биологическая 119
- географическая 119
Изомеразы 14
Изотонический раствор 535
Икринки 390
Иллюзия восприятия 671
Имаго 433
Иммунитет 551
- врожденный 553
- естественный 553
- искусственный 553
- неспецифический клеточный 552
- приобретенный 553
- специфический гуморальный 552
Иммунная система 551
Иммуноглобулины 554
Иммунология 551
Имплантация 627
Импринтинг (запечатление) 387
Инбридинг 96, 98
Индивид 684

Индивидуализация 686
Индивидуальность 684
Индузий 288
Инициация 45
Инстинкт 386
Инсулин 389
Инсульт 551
Интеграция 686
Интеллект 686
Интересы 685
Интеркинез 56
Интернейроны 370
Интерфаза 51
Интерферон 214
Интина 293
Интуиция 682
Инфаркт миокарда 550
Инфекционные заболевания 584
Ионы 9
Искусственное
~ дыхание 565
~ осеменение (трансплантация) 101
Искусственный отбор 96, 109
~ индивидуальный 96
~ массовый 96
Источники энергии 61
Ишемическая болезнь сердца 550

К

Кайнозойская эра 134
Камбий 250
Камеры сердца 354, 541
Канальцевая реабсорбция 368
Канальцевая секреция 368
Канальцевый синтез 368
Канцерология 419
Капилляры 353
Карбоангидраза 331
Карбон 133
Кардиальные тела 390
Кариоплазма (нуклеоплазма, кариолимфа, ядерный сок) 34
Кариотип 33
Каротины 16,239
Катаболизм 7, 38, 46
Катагенез (общая дегенерация) 123
Катаракта 655
Катархейская эра 131
Кашель 562
Кембрий 132
Кератин 13
Кислородная емкость крови 560
Кислотный метаболизм толстянковых (САМ) 40
Китообразные 479
Кифоз 634
Кишечник 348
Кишечнополостные 401
Кишечный сок 572
Кишечная фаза 580
Клетка 5,20
~ прокариотическая 21
~эукариотическая 21
Клетки-спугницы 252
Клеточная инженерия 103
Клеточная стенка 24,216
Клеточная теория 7
Клеточное дыхание 47
~ аэробное 47
~ анаэробное 47
Клеточное клонирование 101
Клеточный сок 26
Клеточный центр 28
Клеточный цикл 51
Клещи 426
Клоака 393, 447
Клон 64
Клубень 271
Клубнелуковица 271
Клубочковая зона 502
Клубочковая фильтрация 368
Клюв 347, 465
Ключица 528
Коацерватная гипотеза Опарина - Холдейна 126
Кодомииирование 79
Кодон 43
Кожа 3.18, 336, 606
Кожное
~дыхание 360
~ сало 609
Кокон 433
Коксальные железы 424
Колбочки (в глазу) 380,649
Коленчатое тело 514
Колит 586
Коллаген 13
Коллагеновые волокна 320
Колленхима 250
Колониальная форма 59
Кольцевание птиц 465
Кольчатые черви 411
Колючка 271
Комменсализм 167
Комплекс (аппарат) Гольджи 26
Комплекс осевых органов зародыша 397
Комплементарное (дополнительное) взаимодействие 80
Комплементарность 18
Конечный мозг 372
Конидиеносцы 230
Конкуренция 165
Консументы 178
Контактные рецепторы 378

Контрацепция 637
Конус нарастания 258
Концепция сбалансированного питания 582
Конъюгация 55, 66
Конъюнктива 651
Конъюнктивит 655
Копрофаги 344
Копуляция (гаметогамия) 66
Копчик 527
Кора 253, 51 1
Кора больших полушарий головного мозга 372, 514
Кора надпочечников 502
Коракоиды (вороньи кости) 450
Корень 256
Корка 254
Корневая система 257
Корневище 270
Корневое давление 259
Корневой клубень 261
Корневой черенок 259
Корневой чехлик 258
Корневые волоски 258
Корнеплод 260
Корни-присоски 261
Кортиев орган 381, 659
Космогенное вещество 190
Космополит 169
Косное вещество 190
Костные пластинки 323
Костный лабиринт 659
Кофактор 13
Коферменты 13,42
~ НАД и НАДО 40
Кочан 271
Красная книга 6,206
Красные водоросли 243
Крахмал 16
Креационизм 104
Крестец 527
Кретинизм 500
Кривая выживаемости 172
Криль 420, 422
Криеты 25
Кровеносная система 352:
~ открытая (незамкнутая) 356
~ замкнутая 356
Кровеносные сосуды 352
Кровообращение 352
Кровь 329, 534
Кровяное давление 547
Кроссинговер 55, 83
Кроссоверные (рекомбинантные) особи 83
Круг кровообращения 357
- большой 357, 547
~ малый 357, 547
~ сердечный 357
Круглые черви 408
Круговорот
- азота 197
~ воды 195
~ кислорода 196
~углерода 195
Крылья 428
Ксантофиллы 16
Ксерофиты 161
Ксилема 251
Кубышка 433
Куколка 400
Кулига 433
Куриная слепота (гемералопия) 655
Кустарник 247
Кустарничек 247
Кутикула 253
Кутикулярная мембранная перепонка 380
Кутикулярные сенсиллы 382

Л

Ламеллы 25
Ластоногие 478
Легкие 558
~ вентиляционные 362
~ диффузионные 362
Легочный объем 560
Лейкоз 332
Лейкоциты 331, 537
~ зернистые (гранулоциты) 331
~ незернистые (агранулоциты) 332
Лиазы 14
Либерины (рилизинг-гормоны) 498
Лизосомы 27
Лимфа 334
Лимфатическая система 358
Лимфатические узлы (железы) 359
Лимфоциты 332
Линька 417
Липиды 14
Лист 266
Листовая пластина 267
Листопад 269
Листорасположение 269
Литосфера 191
Лихорадка 615
Личинка 444
Личность 685
Лишайники 233
Ловчие аппараты 272
Логистический тип роста популяции 174
Локус 72
Лопатка 528
Луб 254
Лубяные волокна 255
Луковица 271

