

Министерство здравоохранения Республики Беларусь

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра медицинской биологии и генетики

БИОЛОГИЯ

Пособие для абитуриентов

Гродно
ГрГМУ
2016

УДК 57(075)
ББК 28.0я7
Б63

Рекомендовано Центральным научно-методическим советом ГрГМУ
(протокол №4 от 12 мая 2016 г.).

Авторы: доц. каф. медицинской биологии и генетики УО «ГрГМУ»,
канд. мед. наук О. И. Левэ;
доц. каф. медицинской биологии и генетики УО «ГрГМУ»,
канд. биол. наук Ю. Г. Амбрушкевич;
доц. каф. медицинской биологии и генетики УО «ГрГМУ»,
канд. биол. наук О. А. Дричиц;
зав. каф. медицинской биологии и генетики УО «ГрГМУ»,
канд. мед. наук Л. С. Кизюкевич.

Рецензент: доц. каф. нормальной физиологии УО «ГрГМУ», канд. мед. наук,
Ю. М. Емельянчик.

Б63 Биология : пособие для абитуриентов / О. И. Левэ [и др.] –
Гродно: ГрГМУ, 2016. – 384с.

ISBN 978-985-558-705-8.

Пособие написано в соответствии с программой по биологии для поступающих в ВУЗЫ. Предназначено для слушателей подготовительного отделения факультета довузовской подготовки и слушателей подготовительного отделения факультета иностранных учащихся.

УДК 57(075)
ББК 28.0я7

ISBN 978-985-558-705-8

© О. И. Левэ, Ю. Г. Амбрушкевич, О. А. Дричиц 2016
© ГрГМУ, 2016

ГЛАВА 1. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА. ЖИЗНЬ, ЕЕ СВОЙСТВА, УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ

1.1 Предмет, задачи и методы биологии

Биология (от греч. *bios* – жизнь + *logos* – учение) – наука о живой природе. Название науки «биология» было предложено в 1802 г. известным ученым-эволюционистом Ж.Б.Ламарком. Предмет изучения биологии – это живые организмы, их происхождение, строение, развитие, взаимоотношения со средой обитания.

Основной задачей биологии является познание жизни с целью управления биологическими процессами.

Биология включает в себя большую группу наук, которые изучают все проявления жизни: строение и жизнедеятельность живых организмов (бактерий, грибов, растений и животных) и их сообществ, распространение, происхождение, индивидуальное и историческое развитие, взаимоотношения друг с другом и со средой обитания. Биология раскрывает сущность жизни, выявляет закономерности жизненных проявлений, изучает и систематизирует живые организмы.

Изучение окружающего живого мира всегда было важнейшей задачей человека. От этого зависела жизнь человека. Людям необходимо было знать, какие из живых организмов можно использовать в пищу, в качестве лекарств, для изготовления одежды, а какие опасны и ядовиты. Лишь много позднее, с развитием человеческого общества, начала развиваться биология как наука.

Методы исследования в биологии.

1. Описательный. Самый древний из методов. Дал возможность накопить, систематизировать и описать огромный фактический материал по ботанике, зоологии, микологии и анатомии.

2. Сравнительный. Позволяет устанавливать сходства и различия между предметами и явлениями. Он был использован при создании теории эволюции. Благодаря данному методу в биологии появились новые науки: сравнительная анатомия, сравнительная эмбриологии, сравнительная палеонтология.

3. Исторический. Этот метод позволил изучить закономерности появления и развития организмов.

4. Экспериментальный. Этот метод широко распространен с 19 века, когда в биологии стали использовать большое количество экспериментальных методик.

1.2 Уровни организации живых систем

Биология изучает свойства и закономерности живой материи, которые проявляются на различных уровнях ее организации.

Уровни организации живой материи:

1) Молекулярный. Элементарная единица – биологические молекулы (нуклеиновые кислоты, белки, липиды и другие биомолекулы, находящиеся в клетке). На этом уровне осуществляется кодирование и передача наследственной информации, обмен веществ и энергии. Биомолекулы универсальны, они имеют одинаковый план строения у всех живых организмов. Метаболические процессы, происходящие на этом уровне также универсальны – биосинтез нуклеиновых кислот и белков протекают по сходной схеме у животных, растений и грибов. На молекулярном уровне осуществляется превращение энергии в биологически доступную энергию макроэргических связей АТФ, которая в дальнейшем используется для процессов жизнедеятельности.

2) Клеточный. Элементарная единица – клетка. Этот уровень организации живого представлен клетками одноклеточных (бактерии, простейшие) либо клетками многоклеточных организмов. На этом уровне изучаются клетки прокариот и эукариот, строение их органоидов, процессов жизнедеятельности.

3) Организменный. Элементарная единица – организм. Особь на этом уровне рассматривается на протяжении всего онтогенеза с момента возникновения до смерти.

4) Популяционно-видовой. Элементарная единица – популяция, характеризующаяся определенным генофондом. Именно в популяциях протекают эволюционные процессы, приводящие к изменениям генофондов этих популяций и образованию новых видов.

5) Биogeоценотический. Элементарная единица – биogeоценоз (экосистема), элементарная система, где осуществляется круговорот веществ и энергии различными живыми организмами.

6) Биосферный уровень. Биосфера – высший уровень организации живых систем. На этом уровне объединяются все круговороты веществ и энергии в единый биосферный круговорот.

1.3 Свойства живых организмов

Живые организмы удивительно многообразны и отличаются друг от друга по многим признакам. Однако для всего живого су-

существует ряд общих черт, по которым можно отличить живые организмы от неживой природы.

Свойства живого:

1) Обмен веществ и энергии – свойство живых организмов использовать вещества и энергию из окружающей среды и возвращать в нее продукты распада и преобразованную энергию. Организмы представляют собой открытые системы, через которые происходит непрерывный поток вещества и энергии. Это обеспечивает рост и развитие организмов. С прекращением обмена веществ, прекращается и жизнь, так как идет распад биополимерных молекул.

2) Саморегуляция – свойство живых организмов поддерживать постоянство своей внутренней среды (гомеостаза). Саморегуляция осуществляется по принципу обратной связи.

3) Размножение (самовоспроизведение) – свойство живых организмов воспроизводить себе подобных. Самовоспроизведение обеспечивает преемственность между сменяющимися друг друга поколениями и обеспечивается передачей генетической информации потомкам.

4) Раздражимость – свойство живых организмов реагировать на изменения внешней и внутренней среды. У организмов, имеющих нервную систему (животные), раздражимость проявляется в виде рефлексов. У организмов, лишенных нервной системы, раздражимость выражается тропизмами, настиями (растения) и таксисами (протисты).

5) Наследственность – свойство живых организмов передавать из поколения в поколение сходные признаки и особенности индивидуального развития. Наследственность обеспечивает преемственность между поколениями.

6) Изменчивость – свойство живых организмов приобретать новые признаки и свойства, которых не было у родителей.

7) Подвижность – свойство многих живых организмов, заключающееся в способности перемещаться в пространстве. Подвижность характерна животным, протистам и отсутствует грибов, растений.

8) Питание – свойство живых организмов поглощать из внешней среды вещества, необходимые для роста и других процессов жизнедеятельности.

9) Выделение – свойство живых организмов выделять из организма конечные продукты обмена веществ.

10) Рост и индивидуальное развитие – свойство живых организмов увеличиваться в размерах и изменяться в процессе жизни. Так, индивидуальное развитие начинается с одной клетки – зиготы. В процессе онтогенеза за счет деления клеток организм растет, происходит формирование тканей и органов. Одни органы могут исчезать, а вместо них формируются другие.

1.4 Формы организации живых организмов

Живым организмам свойственны следующие виды структурной организации:

1) Одноклеточный организм. В этом случае одна клетка является самостоятельным организмом (бактерии и протисты).

2) Колониальная. Совокупность многих клеток, образующих колонию (вольвокс).

3) Сифоновая. Тело организма представляет собой одну гигантскую клетку со многими ядрами (некоторые виды грибов, например мукор).

4) Многоклеточный организм. Такую форму организации имеют многоклеточные грибы, растения, животные. Тело многоклеточных организмов состоит из множества дифференцированных клеток, выполняющих разные функции и объединенных у высших растений и животных в ткани, а из тканей построены органы.

ГЛАВА 2. МНОГООБРАЗИЕ СОВРЕМЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

Органическая природа удивительно разнообразна. На Земле существует большое многообразие видов, заселяющих все среды обитания и приспособленных к разнообразным условиям существования. Для изучения живой природы необходима система, в которой каждый организм имел бы свое определенное место. Эту задачу решает наука систематика.

Систематика – наука, описывающая существующие и вымершие организмы и классифицирующая их по систематическим единицам (таксонам).

Основателем научной систематики был шведский ученый Карл Линней. Он ввел в биологию бинарную номенклатуру, в которой первое слово (существительное) – это название рода, к которому относится вид; а второе слово (прилагательное) обозначает дан-

ный вид. Например, человек разумный, хорек лесной и т. д. Линней верил в неизменяемость видов с момента их создания творцом. Однако современная систематика описывает и классифицирует виды с целью установления общности их происхождения. То обстоятельство, что живые существа можно систематизировать, доказывает существование между ними эволюционных взаимоотношений. Если бы виды не были связаны филогенетически, то их признаки носили бы случайный характер, и классифицировать их было бы невозможно.

2.1 Принципы систематики

В основу систематики Линнеем положены два принципа: *бинарная номенклатура и иерархичность*.

Принцип иерархичности, или соподчиненности, означает объединение более мелких систематических категорий в более крупные. Так, виды объединяются в роды, роды – в семейства, семейства – в порядки (растения), или в отряды (животные), порядки и отряды – в классы, классы – в отделы (растения) или типы (животные), отделы и типы – в царства.

При необходимости могут использоваться промежуточные таксономические категории: подцарство, подтип, надкласс, подкласс и другие.

Таблица 1. – Основные систематические категории

<i>Основные систематические категории, используемые в систематике растений</i>		<i>Основные систематические категории, используемые в систематике животных</i>	
Вид	земляника лесная	Вид	медведь белый
Род	земляника	Род	медведи
Семейство	розовые	Семейство	медвежьи
Порядок	розовые	Отряд	хищные
Класс	двудольные	Класс	млекопитающие
Отдел	покрытосеменные	Тип	хордовые
Царство	растения	Царство	животные

2.2 Царства живых организмов

Современная классификация организмов выделяет шесть царств, объединенных в две империи:

Империя доклеточные (организмы, не имеющие клеточного строения).

Империя клеточные (организмы, имеющие клеточное строение).

К доклеточным организмам относится царство *вирусов и фагов*. Это неклеточные формы жизни, состоящие из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки — капсида. Вирусы — это внутриклеточные паразиты, неспособные размножаться вне клетки.

Клеточные организмы объединяются в два надцарства: *прокариоты и эукариоты*. **Прокариоты** не имеют оформленного ядра, к ним относится царство дробянок, включающее два подцарства: бактерии и цианобактерии (сине-зеленые водоросли).

Бактерии представлены только одноклеточными формами. По способу питания — автотрофы (фото- и хемосинтезирующие) или гетеротрофы (сапрофиты и паразиты). Они разнообразны по форме: палочковидные, шаровидные, спиралевидные, в форме запятой. Бактерии — классический объект для решения общих вопросов генетики, биохимии, биофизики, космической биологии, биотехнологии.

Цианобактерии представлены одноклеточными, колониальными и многоклеточными формами. По способу питания являются автотрофами. Способность к фотосинтезу и фиксации атмосферного азота определяют их важную роль в биосфере.

Эукариоты имеют настоящее ядро, представлены четырьмя царствами: протисты, животные, растения и грибы.

Царство *протисты*. Среди них встречаются гетеротрофные, автогетеротрофные (миксотрофные) и автотрофные протисты. Тело их представлено всего одной клеткой, содержащей ядро и основные органоиды цитоплазмы. Среди протистов встречаются как неподвижные, так и подвижные формы. Подвижные протисты передвигаются с помощью ложноножек, ресничек и жгутиков.

Царство *животные* включает более 1,5 млн видов, для которых характерно гетеротрофное питание. Это — многоклеточные организмы. Развитие частей тела у примитивных животных идет из двух зародышевых листков (кишечнополостные), у более высокоорганизованных — из трех (экто-, эндо- и мезодермы). Царство *животные* включает более 20 типов. Многие представители имеют большое народнохозяйственное значение — это промысловые, сельскохозяйственные лабораторные животные. Среди животных

встречаются паразиты, вызывающие заболевания человека, животных и растений.

Царство *растения*– это автотрофные организмы, для которых характерны способность к фотосинтезу и наличие плотных целлюлозных клеточных оболочек, запасным веществом обычно служит крахмал. Растений более 500 тысяч видов. Царство включает подцарства: низшие и высшие растения. Из огромного разнообразия растений особое значение для человека имеют цветковые растения, дающие пищу, одежду, топливо, строительные материалы и т. п.

Царство *грибы*– это своеобразные организмы, сочетающие признаки растений и животных. По способу питания – гетеротрофы, среди них встречаются сапрофиты и паразиты. Всего насчитывают около 100 тысяч видов грибов, в том числе свыше 100 видов съедобных.

Резких границ между царствами нет. Среди одноклеточных форм встречаются организмы, сочетающие признаки животных и растений. Это указывает на их единое происхождение, что подтверждается единством путей обмена веществ, клеточным строением, общими механизмами наследственности и изменчивости.

ГЛАВА 3. ЦИТОЛОГИЯ

3.1 Клетка – структурная и функциональная единица жизни. Клеточная теория

Цитология – наука о клетке. Ее *предметом* являются клетки прокариотических (бактерий и сине-зеленых водорослей) и эукариотических (протистов, грибов, растений и животных) организмов.

История изучения клетки:

Р. Гук описал клеточные стенки, предложил термин «клетка».

А. Левенгук открыл одноклеточные организмы.

Р. Броун описал ядро.

Т. Шванн и М. Шлейден сформулировали «клеточную теорию».

Р. Вирхов показал, что каждая клетка образуется только при делении материнской клетки.

В *задачи* цитологии входит изучение строения и функций прокариотических и эукариотических клеток; их химического состава; протекающих в них процессов энергетического и пластиче-

ского обменов; размножения и развития клеток; приспособления их к условиям окружающей среды. Для решения этих задач в цитологии используются следующие методы:

Таблица 2. – Методы цитологии

<i>Метод</i>	<i>Сущность метода</i>	<i>Возможности метода</i>
Световая микроскопия	Используется световой микроскоп (увеличение объектов до 2000 раз)	Изучение клеток и их наиболее крупных органоидов
Электронная микроскопия	Объект рассматривается в пучке электронов (увеличение до 200 000 раз)	Исследование строения отдельных клеточных органоидов
Цитохими-ческий	Определение содержания и локализации химических веществ в клетках	Позволяет изучать химический состав клетки
Авторадио-графия(метод меченых атомов)	Введение в клетку радиоактивных изотопов химических элементов	Исследование процессов превращения веществ в жизненном цикле клетки
Метод	Сущность метода	Возможности метода
Дифферен-циальное центрифуги-рование	Разделение клеточного содержимого на отдельные фракции в центрифуге	Позволяет выделять и изучать отдельные компоненты клетки
Рентгено-структурный анализ	Определение расположения в пространстве групп атомов в молекулах сложных органических в-в	Изучение пространственной структуры молекул (ДНК, РНК, белка и др.)
Культивиро-вания	Выращивание клеток и тканей на питательных средах вне организма	Изучение функций изолированных от целостного организма клеток
Клеточной микрохирургии	Оперативное воздействие на клетку (удаление ее частей)	Исследование функций отдельных органоидов

Цитология тесно связана с ботаникой, зоологией, анатомией, молекулярной биологией, экологией, эмбриологией и другими науками.

Клеточная теория. В 1839 году зоолог Т. Шванн на основе данных ботаника М. Шлейдена сформулировал основное положение клеточной теории: *животные и растения состоят из клеток, сходных по строению*. Р. Вирхов дополнил клеточную тео-

рию положением: **каждая клетка образуется только при делении материнской клетки.**

Современная клеточная теория включает следующие положения:

1. Клетка – наименьшая структурная и функциональная единица живого.
2. Клетки всех живых организмов сходны по строению, химическому составу, процессам обмена веществ и важнейшим проявлениям жизнедеятельности.
3. Новые клетки возникают только путем деления ранее существовавших (материнских) клеток.
4. Клетки многоклеточных организмов специализированы по функциям и образуют ткани, из которых построены органы.

3.2Содержание химических элементов в клетке, их роль

Клетки животных и растений сходны по строению и химическому составу. В клетках присутствует более 80 химических элементов периодической системы Менделеева. В соответствии с процентным содержанием, в клетке элементы делят на 3 группы: макроэлементы, микроэлементы и ультрамикроэлементы.

Таблица 3. – Химические элементы клетки

<i>Макроэлементы</i>		<i>Микроэлементы</i>	<i>Ультра-микро-элементы</i>
<i>Макроэлементы органогены</i>	<i>Макроэлементы</i>		
Кислород (О) – 65%, Углерод (С) – 20%, Водород (Н) – 10%, Азот (N) – 3%	Калий (K); сера (S); кальций (Ca); фосфор (P); натрий (Na); хлор (Cl); магний (Mg)	Железо (Fe); иод (I); цинк (Zn); фтор(F); медь(Cu); кобальт (Co) и др.	Золото (Au), серебро (Ag), платина (Pt), уран (U) и др.
98% массы клетки	Содержание в клетке менее 0,01%. Вместе составляют 1,9% массы клетки.	Их содержание 0,01-0,000001% от массы клетки	Их содержание менее 0,000001% от массы клетки

О, С, Н – входят в состав всех органических соединений.

N – входит в состав большинства органических веществ.

K, Na – содержатся в клетке в виде ионов, участвуют в поддержании кислотно-щелочного равновесия, необходимы для возникновения разности электрических потенциалов на плазматической мембране и для передачи нервных импульсов.

Ca – необходим для свертывания крови, сокращения мышц, входит в состав костей, зубов, раковин моллюсков.

Mg – входит в состав хлорофилла.

S – входит в состав многих аминокислот (цистеин и др), участвует в стабилизации структуры белковой молекулы.

P – входит в состав костей, нуклеиновых кислот, АТФ, в составе анионов участвует в поддержании буферных свойств внутренней среды организма.

Cl – входит в состав выделяющейся в желудке HCl.

Fe – входит в состав гемоглобина хордовых, необходим для кроветворения и клеточного дыхания.

Cu – позвоночным необходим для кроветворения и клеточного дыхания, входит в состав гемоцианина моллюсков и ракообразных.

Zn – необходим для клеточного дыхания.

I – входит в состав гормонов щитовидной железы тироксина и тиронина.

Co – входит в состав витамина B₁₂ (цианокобаламина).

F – входит в состав костей и эмали зубов.

3.3 Химические вещества клетки. Неорганические вещества. Вода и минеральные соли, их роль в клетке

Вода в клетке составляет около 80 процентов. По мере старения организма ее количество в клетках снижается. Важная роль воды в клетке обусловлена ее химической природой и ее свойствами.

Свойства воды:

Дипольный характер строения молекул воды объясняет их способность активно вступать во взаимодействие с различными веществами и растворять вещества с ионной связью.

Вода обладает высоким поверхностным натяжением, что позволяет некоторым насекомым удерживаться на ее поверхности, обеспечивает капиллярный кровоток, а у растений обуславливает восходящий ток растворов.

Высокая теплоемкость воды способствует поддержанию теплового баланса при перепадах температуры в окружающей среде, защищает организмы от перегрева.

Высокая теплопроводность обеспечивает поддержание одинаковой температуры по всему организму.

Вода практически не сжимается, поэтому составляет основу гидроскелета круглых и кольчатых червей.

Вода в клетке выполняет важные функции:

1) структурная – вода составляет основную часть цитоплазмы, поддерживает объем клетки;

2) транспортная – передвижение веществ в организме совершается с током воды.

3) является растворителем
(растворимые в воде соединения называются гидрофильными, а нерастворимые – гидрофобными);

4) метаболическая – вода участвует в химических реакциях (расщепление белков, углеводов, жиров и др.), а также является средой, где происходят химические реакции;

5) терморегуляционная – вода, благодаря высокой теплоемкости и теплопроводности, обеспечивает поддержание оптимального теплового режима клетки и организма;

б) вода – источник кислорода при фотосинтезе.

Минеральные соли в большом количестве находятся в клетках, образующие опорные органы: раковины, хитиновый панцирь, кости. В цитоплазме других клеток они диссоциированы на ионы. Наиболее важны для клетки катионы K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} и анионы HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, Cl^- , HCO_3^- . От концентрации солей зависит поступление воды в клетку. Катионы и анионы участвуют в поддержании в клетке кислотно-щелочного равновесия.

Анионы слабых кислот (угольной и фосфорной) создают буферные системы, поддерживающие постоянное pH внутриклеточной среды.

0,9% раствор соли NaCl (изотонический) получил название физиологического. Он может использоваться в качестве кровезамещающей жидкости. В гипертоническом растворе клетки сморщиваются от потери воды, а в гипотоническом увеличиваются в размерах и могут лопнуть.

3.4 Органические вещества клетки. Липиды. Углеводы. Белки. Нуклеиновые кислоты

Липиды – это органические вещества, которые не растворяются в воде, а растворяются в органических растворителях.

Липиды делятся:

1. На жиры и масла (сложные эфиры трехатомного спирта глицерола и жирных кислот). Жирные кислоты бывают насыщенными (пальмитиновая, стеариновая, арахиновая) и ненасыщенными (олеиновая, линолевая, линоленовая). В маслах выше доля ненасыщенных жирных кислот, поэтому при комнатной температуре они находятся в жидком состоянии. В жирах полярных животных, по сравнению с тропическими животными, также содержится больше ненасыщенных жирных кислот.

2. На липоиды (жироподобные вещества). К ним относят: а) фосфолипиды, б) жирорастворимые витамины (А, D, Е, К), в) воска, г) простые липиды, не содержащие жирных кислот: стероиды (холестерол, гормоны коры надпочечников, половые гормоны) и терпены (гиббереллины – гормоны роста растений, каротиноиды – фотосинтетические пигменты).

Функции липидов:

1) энергетическая – жиры источник энергии в клетке; при расщеплении 1 грамма выделяется 38,9 кДж энергии;

2) структурная (строительная) – фосфолипиды входят в состав биологических мембран;

3) защитная теплоизоляционная – подкожная жировая клетчатка, защищает организм от переохлаждения и травм;

4) запасающая – жиры составляют запас питательных веществ, откладываясь в жировых клетках животных и в семенах растений;

5) регуляторная – стероидные гормоны участвуют в регуляции обмена веществ в организме (гормоны коры надпочечников, половые гормоны);

6) источник воды – при окислении 1 кг жира образуется 1,1 кг воды, – это используется животными пустыни: верблюды, например, могут не пить 10–12 дней.

Углеводы – сложные органические вещества, общая формула которых $C_n(H_2O)_m$. Они состоят из углерода, водорода и кислорода. В клетках животных их содержится 1–2%, а в клетках растений – до 90% от массы сухого вещества.

Углеводы делятся на моносахариды, олигосахариды и полисахариды.

Моносахариды в зависимости от количества атомов углерода подразделяются на триозы (C_3), тетрозы (C_4), пентозы (C_5), гексозы (C_6), и т.д. Важную роль в жизнедеятельности клетки играют:

Пентозы. Рибоза и дезоксирибоза – входят в состав нуклеиновых кислот.

Гексозы: глюкоза, фруктоза, галактоза. Фруктоза содержится во многих плодах и в меде, обуславливая их сладкий вкус. Глюкоза является основным энергетическим материалом в клетке при обмене веществ. Галактоза входит в состав молочного сахара (лактозы).

Молекулы олигосахаридов образуются в процессе полимеризации 2–10 моносахаридов. При соединении двух моносахаридов образуются дисахариды: сахароза, состоящая из молекул глюкозы и фруктозы; лактоза, состоящая из молекул глюкозы и галактозы; мальтоза, состоящая из двух молекул глюкозы. В олигосахаридах и полисахаридах молекулы мономеров соединены гликозидными связями.

Полисахариды образуются в процессе полимеризации большого количества моносахаридов. К полисахаридам относятся гликоген (основное запасное вещество в клетках животных); крахмал (основное запасное вещество в клетках растений); целлюлоза (содержится в клеточных стенках растений), хитин (содержится в клеточной стенке грибов). Мономером гликогена, крахмала и целлюлозы является глюкоза.

Функции углеводов:

1) энергетическая – углеводы основной источник энергии в клетке; при расщеплении 1 грамма углеводов выделяется 17,6 кДж энергии;

2) структурная (строительная) – из целлюлозы построены оболочки растительных клеток;

3) запасная – полисахариды служат запасным питательным материалом.

Белки – это биологические полимеры, мономерами которых являются аминокислоты. Белки очень важны для жизни клетки. Они составляют 50–80 % сухого вещества животной клетки. В состав белков входит 20 различных аминокислот. Аминокислоты подразделяют на заменимые, которые могут синтезироваться в организме человека, и незаменимые (валин, изолейцин, лизин, метио-

нин, треонин, триптофан, фенилаланин, а у детей еще аргинин и гистидин). Незаменимые аминокислоты не могут синтезироваться в организме человека и должны поступать с пищей.

Аминокислоты соединяются между собой связью NH-CO (ковалентная, пептидная связь). Соединения из нескольких аминокислот называют пептидами. В зависимости от их количества различают ди-, три-, олиго- или полипептиды. При соединении двух аминокислот образуется дипептид и выделяется одна молекула воды, соответственно при соединении трех аминокислот образуется трипептид и выделяются две молекулы воды и т.д.. Обычно в состав белков входит 300–500 аминокислотных остатков, но есть и более крупные, содержащие до нескольких тысяч аминокислот. Различия белков определяются не только составом и числом аминокислот, но и последовательностью чередования их в полипептидной цепи.

Уровни организации белковых молекул:

1. Первичная структура – это последовательность аминокислот в полипептидной цепи. Аминокислоты соединены пептидными связями. Первичная структура специфична для каждого белка и определяется аминокислотной последовательностью, закодированной в ДНК. Замена только одной аминокислоты приводит к изменению функций белка.

2. Вторичная структура – это закрученная в спираль (α -спираль) или уложенная в виде гармошки (β -слой) полипептидная цепь. Вторичная структура поддерживается водородными связями.

3. Третичная структура – уложенная в пространстве спираль, образующая глобулу или фибриллу. Белок активен только в виде третичной структуры. Она поддерживается дисульфидными, водородными, гидрофобными и другими связями. Фибриллярные белки: коллаген (входит в состав сухожилий, хрящей), кератин (входит в состав эпидермиса), эластин соединительной ткани, фиброин шелка, миозин мышц. Глобулярные белки: белки-ферменты, глобулины, некоторые гормоны белковой природы (инсулин).

4. Четвертичная структура – формируется при объединении нескольких белков, имеющих первичную, вторичную и третичную структуры. Например, сложный глобулярный белок крови гемоглобин состоит из четырех молекул белка глобина и небелковой части, которая носит название – гем.

Белки по строению бывают простые (протеины) и сложные (протеиды). Простые белки состоят только из аминокислот. Сложные имеют в своем составе кроме аминокислот другие химические соединения (например: липопротеиды, гликопротеиды, нуклеопротеиды, гемоглобин и др.).

При действии на белок различных химических веществ, высокой температуры происходит разрушение структуры белка. Этот процесс называется денатурацией. Процесс денатурации иногда обратим, то есть, может произойти самопроизвольное восстановление структуры белка – ренатурация. Ренатурация возможна, когда сохранена первичная структура белка.

Функции белков:

1. Структурная (строительная) функция – белки входят в состав: клеточных мембран, органоидов клетки, межклеточного вещества. Например: белок соединительной ткани коллаген, белок эпидермиса кератин.

2. Каталитическая (ферментативная) – белки-ферменты ускоряют химические реакции в клетке.

3. Двигательная (сократительная) – белки участвуют во всех видах движений клетки. Так сокращение мышц обеспечивается сократительными белками: актином и миозином.

4. Транспортная – белки транспортируют химические вещества. Так, белок гемоглобин переносит кислород к органам и тканям, альбумин плазмы крови – транспорт жирных кислот, липидных гормонов.

5. Защитная – белки крови антитела (иммуноглобулины) распознают чужеродные для организма антигены и способствуют их уничтожению, белки свертывающей системы крови (тромбин, фибрин) защищают организм от кровопотери.

6. Энергетическая – белки являются источником энергии в клетке. При расщеплении 1 грамма белков выделяется 17,6 кДж энергии.

7. Регуляторная – белки участвуют в регуляции обмена веществ в организме (гормоны инсулин, глюкагон и др.).

8. Рецепторная – белки лежат в основе работы рецепторов (опсин входит в состав светочувствительного зрительного пигмента родопсина сетчатки глаза).

Ферменты – это биологические катализаторы белковой природы. По химическому строению они бывают простые и сложные. Простые ферменты состоят только из аминокислот. Сложные имеют в своем составе белковую часть (апофермент) и небелковую часть (кофермент, коэнзим или кофактор). В качестве коферментов выступают различные органические соединения, в частности, витамины.

Большая часть ферментов связана с определенными клеточными структурами (ядро, митохондрии, лизосомы и др.), где и осуществляется их функция. Свойства ферментов:

- 1) строго специфичны (ускоряют только определенные химические реакции);
- 2) действуют при температуре тела;
- 3) действуют при определенной pH (фермент желудка – пепсин – действует в кислой среде, а фермент поджелудочной железы – трипсин – в щелочной);
- 4) обладают высокой биологической активностью.

Механизм действия ферментов объясняет теория активного центра (в молекуле фермента имеются участки, в которых происходит катализ за счет тесного контакта фермента с субстратом).

Нуклеиновые кислоты были открыты Мишером в ядрах лейкоцитов в 1868 г. В 1953 г. Д. Уотсон и Ф. Крик предложили двухцепочечную модель строения молекулы ДНК.

В природе существуют два вида нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) и рибонуклеиновая кислота (РНК).

Молекула **ДНК** представляет собой две спирально закрученные одна около другой цепи. Каждая цепь ДНК – полимер, мономерами которого являются нуклеотиды. Нуклеотид состоит из азотистого основания, углевода (дезоксирибозы) и остатка фосфорной кислоты. Во всех нуклеотидах углевод и фосфорная кислота одинаковые. Нуклеотиды отличаются только по азотистым основаниям. В состав ДНК всех живых организмов входят только четыре вида нуклеотидов: адениловый, содержащий азотистое основание аденин, гуаниловый – гуанин; тимидиловый – тимин; цитидиловый – цитозин. Азотистые основания подразделяют на пуриновые (аденин, гуанин), и пиримидиновые (тимин и цитозин).

Две цепи ДНК соединяются слабыми водородными связями между азотистыми основаниями по принципу комплементарности: аденин комплементарен тимину, гуанин – цитозину. Количество содержащих тимин азотистых оснований равно числу азотистых оснований, которые содержат аденин. И, соответственно, гуанин = цитозин. Эта закономерность называется правилом Чаргаффа. Между аденином и тимином образуется 2 водородные связи, а между гуанином и цитозином – 3.

В эукариотической клетке основная масса ДНК находится в ядре клетки, где она связана с белками и образует хроматин. Собственную кольцевую ДНК имеют митохондрии и пластиды. Кольцевая молекула ДНК прокариот носит название – нуклеоид.

Самоудвоение (репликация, редупликация) ДНК происходит перед делением клетки в синтетический период интерфазы. С помощью фермента ДНК-полимеразы разрываются слабые водородные связи между двумя цепями ДНК, а затем к каждой, уже отдельной, цепочке достраиваются по принципу комплементарности нуклеотиды (А–Т, Г–Ц), при этом образуются уже две двухцепочечные молекулы ДНК. Таким образом, каждая полинуклеотидная цепь выполняет роль матрицы для построения новой комплементарной цепи. Репликация ДНК обеспечивает высочайшую точность воспроизведения генетической информации в поколениях клеток и организмов в целом. Иногда могут произойти ошибки в репликации ДНК, они приводят к генным мутациям.

Функции ДНК в клетке:

1) хранение наследственной информации, записанной в виде последовательности нуклеотидов;

2) передача наследственной информации из ядра в цитоплазму; для этого, при транскрипции, иРНК снимает копию с ДНК и переносит информацию к рибосомам – месту синтеза белка;

3) воспроизводство наследственной информации при редупликации ДНК и передача наследственной информации от материнской клетки к дочерним клеткам.

Молекула **РНК** – полимер, ее мономерами также являются нуклеотиды (адениловый, гуаниловый, цитидиловый и урациловый с пиримидиновым азотистым основанием урацил). В отличие от ДНК, РНК – это:

1) одноцепочечная молекула;

- 2) вместо углевода дезоксирибозы в РНК входит рибоза;
- 3) вместо азотистого основания тимин, которое содержат нуклеотиды ДНК, в РНК входит пиримидиновое основание урацил;
- 4) РНК состоит из меньшего количества нуклеотидов, чем ДНК.

В клетке различают три вида РНК, все они образуются в ядре клетки, а выполняют свои функции в цитоплазме:

иРНК (информационная), или *мРНК* (матричная) – переносит информацию о структуре белка от ДНК к рибосомам и непосредственно участвует в сборке молекулы полипептида на рибосомах. На долю иРНК приходится примерно 5% от общего содержания РНК клетки.

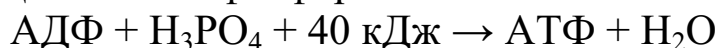
тРНК (транспортная) – присоединяет и переносит аминокислоты к рибосомам. Ее молекула содержит около 80 нуклеотидов. Существует около 60 различных тРНК, различающихся по последовательности нуклеотидов. Из общего количества РНК клетки на долю тРНК приходится 15%.

рРНК (рибосомальная) – входит в состав рибосом. На долю рРНК приходится около 80 % от общего количества РНК клетки. У эукариот *рРНК* образуется в особых структурах ядра – ядрышках.

АТФ. Важную роль в жизни клетки играют АТФ и АДФ. Они обеспечивают энергией все протекающие в организме процессы. АТФ и АДФ – это нуклеотиды, которые содержат азотистое основание аденин, пятиуглеродный сахар – рибозу и три остатка фосфорной кислоты в АТФ; и два остатка фосфорной кислоты в АДФ. Остатки фосфорной кислоты соединены между собой макроэргическими связями. В процессе гидролиза (присоединения воды) АТФ расщепляется под действием ферментов до АДФ, при этом выделяется 40 кДж энергии.



Образуется АТФ в результате бескислородного и кислородного этапов энергетического обмена, путем присоединения к молекуле АДФ остатка фосфорной кислоты.



3.5 Биологические мембраны, их строение, свойства и функции. Цитоплазматическая мембрана, оболочка клетки

Внутреннее содержимое клетки от внешней среды отграничено плазматической мембраной (плазмолеммой). У растений, грибов, бактерий плазмолемма снаружи окружена прочной клеточной стенкой.

Строение биологической мембраны. Каркас плазмолеммы состоит из двух слоев *фосфолипидов*. Молекулы фосфолипидов имеют полярные «головки» (гидрофильные участки) и неполярные «хвосты» (гидрофобные участки). Молекулы расположены таким образом, что их гидрофильные участки обращены к внутренней и внешней водной среде, а их гидрофобные участки находятся в глубине мембраны и обращены друг к другу.

С головками липидных молекул соединены *периферические мембранные белки*. На наружной поверхности мембраны это рецепторные белки, а на внутренней – белки цитоскелета. *Интегральные мембранные белки* прочно встроены в липидный слой. Среди них выделяют погруженные белки, молекулы которых погружены в один из липидных слоев (большая часть из них – ферменты). Часть интегральных белков пронизывают мембрану насквозь (трансмембранные белки), они образуют поры, через которые химические вещества могут переходить с одной стороны мембраны на другую.

Плазмолемма снаружи покрыта слоем *гликокаликса*, основными компонентами которого служат комплексы полисахаридов с белками (гликопротеиды) и жирами (гликолипиды). Гликокаликс играет важную роль в межклеточных взаимодействиях. Гликокаликс клеток эпителия ворсинок тонкого кишечника кроме этого обеспечивает пристеночное пищеварение (в нем расположены ферменты, завершающие расщепление белков и углеводов). Мембранные органоиды клетки построены из похожих по строению мембран, имеющих сходную с плазмолеммой молекулярную организацию.

Свойства мембран:

1. **Текучесть.** Мембраны – это подвижные текучие структуры, так как молекулы в них не связаны прочными связями и могут перемещаться относительно друг друга.

2. **Динамичность.** Мембраны – динамичные структуры, способные растягиваться и сжиматься в процессе клеточных движений.

3. Избирательная проницаемость. Мембраны проницаемы для одних веществ и непроницаемы для других.

Функции плазмолеммы:

1) отграничение и защита содержимого цитоплазмы от воздействий окружающей среды;

2) обеспечение связи между клетками;

3) рецепторная функция – на плазмолемме располагаются рецепторы, воспринимающие и передающие сигналы извне внутрь клетки;

4) мембрана – место протекания многочисленных биохимических процессов, благодаря встроенным ферментам;

5) трансмембранный транспорт веществ:

А. Транспорт веществ без затрат энергии или пассивный транспорт осуществляется по градиенту концентрации веществ, из области с большей концентрацией веществ в область с меньшей. Примеры пассивного транспорта: простая диффузия, осмос, облегченная диффузия. Путем диффузии поступают газы (кислород, углекислый газ). Диффузия воды через мембрану – это осмос. Облегченная диффузия – это диффузия с помощью специфического белка-переносчика, который облегчает перенос вещества на противоположную сторону мембраны (например: трансмембранный транспорт глюкозы и большинства аминокислот). Облегченная диффузия, так же как и простая диффузия и осмос, не требует затрат энергии АТФ.

Б. Транспорт веществ с затратами энергии

– *Активный транспорт* осуществляется белками-переносчиками против градиента концентрации веществ. Например: натрий-калиевый насос – интегральный белок, выкачивающий из клетки ионы натрия в обмен на ионы калия, использующий для этого энергию АТФ.

– *Эндоцитоз* – поглощение клеткой веществ, которые не способны проникать через мембранные поры. При этом процесс плазматическая мембрана образует впячивания, которые затем, отшнуровываясь, превращаются в вакуоли. Виды эндоцитоза: фагоцитоз (захват и поглощение клеткой твердых частиц) и пиноцитоз (поглощения капелек жидкости с растворенными в ней веществами).

– *Экзоцитоз* – процесс, обратный эндоцитозу. Таким способом осуществляется выведение из клетки различных веществ: из

пищеварительных вакуолей удаляются плотные непереваренные частицы, а из секреторных клеток выводятся жидкие секреты (гормоны, ферменты).

Клеточная стенка (оболочка) – обязательный компонент клеток растений, грибов, бактерий.

Строение клеточной стенки. Основой клеточной оболочки растений, ее каркасом являются молекулы целлюлозы. В зависимости от типа ткани растений, в состав которой входит клетка, в клеточной оболочке могут быть другие органические вещества. Так, находящийся в клеточных оболочках лигнин приводит к их одревеснению и придает прочность древесине. Откладывающийся на оболочку клеток покровных тканей растения изнутри суберин делает ее непроницаемой для воды и растворов, что приводит к смерти протоплазмы, а клетка заполняется воздухом (образуется пробка).

Структурным компонентом клеточной стенки грибов является хитин.

Основу клеточной стенки прокариот представляет жесткая решетка, состоящая из опорного полимера – пептидогликана (муреина), в которую встроены другие вещества: белки, полисахариды.