М

Макронуклеус 224
Макроэволюция III, 121
-дивергентная 122
~конвергентная 122
~ параллельная 122
~ филитическая 122
Макроэлемент 8
Малек 444
Малокровие (анемия) 331, 537
Мальпигиевы сосуды 365, 419
Малярийный плазмодий 226
Миниакально-депрессивный психоз 524
Мантийная полость 417
Мантия 417
Маска 433
Матка (половой орган) 393, 622
Матка (самка общественных насекомых) 433
Маточное молочко 434
Маточные (фаллопиевы) трубы 622
Матрица 43
Матричный синтез 43
Мегаспора (макроспора) 287
Мегаспорангий (макроспорангий) 288
Мегаспорофилл 288
Медиатор 328
Медицина 488
Медицинская генетика 93
Медузы 403
Междоузлие 264
Мезодерма 395, 628
Мезозойская эра 133
Мезосома 209
Мезофиты 161
Мейоз I и II55
Мейоспора 287
Мел (геологич. период) 134
Менструальный цикл 624
Менструация 624
Место прикрепления мышцы 342
Метаболизм 7,37
анаболизм 38
катаболизм 38, 46
Метаболическая теория 675
Метаморфоз 400
~ неполный 400
~ полный 400
Метанефридии 365
Метафизарный хрящ 339
Метод И.П. Павлова 578
Механизмы всасывания веществ 577
Механорецепция 380
Миграция 175
Миелиновая оболочка 507
Микобионт 233
Микориза 232
Микрогруппировка 180
Микронуклеус 224
Микроспора 287
Микроспорангий 274,288
Микроспорофилл 288
Микротрубочка 29
Микрофиламент 29
Микроэволюция 111, 121
Микроэлемент 9
Микседема 500
Миксотрофы (автогетеротрофы) 61
Миксоцель (полость тела смешанная) 418,419
Минеральные вещества 593
Минутный объем крови 544
Миозин 13
Миокард 353
Миофибриллы 324
Митоз, его фазы 52
Митотический цикл 51
Митохондрии 25
Млекопитающие 466
Млечники 255
Многоклеточная форма 59
Множественное деление 65
Моделирование 148
Модификации 87
Модификационная изменчивость 87
Мозаичность 180
Мозговая жидкость 506
Мозжечок 373, 512
Мозолистое тело 373
Молекула-ингибитор 13
Молекула-модулятор 13
Моллюск 413
Молозиво 476
Молоки 393
Молоко 476
Молочные (млечные) железы 393,476
Мониторинг 204
Моносахариды 15
Монофаг 344
Морганида 84
Морула 394, 627
Морфологический регресс 124
Мост (варолиев мост) 372, 512
Моторные (двигательные) зоны 517
Моховидные 297
Моча 367, 602
~ первичная 367
~ вторичная 367
Мочевая кислота 603
Мочевина 603
Мочевой пузырь 367,600
Мочеиспускание 605
Мочеиспускательный канал (уретра) 367, 600, 620
Мочеточник(и) 367, 600
Мошонка 619
Муреин 209
Мускульный желудок 347
Мутагены 90
Мутант 90
Мутации 90
~индуцированные 90
~ генные 90
~ геномные 90
~ соматические и генеративные 91
~ спонтанные 90
~ хромосомные 90
Мутационный процесс 113
Мутуализм 167
Мышечная координация 342
Мышечная ткань 324
Мышечное волокно 324
Мышечное тело 341
Мышление 387, 678
~ наглядно-образное 387, 679
~ словесно-логическое 387,679
Мышцы 341, 530
~ головы 530
~ конечностей 531
~ туловища 531
~ шеи 531

Н

Навык 673
Надкостница 324
Надпочечники 502
кора 513
мозговое вещество 502
Направленность личности 502
Наркогенные вещества 641
Наркомания 641
Наркотики 641
Наружное оплодотворение 444
Наружный слуховой проход 657
Нарушение мозгового кровообращения 523
Нарушение обмена веществ в мозге 523
Насекомоядные 477
Наследственность 6, 70
Наследственные
~ заболевания 522
~ формы поведения 386
Настроение 683
Научение 386, 681
~ ассоциативное 681
~ когнитивное 681
~ неассоциативное 681
Национальный парк 205
Начало мышцы 341
Неаллельнос (межаллельное) взаимодействие 80
Неаплельные гены 72
Невроз 523
Незаменимые аминокислоты 582
Нейрогормоны 390
Нейрогуморальная регуляция 495
Нейроны 326
~ вдоха 562
~ выдоха 562
~ вставочные (смешанные) 327
~ двигательные (эфферентные) 327
~ чувствительные (афферентные) 327
Нейросекреторные клетки 390
Нейрофибршшы 327
Нейтрализм 166
Некрофаги 344
Нектар 273
Нектарники 255
Нектон 193
Немиелизированные нервы 508
Непарнокопытные 480
Непосредственный интерес 685
Непрерывность жизни 64
Непрямое развитие 400
Непрямой массаж сердца 565
Нерв 328
Нервная регуляция 493, 507, 549
~ сердца 549
~ сосудов 550
Нервная система 369
~ человека 493
Нервное волокно 507
Нервные
~ стволы 370
-узлы 371
- центры 520
Нервный импульс 508
Нервы 507
Нерест 392,444
Неспецифический клеточный иммунитет 552
Нефрит 606
Нефрон 367, 601
Никотин 551, 642
Нисходящий ток 283
Ногочелюсти 422
Ногти 337, 610
Ноогенез 201
Ноосфера 6,201
Норадреналин 389
Норма реакции 87
Нормы питания 583
Носовая полость 556
Носоглотка 363
Нуклеазы 14

Нуклеиновые кислоты 17
Нуклеоид 217
Нуклеотид 17
~ комплементарный 17
Нуцеллус 279

О

Облигатные паразиты 167
Облигатный симбиоз 166
Обмен веществ (метаболизм) 37, 587
~ белков 589
~ воды и минеральных веществ 592
~ жиров 591
~ углеводов 590
Обмен газов в тканях 561
Обоняние 379, 666
Обонятельные хеморецепторы 666
Обратная транскрипция (ревертаза) 211
Общая пауза 544
Объекты экологии 147
Овальное и круглое окна 658
Овуляция 69, 503, 623
Ограничивающий фактор 151
Однодольные растения 280
Озоновый слой 190
Окислительное фосфорилирование 48
Околоплодник 277
Околосердечная сумка (перикард) 540
Околощитовидные железы 500
Оксидоредуктазы 14
Олигосахариды 15
Олигофаги 344
Омматидии 379
Онтогенез 7, 69
Оогамия 292
Оогенез 68
Оогоний 68, 291
Ооциты 68
Опасность пыли 563
Оплодотворение 67, 624
Опосредственный интерес 685
Опорно-двигательная система 338, 515
Опорно-двигательный аппарат 524
Оптическая система глаза 652
Опыление 293
Орган 5, 59, 256,334,489
~ слуха 657
~ равновесия (вестибулярный аппарат) 662
Органеллы (органоиды) 24
~ движения 30
Организм 5, 58
~а вегетативные функции 58
~а генеративные функции 58
~ без истинных тканей 59
~ с истинными тканями 59
Органические потребности 685
Орган-мишень 388
Органогенез 396,628
Органы
- вкуса 382
~ зрения 379
~ обоняния 383
~ осязания 382
~ равновесия 381
~ слуха 380
-чувств 59,377
Ордовик 132
Орнитология 465
Ороговевший слой кожи 336
Осанка 532
Осеменение 69
Осмос 36
Осмотическое давление 259
Осмотическое давление крови 535
Основание листа 267
Остаточный объем 560
Остеобласты 323
Остеон 323
Остеохондроз 533
Остеоциты 323
Остии 418
Островки Лангерганса 500
Острота зрения 646
Осязание 378
Огбор 114
- движущий 114
- стабилизирующий 114
- дизруптивный 114
Отводок 286
Отводящие
- лимфатические сосуды 359
- мышцы 342
Отделы
- желудка 348
- гшщеварит. системы человека 566
- черепа 516
Отрицательные факторы внешней среды 505
Охрана природы 204
Оцепенение 159
Ощущение 670