Функции клеточной стенки

- 1) придает клеткам механическую прочность,
- 2) защищает содержимое клеток от повреждений и избыточной потери воды,
- 3) поддерживает форму клеток, препятствует их разрыву в гипотонических условиях,
- 4) участвует в обмене различных ионов и транспорте веществ.

3.6 Цитоплазма: гиалоплазма, цитоскелет, органоиды, включения

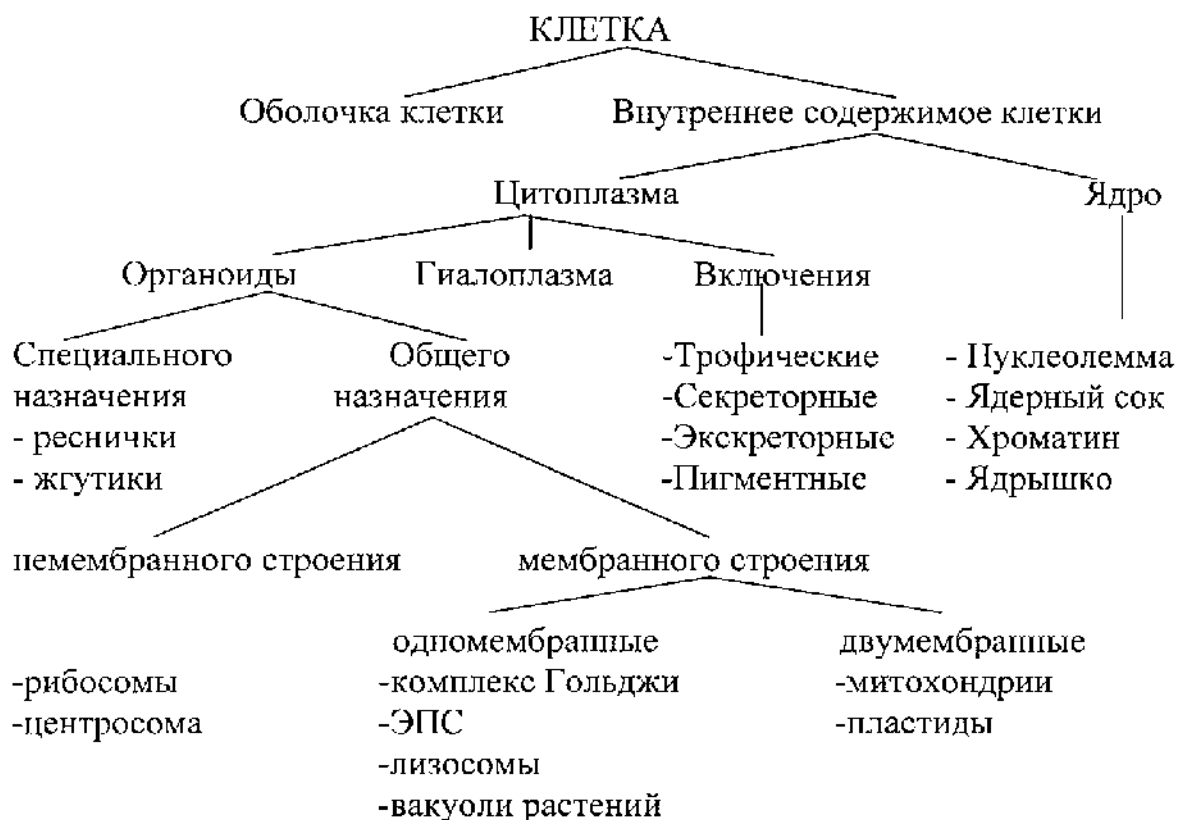


Рисунок1. – Схема строения клетки

Цитоплазма – представлена гиалоплазмой или основным веществом, в которой располагаются органоиды и включения.

Гиалоплазма – это полужидкая часть цитоплазмы, представляет собой коллоидный водный раствор белков, углеводов, нуклеиновых кислот и других веществ. Гиалоплазма содержит катионы и анионы. Основное вещество составляет около половины объема клетки, заполняет пространство между плазмолеммой, ядерной оболочкой, органоидами. В живых клетках гиалоплазма находится в постоянном круговом движении. В ней располагаются микротрубочки, микрофиламенты и промежуточные филаменты, которые вместе с микротрабекулярной системой (тонкими белковыми нитями, расположенными по всей цитоплазме) образуют цитоскелет клетки. Цитоскелет придает клетке форму, а также обеспечивают движение клеток и внутриклеточное перемещение органоидов.

Двигательные процессы эукариотических клеток обеспечиваются опорно-двигательной системой, образованной микрофиламентами, микротрубочками и промежуточными филаментами

Микрофиламенты – тонкие нити, образованные белком актином, имеющие диаметр около 6 нм. Встречаются по всей цитоплазме, обеспечивают: а) движение гиалоплазмы, б) образование перетяжки при делении клеток, в) формирование ложноножек.

Микротрубочки – тонкие полые трубочки диаметром около 25 нм, образованные белком тубулином. Встречаются во всех эукариотических клетках, обеспечивают: а) поддержание формы клеток, б) перемещение органоидов клетки, в) образование веретена деления и расхождение хромосом при митозе. Организацию микротрубочек в клетке выполняет клеточный центр.

Промежуточные филаменты имеют диаметр около 10 нм и занимают промежуточное место между микрофиламентами и микротрубочками. В клетках разных тканей они образованы различными фибриллярными белками, например, в эпидермисе они образованы кератином. Промежуточные филаменты выполняют в клетке опорную функцию, обеспечивая поддержание формы клеток.

Функции гиалоплазмы:

1) объединяет все внутриклеточные структуры и обеспечивает их взаимодействие друг с другом;

2) является внутренней средой клетки, где протекают биохимические реакции (реакции гликолиза, синтез нуклеотидов, аминокислот, жирных кислот);

3) обеспечивает эластичность, вязкость, внутреннее движение цитоплазмы.

Органоиды – это постоянные структурные компоненты клетки, выполняющие определенные функции. Органоиды делятся на две группы:

1) органоиды *общего назначения*, присутствующие в большинстве клеток,

2) органоиды *специального назначения*, встречающиеся в специализированных клетках (реснички, жгутики, миофибриллы, пульсирующие вакуоли и др.).

Среди органоидов общего назначения выделяют: органоиды, имеющие мембранное строение, и органоиды, имеющие немембранное строение.

Органоиды, имеющие мембранное строение

Пластиды – это двумембранные органоиды клеток растений. Они классифицируются по окраске: *хлоропласты* (имеют зеленый цвет, обусловленный присутствием пигмента – хлорофилла; участ-

вуют в процессе фотосинтеза), *хромoplastы* (имеют оранжевую, желтую, красную окраску, обусловленную пигментами каротиноидами; присутствием хромопластов объясняется окраска плодов и корнеплодов) и *лейкопласты* (бесцветные пластиды, в которых откладываются запасные питательные вещества). Все виды пластид родственны, одни их виды могут превращаться в другие.

Строение хлоропластов. Хлоропласты покрыты оболочкой, которая состоит из наружной и внутренней мембраны. Оболочка ограничивает внутреннюю среду хлоропласта – строму. В строме содержатся белки, липиды, кольцевые молекулы ДНК, РНК, рибосомы, трофические включения и ферменты, участвующие в фиксации CO_2 . Наружная мембрана гладкая, а внутренняя мембрана образует впячивания – тилакоиды. Тилакоиды, лежащие друг над другом, образуют грану (тилакоиды гран). Другие тилакоиды, связывающие граны между собой, называются тилакоидами стромы. В мембранах тилакоидов локализован хлорофилл, участвующий в поглощении и преобразовании энергии света. А в строме находятся ферменты биохимических систем синтеза углеводов. В ней также откладывается запасной крахмал.

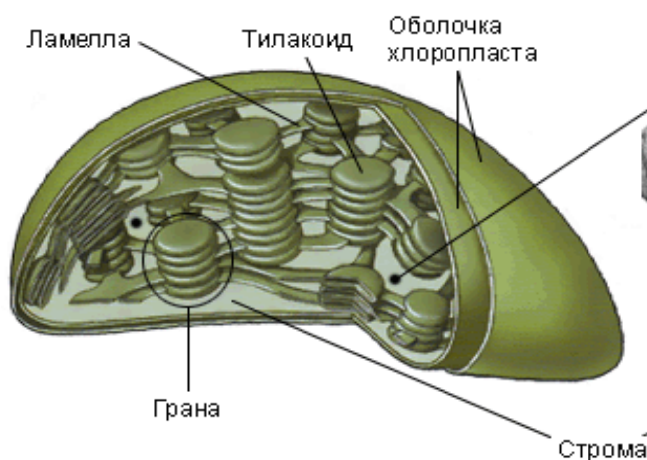


Рисунок 2. – Строение хлоропласта

Функции хлоропластов

- 1) фотосинтез;
- 2) синтез АТФ;
- 3) автономный синтез специфичных для данного органоида белков.

Митохондрии – это двумембранные органоиды, имеющие форму палочек или гранул. Они присутствуют во всех эукариотических клетках. Митохондрии ограничены двумембранной оболочкой. Наружная мембрана гладкая, а внутренняя образует выросты –

кристи (гребни), что увеличивает площадь внутренней поверхности митохондрии. Внутренняя мембрана ограничивает матрикс, содержащий кольцевые молекулы ДНК, все виды РНК, рибосомы, аминокислоты, ферменты цикла Кребса. Между мембранами находится перимитохондриальное (межмембранное) пространство, в котором накапливаются ионы H^+ , поступающие из матрикса, что создает разность потенциалов по обе стороны внутренней мембраны. Внутренняя мембрана содержит компоненты цепи переноса электронов (дыхательной цепи), обеспечивающей синтез АТФ. Обновление митохондрий происходит путем их деления.

Функции митохондрий:

- 1) окисление органических веществ;
- 2) синтез универсального источника энергии в клетке – АТФ;
- 3) автономный синтез специфичных для данного органоида белков.

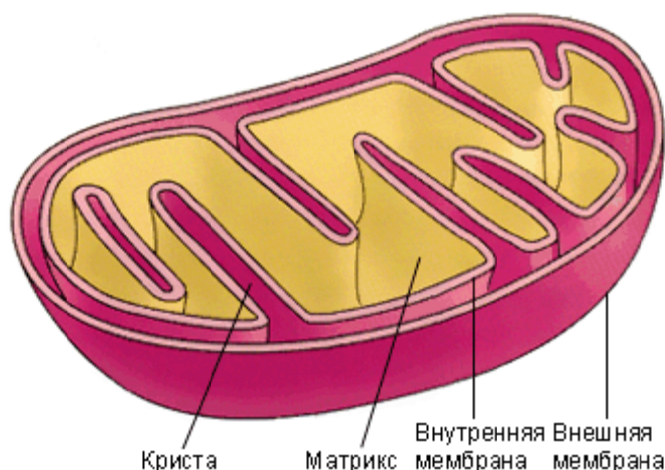


Рисунок3.– Строение митохондрии

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) – одномембранный органоид, присутствующий во всех эукариотических клетках. Представляет собой систему каналов, цистерн, полостей, соединенных между собой. ЭПС пронизывает всю цитоплазму и связывает все органоиды друг с другом, а также с ядром и плазмолеммой.

Эндоплазматическая сеть бывает двух типов:

1. **Гранулярная** эндоплазматическая сеть. На ее мембранах размещаются рибосомы. Белки, синтезируясь на рибосомах, проходят через мембрану внутрь полостей и по каналам гранулярной ЭПС транспортируются. Гранулярная ЭПС связана с ядерной оболочкой и участвует в образовании оболочек новых ядер после деления клетки.

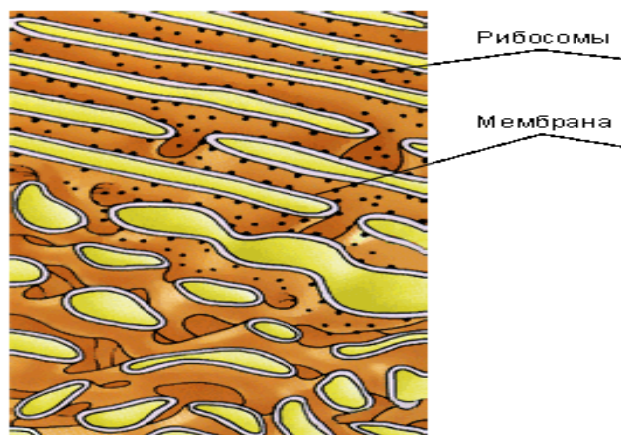


Рисунок 4.– Схема строения гранулярной ЭПС

2. *Гладкая* эндоплазматическая сеть. В ее мембраны встроены ферменты синтеза липидов и углеводов.

Продукты синтеза накапливаются в каналах ЭПС, а затем транспортируются к различным органоидам клетки, где используются для процессов жизнедеятельности.

Функции ЭПС:

1) разделение цитоплазмы на отдельные отсеки, что обеспечивает одновременное протекание в клетке различных химических реакций;

2) транспорт веществ;

3) гранулярная ЭПС обеспечивает синтез белков на прикрепленных к ней рибосомах;

4) гладкая ЭПС участвует в синтезе и обмене углеводов, липидов, стероидных гормонов.

Комплекс (аппарат) Гольджи – одномембранный органоид эукариотических клеток. Открыт в 1898 году итальянским ученым Гольджи. Представляет собой систему плоских цистерн, которые построены из мембран. По краям от цистерн отшнуровываются крупные и мелкие пузырьки. Цистерны располагаются стопками одна над другой и образуют диктиосому. К внутренней части диктиосом примыкают элементы эндоплазматической сети. Вещества, синтезируемые в ЭПС, в мембранных пузырьках доставляются в комплекс Гольджи. Здесь образуются комплексы органических веществ, эти вещества дорабатываются, концентрируются, а затем используются или самой клеткой, или выводятся за ее пределы. Образующиеся секреторные пузырьки отделяются от наружной поверхности диктиосом. Пузырьки подходят к плазматической мембране, сливаются с ней и изливают свое содержимое наружу.

Функции комплекса Гольджи:

- 1) модификация секреторного продукта (образование комплексов органических веществ, их доработка и концентрация);
- 2) упаковка секреторного продукта и образование участвующих в экзоцитозе секреторных пузырьков;
- 3) участие в формировании цитоплазматической мембраны и стенок клеток растений после деления;
- 4) образование вакуолей и лизосом.

Лизосомы – мелкие одномембранные органоиды. Представляют собой ограниченные мембраной пузырьки, содержащие гидролитические ферменты: протеазы, липазы, амилазы, нуклеазы. Лизосомы образуются из пузырьков, отделяющихся от комплекса Гольджи, а их ферменты синтезируются в гранулярной ЭПС. Различают:

1. Гетерофагосомы – лизосомы, участвующие в переваривании чужеродных веществ (пищевых частиц), попавших в клетку при фагоцитозе и пиноцитозе. Гетерофагосомы сливаются с эндоцитозными пузырьками, образуя пищеварительную вакуоль, в которой органические вещества расщепляются под действием ферментов до мономеров.

2. Аутофагосомы – лизосомы, участвующие в переваривании отмерших частей самой клетки.

Функции лизосом:

- 1) переваривание веществ, поступивших в клетку путем фаго- и пиноцитоза;
- 2) уничтожение ненужных клетке структур;
- 3) самопереваривание клетки при ее гибели после разрушения мембран лизосом.

Вакуоли – содержатся в растительных клетках и клетках протистов. Вакуоли отграничены мембраной, образуются из расширений ЭПС и пузырьков комплекса Гольджи. В клетках растений вакуоли заполнены клеточным соком, содержащим запасные питательные вещества и продукты жизнедеятельности (алкалоиды, танины, антоцианы). Окружающая вакуоль растений мембрана носит название – тонопласт.

Функции вакуолей растений:

1. Участвуют в поглощении воды.
2. Обеспечивают поддержание тургорного давления, которое поддерживает относительную жесткость растительных клеток.

3. В запасующих тканях растений в вакуолях откладываются запасные питательные вещества.

В клетках пресноводных протистов содержатся сократительные вакуоли, благодаря которым удаляется избыток воды.

Органоиды, имеющие немембранное строение

Рибосома состоит из большой и малой субъединиц, содержащих рибосомальную РНК и белок. Малая субъединица связывается с иРНК и активированными тРНК. В большой субъединице образуются пептидные связи, и происходит присоединение аминокислот к растущей полипептидной цепи. Субъединицы образуются в ядрышке ядра отдельно и объединяются в цитоплазме на иРНК. Часть рибосом связана с мембранами эндоплазматической сети (эти рибосомы синтезируют белки, которые поступают в комплекс Гольджи и секретируются клеткой), а часть свободно располагается в гиалоплазме (на них синтезируются белки для собственных нужд клетки). Рибосомы могут объединяться в комплексы – полирибосомы, где они связаны между собой длинной цепочкой одной иРНК. Собственные рибосомы имеют пластиды и митохондрии. Функция рибосом – трансляция (синтез белка).

Клеточный центр (центросома) – органоид немембранного строения животных клеток, состоящий из двух расположенных перпендикулярно друг к другу центриолей и центросферы (лучистой сферы). Каждая центриоль представляет собой цилиндр, построенный из девяти триплетов микротрубочек. Содержание трубочек описывается формулой – $9 \times 3 + 0$. Это означает, что триплеты располагаются по периферии, а в центре микротрубочки отсутствуют. Центриоли расположены перпендикулярно друг к другу и окружены уплотненным слоем цитоплазмы с радиально расходящимися микротрубочками (центросфера).

Функции клеточного центра:

А. Центриоли участвуют в образовании нитей митотического веретена деления, обеспечивая равноценное распределение генетического материала в анафазе митоза.

Б. Организация микротрубочек цитоплазмы, образующих цитоскелет.

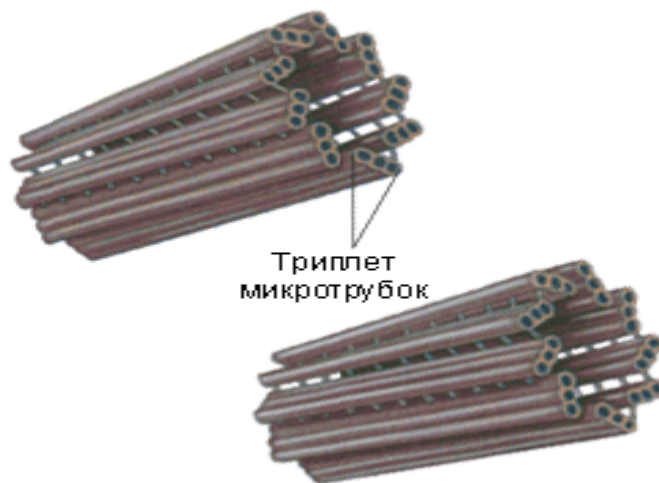


Рисунок 5.– Строение центриоли

Жгутики и реснички – органоиды движения эукариотической клетки. Реснички (10–20 мкм) намного короче жгутиков (около 100 мкм), но они имеют одинаковое строение. Представляют собой окруженные мембраной цитоплазматические отростки, содержащие микротрубочки. 9 дуплетов микротрубочек располагаются по периферии вокруг двух одиночных трубочек, расположенных в центре. Это выражается формулой – $9 \times 2 + 2$. В цитоплазме у основания каждого жгутика и каждой реснички располагается базальное тельце, которое имеет такое же строение, как и центриоль. Базальные тельца обеспечивают организацию микротрубочек, входящих в состав органоидов движения. Движение жгутиков и ресничек обеспечивается скольжением одних микротрубочек относительно других.

Включения – непостоянные структурные компоненты клетки. Различают несколько групп включений:

- 1) трофические включения образуют запасы питательных веществ (капельки жиры, зерна крахмала);
- 2) секреторные включения образуются в клетках желез внешней и внутренней секреции и предназначены для выделения из клетки (гормоны, ферменты);
- 3) экскреторные представляют собой конечные продукты обмена веществ и подлежат выведению из организма (щавелевокислый кальций, мочевая кислота);
- 4) пигментные включения придают окраску различным тканям (в клетках эпидермиса содержится пигмент меланин).