П

Палеозойская эра 132
Палочки (в глазу) 380, 650
Памятник природы 205
Память 387, 672
~ двигательная 672
- декларативная 672
- долговременная 387
- кратковременная 387
~ образная 673
- промежуточная 387
- процедурная 672
- смысловая 673
- эмоциональная 672
Панкреатит 586
Панкреатический сок 573
Пантофаг 344
Паразитизм 167
Паразитоид 168
Паралич 506
Параподии 411
Парасимпатическая нервная система 375
Паренхима 248
Парнокопытные 479
Партеногенез 69
Пауки 426
Паукообразные 422
Паутина 426
Паутинные железы 426
Пахучие железы 434
Педипальпы 423,426
Пептидная связь 10
Пептиды 10
Первая сигнальная система 383
Первичные половые признаки 85
Первозвери 476
Переднегрудные железы 391
Передний мозг 371, 514
Передняя камера глаза 648
Передняя спайка 373
Перекрестное опыление 293
Переутомление нервной системы 522
Перехваты Ранвье 508
Переходный возраст 635
Перикард 354
Перилимфа 659
Период
- постсинтетический 52
- пресинтетический 51
- синтетический 52
Перистальтика 342
Перистальтическая волна 569
Периферическая нервная система 371
Периферические отделы ВНС 375
Периферическое (боковое) зрение 650
Перицикл 260
Пермь (геологич. период) 133
Перо 465
- контурное 466
- пуховое 466
Пестик 291
Петля Генле 601
Печень 348, 573
Пигменты 16
Пиноцитоз 212
Пиреноиды 239
Питание 60,343:
- автотрофное 60
- гетеротрофное 61
- голозойное 62
- паразитическое 62
- сапротрофное 62
- симбиотрофное 62
Пищеварение 63,344, 566
- внекишечное 426
- внеклеточное 63,345
- внутриклеточное 63,345
- мембранное (пристенное) 63, 346
- полостное 346
- смешанное 63, 345
Пищеварительная система 344
Пищеварительные
- вакуоли 63
- железы 63
- ферменты 63,345
Пищеварительный (желудочно-кишечный) тракт 63, 346
- слепой (несквозной) 346
- сквозной 346
Пищевод 347, 569
Пищевой центр 578
Пищевые
- отравления 586
- продукты 581
Плавательный пузырь 347
Плавники 439
Плазма 329
Плазматическая мембрана (плазмалемма) 23
Плазмиды 209,217
Плазмоциты 321
Планирование семьи 637
Планктон 193,222
Пластиды 25
Пластический обмен (ассимиляция, анаболизм)588
Плауны 302
Плацента 399, 629, 630
Плацентарный барьер 631
Полиплоидия 98
Плевра 362
Плейотропия 81
Плектенхима 229
Плод 277
Плодовое тело 228
Плодолистик 274
Плоские черви 404
Плоскостопие 533
Плотность популяции 171
Побег 261
- вегетативный 262
- генеративный 262
Поведение 383, 668
Подвой 286
Поджелудочная железа 348, 572

Подземные видоизмененные побеги 270
Подкожная жировая клетчатка 338, 608
Подкрепление 383
Подражание 387
Позвонок 518, 527
Позвоночник 438, 526
Пойкилотермные (холоднокровные) организмы 156
Покровная
-система 335
- система человека 606
Пол 84
- ребенка 626
Полимерия 81
Полиморфизм 115
Полипы 403
Полисахариды 15
Полисома 46
Полифаг 344
Полиэмбриония 473
Полноценные белки 582
Половая
- система 391
- структура 173
Половое
- поколение 289
- созревание 635
Половой
- отбор 108
- процесс 66
Половые
- железы (гонады) 503
- органы 391
Полукружные каналы 382, 663
Полупроходные рыбы 444
Поллюция 621
Поперечнополосатые мышцы 325
Популяционные волны 113
Популяция 5, 111, 170
Порог
- раздражения 644
- различения 644
Постоянные
- органы 335
- паразиты 168
Потенциал покоя 508
Пот 609
Потовые железы 337, 609
Поток (миграция) генов 113
Потоотделение 337, 609
Потребность организма 383
Потуги 633
Почечная чешуя 262
Почка 65, 262
Почки вегетативные 263
Почки позвоночных 366
Почки человека 600
Почкование 65
Правило адаптивной радиации 125
Правило необратимости эволюции 124
Правило прогрессирующей специализации 125
Правило происхождения от неспециализированных предков 125
Правило чистоты гамет 73
Правило Чаргофа 18
Правильное дыхание 562
Преддверие 662
Предсердие 354
Предстательная железа (простата) 620
Преемственность 64
Преждевременные роды 632
Преломляющая сила линзы 652
Пресмыкающиеся 450
Прививка 286, 554
Приводящие мышцы 342
Привой 286
Привыкание 387
Признак 71
Прикус 568
Прилежащие (добавочные) тела 391
Прилистники 267
Приматы 481
Принцип циклической саморегуляции 383
Приобретенные формы поведения 386
Природные ресурсы
- возобновляемые 202
- невозобновляемые 202
Прирост популяции 173
Прицветничек 273
Причина модификаций 87
Пробка (перидерма) 254
Проводимость сердечной мышцы 543
Проводящая система сердца 355, 532
Проводящие пучки 252
Прогестерон 389, 503
Прогестины 503
Продолговатый мозг 372, 511
Продуктивность 179
Продукты животного происхождения 581
Продукты распада углеводов 591
Продукты растительного происхождения 581
Продуценты 178
Прокариоты 209
Промежуточный мозг 371, 513
Пространственная структура 180
Проросток 282
Протеиды 12
глико- 12
липо- 12
нуклео- 12
Протеины 12, (липо-) 14
Протерозойская эра 132

Протесты 209,223
Протонефридии 365
Протопласт 21
Протромбин 329
Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний 551
1 (роходные рыбы 444
Прядильные железы 434
Прямое (неличиночное) развитие 400
Псевдоцель (первичная полость тела) 411
Психика 670
Психология 489
Птицы 456
- выводковые 464
- гнездовые 464
- кочующие 465
- оседлые 465
- перелетные 465
Пульсовая волна 545
Пульсовое давление 547
Пульсовые точки 535
Пуповина (пупочный канатик) 399, 630
Пух 466
Пучковая зона 502
Пыльник 273
Пыльца 292
Пыльцевое зерно 293

Р

Радужка 647
Развитие 5
- плода 631
Разгибатель 342
Раздражимость 7, 377
Размножение (репродукция) 5, 64
- бесполое 64,285
- вегетативное 285
- половое 65, 288
Ракообразные 419
Рассудочная деятельность 670
Растения 209, 236
- высшие 237
- высшие споровые 245
- низшие 237
Расщепление признаков 73
Рациональное питание 583
Ребра 527
- истинные 527
- колеблющиеся 527
- ложные 527
Регенерация 285,318,451
Регуляторный центр 13
Регуляция 493
- аппетита 580
- деятельности почек 369
- мочеиспускания 605
- обмена веществ 594
- обмена белков 594
- обмена жиров 594
- обмена углеводов 594
- секреции желудочного сока 579
- секреции кишечного сока 580
- слюноотделения 578
Редуценты 178
Режим питания 583
Резерват 205
Резервный объем 560
Резус-фактор 540
Рекогниция 44
Рекомбинация 83
Ренатурация белка 12
Репарация 18
Репликация 18
Репродуктивный период 635
Реснички 30
Ресницы 651
Ретардация 686
Ретикулярная
- теория 675
- формация 512, 675
Ретикулярные
- волокна 320
- клетки 321
Ретровирус 211
Рефлекс 384
Рефлекторная дуга 384
Рефрактность 543
Рецептор 378, 644
Рецессивный ген 72
Рецессивный признак 71
Речь 679
Решетка Пеннета 75
Рибоза 16
Рибосома 20, 28
Ризодерма (эпиблема) 255
Ризоиды 229
Ризомицелий 229
РНК (состав и структура) 19
Роговица 647
Роговой слой 608
Роды 633
Родовые схватки 633
Рождаемость 171
-удельная 171
Ростковый слой кожи 336, 608
Ротовая полость 346, 567
Ротовой аппарат 428
- грызущий 428
- колюще-сосущий 428
- лакающий 428
- лижущий 428
- сосущий 428
Ротоглотка 363
Рубец 350

Рудиментарные органы 335
Рудименты 138, 335
Рукокрылые 477
Рыбы 438
Рыльце 274

С

Сальмонеллез 585
Сальные железы 609
Самоактуализация 686
Самовоспроизведение
(воспроизведение) 6,64
Самовоспроизводство 184
Самообновление 6
Самоопыление 293
Саморазвитие экосистемы 187
Саморегуляция 7,184,493
Самосознание личности 686
Сапротрофы 218
Сапрофаги 344
Сахарный диабет 501
Сборные плоды 277
Свертывание крови 333, 527
Сверхдоминирование 79
Свойства модификаций 87
Связка 380
Сгибагель 342
Секрет 318
Селекция 95
~ растений 96
~ животных 100
Семенная жидкость 621
Семенник(и) (яичко) 67,391,503,513,619
Семенной пузырек 620
Семенные растения 247,289
Семя 279
Семявыводящий проток 620
Семядоли 280
Семязачаток (семяпочка) 279,291
Сенсорные системы
(анализаторы) 59,378, 643, 662, 666
Сердечная мышца 325
Сердечный(е) клапан(ы) 541
-двустворчатый (митральный) 541
- полулунные (в желудочках) 542
- трехстворчатый 541
Сердечный цикл 355, 544
Сердце 353, 540
Серое вещество 373, 505
Сетчатая зона 502
Сетчатка 648
Сетчатый слой 608
Силур (геологич. период) 132
Сидячие листья 268
Симбиоз 166
Симбионты 219
Симметрия 60
Симпатическая нервная система 375
Симпатическая часть 519
Симпластный путь 282
Синапс 328
Синойкия 167
Синтетазы (лигазы) 14
Синтетическая теория эволюции 110
Синусы 359
Система кровообращения человека 546
Система органов 335,489
Систематика 207
Систематические признаки 207
Систола 544
Систолический (ударный)
объем крови 544
Систолическое давление 355, 547
Ситовидные трубки 252
Сифилис 221,639
Сифоновая организация 59
Сифонокладная организация 59
Скелет 338, 526:
- внутренний (эндоскелет) 339
- гидростатический 338
- кости 528
~ млекопитающих 468
- наружный (экзоскелет) 339
Скелет высших позвоночных 339
Скелетная (соматическая) мускулатура
позвоночных 341
Скелетные мышцы 325
Склера 647
Склереиды 251
Склеренхима 251
Склерофиты 161
Сколиоз 533
Скорость кровотока 537
Скорость оседания эритроцитов 537
Скорость распространения пульсовой
волны 546
Скорпионы 425
Скрещивание 72
~ анализирующее 73
- дигибридное 73
- моногибридное 73
~ полигибридное 73
Слезная жидкость 651
Слезные железы 651
Слезные протоки 651
Слепое пятно 651
Слизистая капсула 217
Слизистая оболочка
- желудка 569
~ рга 567
Слоевище (таллом) 59, 233,238
Слух 378, 656
Слуховая (евстахиева) труба 658
Слуховые косточки 658

Слюнные железы 346, 568
Смертность 171
-удельная 172
Смешанная полость тела 419
Смоляные ходы 255
Сновидения 676
Собирательная трубочка
(собирательный проток) 601
Соединительная ткань 319
- костная 322
- плотная волокнистая 321
- ретикулярная 324
- рыхлая волокнистая 321
- хрящевая 321
Сознание 678
Сократимость сердечной мышцы 543
Сократительная вакуоль 225
Сократительные (втягивающие) корни 261
Солнечный
- свет 152
-удар 616
Соломина 264
Соматическая нервная система 374
Соматотропин 389
Сон 673
- медленный (ортодоксальный,
глубокий)673
- быстрый (парадоксальный,
поверхностный) 674
Соплодие 277
Соредии 234
Сорт, порода, штамм 95
Сорус 288
Сосочковый слой 608
Сосудистая оболочка 647
Сосудодвигательный центр 550
Сосуды 252
Сосущая сила 259
Соцветие 275
Сочный плод 277
Сперматиды 68
Сперматогенез 68
Сперматогонии 68
Сперматозоид 68,289,621
Сперматофор 390
Сперматоциты 68
Сперма 621
Спермии(й) 68, 289
Специализация 385
СПИД 214, 640
Спикулы 339
Спинапьный шок 507
Спинной мозг 373,493
Спинномозговая жидкость 510
Спинномозговые нервы 509
Спирогира 241
Спора 65,287
Спорангий 230, 287
Споровые растения 286
Спорогония (споруляция) 65, 286
Спородерма 292
Спорофилл 288
Спорофит 292
Способности 684
Спутник (у хромосомы) 32
Среда обитания 149
Средний мозг 372, 513
Статины 498
Статолит381
С татоцист 381
Ствол 264
Ствол головного мозга 372, 510
Стволовая нервная система (ортогон) 370
Створчатый клапан 354
Стебель 263
Стеблевой черенок 264
Стекловидное тело 648
Стенобионты151
Стереоскопическое зрение 646
Стигма 225
Столон 272
Страсть 684
Стробилы 302
Стробиляция 65
Строение стенок сердца 541
Строма 26,321
Суккуленты 161
Сукцессия 186
Сумчатые 477
Супрессор (ген-ингибитор) 81
Суставная (синовиальная)
- жидкость 340
- сумка 340
Суставы 340
Суточный расход энергии 581
Сутулость 533
Сухожилие 341
Сухой плод 277
Сфигмограмма 546
Сфинктер 600
Сцепленное наследование 73
Сцепленные гены 81
Сыворотка 330, 554
Сычуг 350