3.7 Клеточное ядро. Хроматин. Хромосомы. Хромосомный набор. Кариотип. Видовая специфичность кариотипа

Одним из основных компонентов клетки является ядро. Клетки могут содержать одно или несколько ядер, форма которых может быть различной (округлой в клетках эпидермиса кожи, овальная в мышечных волокнах, сегментированной в лейкоцитах). Большинство клеток имеют одно ядро, иногда встречаются двуядерные (печень) и многоядерные (поперечно-полосатые мышцы) клетки.

Функции ядра:

- хранение, записанной в ДНК, наследственной информации;
- передача наследственной информации дочерним клеткам при делении;
- регуляция процессов жизнедеятельности клетки.

Компоненты ядра:

- 1) ядерная оболочка (нуклеолема);
- 2) ядерный сок (нуклеоплазма);
- 3) хроматин;
- 4) ядрышко.

Ядерная оболочка состоит из двух мембран, между которыми располагается перинуклеарное пространство. Наружная мембрана связана с эндоплазматической сетью. Расположенные на поверхности наружной мембраны рибосомы синтезируют ядерные белки, поступающие в перинуклеарное пространство. Ядерная оболочка пронизана многочисленными порами (3–4 тысячи), через которые происходит обмен различными веществами между ядром и цитоплазмой. Во время деления клетки ядерная оболочка растворяется, а после деления ядер образуется из мембран эндоплазматической сети. Ядерная оболочка отделяет наследственный материал (хромосомы) от цитоплазмы и регулирует обмен веществ между ядром и цитоплазмой.

Ядерный сок (нуклеоплазма) – по составу близок к гиалоплазме, в нем содержатся белки, различные РНК, свободные нуклеотиды, продукты обмена веществ, субъединицы рибосом. Ядерный сок осуществляет взаимосвязь всех ядерных структур. В нем происходят транскрипция и процессинг (созревание) иРНК.

Ядрышко – непостоянная структура (исчезает в начале деления клетки и появляется к концу деления). В его образовании участвуют хромосомы, которые несут гены, отвечающие за синтез

рРНК. В ядрышке синтезируется рРНК и образуются субъединицы рибосом.

Хроматин – представляет собой разрыхленные деспирализованные хромосомы. Образован сетью тонких нуклеопротеидных нитей, глыбок, гранул и обеспечивает транскрипцию генов. Хроматин содержит около 40% ДНК, 40% белков гистонов (обеспечивают упаковку ДНК), 20% негистоновых белков (к ним относятся белки, ответственные за движение хромосом и белки-ферменты для синтеза ДНК и РНК). Хроматин подразделяют на: гетерохроматин (спирализованный хроматин, располагается преимущественно по периферии ядра и вокруг ядрышек, на нем не может происходить транскрипция). Эухроматин – транскрипционно активная деспирализованная часть хроматина, локализуется в более светлых участках ядра между гетерохроматином.

В делящихся клетках хроматиновые нити спирализуются, уплотняются, упаковываются и образуют хромосомы. Хромосомы формируются в профазе митоза, а изучают их в метафазе, когда они максимально спирализованы и располагаются в плоскости экватора клетки. В это время хромосомы хорошо видны в световой микроскоп.

Метафазные хромосомы состоят из двух сестринских хроматид (удвоение хроматид происходит в синтетический период интерфазы), соединенных друг с другом в области первичной перетяжки – центромеры. Хроматиды в анафазе отделяются друг от друга, причем каждая становится одной из двух дочерних хромосом.

Центромера делит хромосому на два плеча. В зависимости от расположения центромеры хромосомы бывают:

- 1) *равноплечие* – центромера расположена по середине, хромосома имеет плечи равной длины;
- 2) *неравноплечие* – центромера смещена от центра хромосомы и одно плечо короче другого;
- 3) *палочковидные* – центромера расположена у края хромосомы.

Мельчайшими структурными компонентами хромосомы являются нуклеопротеидные микрофибриллы (комплекс ДНК, связанной с белками), которые определенным образом упаковываются и спирализуются. Хромосомы характеризуются (правила хромосом):

1. *Постоянством числа хромосом.* Каждый вид растений и животных имеет определенное и постоянное число хромосом – видовая специфичность кариотипа (у человека – 46, у шимпанзе – 48, мушки дрозофилы – 8).

2. *Парностью хромосом в диплоидном наборе.* В соматических клетках с диплоидным набором каждая хромосома имеет такую же парную гомологичную хромосому, одинаковую по размерам, форме, но разную по происхождению. Одна хромосома в паре – отцовская, другая – материнская.

3. *Индивидуальностью хромосом.* Хромосомы одной пары отличаются от хромосом других пар размерами, формой и расположением центромеры.

4. *Образованием дочерних хромосом при делении материнской хромосомы.* Перед делением клетки происходит редупликация ДНК, в результате образуются две молекулы ДНК, из которых получаются две сестринские хроматиды. Во время деления в дочерние клетки попадает по одной хроматиде (дочерней хромосоме). Таким образом, каждая хромосома образуется при делении материнской хромосомы.

Все хромосомы подразделяют на аутосомы и половые хромосомы.

Половые хромосомы – это пара хромосом, различная у мужского и женского полов. Половые хромосомы определяют формирование признаков, характерных мужскому и женскому организмам. В соматической клетке 2 половые хромосомы, а в половой – 1.

Аутосомы – это хромосомы, одинаковые у мужского и женского полов. В соматической клетке человека 44 аутосомы, а в половой – 22.

В соматических клетках присутствует диплоидный ($2n$) набор хромосом, где каждая хромосома имеет себе гомологичную (парную), а в половых клетках – гаплоидный (n).

Совокупность всех хромосом клетки, характеризующаяся их числом, размером и формой, называется *кариотипом*.

Таблица 4. – Содержание хромосом в клетках

<i>ХРОМОСОМЫ ЧЕЛОВЕКА</i>			
<i>Клетка</i>	<i>Хромосомы</i>	<i>Половые хромосомы</i>	<i>Аутосомы</i>
Соматическая ($2n$) клетка	46	2	44

Половая (n) клетка	23	1	22

<i>ХРОМОСОМЫ КРОЛИКА</i>			
<i>Клетка</i>	<i>Хромосомы</i>	<i>Половые хромосомы</i>	<i>Аутосомы</i>
Соматическая (2n) клетка	44	2	42
Половая (n) клетка	22	1	21
<i>ХРОМОСОМЫ ШИМПАНЗЕ</i>			
<i>Клетка</i>	<i>Хромосомы</i>	<i>Половые хромосомы</i>	<i>Аутосомы</i>
Соматическая (2n) клетка	48	2	46
Половая (n) клетка	24	1	23

3.8 Особенности строения прокариотической и эукариотической клеток

Прокариоты – это организмы, у которых нет ядра. К ним относятся бактерии и цианобактерии (сине-зеленые водоросли). Основные признаки прокариот:

- 1) отсутствует ядро, вместо ядра имеется его эквивалент – нуклеоид, лишенный ядерной оболочки и состоящий из одной молекулы двухцепочечной ДНК, замкнутой в кольцо;
- 2) нет белков гистонов, которые упаковывают ДНК;
- 3) ДНК не имеет мозаичного строения, то есть, между генами нет неинформативных участков;
- 4) трансляция быстро следует за транскрипцией, нет созревания (процессинга) иРНК;
- 5) отсутствуют органоиды, имеющие мембранное строение,
- 6) отсутствует клеточный центр;
- 7) есть рибосомы;
- 8) есть мезосомы (впячивания плазматической мембраны), выполняющие функции мембранных органоидов;
- 9) органоиды движения (жгутики) не покрыты цитоплазматической мембраной;
- 10) характерно прямое бинарное деление.

Эукариоты – это организмы, клетки которых имеют оформленное ядро, отграниченное от цитоплазмы ядерной оболочкой. К эукариотам относятся протисты, животные, растения и грибы. У эукариот:

- 1) присутствует ядро, отграниченное от цитоплазмы двумембранной ядерной оболочкой;
- 2) ДНК связана с белками – гистонами, образуя хроматин, который при делении клеток превращается в хромосомы;
- 3) ДНК имеет мозаичное строение, то есть, гены имеют экзоны (информативные участки) и интроны (неинформативные участки);
- 4) у эукариот в ядре происходит созревание иРНК – процессинг (неинформативные участки вырезаются с помощью ферментов, а информативные сшиваются);
- 5) имеются все органоиды цитоплазмы, имеющие мембранное и немембранное строение;
- 6) органоиды движения – жгутики и реснички – покрыты цитоплазматической мембраной;
- 7) клетки эукариот делятся путем митоза.

Таблица 5. – Особенности строения клеток растений, животных и грибов.

<i>Признак</i>	<i>Растительная клетка</i>	<i>Животная клетка</i>	<i>Клетка грибов</i>
Клеточная стенка	Клеточная стенка из целлюлозы	Отсутствует	Клеточная стенка из хитина
Наличие вакуолей	Крупная вакуоль, заполненная клеточным соком	Отсутствуют	Много обычно мелких вакуолей
Наличие пластид	Хлоропласты, хромопласты, лейкопласты	Отсутствуют	Отсутствуют
Наличие центриолей	Отсутствуют, за исключением некоторых мхов	Имеются	Отсутствуют
Способ питания	Автотрофный	Гетеротрофный	Гетеротрофный
Резервный питательный углевод	Крахмал	Гликоген	Гликоген

3.9 Обмен веществ и энергии в клетке – основа жизнедеятельности клетки. Взаимосвязь процессов ассимиляции и диссимиляции

Обмен веществ (метаболизм) – это совокупность протекающих в живых организмах химических превращений, обеспечивающих рост организмов, процессы их жизнедеятельности, воспроизведение, постоянный контакт и обмен с окружающей средой.

Обмен веществ – это одно из основных свойств живых организмов. Обмен веществ включает:

1. Пластический обмен (ассимиляция или анаболизм) – все реакции биосинтеза, происходящие в организме. Эти реакции идут с поглощением энергии.
2. Энергетический обмен (диссимиляция или катаболизм) – совокупность реакций ферментативного расщепления органических соединений (белков, жиров, углеводов) и образования соединений, богатых энергией (АТФ).

По типу питания живые организмы делятся на две группы: автотрофы и гетеротрофы.

Автотрофы – организмы, синтезирующие из неорганических соединений органические за счет солнечной энергии (фотосинтезирующие) или энергии химических связей (хемосинтезирующие). К ним относятся зеленые растения и некоторые бактерии.

Гетеротрофы – организмы, использующие в виде пищи готовые органические вещества из окружающей среды, они не способны синтезировать органические соединения из неорганических. К ним относятся грибы, животные, многие бактерии.

Основным источником энергии для всех живых организмов, живущих на Земле, служит энергия солнечного света, которую используют растения в процессе фотосинтеза, в результате которого из неорганических соединений синтезируются органические соединения.

Органические вещества, синтезируемые автотрофами, используются гетеротрофами для получения энергии, необходимой для процессов жизнедеятельности. Эта энергия поставляется в процессе энергетического обмена. Энергия накапливается в виде молекул АТФ и используется гетеротрофами для биосинтеза собственных белков, углеводов, жиров, нуклеиновых кислот.

Реакции пластического и энергетического обмена в организме тесно связаны, являются основным условием жизни клетки. Это противоположные стороны единого процесса обмена веществ. Для реакций биосинтеза нужна энергия, которая поставляется в процессе энергетического обмена. При энергетическом обмене с выделением энергии расщепляются органические соединения, образовавшиеся в результате ассимиляции. Для протекания реакций энергетического обмена необходим постоянный синтез ферментов и структур органоидов, которые в процессе жизни постепенно разрушаются.

В разные периоды жизни организма могут преобладать процессы ассимиляции или диссимиляции. Так, в растущем организме преобладают процессы ассимиляции, а в стареющем – диссимиляции.

Фотосинтез – синтез первичного органического вещества

Пластический обмен – это совокупность всех реакций биосинтеза, которые происходят в организме. К нему относятся фотосинтез, синтез белков, жиров, углеводов и нуклеиновых кислот.

Фотосинтезом называется процесс синтеза органических веществ из неорганических за счет энергии солнечного света. Этот процесс происходит в зеленых пластидах – хлоропластах – при участии хлорофилла. Общее уравнение процесса фотосинтеза: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{свет}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

Процесс фотосинтеза – это цепь окислительно-восстановительных реакций, в ходе которых происходит восстановление углекислого газа до глюкозы. Он протекает в две фазы: световую и темновую.

Световая фаза фотосинтеза происходит на мембранах гран хлоропластов только на свету. Обеспечивается двумя фотосистемами (фотосистема 2 – P_{680} ; фотосистема 1 – P_{700}). В световую фазу под влиянием фотонов солнечного света происходит переход электронов атома магния в молекуле хлорофилла на более высокий энергетический уровень. Электроны приобретают при этом энергию, которую они передают другим соединениям, а сами выстраиваются на наружной поверхности мембраны тилакоидов. В это же время под действием света происходит фотолиз воды с образованием H^+ и OH^- . Ионы гидроксила отдают свои электроны на восстановление магния и превращаются в радикалы OH , которые взаимодействуют между собой, образуя воду и свободный кислород. Кислород выходит в атмосферу, он является побочным продуктом реакций фотосинтеза. Ионы H^+ (протоны) накапливаются на внутренней поверхности мембраны внутри тилакоидов, электроны – на наружной поверхности мембраны. Создается разность потенциалов. Когда разность потенциалов достигает критического уровня (200 мВ), протоны водорода H^+ проходят через каналы фермента АТФ-синтетазы, встроенной в мембрану тилакоидов, и соединяются с электронами на наружной поверхности мембраны с образованием атомов H . Выделяющаяся при этом энергия идет на синтез АТФ из АДФ и фосфорной кислоты с участием фермента АТФ-синтетазы. Биохимический механизм, с помощью которого осуществляется превращение энергии электронтранспортной цепи в энергию АТФ, включающее изменение электрохимического мембранного потенциала называется – хемиосмос. Атомы водорода (H) соединяются с коферментом НАДФ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат) и восстанавливают его до НАДФН₂ ($НАДФ \cdot H + H^+$). НАДФ выполняет роль промежуточного переносчика водорода. (НАДФ)

Таким образом основными событиями световой фазы являются: фотолиз воды, выделение кислорода, синтез АТФ, хемиосмос и восстановление НАДФ до НАДФН₂.

Далее наступает *темновая фаза* фотосинтеза, протекающая в строме хлоропластов, для которой свет не нужен. В этой фазе за счет энергии макроэргических связей АТФ, синтезированной в све-

товой фазе, происходит синтез сложных органических соединений. Органические соединения синтезируются из CO_2 , поступающего из воздуха, и водорода, который в строму приносит НАДФН₂. При этом НАДФН₂ окисляется до НАДФ. Процесс синтеза углеводов происходит циклично и называется циклом Кальвина (C_3 -цикл). Конечным продуктом этого цикла является фосfogлицериновый альдегид (ФГА), который используется для:

- 1) синтеза глюкозы, которая затем превращается в крахмал;
- 2) синтеза аминокислот, путем присоединения аминогрупп;
- 3) синтеза жирных кислот.

На скорость фотосинтеза оказывают влияние: количество падающего света, наличие влаги, минеральных солей, концентрация CO_2 , температура.

Способы фиксации CO_2 в темновой фазе фотосинтеза у различных растений:

1. C_3 растения (большинство произрастающих растений в умеренном климате) – акцептором CO_2 у них является рибулозодифосфат.
2. C_4 растения (кукуруза, сахарный тростник, сорго) – акцептором CO_2 у них является фосфенолпироват (фосфенолпировиноградная кислота).
3. САМ растения (кактусы, молочаи, толстянковые и другие суккуленты пустынь) – акцептором CO_2 у них являются органические кислоты.

Значение фотосинтеза:

1. При фотосинтезе растениями синтезируются органические вещества из неорганических. Эти органические вещества используются гетеротрофами для питания.
2. В процессе фотосинтеза поглощается углекислый газ, а выделяется кислород, который все живые организмы используют для дыхания.

Генетический код и его свойства. Биосинтез белка.

Реакции матричного синтеза

Биосинтез белков происходит в цитоплазме клеток на рибосомах. Информация о структуре белка записана в молекуле ДНК, которая у эукариот находится в ядре и отделена ядерной оболочкой от цитоплазмы, где происходит синтез белка.

Участок молекулы ДНК, содержащий информацию о первичной структуре белка, называется геном. Ген у эукариот имеет мозаичное строение, в нем есть информационные участки – экзоны (ко-

дирующие последовательности нуклеотидов, определяющие последовательность аминокислот в белке), и неинформационные участки – интроны (некодирующие последовательности между экзонами). Информация о структуре белка в молекуле ДНК записана с помощью генетического кода.

Генетический код – это система записи наследственной информации в виде последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК и иРНК, несущая информацию о последовательности расположения аминокислот в молекуле белка.

Свойства генетического кода:

1. Триплетность – каждая из аминокислот закодирована тремя последовательно расположенными нуклеотидами. Эти три нуклеотида называются триплетом или кодоном. Кодон – последовательность из трех смежных нуклеотидов молекулы ДНК и иРНК, кодирующая какую-либо аминокислоту или окончание (терминацию) полипептидной цепи. Например: фрагмент иРНК ААА ГГГ ЦЦА ЦЦЦ кодирует пептид из четырех аминокислот.

2. Вырожденность (множественность) – одна аминокислота может быть закодирована двумя или более кодонами (это объясняется существованием 4 нуклеотидов, которыми можно создать 64 различные комбинации по 3 нуклеотида – $4^3 = 64$, а аминокислот, входящих в состав белка, только 20). Например, аминокислота фенилаланин может кодироваться триплетами УУУ и УУЦ. Одним триплетом шифруются только аминокислоты: метионин, который кодируется только триплетом АУГ, и триптофан – УГГ.

3. Однозначность (специфичность) – один кодон шифрует только одну аминокислоту. Так, кодон ГГА кодирует только аминокислоту глицин, ЦГА – аргинин.

4. Универсальность – генетический код одинаков у всех живых организмов. Так, кодон ГГА кодирует аминокислоту глицин у всех живых организмов.

5. Однонаправленность – информация считывается в одном направлении.

6. Неперекрываемость – один нуклеотид не может входить одновременно в состав двух соседних триплетов.

7. Непрерывность. В генетическом коде нет знаков препинания. Считывание информации начинается со стартовых (инициирующих) триплетов – АУГ (эукариоты) или ГУГ (прокариоты), а заканчивается триплетами-терминаторами (УАА, УАГ, УГА), которые обо-

значаютокончание синтеза полипептидной цепи. Триплеты-терминаторы находятся в конце каждого гена. Вставка или выпадение одного нуклеотида приводит к сдвигу на один нуклеотид всех триплетов.

ДНК непосредственного участия в синтезе белков не принимает. Информацию о структуре белка в цитоплазму несет иРНК, которая по принципу комплементарности строится на матрице ДНК при участии фермента РНК-полимеразы. Участок гена, к которому присоединяется РНК-полимераза, называется промотором. Переписывание информации с ДНК на иРНК (построение иРНК на матрице ДНК) называется *транскрипцией*. Переписывается одна нить молекулы ДНК, которая называется кодогенной, или транскрибируемой. Если в переписываемой нити ДНК стоит гуаниловый нуклеотид (Г) с азотистым основанием гуанин, то фермент РНК-полимераза включает в РНК цитидиловый нуклеотид (Ц), содержащий цитозин; если тимидиловый нуклеотид (Т) с азотистым основанием тимин – то адениловый нуклеотид (А) с азотистым основанием аденин; если адениловый нуклеотид (А) – то урациловый нуклеотид с азотистым основанием урацил (У). По длине каждая из молекул иРНК в сотни раз короче ДНК.