Таксис 225, 377
Таксон 208
Таксономические (систематические)
категории 207
Таламус 514
Творчество 682

Темп роста 174
Темперамент 684
Температурные адаптации животных 158
Теория абиогенеза 126
Теория нервных центров
(регуляторная теория) 675
Теория симбиотическая 127
Тепловой удар 616
Теплоотдача 613
Теплопродукция 613
Терка 347,417
Термогенез 500
Термолокаторы 455
Терморегуляция 337,613
Тестостерон 389, 503
Тега-ритм 517
Тилакоиды 25
Тиф 221
Тканевая (межклеточная) жидкость 333
Тканевое (клеточное) дыхание 359
Ткань 5, 59,248
~ выделительная (секреторная) 255
~ гладкая мышечная 326
~ жировая 324
~ костная 322
~ механическая 250
~ мышечная 324
~нервная 326
~ покровная 253
~ проводящая 251
~ простая 246
~ ретикулярная соединительная 324
~ сложная 246
~ хрящевая 322
Токование 466
Токсины 221
Токсические вещества 363, 643
Толерантность 151
Толстая кишка 575
Тонкий кишечник 570
Тонопласт 27
Топические отношения 164
Торможение 385
~ внешнее 386
~ внутреннее 386
~запредельное 386
Травы 247
Трансгенные организмы 103
Транскрипция 18,43
Трансляция 45
Гранспирация 161
Транспорт веществ 36
- активный 36
~ пассивный 36
Трансферазы 14
Трансформизм 104
Трахеи (я) 360,558
Трахеиды 251
Трахейные жабры 360,434
Третичный период 134
Грехкамерное сердце 354
Трехкомпонентная теория цвета 649
Триас 133
Трихомоноз 638
Трихоцисты 225
Тромбин 333
Тромбопластин 333
Тромбоциты 332, 538
Тропосфера 190
Трофическая сеть, цепь 182
Трофические отношения 164
Трофический уровень 181
Трофобласт 627
Трубчатая нервная система 370
Туберкулез 221, 564
Тургор 10
Тургорное давление 259
Тучные клетки 321
Тычинка 290

У

Углеводы 15
Узел 264,267
Узел-водитель ритма сердца 355
Узловая (ганглионарная)
нервная система 370
Улитка 659
Улотрикс 242
Ультрамикроэлементы 9
Ультрафильтрация 364
Универсальные доноры 540
Универсальные реципиенты 540
Усвояемость пищи 582
Условия
~ правильного дыхания 562
~ существования 149
- экспоненциального роста 174
Условные рефлексы 384
Устойчивость 185
Устьице 253
Усы 271
Утомление мышц 532
Ухо 380
~ внутреннее 381,658
~ наружное 380, 657
~ среднее 381, 658
Ушная раковина 657

Ф

Фабрические отношения 165
Фагоцитоз 212,321, 554

Фазы
~ желудочной секреции 579
~ сердечного цикла 544
~ сна 673
Факультативные паразиты 168
Факультативный симбиоз 166
Фенотип 71
Ферменты (энзимы) 13, 570
~ желудочного сока 570
~ кишечного сока 572
~ панкреатического сока 573
~ слюны 568
Фибрин 333
Фибриноген 329
Фибробласты 320
Фиброзная оболочка 647
Фиброциты 320
Физиология 489
Физиологический раствор 536
Фикобилин 239
Фикобионт 233
Филогенез 7
Фитонциды 166
Фитофаги 344
Фитофтора 226
Флагеллин 218
Флоэма 252
Флюорография 564
Фолликулы 390, 503, 622
Форические отношения 165
Фо гоавтотрофы 61
Фотогетеротрофы 61
Фотопериодизм 153
Фоторецеп гор 649
Фоторецепция 379
Фотосинтез 38
~$C_4$40
~ бактериальный 40
~а световая фаза 39
~а темновая фаза 39
Фрагментация 65
Фукоксантин 239

Х

Характер 684
Харофиты 243
Хвойные 304
Хвощи 302
Хвоя 303
Хелицеры 423, 427
Хемоавтотрофы 61
Хемогетеротрофы 61
Хеморецеиция 382
Хемосинтез 42
Химус 351
Хитин 16,423
Хищничество 165
Хищные 478
Хлоренхима 248
Хлорофиллы 16
Хоботные 480
Ходильные ноги 423
Ходульные корни 261
Холера 221, 585
Хондроциты 322
Хорда 397,435
Хордовые 434
Хорион 399, 629
Хроматида 32
Хроматин 32
Хроматофоры 239
Хромосомы 31
~ гомологичные 33
~ половые (гетеро-) 33
Х-хромосома 85
У-хромосома 85
Хрусталик 380, 648

Цветовое зрение 646
Цветок 272,290
Целлюлоза 16
Целом 314, 397
Центральная нервная система 371
Центральное зрение 650
Центральные отделы ВНС 375
Центральный млечный синус 351
Центриоль 29, 30
Центробежные (двигательные)
нейроны 370
Центромера 32
Центростремительные (чувствительные)
нейроны 370
Центросфера 29
Цепной рефлекс 386
Цефалическая фаза 579
Цианобактерии 222
Цикл Кальвина 40
Цикл Кребса47
Цинновые связки 648
Циста 220
Цитоплазма 21,217,224
Цитоплазматическая наследственность 84
Цитоскелет21,29

Ч

Чашечка 274
Человеческие расы 145
Черенок 286
Череп 525
Черепномозговые нервы 518
Черешок 267
Четвертичный период 134
Четырехкамерное сердце 354

!

Чечевички 254
Чешуйки 419
Численность популяции 170
Чистая линия 96
Членистоногие 419
Чувство 683

Ш

Шелковина 434
Шизогония 65,288
Шизофрения 524
Шишка 290

Щ

Щитовидная железа 499
Щиток 280

Э

Эврибионты 151
Эйфория 641
Экзина 292
Экзодерма 260
Экзокринные клетки 319
Экзоцитоз 37
Экологическая
~ валентность 151
~ ниша вида 170
~ пирамида 183
~ пластичность 151
~ структура 172
Экологические факторы 149
Экологический
~ кризис 201
-спектр 151
Экология 147
Экосистема 147, 178
Экосистемный гомеостаз 185
Экотоп 176, 177
Экстерьер 100
Эктодерма 395, 628
Эктопаразиты 167
Эластин 13
Эластические волокна 320
Эластический хрящ 322
Электрокардиография 545
Электроэнцефалограмма 517
Элементарное эволюционное
явление 112
Элементарные факторы эволюции 112
Эмбриобласт 627
Эмбриональное развитие 394
Эмбрион 627
Эмбриональные мешки
плодолистиков 66
Эмоции 682
Эндемик 169
Эндодерма 260
Эндокринная система 388
Эндокринные клетки 319
Эндолимфа 659
Эндопаразит(ы) 167,407
Эндогшазматическая сеть (ЭГ1С,
эндоплазматический регикулум) 26
Эндосперм 281,296
Эндоцитоз 37
Энергетический обмен 588
Энергетическая ценность питательного
вещества 582
Энергозависимость 7
Энтероколит 586
Энтодерма 395, 628
Энурез 605
Эпидерма 253
Эпидермис 317
Эпистаз 81
~ доминантный 81
~ рецессивный 81
Эпителий 316
~ железистый 318
~кубический 317
~ мерцательный (ресничный) 317
~ многослойный 317
~однослойный 317
~ плоский 317
~ цилиндрический (столбчатый)317
~ чувствительный 318
Эпидермис 607
Эпифиз 339,499
Эритроциты 536
Эстрадиол 503
Эсгроген(ы) 390, 503
Этапы эволюции человека 142
Эукариоты 209
Эффект компенсации 151
Эякуляция 621