Таблица 6. – Генетический код (соответствие кодонов иРНК и аминокислот). Не для запоминания.

1-й нуклеотид	2-й нуклеотид				3-й нуклеотид
	У	Ц	А	Г	
У	ФЕН ФЕН ЛЕЙ ЛЕЙ	СЕР СЕР СЕР СЕР	ТИР ТИР – –	ЦИС ЦИС – ТРИ	У Ц А Г
Ц	ЛЕЙ ЛЕЙ ЛЕЙ ЛЕЙ	ПРО ПРО ПРО ПРО	ГИС ГИС ГЛН ГЛН	АРГ АРГ АРГ АРГ	У Ц А Г
А	ИЛЕ ИЛЕ ИЛЕ МЕТ начало	ТРЕ ТРЕ ТРЕ ТРЕ	АСН АСН ЛИЗ ЛИЗ	СЕР СЕР АРГ АРГ	У Ц А Г

Продолжение таблицы 6

Г	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛИ	У
	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛИ	Ц
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛИ	А
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛИ	Г
	начало				

АЛА – аланин;

АСН – аспарагин;

ВАЛ – валин;

ГЛИ – глицин;

ИЛЕ – изолейцин;

ЛИЗ – лизин;

МЕТ – метионин;

СЕР – серин;

ТРЕ – треонин;

ЦИС – цистеин.

АРГ – аргинин;

АСП – аспарагиновая кислота;

ГИС – гистидин;

ГЛН – глутамин;

ЛЕЙ – лейцин;

ГЛУ – глутаминовая кислота;

ПРО – пролин;

ТИР – тирозин;

ТРИ – триптофан;

ФЕН – фенилаланин;

Информационная РНК переписывает информацию только части молекулы ДНК – одного гена, несущего информацию о структуре белка. У эукариот при этом частично переписываются и спейсеры. Эта иРНК не может проникнуть через поры в ядерной оболочке, она незрелая (пре-иРНК), поэтому в ядре происходит ее *процессинг* – созревание (вырезание неинформационных участков и сшивание информационных), в результате чего РНК укорачивается. Зрелая иРНК проходит через поры в ядерной оболочке и направляется к месту синтеза белка (к рибосоме). Информация закодирована в виде триплетов. Один триплет (кодон) кодирует место одной аминокислоты в белковой молекуле, а последовательность триплетов кодирует последовательность аминокислот в белковой молекуле. Перевод информации с последовательности кодонов иРНК в последовательность аминокислот молекулы белка (построение молекулы белка на матрице иРНК) называется *трансляцией*. В иРНК существуют триплеты: иницирующий – АУГ (определяет начало синтеза белка) и терминирующие: УАГ, УАА, УГА.

Одновременно в рибосоме помещается 2 триплета: один – в пептидильном, другой – в аминоацильном (аминокислотном) центре рибосомы. В аминоацильный центр во время синтеза белка приходят тРНК, с аминокислотами, а в пептидильном центре образуется пептидная связь между аминокислотами и находится образующийся полипептид.

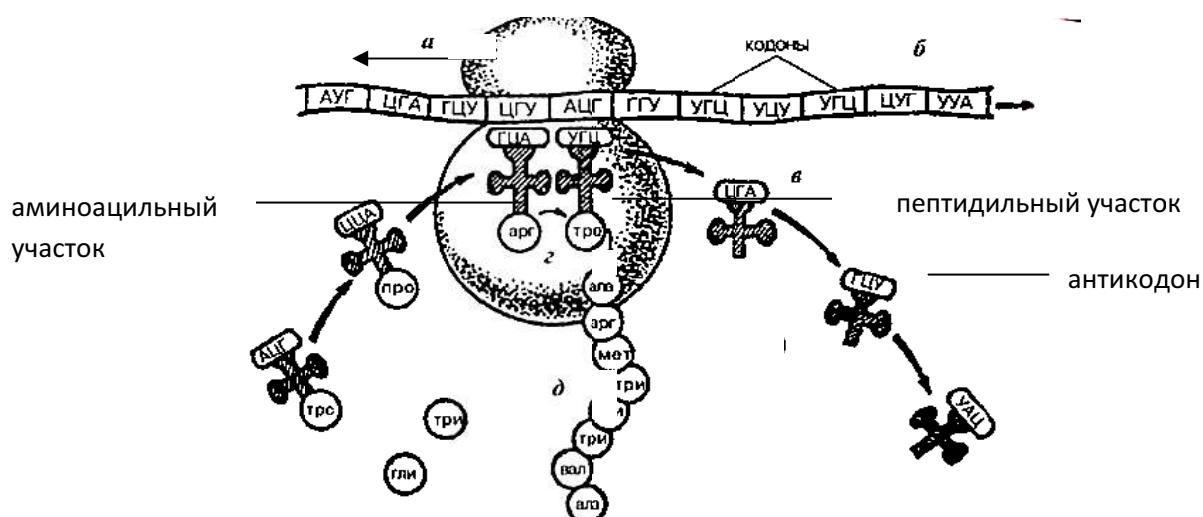


Рисунок 6.— Схема биосинтеза белка

В цитоплазме клетки всегда находятся различные аминокислоты и соответствующие им тРНК. тРНК имеют два важных участка: к одному из них прикрепляется определенная аминокислота, а другой, называемый антикодон, содержит триплет нуклеотидов, комплементарный кодону иРНК. С помощью специфических ферментов аминокислоты узнаются, активируются и присоединяются к тРНК, которая переносит их к месту синтеза белка в рибосому. При этом по принципу комплементарности кодоны иРНК вступают в связь с антикодонами тРНК. Например, если в иРНК будет располагаться кодон АУГ, то к нему подойдет тРНК с комплементарным антикодоном УАЦ. После этого между аминокислотами, находящимися в двух центрах рибосомы, происходит образование пептидной связи. Затем тРНК, находящаяся в пептидном центре, покидает рибосому и «уходит» в цитоплазму за другой аминокислотой, а рибосома передвигается на следующий триплет. Образовавшийся дипептид располагается в пептидном центре, а в освободившийся аминоацильный центр рибосомы, приходит новая тРНК с аминокислотой. Так происходит считывание информации. Когда рибосома окажется на терминирующем триплете, синтез белка заканчивается. В секунду соединяются друг с другом до 50 аминокислот. Поэтому синтез одной молекулы белка длится всего 3–5 с. Для протекания всех этапов синтеза необходима энергия, которая поставляется за счет расщепления АТФ.

После образования первичной структуры формируется вторичная, третичная, четвертичная структуры белка, и он начинает выполнять свои функции.

Реакции матричного синтеза

Это реакции, где одно химическое соединение служит матрицей для построения другого (удвоение молекулы ДНК, транскрипция, обратная транскрипция, трансляция).

Энергетический обмен. Гликолиз. Клеточное дыхание

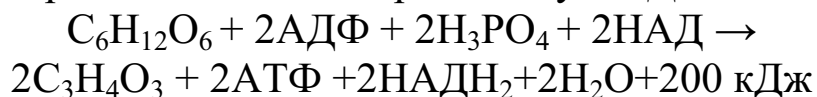
Для жизни клетки, роста, синтеза органических веществ необходима энергия, ее клетки получают при расщеплении органических веществ.

Энергетический обмен (диссимиляция) – совокупность реакций ферментативного расщепления органических соединений (белков, жиров, углеводов) и образования соединений, богатых энергией (АТФ).

При энергетическом обмене сложные органические вещества превращаются в простые органические и неорганические. Этот процесс включает три этапа.

Первый этап – подготовительный – протекает в цитоплазме клеток растений, в желудочно-кишечном тракте животных в процессе пищеварения, когда сложные органические соединения расщепляются под действием ферментов на простые: жиры на глицерин и жирные кислоты, полисахариды на моносахариды, белки на аминокислоты. Этот процесс сопровождается выделением небольшого количества энергии, которая рассеивается в виде тепла.

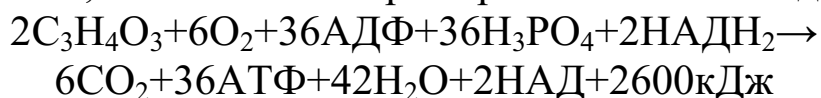
Второй этап – бескислородный (анаэробный) – идет в цитоплазме клеток вне митохондрий. На этом этапе мономеры, образовавшиеся на подготовительном этапе, расщепляются без участия кислорода с выделением энергии. Примером такого процесса служит гликолиз, при котором молекула глюкозы расщепляется до двух молекул пировиноградной кислоты. При этом выделяется 200 кДж энергии, из которых 40% накапливается в 2 молекулах АТФ (80 кДж), а 60% (120 кДж) рассеивается в виде тепла. На этом этапе кислород не участвует. Атомы водорода присоединяются к переносчику НАД.



Дальнейшая судьба пировиноградной кислоты у разных организмов различна. Дрожжи в отсутствие кислорода образуют этиловый спирт (спиртовое брожение). У молочнокислых бактерий и в некоторых клетках животных (мышечных) пировиноградная кислота при недостатке кислорода может восстанавливаться до молочной кислоты (молочнокислое брожение).

У анаэробных организмов этот этап является конечным. Он относительно неэффективен, так как конечные продукты содержат в себе еще большое количество энергии.

Третий этап – кислородный – проходит только в аэробных организмах. Протекает на кристах митохондрий и представляет собой ряд последовательно идущих реакций расщепления, каждая из которых катализируется определенным ферментом. Для протекания этого этапа необходим кислород. Пировиноградная кислота расщепляется до углекислого газа и воды, при этом выделяется около 2600 кДж энергии. Из этой энергии 1440 кДж накапливается в 36 молекулах АТФ, а остальная энергия рассеивается в виде тепла.



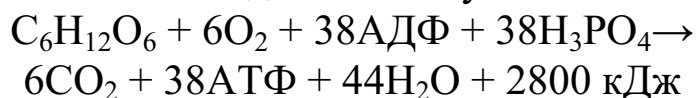
Этот процесс проходит три основные стадии:

1. Окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты.

2. Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса), в котором при расщеплении 2 молекул пировиноградной кислоты образуется 2 молекулы АТФ.

3. Электротранспортная цепь, в которой в результате переноса ионов водорода через внутреннюю мембрану митохондрий (мембрану крист) синтезируется 34 молекулы АТФ. Протоны водорода (H^+), отщепляются от НАД и переносятся на наружную поверхность мембран крист. Электроны (e^-) от атомов водорода по цепи дыхательных ферментов переносятся в матрикс на молекулярный кислород (кислород выполняет функцию акцептора электронов). На внутренней мембране митохондрий возникает разность потенциалов. Когда разность потенциалов достигает 200 мВ, начинается перенос протонов через фермент АТФ-синтетазу, встроенную во внутреннюю мембрану. При этом выделяется энергия, которая идет на синтез АТФ.

Таким образом, вместе бескислородный и кислородный этапы приводят к накоплению в виде 38 молекул АТФ 1520 кДж энергии.



Синтезированная в митохондриях АТФ по каналам эндоплазматической сети поступает в рибосомы и другие органоиды. Там АТФ превращается в АДФ и отдает накопленную энергию на синтез белков, жиров и углеводов.

3.10 Клеточный цикл. Подготовка клетки к делению. Прямое и косвенное деление клетки. Митоз, биологическая сущность и значение митоза

Все клетки возникают путем деления ранее существовавших клеток. Различают несколько способов деления клеток.

Амитоз – прямое деление клетки, при котором сохраняется интерфазное состояние ядра. Ядро делится путем перетяжки на две примерно равные части без спирализации хромосом. Амитоз встречается в клетках эпителия, скелетной мускулатуре, а также в других клетках при некоторых заболеваниях (например, в клетках злокачественных опухолей).

Митоз – косвенное деление клеток, при котором происходит точное распределение хромосом, содержащих ДНК, между дочерними клетками.

Мейоз – разновидность митоза – особый способ деления клеток, в результате которого уменьшается число хромосом вдвое, и клетки переходят из диплоидного состояния в гаплоидное.

Клеточный (жизненный) цикл – период существования клетки от момента ее образования в результате деления материнской клетки до собственного деления или смерти.

Митотический цикл – это совокупность процессов, происходящих в клетке в период подготовки клетки к делению и во время деления. В непрерывно размножающихся клетках клеточный цикл совпадает с митотическим.

Митотический цикл включает:

1) интерфазу, состоящую из пресинтетического, синтетического и постсинтетического периодов; 2) само деление (митоз).

Пресинтетический или постмитотический (G_1) период идет сразу за делением. В этот период синтезируются РНК, различные белки, АТФ, увеличивается число органоидов. Клетка растет и выполняет свои функции. Она содержит диплоидный набор деспирализованных хромосом, каждая хромосома состоит из одной хроматиды. Содержание генетического материала будет $2n2c$ (n – количество хромосом в гаплоидном наборе, c – содержание ДНК в гаплоидном наборе хромосом).

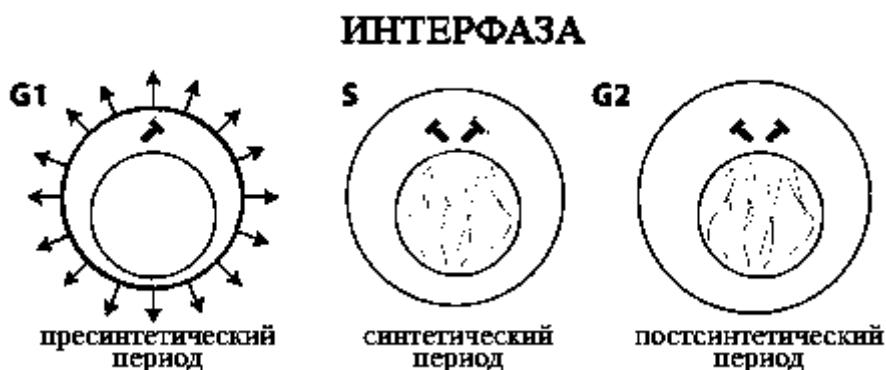


Рисунок 7. – Схема интерфазы

В *синтетический* период (S) происходит репликация (удвоение) молекул ДНК под действием фермента ДНК-полимеразы, а также синтез РНК и белков. К концу периода хромосомы из однохроматидных становятся двуххроматидными, и содержание генетического материала будет $2n4c$.

В *постсинтетический* или *премитотический* период (G_2) клетка запасается энергией, продолжается синтез РНК и белков (синтезируются белки веретена деления), содержание генетического материала остается прежним – $2n4c$.

Митоз – не прямое деление клеток. Митозом делятся соматические клетки, в результате чего дочерние клетки получают такой же набор хромосом, какой имела материнская клетка. В митозе выделяют несколько фаз: профазу, метафазу, анафазу, телофазу.

В *профазе* происходит спирализация хроматина и формирование хромосом, которые к концу профазы становятся видимыми; исчезает ядрышко; растворяется ядерная оболочка; хромосомы неупорядоченно располагаются в цитоплазме; каждая хромосома состоит из двух хроматид, которые соединены в области центромеры; центриоли расходятся к полюсам клетки, из микротрубочек формируется веретено деления ($2n4c$).

В *метафазе* завершается формирование веретена деления; хромосомы максимально спирализованы и упорядоченно располагаются в плоскости экватора (образуется экваториальная пластинка или экваториальная звезда); каждая хромосома состоит из двух хроматид, которые соединены в области центромеры. К центромерам прикрепляются нити веретена деления. В этой фазе проводят изучение и подсчет хромосом ($2n4c$).

В *анафазе* каждая хромосома делится в области центромеры на две хроматиды (дочерние хромосомы). Сокращаясь, нити веретена деления растягивают сестринские хроматиды к противоположным полюсам клетки. Генетический материал в клетке – $4n4c$ (по $2n2c$ у полюсов).

В *телофазе* происходят события обратные профазе: хромосомы деспирализуются и становятся невидимыми в световой микроскоп; формируются ядерная оболочка и ядрышко; исчезает веретено деления. В это же время идет деление цитоплазмы (цитокинез): путем перетяжки в животных клетках или путем построения из мембраны перегородки в клетках растений. Органоиды при этом распределяются между клетками относительно равномерно. Содержание генетического материала в каждой образовавшейся клетке – $2n2c$ (до цитокинеза – $4n4c$).

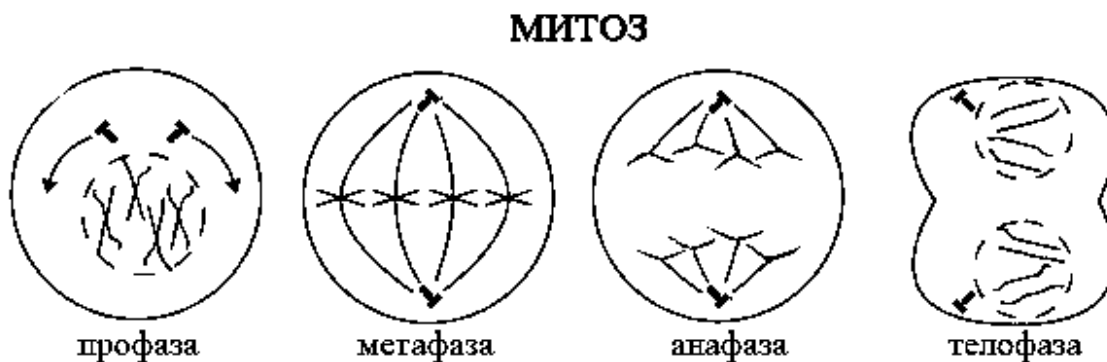


Рисунок 8. – Схема митоза

Биологическое значение митоз

1. В результате митоза дочерние клетки получают такой же набор хромосом, какой был у материнской клетки, что обеспечивает поддержание постоянного числа хромосом и сохранение одинакового набора генетического материала во всех клеточных поколениях.
2. Митоз обеспечивает эмбриональное развитие, рост организма, процессы регенерации тканей и органов.
3. У одноклеточных митоз приводит к увеличению числа особей.

3.11 Мейоз и его биологическое значение

Мейоз – особый способ деления клеток, в результате которого уменьшается число хромосом вдвое, и клетки переходят из диплоидного состояния в гаплоидное.

Мейоз состоит из двух последовательных делений: первого и второго, причем удвоение ДНК происходит только в синтетический период интерфазы перед первым делением. Основные события, происходящие в интерфазе, те же, что происходят в интерфазе митоза. В мейоз так же, как и в митоз, вступают клетки с хромосомами, состоящими из двух хроматид ($2n4c$). В каждом делении мейоза клетки проходят такие же фазы, что и при митозе: профазу, метафазу, анафазу, телофазу.

В *профазе 1* мейоза происходит спирализация хромосом; гомологичные хромосомы попарно соединяются, образуя биваленты (структуры, состоящие из двух хромосом, четырех хроматид). Тесное соединение двух гомологичных хромосом по всей длине называется *конъюгацией*; образуются перекресты конъюгирующих хромосом, что приводит к обмену участками между ними, это явление называется *кроссинговер*. Исчезает ядрышко; растворяется ядерная оболочка; центриоли расходятся к полюсам клетки, формируется веретено деления ($2n4c$).