Ю

Юношеский период 635
Юра (геологич. период) 133

Я

Ядерная оболочка (кариолемма) 31
Ядро 21,31
Ядрышко (~вый организатор) 32,34
Язвенная болезнь 586
Язык 346, 568,681
Ясельный период 634
Яичники 67,391,503,513,621
Яйцеклад 434
Яйцеклетка 68,289
Ярусы 180

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ 5
1. ОСНОВЫ НАУКИ О КЛЕТКЕ 5
1.1. Биология как наука об общих закономерностях живого 5
Основные понятия 5
Уровни организации, свойства и признаки живого 6
1.2. Клетка и ее химический состав 7
Основные положения клеточной теории 7
Содержание и роль химических элементов в клетке 8
Вода и ее роль в организме 9
Органические вещества клетки. Общая характеристика 10
Белки 11
Ферменты (энзимы) 13
Липиды 14
Углеводы (сахариды) 15
Пигменты 16
1.3. Нуклеиновые кислоты 17
Основные понятия 17
Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) 17
Рибонуклеиновая кислота (РНК) 19
Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) 20
1.4. Строение и функции клетки 20
Общая характеристика клеток 20
Структурная организация эукариотической клетки 21
Биологические (элементарные) мембраны 22
Плазматическая мембрана (плазмалемма) 23
Клеточная стенка (оболочка) 24
Органеллы клетки 24
Включения 30
Ядро и хромосомы 31
Сравнительная характеристика клеток эукариот 34
Особенности строения клеток 35
Транспорт веществ 36
1.5. Обмен веществ и превращение энергии в клетке 37
Общие понятия 37
Фотосинтез 38
Хемосинтез 42
Биосинтез белка. Гэнетический код 42
Катаболизм (энергетический обмен) 46
Аэробное клеточное дыхание 47
Анаэробное дыхание. Брожение 50
1.6. Воспроизведение клеток 50
Клеточный цикл 50
Митоз 52
Прямое бинарное деление. Амитоз 54
Мейоз 54
2. ОРГАНИЗМ КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА 58
2.1. Свойства и структурная организация живых организмов 58
Свойства живых организмов 58
Структурная организация живых организмов 59
Причины различий в строении и жизнедеятельности организмов разных царств 60

2.2. Питание организмов. Пищеварение ... 60
Питание и его основные типы ... 60
Классификация организмов по типу питания ... 61
Способы гетеротрофного питания ... 62
Поступление питательных веществ в организм ... 62
Пищеварение ... 63
2.3. Размножение организмов. Общая характеристика ... 64
Общие понятия ... 64
Бесполое размножение ... 64
Половое размножение ... 65
Оплодотворение ... 69
Понятие онтогенеза ... 69
3. ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ ... 70
3.1. Генетика как наука ... 70
Предмет и задачи генетики ... 70
Методы генетики ... 71
3.2. Закономерности наследования признаков ... 71
Признаки. Фенотип ... 71
Аллельные, доминантные и рецессивные гены. Генотип ... 72
Скрещивание ... 72
Первый закон Менделя ... 74
Второй закон Менделя ... 74
Третий закон Менделя ... 75
Условия выполнения и значение законов Менделя ... 77
3.3. Взаимодействие генов ... 78
Свойства генов ... 78
Взаимодействие аллельных генов ... 78
Взаимодействие неаллельных генов ... 80
Сцепление генов. Опыты Моргана ... 81
Кроссинговер ... 83
Хромосомная теория наследственности ... 83
Генетические карты ... 84
Цитоплазматическая наследственность ... 84
3.4. Генетика пола ... 84
Пол и половые признаки ... 84
Хромосомное определение пола ... 85
Наследование пола ... 86
Наследование, сцепленное с полом ... 86
3.5. Изменчивость ... 87
Модификационная изменчивость ... 87
Генотипическая изменчивость ... 88
Сравнительная характеристика форм изменчивости ... 89
Мутации ... 90
Особенности наследственности и изменчивости человека ... 93
3.6. Основы селекции ... 95
Задачи и методы селекции ... 95
Селекция растений ... 96
Селекция животных ... 100
Селекция микроорганизмов ... 102
Биотехнология ... 102
4. ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИЯ ... 104
4.1. Развитие эволюционных представлений ... 104
Ранний период (до начала XIX в.) ... 104
Эволюционная концепция Жана Батиста Ламарка ... 105
Эволюционная теория Чарлза Дарвина (дарвинизм) ... 106

4.2. Современная теория эволюции ... 109
Доказательства эволюции ... 109
Основные положения синтетической теории эволюции ... 110
Популяция как элементарная единица эволюции ... 111
Элементарные факторы (предпосылки) эволюции ... 112
Формы естественного отбора ... 114
Адаптации (приспособления) ... 116
4.3. Вид и видообразование ... 117
Понятие о виде ... 117
Критерии вида ... 117
Видообразование ... 119
Микроэволюция ... 121
4.4. Макроэволюция ... 121
Понятие о макроэволюции ... 121
Главные направления эволюции ... 122
Закономерности (правила) эволюции ... 124
4.5. Основные этапы эволюции живого мира ... 125
Гипотезы происхождения жизни ... 125
Эволюция пробионтов ... 126
Возникновение и эволюция эукариот и многоклеточных организмов ... 127
Основные этапы эволюции растений ... 128
Основные этапы эволюции животных ... 130
Геохронологическая шкала Земли ... 131
4.6. Происхождение человека ... 136
Положение человека в системе животного мира ... 136
Антропогенез и его движущие факторы ... 139
Этапы эволюции человека ... 142
Человеческие расы ... 145
5. ЭКОЛОГИЯ И БИОСФЕРА ... 147
5.1. Экология как наука ... 147
Предмет и задачи экологии ... 147
Задачи экологии ... 147
Методы экологии ... 148
5.2. Среда обитания и экологические факторы ... 149
Среда обитания и условия существования ... 149
Экологические факторы и их классификация ... 149
Закономерности действия экологических факторов ... 149
Взаимодействие экологических факторов. Ограничивающий фактор ... 151
5.3. Влияние абиотических факторов на живые организмы ... 152
Влияние солнечного света ... 152
Влияние температуры ... 155
Температурные адаптации растений ... 157
Температурные адаптации животных ... 158
Экологическая роль воды ... 160
5.4. Влияние биотических факторов на живые организмы ... 163
Формы биотических отношений ... 165
Антропогенные факторы ... 168
5.5. Экологическая характеристика популяции ... 169
Ареал и экологическая ниша вида ... 169
Популяции и их основные характеристики ... 170
Структура популяций ... 172
Динамика популяции ... 173
5.6. Биоценоз, биогеоценоз, экосистема ... 176
Биоценоз ... 176
Биогеоценоз и экосистема ... 177