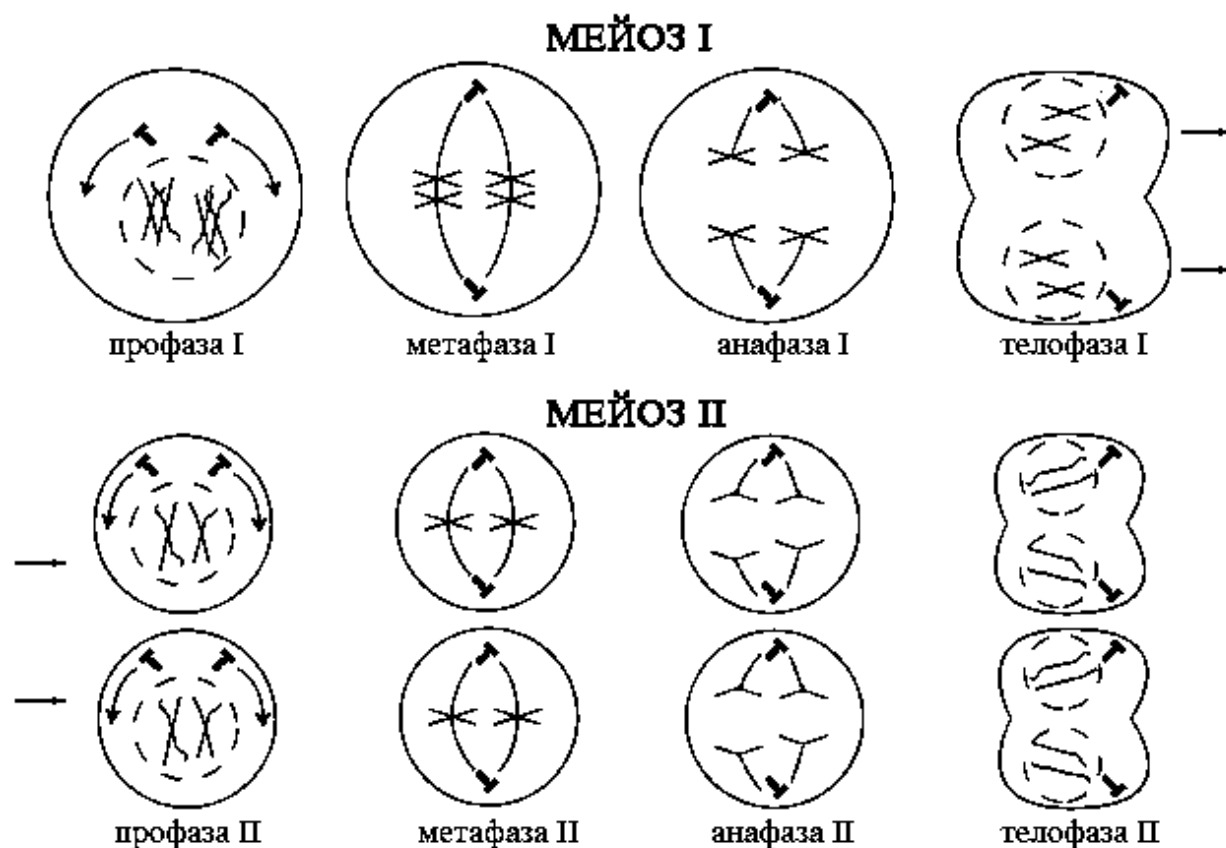


рисунок 9. – Схема мейоза

В *метафазе* 1 мейоза хромосомы максимально спирализованы и располагаются попарно (бивалентами) в плоскости экватора ($2n4c$).

В *анафазе* 1 мейоза биваленты делятся надвое и за счет сокращения нитей веретена деления к полюсам клетки отходят целые хромосомы, состоящие из двух хроматид. Содержание генетического материала в клетке – $2n4c$ (по $n2c$ у каждого полюса).

В *телофазе* 1 мейоза при формировании ядер и делении цитоплазмы в каждую дочернюю клетку попадает только по одной из каждой пары гомологичных хромосом. Хромосомы полностью не деспирализуются. Содержание генетического материала в каждой образовавшейся клетке – $n2c$ (содержание хромосом уже гаплоидное, но каждая из них содержит двойное количество ДНК, т.е. хромосомы двуххроматидные).

После первого деления интерфаза очень короткая (в ней не происходит синтез ДНК), и быстро наступает второе деление. Второе мейотическое деление протекает по типу митоза. В *профазе* 2 мейоза растворяется ядерная оболочка, и спирализованные хромо-

сомы оказываются в цитоплазме; формируется веретено деления ($n2c$). В *метафазе 2* хромосомы располагаются в плоскости экватора; каждая хромосома состоит из двух хроматид ($n2c$). В *анафазе 2* хромосомы делятся в области центромеры на две хроматиды, которые расходятся к полюсам ($2n2c$) (по nc у каждого полюса). В *телофазе 2* образуются 4 гаплоидные клетки, содержание генетического материала в каждой образовавшейся клетке – nc (гаплоидный набор хромосом, каждая из них состоит из одной хроматиды).

Биологическое значение мейоза

1. Мейоз обеспечивает поддержание постоянства числа хромосом во всех поколениях организмов, размножающихся половым путем.

2. Мейоз обеспечивает комбинативную изменчивость организмов:

а) в метафазе 1 образуется большое число различных новых комбинаций негомологичных хромосом; б) в профазе 1 происходит кроссинговер, который также приводит к рекомбинации генетического материала.

3.12 Размножение и индивидуальное развитие организмов. Типы размножения организмов. Бесполое размножение, его формы. Половое размножение

Размножение – универсальное свойство живых организмов воспроизводить себе подобных. Размножение обеспечивает непрерывность и преемственность жизни в ряду поколений, что необходимо для поддержания существования вида. Основными формами размножения организмов являются бесполое и половое.

При бесполом размножении новое поколение образуется из соматических (вегетативных) клеток и является потомком одной родительской особи. Бесполое размножение способствует быстрому увеличению численности особей без повышения их генетического разнообразия. Эта форма размножения обеспечивается способностью к регенерации.

Бесполое размножение одноклеточных. У одноклеточных выделяют следующие формы бесполого размножения:

1. *Деление надвое* встречается у многих одноклеточных организмов (саркодовые).

2. *Шизогония (множественное деление)* встречается среди простейших (малярийный плазмодий).

3. *Почкование* наблюдается у дрожжевых грибов.

4. *Спорообразование* встречается у споровиков (дочерний организм развивается из специализированной клетки-споры).

У многоклеточных различают следующие формы бесполого размножения:

1. Вегетативное размножение встречается у цветковых растений. При этой форме новые особи формируются из вегетативных органов растений (части корня, стебля, листа).

2. Спорообразование наблюдается у водорослей, грибов, папоротников.

3. Фрагментация встречается у плоских червей. Заключается в распаде тела многоклеточного организма на части, каждая из которых дает начало новой особи.

4. Почкование наблюдается у кишечнополостных. Потомок формируется как вырост на теле родителя.

5. Полиэмбриония встречается на ранних этапах эмбрионального развития млекопитающих. У человека приводит к образованию однояйцевых близнецов.

В основе *полового размножения у одноклеточных* лежит половой процесс, который заключается в *обмене генетической информацией* между особями (конъюгация у инфузорий) или *объединению у потомков генетической информации* обоих родителей (копуляция). При конъюгации число особей не увеличивается.

Для участия в половом размножении в родительских организмах вырабатываются специализированные половые клетки – гаметы. Слияние гамет приводит к возникновению зиготы, из которой развивается дочерний организм. Яйцеклетки вырабатываются женскими организмами, а сперматозоиды мужскими. Образование гамет обоих видов в одном организме, называют гермафродитизмом (встречается у плоских червей).

Половое размножение у многоклеточных может происходить с оплодотворением, когда гаметы сливаются, и без оплодотворения (партеногенез). Партеногенез – развитие организма из неоплодотворенного яйца. Например, трутни у пчел образуются из неоплодотворенной яйцеклетки.

Половое размножение приводит к увеличению генетического разнообразия вида, обуславливает значительную комбинативную изменчивость, способствует приспособлению организмов к изме-

няющимся условиям среды, усиливает действие движущего естественного отбора.

3.13 Половые клетки: яйцеклетки и сперматозоиды. Гаметогенез

При половом размножении источником образования нового организма являются половые гаплоидные клетки, образуемые, как правило, двумя родительскими особями (мужской и женской). Гаметы – это половые клетки, обеспечивающие передачу наследственной информации от родителей потомкам. Половые клетки образуются в половых органах.

Мужские половые железы – семенники (яички), в них образуются мужские гаметы – сперматозоиды. Это мелкие, подвижные клетки, состоящие из головки, шейки и хвостика. В головке располагается ядро и акросома (видоизмененный комплекс Гольджи). Акросома содержит ферменты, обеспечивающие проникновение сперматозоида в яйцеклетку. В шейке находятся центриоль и митохондрии. Хвостик дает подвижность сперматозоидам. Сперматозоиды образуются в огромных количествах. При половом акте мужчина выделяет около 200 миллионов сперматозоидов. За время половой жизни он продуцирует сотни миллиардов сперматозоидов.

Женские половые железы – яичники, в них образуются яйцеклетки. Яйцеклетки неподвижны, покрыты оболочками, могут достигать значительных размеров (у страуса 10–11 см в диаметре), в цитоплазме содержат огромное количество питательных веществ. Яйцеклеток образуется меньше, чем сперматозоидов. Их у женщины в течение жизни созревает около 400.

Отличие половых клеток от соматических.

1. В половых клетках гаплоидный набор хромосом, в соматических – диплоидный.
2. Форма и размеры половых клеток отличаются от соматических.

Процесс развития гамет называется гаметогенезом, развитие сперматозоидов – сперматогенез, развитие яйцеклеток – оогенез.

Сперматогенез. Развитие сперматозоидов происходит в стенках извитых канальцев семенников. Развивающиеся клетки проходят несколько периодов.

1. *Период размножения* – сперматогонии (диплоидные клетки – $2n$) делятся митозом на протяжении всей жизни мужчины, ко-

личество их увеличивается. Часть из сперматогоний вступает в период роста.

2. *Период роста* – сперматогонии растут, удваивается ДНК и образуются сперматоциты первого порядка ($2n4c$, интерфаза, предшествующая мейозу).

3. *Период созревания* – в нем проходят два деления мейоза; в результате первого образуются 2 сперматоцита второго порядка ($n2c$); в результате второго деления образуются 4 сперматиды (nc).

4. *Период формирования* – хорошо выражен, из сперматид формируются сперматозоиды.

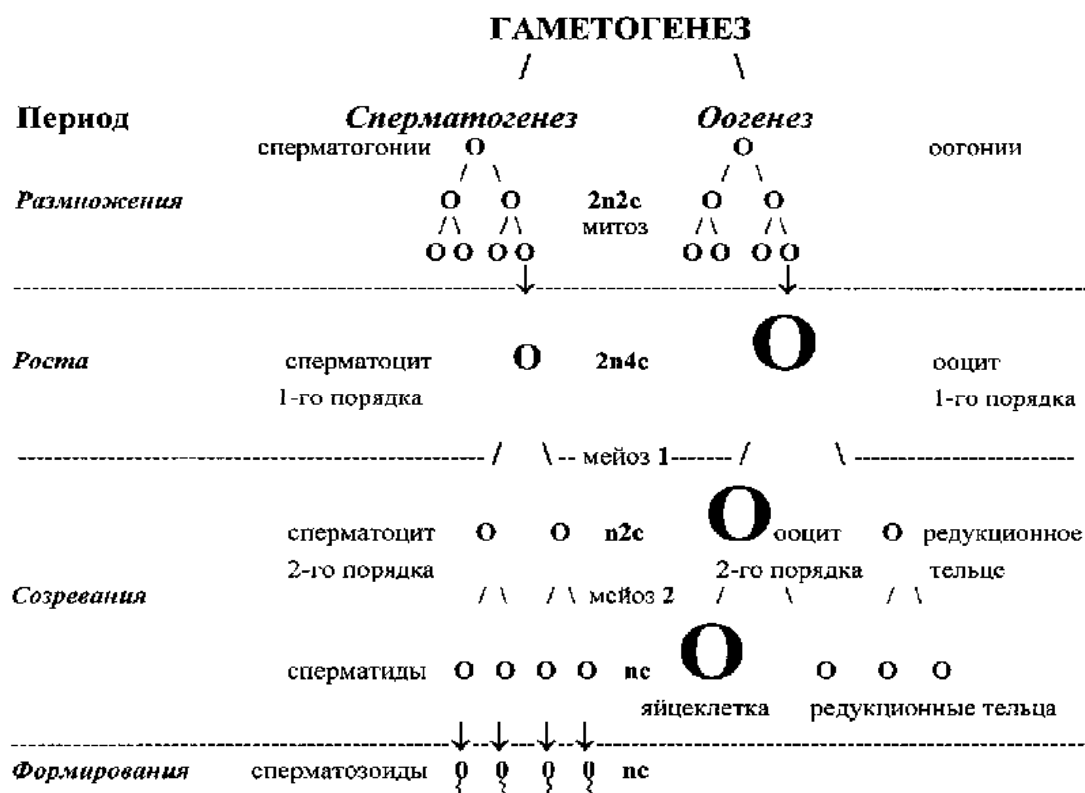


Рисунок 10. – Схема гаметогенеза

Оогенез происходит в яичниках. Включает периоды:

1. *Период размножения* – происходит у человека в эмбриональный период и заканчивается еще до рождения девочки. Оогонии делятся митозом и количество их увеличивается ($2n2c$).

2. *Период роста* – оогонии к моменту рождения превращаются в ооциты первого порядка: удваивается ДНК ($2n4c$), увеличивается размер клеток, накапливаются белки, жиры, углеводы.

3. *Период созревания* – с наступлением половой зрелости ооциты первого порядка вступают в период созревания. Происходят 2 деления мейоза. В результате первого: из ооцита первого порядка образуется ооцит второго порядка ($n2c$) и редукционное (на-

правильное или полярное) тельце ($n2c$). В редукционное тельце уходит избыток хромосомного материала, а запас питательных веществ остается в ооците второго порядка. В результате второго деления образуется яйцеклетка (nc) и три редукционных тельца (nc).

Отличия сперматогенеза от овогенеза

1. При сперматогенезе из одной исходной клетки (сперматогонии) образуется 4 сперматозоида, а при овогенезе из одной овогонии образуется одна яйцеклетка и три редукционных тельца.

2. При сперматогенезе период размножения длится в течение всей жизни мужчины, а при овогенезе – заканчивается еще до рождения девочки.

3.

При сперматогенезе период роста относительно короткий, а при овогенезе – длинный (накапливается запас питательных веществ для будущего зародыша).

4. При сперматогенезе период формирования выражен, при овогенезе – не выражен.

3.14 Оплодотворение, онтогенез, эмбриональное развитие зародыша

Оплодотворением называется процесс соединения двух гамет, в результате чего образуется диплоидная зигота. Оплодотворению предшествует осеменение. Осеменение – процесс, обеспечивающий встречу сперматозоидов и яйцеклеток. Различают:

1) наружное осеменение, когда сперматозоиды и яйцеклетки выбрасываются в воду, где происходит их слияние; характерно для водных животных (рыбы);

2) внутреннее осеменение, при котором самцы с помощью копулятивных органов вводят сперматозоиды в половые пути самки (наземные животные).

Оплодотворение приводит к образованию диплоидной зиготы, которая побуждается к развитию.

У человека оплодотворение происходит в яйцеводах (маточных трубах). При соприкосновении с яйцеклеткой сперматозоид выделяет ферменты гиалуронидазу и муциназу, которые разрушают оболочки яйцеклетки, и сперматозоид проникает в яйцеклетку. После этого образуется оболочка оплодотворения, препятствующая проникновению других сперматозоидов.

После образования зиготы начинается онтогенез – индивидуальное развитие организма.

Онтогенез – процесс индивидуального развития организма с момента образования зиготы до смерти.

Онтогенез подразделяют на два периода: эмбриональный (с момента образования зиготы до выхода из яйцевых оболочек или рождения) и постэмбриональный (от выхода из яйца или рождения до смерти).

Эмбриональное развитие включает три периода:

1. Дробление – начинается с образования зиготы и завершается стадией бластулы.

Во время дробления формируется бластодерма,

2. Гастрюляция – начинается со стадии бластулы и заканчивается образованием гастрюлы.

Во время гастрюляции формируется первичная кишка, первичный рот, экто и энтодерма.

3. Гисто- и органогенез – начинается образованием осевого комплекса органов, а завершается выходом из яйцевых оболочек. Начальный этап гистогенеза – нейруляция – начинается со стадии гастрюлы и завершается формированием осевого комплекса органов, формированием нейрулы.

Дробление. Процесс дробления характеризуется быстро следующими друг за другом митотическими делениями. Образующиеся клетки носят название бластомеры. Образуется 2-4-8-16-32 и т.д. бластомеров. Интерфаза между делениями очень короткая, поэтому клетки не успевают вырастать до прежних размеров, в результате чего происходит постепенное уменьшение размеров бластомеров. Дробление бывает полное, когда дробится вся яйцеклетка (в яйцах, содержащих мало желтка – млекопитающие), и неполное, когда дробится только часть яйцеклетки, содержащая ядро и диск цитоплазмы, а желток остается без изменений (в яйцах, содержащих большое количество желтка – птицы). Дробление у ланцетника полное, образующиеся бластомеры имеют одинаковые размеры. По достижению зародышем 128 бластомеров у ланцетника образуется бластула. *Бластула* – это однослойный зародыш с полостью внутри. Стенка бластулы называется бластодермой, а полость – бластоцель (первичная полость тела).

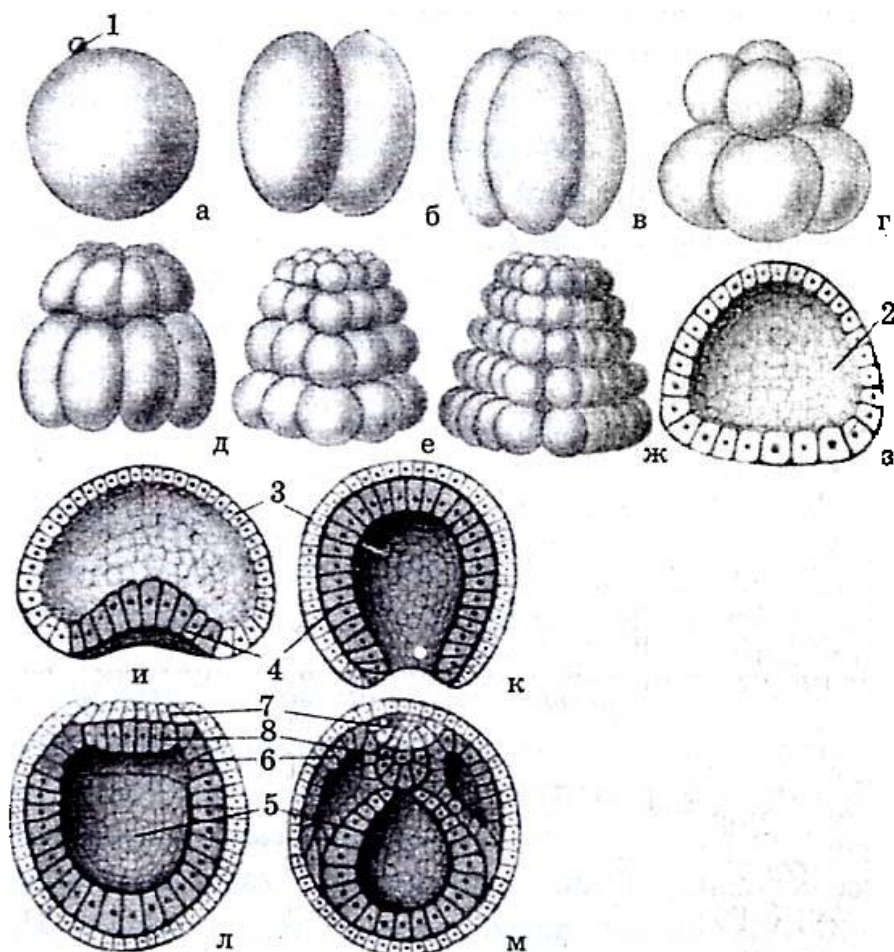


Рисунок 11. – Эмбриональное развитие ланцетника

а – зигота; б-е – дробление; ж – морула; з – бластула; и – гастрюляция;
к – гастрюла; л – нейруляция; м – нейрула.

- 1) формирование зиготы, 2) бластоцель, 3) эктодерма, 4) энтодерма,
5) кишечная трубка, 6) формирование мезодермы,
7) формирование нервной трубки, 8) формирование хорды.

Дробление зиготы человека начинается к концу первых и длится в течение 3–4 суток после оплодотворения, когда зародыш продвигается по маточной трубе к матке. Дробление у человека полное. С первых делений у человека различают два вида бластомеров. Из поверхностно расположенных, более мелких, быстро дробящихся бластомеров впоследствии образуется трофобласт – оболочка, обеспечивающая питание зародыша. Более крупные внутренние бластомеры формируют эмбриобласт, из которого развивается сам зародыш. В результате дробления человека образуется заполненный жидкостью пузырек – бластоциста (бластула). Она включает в себя трофобласт, окружающий полость с жидкостью, и лежащий в полости зародышевый узелок – эмбриобласт.

Гаструляция. Следующий этап – образование двухслойного, а затем трехслойного зародыша – *гаструляция*. У ланцетника гаструляция осуществляется путем впячивания бластодермы в полость бластоцели. *Гаструла* имеет два слоя клеток (зародышевые листки): наружный – эктодерма, и внутренний – энтодерма. Полость гаструлы называется гастрोцель (первичная кишка), а вход в кишку – бластопор (первичный рот). Животные (черви, моллюски), у которых на месте бластопора развивается ротовое отверстие, называются первичноротыми. Хордовых относят ко вторичноротым, поскольку на месте бластопора у них образуется анальное отверстие, а рот развивается на противоположном конце тела. На стадии двух зародышевых листков заканчивают свое развитие двухслойные животные (кишечнополостные). У остальных между экто- и энтодермой образуется третий зародышевый листок – мезодерма, и происходит формирование трехслойной гаструлы. У хордовых это происходит путем образования из энтодермы мезодермальных карманов.

У млекопитающих и человека одновременно с гаструляцией происходит имплантация – внедрение зародыша в стенку матки. Для этого трофобласт выделяет протеолитические ферменты, которые разрушают слизистую оболочку матки.

Гисто- и органогенез. Нейруляция. После завершения гаструляции у хордовых происходит начальный этап гисто- и органогенеза – нейруляция. В это время происходит образование осевого комплекса органов, включающего нервную трубку, хорду и кишечную трубку. Нервная трубка формируется на спинной стороне зародыша из нервной пластинки эктодермы, под ней из энтодермы – хорда и кишечная трубка.

Мезодерма дифференцируется на спинной и брюшной отделы. Спинной отдел мезодермы, лежащий по бокам от нервной трубки и хорды, разделяется на сегменты – сомиты. В брюшном отделе мезодермы, неразделенном на сегменты, выделяют: ножку сомита и спланхнотом. Спланхнотом образован двумя листками, между которыми образуется вторичная полость тела (целом).

Гисто- и органогенез. Каждый зародышевый листок, на этапе гисто- и органогенеза дает начало только определенным органам.

Так из эктодермы развиваются:

– нервная трубка, из которой впоследствии образуется вся нервная система: спинной и головной мозг, периферические нервы, нервные узлы;

– эпидермис (эпителий) кожи и его производные (ногти, волосы, сальные и потовые железы, эмаль зубов, воспринимающие клетки органов зрения, слуха и др).

Из энтодермы развивается:

– эпителий пищеварительной (желудка, кишечника) и дыхательной (трахеи, бронхов, легких, жабр) систем;

– эпителий печени, поджелудочной и щитовидной желез;

– хорда, плавательный пузырь.

Из мезодермы развиваются:

– собственно кожа (дерма);

– скелетная мускулатура;

– кости, хрящи, связки, образующие осевой скелет;

– органы выделения и половые железы;

– плевра, брюшина, соединительная ткань внутренних органов, гладкие мышцы внутренних органов, кровеносные сосуды.

Хорда у низших хордовых (у ланцетника) сохраняется в течение всей жизни, а у позвоночных замещается позвоночником, который развивается из мезодермы.

Из части клеток зародыша у позвоночных формируются временные или провизорные органы, которые функционируют только в эмбриональный период развития и обеспечивают связь эмбриона с окружающей средой. К провизорным органам относятся: амнион, хорион, аллантоис и желточный мешок.

1. *Желточный мешок* содержит запас желтка. Он хорошо развит у позвоночных, яйца которых богаты желтком (пресмыкающиеся, птицы). У млекопитающих функционирует только в начале беременности как кроветворный орган. Желточный мешок образуется также у анамний (рыбы, земноводные).

2. *Амнион (водная оболочка)* – создает водную среду, необходимую для развития эмбриона, защищает зародыш от повреждений.

3. *Хорион (ворсинчатая оболочка)* – обеспечивает питание и дыхание зародыша.

4. *Аллантоис* – служит экскреторным органом (первичный мочевой пузырь). У птиц и пресмыкающихся в нем накапливаются продукты жизнедеятельности зародыша. У млекопитающих участ-

вует в установлении связи эмбриона с плацентой (в нем образуются сосуды пуповины).

Позвоночные подразделяют на:

1) анамнии – низшие позвоночные (рыбы, земноводные), у которых в процессе эмбрионального развития не возникает зародышевых оболочек: амниона, хориона и аллантоиса; размножение анамний происходит в воде; из провизорных органов у них формируется только желточный мешок;

2) амниоты – высшие позвоночные (пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие), для которых характерно образование всех зародышевых оболочек вокруг эмбрионов, в том числе и амниона; также у них формируется желточный мешок.

Одновременно с образованием тканей (гистогенезом) и органов (органогенезом) у млекопитающих происходит плацентация – образование плаценты. В образовании плаценты участвует хорион вместе с подлежащей слизистой оболочкой матки. Плацента обеспечивает связь между организмом матери и плодом при внутриутробном развитии. Она осуществляет питание плода, его дыхание и выделение. Питательные вещества и кислород поступают через пуповину, которая соединяет плод с плацентой. Через плаценту проникают не только необходимые организму вещества, но и алкоголь, никотин, наркотики. Их воздействие может привести к формированию у плода врожденных пороков развития.

Органогенез завершается к концу эмбрионального периода развития. Однако усложнение органов продолжают в постэмбриональном периоде.

Постэмбриональное развитие (прямое и непрямое)

Различают прямое и непрямое постэмбриональное развитие.

При прямом развитии появившийся организм похож на взрослую особь, но отличается от нее меньшими размерами и недоразвитием некоторых систем органов (например, половой). Этот тип развития встречается у животных, яйцеклетки которых содержат большое количество желтка (пресмыкающиеся, птицы), или при внутриутробном развитии (млекопитающие). У этих животных весь постэмбриональный период можно разделить на три этапа:

- 1) ювенильный (роста и формообразования);
- 2) зрелость (формируется половая система, происходит половое размножение);
- 3) старость.

Непрямое развитие характеризуется наличием одной или нескольких личиночных стадий. Из яйца выходит личинка, резко отличающаяся по строению от взрослого организма. Она может жить в другой среде обитания, иметь другой тип питания по сравнению с взрослыми животными, что позволяет снизить интенсивность внутривидовой борьбы за существование. Такой тип развития характерен для организмов, яйцеклетки которых содержат малое количество желтка (насекомые, земноводные).

В процессе превращения личинки во взрослую особь происходит перестройка всего организма (метаморфоз). У насекомых различают развитие с полным и неполным метаморфозом. Полный метаморфоз у насекомых характеризуется тремя последовательными стадиями: личинка, куколка, взрослая особь – имаго (отряды чешуекрылые, двукрылые, жесткокрылые, перепончатокрылые и др.). При неполном превращении личинки имеют общие черты строения с взрослыми особями, проходят только две стадии: личинка и имаго (отряды полужесткокрылые, прямокрылые, равнокрылые, стрекозы и др.). Стадия куколки отсутствует, личинка в процессе превращения во взрослую особь проходит несколько линек.

ГЛАВА 4. ГЕНЕТИКА

4.1 Закономерности наследственности и изменчивости

Генетика – наука о закономерностях наследственности и изменчивости.

Наследственность – это свойство живых организмов передавать из поколения в поколение сходные признаки и особенности индивидуального развития.

Процесс передачи наследственной информации в ряду поколений называется наследованием. В основе наследования лежит способность ДНК к репликации.

Изменчивость – это свойство живых организмов, противоположное наследственности, которое заключается в способности дочерних организмов приобретать признаки и свойства, которых не было у родителей.

Единицами наследственности и изменчивости являются гены. *Ген* – это участок молекулы ДНК, кодирующий первичную структуру белка (полипептида), тРНК или рРНК.

Этапы развития генетики:

1. Изучение наследственности на организменном уровне (Г. Мендель – открытие законов наследования, разработка гибридо-логического метода; Э. Чермак, К. Корренс, Г. де Фриз – переоткрытие законов Менделя).

2. Изучение наследственности на клеточном уровне (Т. Морган – разработка хромосомной теории наследственности).

3. Изучение наследственности на молекулярном уровне (Ф. Крик и Дж. Уотсон – модель строения ДНК; развитие молекулярной биологии и генной инженерии).

К общим задачам генетики относится изучение:

- способов хранения и передачи генетической информации;
- материальных носителей и механизмов реализации генетической информации;
- закономерностей изменчивости и роли изменчивости в эволюционном процессе;
- способов репарации (восстановления) генетического материала.

Генетика – комплексная наука. Она включает в себя: генетику человека, растений, животных, грибов, микроорганизмов; молекулярную генетику; популяционную генетику; медицинскую генетику и др. Каждая из этих наук решает свои частные задачи. Например, задачами медицинской генетики будут диагностика, лечение и профилактика наследственных болезней человека. Для решения этих задач используются разные методы исследования.

Гибридологический метод разработал Мендель. Он включает гибридизацию отличающихся по одному или нескольким признакам организмов, с последующим анализом полученного потомства. Позволяет установить *закономерности наследования отдельных признаков*. Основные положения метода:

а) изучается наследование по отдельным альтернативным признакам;

б) проводится точный количественный учет и анализ наследования каждого признака на протяжении нескольких поколений.

Цитогенетический метод – это метод микроскопического изучения кариотипа организмов. Позволяет:

- а) изучать кариотип;
- б) составлять карты хромосом;
- в) выявлять хромосомные и геномные мутации.

Данный метод позволил установить, что кариотип нормально-го человека включает 46 хромосом. При наследственных болезнях, обусловленных геномными мутациями (синдром Дауна), изменяется число хромосом; а при болезнях, обусловленных хромосомными мутациями (синдром «кошачьего крика»), изменяется структура хромосом. Материалом для цитогенетического исследования служат клетки периферической крови (лимфоциты).

Генеалогический метод. Основан на составлении и анализе родословных. Позволяет установить:

- а) передается данный признак по наследству или нет;
- б) вероятность проявления признака в последующих поколениях;
- в) тип наследования:
 - сцепленный с полом или аутосомный,
 - доминантный (проявляется в каждом поколении у гомо- и гетерозигот) или рецессивный (когда у здоровых родителей родился больной ребенок).

Благодаря генеалогическому методу, было доказано, что многие заболевания передаются по наследству. Например, установлено, что гены гемофилии (несвертываемости крови) и дальтонизма (цветовой слепоты) расположены в X-хромосоме.

<i>Аутосомно-рецессивный тип</i>		<i>Аутосомно-доминантный тип</i>	
F ₁			□ — здоровый мужчина ■ — больной мужчина ○ — здоровая женщина ● — больная женщина
F ₂			
F ₃			

Метод дерматоглифики основан на изучении узоров пальцев, ладоней и стоп. Рисунки на пальцах строго индивидуальны (за исключением однояйцевых близнецов) и неизменны до конца жизни. Это позволяет использовать данные дерматоглифического анализа в медицинской генетике, судебной медицине и криминалистике. Разделы дерматоглифики:

- а) дактилоскопия (изучение узоров на подушечках пальцев);
- б) пальмоскопия (изучение ладоней);
- в) плантоскопия (изучение стоп).

В генетике этот метод используется для определения зиготности близнецов (однояйцевые или двуяйцевые), диагностики некоторых наследственных болезней.

Близнецовый метод основан на изучении проявления признаков у однояйцевых (развиваются из одной оплодотворенной яйцеклетки и имеют одинаковые генотипы) и двуяйцевых (развиваются из двух оплодотворенных яйцеклеток, имеют разные генотипы) близнецов. Позволяет установить *роль генотипа и факторов среды в формировании фенотипа*.

Биохимические методы основаны на изучении активности ферментов и химического состава клеток, что позволяет диагностировать обусловленные генными мутациями заболевания, в основе которых лежит нарушение обмена веществ (альбинизм, фенилкетонурия, гемофилия и др.). С помощью этих методов можно выявлять:

- а) генные мутации;
- б) устанавливать гетерозиготных носителей рецессивных генов.

Молекулярно-генетические методы основаны на изучении генов (молекулы ДНК), что позволяет выявлять изменения в определенных участках ДНК и выявлять генные мутации.

Популяционно-статистический метод дает возможность, используя закон Харди-Вайнберга, рассчитать частоту встречаемости в популяции нормальных и патологических генов; прогнозировать частоту встречаемости наследственных болезней в ряду поколений.

Методы дородовой диагностики. Включают в себя исследования, позволяющие обнаружить заболевание до рождения ребенка (ультразвуковое исследование, хорионпексия – получение и исследование кусочка хориона, амниоцентез – получение и исследование амниотической жидкости).

Метод моделирования. В его основе лежит закон гомологичных рядов в наследственной изменчивости Вавилова. Позволяет изучать болезни человека на животных, которые болеют этими заболеваниями. Например, гемофилию можно изучать на собаках; сахарный диабет – на крысах.

Основные понятия генетики

Генотип — совокупность всех генов организма (совокупность всей наследственной информации).

Фенотип – совокупность всех внешних и внутренних признаков организма. Фенотип развивается в результате взаимодействия генотипа с факторами внешней среды. Поэтому даже организмы,

имеющие одинаковый генотип, могут отличаться друг от друга фенотипически, в зависимости от условий их развития и существования. Фенотип – это частный случай реализации генотипа в конкретных условиях среды.

Ген – наследственный фактор, ответственный за формирование признака. Каждый ген существует в нескольких альтернативных формах. Эти формы называются аллельными генами или аллелями. *Аллель* – одна из нескольких альтернативных форм гена. Ген может быть представлен двумя (аллели желтой и зеленой окраски семян гороха) или более аллелями (ген I, определяющий группы крови по системе АВ0, представлен тремя аллелями: I^A ; I^B ; I^0).

Аллельные гены – это гены, которые расположены в одинаковых локусах гомологичных хромосом и определяют развитие альтернативных признаков. Альтернативные (взаимоисключающие) признаки, – например, желтая и зеленая окраска, гладкая и морщинистая форма семян гороха.

Гомологичные хромосомы – это хромосомы одной пары, одинаковые по размерам, по форме, по составу генов, но разные по происхождению: одна – от матери, другая – от отца. Аллельные гены обозначают одинаковыми буквами латинского алфавита.

Если в одинаковых локусах (участках) гомологичных хромосом находятся одинаковые аллели (например, А и А, а и а), такой организм называют *гомозиготным*. Этот организм образует один тип гамет.

Если в гомологичных хромосомах находятся разные аллели (А и а), такой организм называется *гетерозиготным*. Он образует два сорта гамет.

Признак и соответствующий ему ген, который проявляется у гибридов первого поколения, называется *доминантным*, а который не проявляется – *рецессивным*.

Доминантный ген подавляет проявление других аллелей и проявляется в гетеро- и гомозиготном состоянии; его обозначают прописной буквой латинского алфавита (А).

Рецессивный ген проявляется только в гомозиготном состоянии; его обозначают строчной буквой латинского алфавита (а).

4.2 Закономёрности наследования при моногибридном скрещивании: закон единообразия гибридов первого поколения и закон расщепления

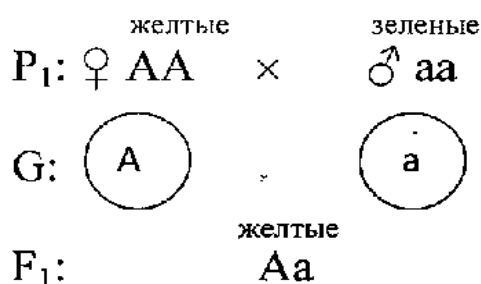
Законómёрности наследования признаков были открыты чешским учёным Г. Менделем. Для этого он применил гибридологический метод.

Организмы отличаются друг от друга по многим признакам. Если при скрещивании родительские формы анализируются по одной паре альтернативных признаков, такое скрещивание называется моногибридным. Скрещивание, при котором учитывают две пары альтернативных признаков, называют дигибридным, если много – полигибридным.

Прежде чем проводить эксперименты, Мендель путем самоопыления получил чистые линии гороха (гомозиготные организмы). В опытах при скрещивании сортов гороха, которые имели желтые и зеленые семена, все потомство (гибриды первого поколения) оказалось с желтыми семенами. Обнаруженная закономерность получила название первого закона Менделя, или закона *единообразия гибридов первого поколения*.

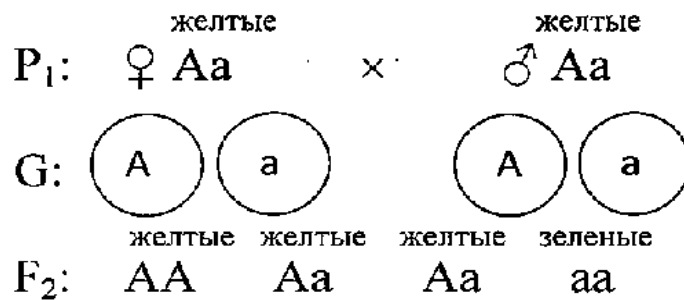
Аллель желтой окраски семян гороха (А) полностью подавляет аллель зеленой окраски (а), доминирует, поэтому все потомки одинаковы.

При записи скрещиваний образующиеся гаметы берут в кружок.



Первый закон Менделя: при скрещивании гомозиготных особей, отличающихся по одной паре альтернативных признаков, наблюдается *единообразие гибридов первого поколения* как по фенотипу, так и по генотипу.

При скрещивании гибридов первого поколения между собой получено расщепление:



Второй закон Менделя (закон расщепления): при скрещивании гибридов первого поколения между собой в потомстве наблюдается *расщепление* по фенотипу 3:1 (3 части желтых и 1 часть зеленых), а по генотипу 1:2:1.

Для объяснения 1-го и 2-го законов Бэтсоном было предложено правило чистоты гамет, согласно которому в каждую гамету попадает один из пары аллельных генов, т.е. гаметы «чисты» по аллельным генам. Аллельные гены в гетерозиготном состоянии не изменяют друг друга и не сливаются.

Цитологически гипотеза чистоты гамет и первые два закона Менделя объясняются расхождением гомологичных хромосом к полюсам клетки в анафазе I мейоза, в результате чего каждая гамета получает по одной из пары гомологичных хромосом, которая несет только один из пары аллельных генов.

Расщепление, наблюдаемое у гибридов второго поколения, носит статистический характер. Поэтому в потомстве гибридов при малом числе потомков фактическое расщепление, получаемое при скрещивании, может не соответствовать ожидаемому (3:1), но с увеличением числа потомков возрастает вероятность ожидаемого соотношения.

4.3 Закономности наследования при дигибридном скрещивании: закон независимого наследования

Проводя дигибридное скрещивание, Г. Мендель скрещивал растения гороха, отличающиеся по двум парам альтернативных признаков (скрещивались растения с желтыми гладкими семенами и растения с зелеными морщинистыми семенами). В F₁ получено единообразие гибридов, так как желтый цвет (A) доминировал над зеленым (a), а гладкая форма (B) – над морщинистой (b).

При скрещивании гетерозиготных гибридов первого поколения между собой во втором поколении появились не только такие сочетания признаков, как у исходных форм, но и новые комбинации (желтые морщинистые, зеленые гладкие), поскольку гены цве-

ма. Но генотип – это не просто сумма генов, а результат их сложного взаимодействия. Взаимодействуют между собой не гены, а продукты, которые кодируются этими генами.