Видовая структура биогеоценоза (экосистемы) ... 179
Пространственная и экологическая структуры биогеоценоза ... 180
Трофическая структура экосистемы. Круговорот веществ и поток энергии в экосистемах ... 181
Самовоспроизводство, саморегуляция и устойчивость экосистем ... 184
Саморазвитие и сукцессия экосистем ... 186
Агроценоз ... 187
5.7. Биосфера ... 190
Биосфера и ее границы ... 190
Живое вещество ... 192
Функции живого вещества ... 193
Круговорот веществ в биосфере (общие замечания) ... 194
Круговорот воды и кислорода ... 195
Круговорот углерода и азота ... 196
Превращение энергии ... 199
Эволюция биосферы ... 199
5.8. Влияние человека на биосферу ... 201
Расходование природных ресурсов ... 202
Рост народонаселения (демографический взрыв) ... 202
Загрязнение окружающей среды ... 202
Охрана природы ... 204

МНОГООБРАЗИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА ... 207
Основные принципы систематики живых организмов ... 207
Предмет систематики. Таксономические категории ... 207
Краткая характеристика прокариот и эукариот ... 209
Царства организмов ... 209

6. **ВИРУСЫ, БАКТЕРИИ, ПРОТИСТЫ, ГРИБЫ, ЛИШАЙНИКИ** ... 210
6.1. Вирусы ... 210
Общая характеристика вирусов ... 210
Строение вирусов ... 210
Ретровирусы ... 211
Бактериофаги ... 211
Способы проникновения вирусов в клетку ... 212
Размножение вирусов ... 213
Вирусные инфекции ... 213
Изменчивость вирусов ... 214
Роль вирусов ... 214
СПИД и вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) ... 214
6.2 Бактерии ... 216
Общая характеристика бактерий ... 216
Строение бактерий ... 216
Классификация бактерий ... 218
Размножение бактерий ... 219
Значение бактерий ... 220
Некоторые инфекционные заболевания человека ... 221
Методы борьбы с бактериями ... 222
Цианобактерии ... 222
6.3. Протисты ... 223
Общая характеристика протистов ... 223
Строение протистов ... 223
Питание и дыхание протистов ... 225
Размножение протистов ... 225
Значение протистов ... 226

6.4. Грибы ... 228
Общая характеристика грибов ... 228
Строение грибов ... 228
Размножение грибов ... 230
Питание грибов ... 230
Отдельные группы грибов ... 230
Значение грибов ... 232
6.5. Лишайники ... 233
Общая характеристика лишайников ... 233
Строение лишайников ... 233
Размножение лишайников ... 235

7. **РАСТЕНИЯ** ... 236
7.1. Общая характеристика растений ... 236
Признаки растений ... 236
Классификация растений ... 236
Значение растений ... 237
7.2. Водоросли ... 237
Общая характеристика водорослей ... 237
Особенности строения водорослей ... 238
Размножение водорослей ... 240
Значение водорослей ... 240
Зеленые водоросли ... 241
Харовые водоросли ... 243
Красные и бурые водоросли ... 243
7.3. Общая характеристика высших растений ... 244
Классификация высших растений ... 245
Жизненные формы высших растений ... 247
7.4. Ткани высших растений ... 248
Понятие ткани ... 248
Основная ткань (паренхима) ... 248
Образовательные ткани (меристемы) ... 249
Механические ткани ... 250
Проводящие ткани ... 251
Покровные ткани ... 253
Выделительные ткани ... 255
7.5. Органы высших растений ... 256
Типы органов растений ... 256
Корень ... 256
Видоизменения корней ... 260
Побег и почки ... 261
Стебель ... 263
Лист ... 266
Видоизменения побегов, стеблей, листьев, почек ... 270
Цветок и соцветие ... 272
Плод ... 277
Семя ... 279
7.6. Транспорт веществ, газообмен, выделение ... 282
Восходящий ток воды и минеральных веществ ... 282
Нисходящий ток органических веществ ... 283
Газообмен у высших растений ... 284
Выделение у высших растений ... 284
7.7. Размножение растений ... 285
Бесполое размножение растений ... 285
Половое размножение растений ... 288
Половые поколения растений ... 292
Опыление растений ... 294
Двойное оплодотворение у растений ... 296

7.8. Краткая характеристика некоторых отделов высших растений ... 297
Моховидные 297
Папоротниковидные 300
Плауновидные 302
Хвощевидные 302
Голосеменные 303
Покрытосеменные (цветковые) 307

8. **ЖИВОТНЫЕ** 311

8.1. Общая характеристика животных 311
Признаки животных 311
Значение животных 312
Классификация животных 313
8.2. Ткани животных и человека 316
Эпителиальная ткань 316
Соединительная ткань 319
Мышечная ткань 324
Нервная ткань 326
Кровь, тканевая жидкость и лимфа и их особенности у человека 329
8.3. Органы животных и человека 334
Общие понятия 334
Покровы тела 335
Опорно-двигательная система. Скелет. Суставы 338
Опорно-двигательная система. Мышцы 341
Питание 343
Пищеварительная система 344
Особенности пищеварительных систем некоторых беспозвоночных животных 349
Особенности пищеварения растительноядных животных 349
Всасывание питательных веществ 351
Кровеносная система 352
Лимфатическая система 358
Система газообмена 359
Выделительная система 363
Нервная система 369
Краткая характеристика нервных систем групп животных 376
Сенсорные системы (анализаторы). Органы чувств 377
Поведение животных 383
Эндокринная система 388
Половая система 391
8.4. Индивидуальное развитие животных 394
Дробление и гаструляция 394
Органогенез 396
Особенности эмбриогенеза позвоночных животных 398
Постэмбриональное развитие животных 400
8.5. Характеристика типов животных 401
Тип Кишечнополостные 401
Тип Плоские черви 404
Тип Круглые черви (Нематоды) 408
Тип Кольчатые черви 411
Тип Моллюски 413
Тип Членистоногие. Общая характеристика 417
Тип Членистоногие. Класс Ракообразные 419
Тип Членистоногие. Класс Паукообразные 422
Тип Членистоногие. Класс Насекомые 427
Тип Хордовые 434

Тип Хордовые. Класс Ланцетники 435
Тип Хордовые. Подтип Позвоночные (Черепные) 437
Тип Хордовые. Надкласс Рыбы 438
Тип Хордовые. Класс Пресмыкающиеся, или Рептилии 450
Тип Хордовые. Класс Земноводные, или Амфибии 445
Тип Хордовые. Класс Птицы 456
Тип Хордовые. Класс Млекопитающие, или Звери 466
Характеристика некоторых групп животных класса Млекопитающие 476

9. **БИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА** 488

9.1. Общие положения 488
Науки о человеке 488
Ткани, системы и аппараты органов человека 489
9.2. Регуляция физиологических функций 493
Понятие и системы саморегуляции 493
Нейрогуморальная регуляция 494
9.3. Эндокринная система 495
Железы внутренней секреции человека 495
Гипофиз 495
Гипоталамическая регуляция эндокринных функций 497
Эпифиз 499
Щитовидная железа 499
Околощитовидные железы 500
Островки Лангерганса поджелудочной железы 500
Вилочковая железа 501
Надпочечники 502
Половые железы 503
9.4. Нервная система человека 504
Спинной мозг 504
Нервы. Распространение нервного импульса 507
Спинномозговые нервы 509
Спинномозговая жидкость 510
Головной мозг. Общая характеристика строения 510
Продолговатый мозг 511
Задний мозг 512
Ретикулярная формация 512
Средний мозг 513
Промежуточный мозг 513
Передний мозг. Кора больших полушарий 514
Электроэнцефалограмма 517
Черепномозговые нервы 518
Особенности автономной нервной системы 518
Причины нарушения деятельности нервной системы 522
9.5. Опорно-двигательный аппарат 524
Особенности опорно-двигательного аппарата человека 524
Скелет человека 525
Основные группы скелетных мышц 529
Работа и утомление мышц 531
9.6. Внутренняя среда организма. Кровь 533
Физико-химические особенности крови человека 534
Характеристики форменных элементов крови человека 536
Свертывание крови 538
Группы крови 539
9.7. Сердечно-сосудистая (кровеносная) система 540
Строение сердца человека 540
Автоматия и проводящая система сердца человека 542

Сердечный цикл 544
Электрокардиограмма 545
Пульсовая волна. Артериальный пульс 545
Круги кровообращения 546
Кровяное давление 547
Скорость кровотока 548
Механизмы венозного возврата крови к сердцу 548
Регуляция деятельности сердца и сосудов 549
Сердечно-сосудистые заболевания и их профилактика 550
9.8. Иммунная система человека 551
Иммунитет 551
Фагоцитоз 554
Аллергия 555
9.9. Дыхательная система человека 556
Строение и функции органов дыхания 556
Дыхательные движения 559
Емкость легких 560
Перенос газов кровью 560
Обмен газов в тканях 561
Регуляция дыхания 561
Гигиена дыхания 562
Некоторые заболевания органов дыхания 563
Первая помощь при отравлении газом 564
Первая помощь при остановке дыхания 564
9.10. Пищеварительная система человека 566
Ротовая полость. Глотка 567
Пищевод 569
Желудок 569
Тонкий кишечник 570
Поджелудочная железа 572
Печень ..... 5^3
Толстая кишка 575
Всасывание 577
Регуляция пищеварения 578
9.11. Рациональное питание. Гигиена питания 580
Расход энергии организмом человека 581
Основы рационального питания 581
Предупреждение заболеваний органов пищеварения и отравлений 584
9.12. Обмен веществ в организме человека 587
Пластический и энергетический обмен 587
Обмен белков 589
Обмен углеводов 590
Обмен жиров 591
Обмен воды и минеральных веществ 592
Регуляция обмена веществ 594
Витамины 594
9.13. Выделительная система 599
Органы мочевыделительной системы 600
Строение и функции почек 600
Моча, ее состав и образование 602
Регуляция деятельности почек 604
Гигиена мочевыделительной системы 605
9.14. Покровная система 606
Функции кожи 607
Строение кожи человека 607
Гигиена кожи 611

9.15. Терморегуляция организма. Закаливание 613
Терморегуляция 614
Тепловой и солнечный удары 616
Закаливание 617
9.16. Репродуктивная система 619
Мужская половая система 619
Женская половая система 621
Функционирование женской половой системы 623
Оплодотворение 624
Беременность 626
Роды 633
Дальнейшее развитие организма человека 634
Половое созревание 635
Планирование семьи 637
Заболевания, передающиеся половым путем 638
9.17. Опасность употребления наркогенных и токсических веществ 641
9.18. Сенсорные системы 643
Отделы сенсорных систем. Рецепторы 644
Обработка информации в сенсорных системах 645
9.19. Зрительная сенсорная система 646
Строение и функции глазного яблока 647
Сетчатка. Нейронная сеть сетчатки 648
Вспомогательные структуры глаза. Движения глаз 651
Оптическая система глаза. Аккомодация. Зрачковый рефлекс 652
Обработка зрительной информации 653
Дефекты и гигиена зрения 654
9.20. Сенсорная система слуха 656
Строение наружного, среднего и внутреннего уха 657
Механизм восприятия звука 660
Бинауральный слух. Адаптация 660
Гигиена слуха 661
9.21. Сенсорная система равновесия 662
Восприятие движения в пространстве 662
Восприятие положения головы в пространстве 663
Обработка информации о положении тела в пространстве 664
9.22. Сенсорные системы вкуса и обоняния 665
Сенсорная система вкуса 665
Сенсорная система обоняния 666
9.23. Высшая нервная деятельность человека 667
Ощущения, восприятие, внимание, воображение 670
Особенности памяти человека 672
Сон 673
Сновидения 676
Гигиена сна 676
Биологические часы 677
Биологические ритмы 677
Сознание и мышление 678
Речь и язык 679
Научение 681
Творчество 682
Эмоции 682
Индивид. Индивидуальность. Личность 684
10. Примеры решения задач 687
Литература 707
Предметный указатель 708

Учебное издание

Шепелевич Елена Ильинична
Глушко Валерий Михайлович
Максимова Татьяна Васильевна

БИОЛОГИЯ
ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ И АБИТУРИЕНТОВ.
УЧЕБНО-СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

Ответственный за выпуск *В.М. Стрельченя*
Редактор *В.Н. Российский*
Компьютерная верстка *Н.Е. Куркова*
Дизайн обложки *И. Л. Богданова*

Подписано в печать с готовых диапозитивов 10.12.2006 г.
Формат 84 x 108 1/32. Бумага типографская №2. Гарнитура «Тайме».
Печать офсетная. Усл. печ. л. 38,64. Уч.-изд. л. 36,59.
Тираж 3100 экз. Заказ 2103

Издательское УП «УниверсалПресс»
ЛИ № 02330/056977 от 30.04.2004 г.
Республика Беларусь, 220039, г. Минск, ул. Брилевская, д. 3, оф I.
Контактный телефон (017) 224-89-15.

Отпечатано с диапозитивов заказчика
в РУН «Издательство «Белорусский Дом печати».
Республика Беларусь. 220013, г. Минск, пр. Независимости, 79.