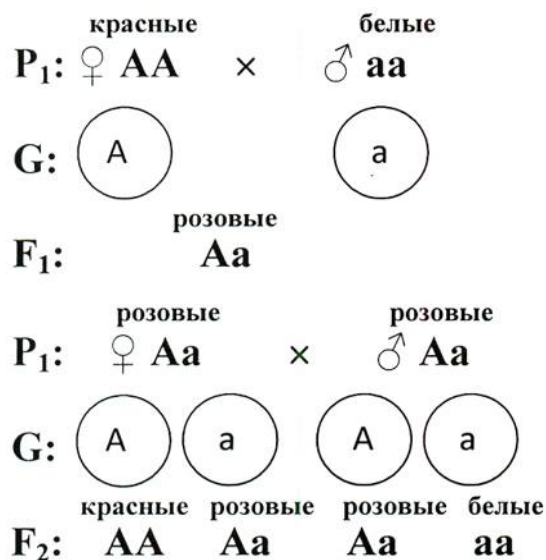
Различают следующие типы **взаимодействия аллельных генов**:

1. **Полное доминирование** – взаимодействие аллельных генов, при котором один аллель полностью подавляет проявление другого (наследование окраски семян гороха). При скрещивании гетерозигот в случае полного доминирования в потомстве наблюдается *расщепление* по фенотипу 3:1 (3 части желтых и 1 часть зеленых), а по генотипу 1(AA):2(Aa):1(aa).

Наследование резус фактора у человека – также пример полного доминирования. Резус-положительные люди могут быть доминантными гомозиготами и гетерозиготами, резус-отрицательные – только рецессивные гомозиготы.

2. **Неполное доминирование** (промежуточный характер наследования) – когда один аллель не полностью подавляет другой и появляется промежуточный признак. В опытах Менделя наблюдалось явление полного доминирования, поэтому фенотипически гетерозиготы ничем не отличались от доминантных гомозигот. Но в природе чаще наблюдается явление неполного доминирования, когда гетерозиготы имеют собственный фенотип. Например, при скрещивании гомозиготных растений ночная красавица с красными (AA) и белыми (aa) цветами в первом поколении наблюдается единообразие гибридов, но все растения имеют розовые цветки.

Во втором поколении расщепление по фенотипу и по генотипу одинаково: 1 часть растений с красными цветками, 2 – с розовыми, 1 – с белыми.



3. **Сверхдоминирование** – взаимодействие аллельных генов, при котором доминантный аллель в гетерозиготном состоянии проявляется сильнее, чем в гомозиготном. Это взаимодействие рассмотрим на примере продолжительности жизни у мушки дрозофилы. А – аллель нормальной продолжительности жизни, а – летальный аллель.

$$P: \quad \text{♀ } Aa \quad \times \quad \text{♂ } Aa$$

$$G: \quad \begin{array}{cc} \text{A} & \text{a} \end{array} \quad \begin{array}{cc} \text{A} & \text{a} \end{array}$$

$$F: \quad AA \quad Aa \quad Aa \quad aa$$

AA – нормальная продолжительность жизни;

Aa – увеличенная продолжительность жизни;

aa – летальный исход.

4. **Кодоминирование** – взаимодействие аллельных генов, при котором в гетерозиготном состоянии проявляются признаки, определяемые обоими аллелями. Рассмотрим данное взаимодействие на примере наследования четвертой (AB) группы крови человека. Эритроциты лиц с четвертой группой несут антигены А и В.

$$P_1: \quad \begin{array}{c} \text{группа крови А} \\ \text{♀ } I^A I^A \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{c} \text{группа крови В} \\ \text{♂ } I^B I^B \end{array}$$

$$G: \quad \begin{array}{c} I^A \end{array} \quad \begin{array}{c} I^B \end{array}$$

$$F_1: \quad \begin{array}{c} \text{группа крови АВ} \\ I^A I^B \end{array}$$

Наследование групп крови у человека

Ген I, определяющий формирование групп крови по системе АВ0, представлен тремя аллелями: I^A ; I^B ; I^0). Аллель I^0 рецессивен по отношению к аллелям I^A ; I^B и не кодирует антигенов эритроцитов. ($I^A I^0$ и $I^B I^0$ – полное доминирование). Аллель I^A определяет наличие антигена (агглютиногена) А в эритроцитах, аллель I^B – наличие антигена В. У гомозиготных родителей, когда один из них имеет вторую группу крови, а второй третью, все дети будут иметь четвертую группу крови. Эритроциты лиц с четвертой группой несут антигены А и В – явление кодоминирования.

Таблица 7. – Группы крови

Группа крови	Агглютиногены в эритроцитах	Агглютিনিны в плазме крови	генотипы
Первая 0	0	α и β	$I^0 I^0$
Вторая А	А	β	$I^A I^A; I^A I^0$
Третья В	В	α	$I^B I^B; I^B I^0$
Четвертая АВ	АВ	Отсутствуют	$I^A I^B$

Примеры расщепления по фенотипу при различных скрещиваниях в случае полного доминирования

$AA \times aa$ – расщепления нет, наблюдается единообразие.

Скрещивание двух гомозигот.

$Aa \times aa$ – расщепление 1:1. Скрещивание гетерозиготы и гомозиготы. Анализирующее скрещивание.

$Aa \times Aa$ – расщепление 3:1. Скрещивание двух гетерозигот.

$AABV \times aabb$ – расщепления нет, наблюдается единообразие.

Скрещивание двух дигомозигот.

$AaBb \times aabb$ – расщепление 1:1:1:1. Скрещивание дигетерозиготы и дигомозиготы. Анализирующее скрещивание.

$Aabb \times aaBb$ – расщепление 1:1:1:1.

$AaBb \times AaBb$ – расщепление 9:3:3:1. Скрещивание двух дигетерозигот.

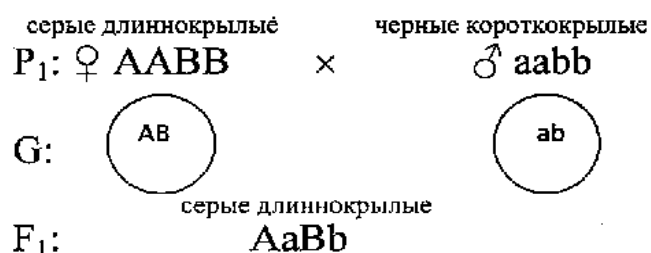
$Aabb \times Aabb$ или $aaBb \times aaBb$ – расщепление 3:1. Скрещивание гетерозигот по аллелям одного гена и гомозигот по аллелям второго гена.

4.5 Сцепление генов, эксперименты Т. Моргана по сцепленному наследованию. Кроссинговер

Экспериментальные доказательства локализации генов в хромосомах были получены американским генетиком Т. Морганом. Генов в организме значительно больше, чем хромосом, поэтому каждая хромосома несет большое число генов. Гены, расположенные в одной хромосоме, образуют группу сцепления и наследуются вместе. Число групп сцепления равно числу хромосом в гаплоидном наборе. Однако гены, локализованные в одной хромосоме, сцеплены не абсолютно. В профазе мейоза между гомологичными хромосомами происходит конъюгация и кроссинговер, в результате которого хромосомы обмениваются участками. Кроссинговер может произойти в любом месте хромосомы. Чем дальше друг от дру-

га расположены гены в одной хромосоме, тем выше вероятность кроссинговера между ними.

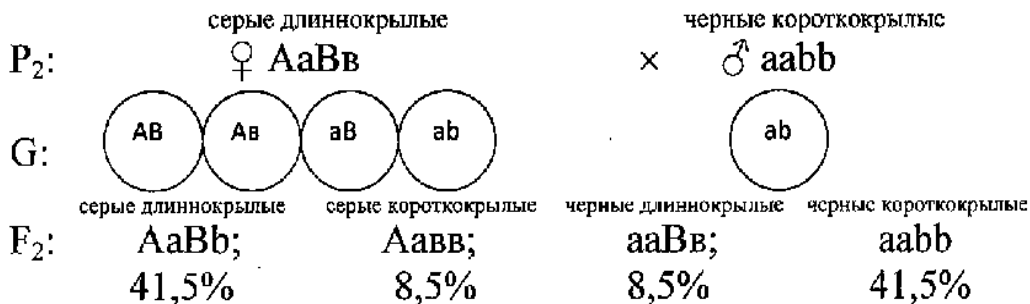
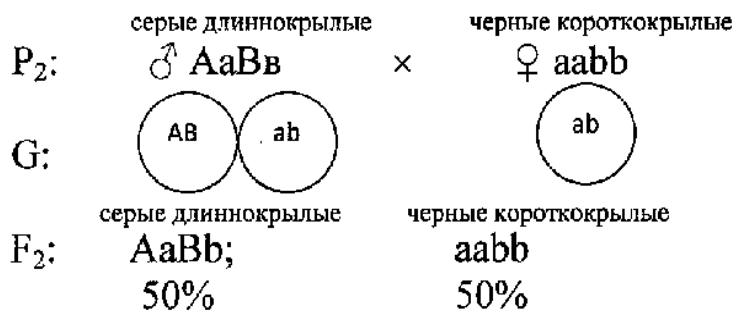
Экспериментальные исследования, доказывающие явление сцепления генов (полное и неполное), были проведены Морганом на мушке дрозофиле. У нее гены окраски тела (А – серая, а – черная) и длины крыльев (В – длинные, в – короткие) расположены в одной паре гомологичных хромосом. Скрестили гомозиготную самку с серым телом и длинными крыльями (ААВВ) с гомозиготным самцом – черным короткокрылым (аавв).



В результате были получены дигетерозиготы по этим генам. В соответствии с законом единообразия гибридов первого поколения они были единообразны. Для того чтобы узнать, какие гаметы образуют гибриды, были проведены анализирующие скрещивания, при этом гибридную особь скрещивали с гомозиготой по рецессивным генам.

При скрещивании дигетерозиготного самца из F₁ с гомозиготной по рецессивным аллелям самкой, имеющей черное тело и короткие крылья, образуется 50 % мух с серым телом и длинными крыльями (АаВв) и 50 % – с черным телом и короткими крыльями (аавв). У самцов дрозофилы кроссинговер не происходит, поэтому гены, расположенные в одной хромосоме, обнаруживают полное сцепление, то есть наследуются совместно. Явление полного сцепления генов в природе встречается крайне редко (у самца дрозофилы), а у большинства организмов сцепление генов неполное.

При скрещивании дигетерозиготной самки с гомозиготным рецессивным самцом образуется четыре типа потомков: серые с длинными крыльями, черные с короткими крыльями, а также с новыми комбинациями признаков: серые с короткими крыльями и черные с длинными крыльями. Новые сочетания признаков возникли там, где при образовании гамет в профазе мейоза произошел кроссинговер, который явился причиной неполного сцепления генов.



В результате анализа опытов Морганом было доказано, что гены в хромосоме расположены линейно и наследуются сцеплено. Сила сцепления зависит от расстояния между генами. Чем ближе расположены гены в хромосоме, тем теснее сцепление между ними и тем реже кроссинговер. Расстояние между генами измеряется в процентах кроссинговера. В нашем случае расстояние между генами равно 17 морганид. Явление перекреста имеет большое значение для эволюции органического мира и в селекции, так как приводит к образованию новых комбинаций генов.

Если расстояние между генами равно 20 морганид, то дигетерозиготный организм образует 4 сорта гамет: 20% кроссоверных (10+10) и 80% некроссоверных (40+40).

4.6 Хромосомная теория наследственности

1. Гены находятся в хромосомах. Гены, расположенные в одной хромосоме, образуют группу сцепления. Число групп сцепления генов равно гаплоидному набору хромосом.

2. Гены в хромосоме расположены линейно, каждый ген занимает в хромосоме определенный место (локус).

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

4. Частота кроссинговера прямо пропорциональна расстоянию между генами в хромосоме: чем больше расстояние, тем перекрест чаще.

Генетическая карта хромосомы – схема взаимного расположения генов одной группы сцепления. Построение карты основано на постоянстве процента кроссинговера между генами. Знание генетических карт позволяет планировать работу по получению организмов с определенными сочетаниями признаков, что имеет важное значение в селекции.

Таблица 8. – Наследование при дигибридном скрещивании в опытах Менделя и Моргана.

Опыты Менделя	Опыты Моргана
Независимое наследование	Сцепленное наследование
Гены локализованы в разных парах хромосом	Гены локализованы в одной паре хромосом
A B +— +— +— +— a b	A B +—+— +—+— a b

4.7 Генетика пола. Хромосомное определение пола. Половые хромосомы. Наследование признаков, сцепленных с полом

Пол – это совокупность морфологических, физиологических и других взаимно противоположных признаков у особей одного вида, обеспечивающих образование гамет и половое размножение. В хромосомных наборах особей животных мужского и женского пола обнаруживаются отличия в одной паре хромосом. Поэтому хромосомы подразделяют на аутосомы и половые хромосомы.

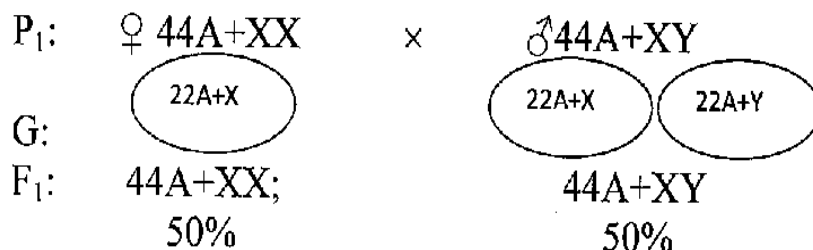
Аутосомы – это хромосомы, одинаковые у мужского и женского полов.

Половые хромосомы – это пара хромосом, разная у мужского и женского полов.

Пол с одинаковыми половыми хромосомами (XX) называют гомогаметным, а с разными (XY) – гетерогаметным. У человека, других млекопитающих, дрозофилы гомогаметный пол женский, а у птиц, бабочек – мужской.

У перепончатокрылых (пчел и муравьев) совершенно другой механизм определения пола, который носит название гаплоидия. У них нет половых хромосом: самки имеют диплоидный набор хромосом, а самцы – гаплоидный.

У женщин 22 пары аутосом ($2 \times 22A$) и две одинаковые половые хромосомы X и X. Гаметы образуются одного типа, каждая из них несет 22 аутосомы и X хромосому. У мужчин 22 пары аутосом ($2 \times 22A$) и половые хромосомы X и Y (неодинаковые). Гаметы образуются двух типов, одна из них несет 22 аутосомы и X – хромосому, а другая – 22 аутосомы и Y – хромосому.



Вероятность рождения девочек так же, как и мальчиков, составляет 50 %. Пол будущего ребенка определяется сочетанием половых хромосом в момент оплодотворения. Если яйцеклетку оплодотворяет сперматозоид с X-хромосомой, рождается девочка, а если яйцеклетку оплодотворяет сперматозоид с Y-хромосомой, рождается мальчик.

Признаки организма, наследуемые через половые хромосомы, получили название сцепленных с полом. Признаки, наследуемые через Y-хромосому, могут встречаться только у лиц мужского пола и передаются от отца всем сыновьям: волосатость ушей, ихтиоз (кожа в виде рыбьей чешуи). А признаки, наследуемые через X-хромосому, могут встречаться у обоих полов. Женщины могут быть гомо- и гетерозиготными по генам, локализованным в X - хромосоме, поэтому рецессивные гены у них проявятся только в гомозиготном состоянии. Поскольку у мужчин только одна X-хромосома, то все гены: доминантные и рецессивные (гемофилии, дальтонизма), локализованные в X-хромосоме, сразу же проявятся в фенотипе.

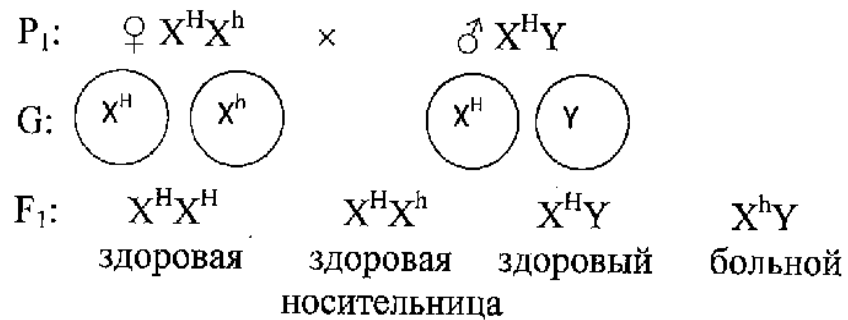
Рассмотрим наследование, сцепленное с полом, на примере гемофилии.

H – аллель нормальной свертываемости крови,

h – аллель гемофилии.

У мужчин ген гемофилии находится в единственном состоянии, и поэтому гемофилия у мужчин всегда проявляется. У женщин этот ген в гетерозиготном состоянии не проявляется, так как доминантный ген нормальной свертываемости его подавляет.

Если в брак вступают здоровая женщина – носительница гена гемофилии, и здоровый мужчина, то дочери все будут фенотипически здоровы, а половина сыновей будут больными:



Если в брак вступают здоровая женщина и мужчина, страдающий гемофилией, то все дети будут фенотипически здоровы, но все дочери будут носительницами гена гемофилии:



4.8 Изменчивость организмов, ее типы

Изменчивость – это свойство живых организмов, противоположное наследственности, которое заключается в способности дочерних организмов приобретать признаки и свойства, которых не было у родителей. Все многообразие живого было бы невозможно без изменчивости. Это связано с тем, что на формирование фенотипа оказывает влияние генотип и условия внешней среды. Поэтому даже организмы, имеющие одинаковые генотипы, могут очень резко отличаться фенотипически. Проявление признака в фенотипе зависит, прежде всего, от генотипа, который является не просто суммой генов, а результатом их сложного взаимодействия (примеры: *аллельное и неаллельное взаимодействие генов*).

На проявление признака оказывают влияние эндокринная и другие системы организма. Например, формирование вторичных половых признаков у петухов происходит под влиянием мужских половых гормонов. Кастрация петухов и введение женских половых гормонов приведет к формированию у них вторичных половых признаков, характерных для кур.

Условия внешней среды оказывают большое влияние на формирование фенотипа. Развитие количественных признаков очень сильно зависит от влияния условий среды (масса тела, рост, молочность и т.д.). Качественные признаки (цвет волос, цвет глаз, жирность молока и т.д.) в меньшей степени подвержены влиянию условий среды. Однако можно привести примеры, указывающие на влияние среды на развитие даже этих признаков. Например, изменение окраски шерсти у гималайских кроликов (при 30°C кролики вырастают полностью белыми; при 20°C шерсть белая, за исключением черных ушей, лап, хвоста; на участках тела, где поддерживается 2°C, шерсть черная).

Различают два типа изменчивости:

- 1) генотипическая (наследственная);
- 2) модификационная (ненаследственная).

Модификационная изменчивость

Модификационная изменчивость (модификации) происходит под воздействием факторов внешней среды (температуры, влажности и т.д.) без изменения генотипа.

Модификации возникают в пределах нормы реакции.

Норма реакции – это пределы, в которых один и тот же генотип может давать различные фенотипы. Норма реакции контролируется генотипом. Она может быть широкой и узкой. Широкая норма реакции имеет место в том случае, когда под влиянием факторов внешней среды признак (например, масса тела) изменяется в широких пределах. Узкая норма реакции имеет место в том случае, когда под влиянием факторов внешней среды признак изменяется в узких пределах (цвет шерсти). Широкая норма реакции характерна для количественных признаков, узкая – для качественных.

Характеристики модификационной изменчивости:

- а) направленность модификаций (у всех солнечные лучи вызывают загар);
- б) интенсивность модификаций пропорциональна силе и продолжительности действия на организм фактора, их вызывающего (интенсивность загара зависит от времени действия солнечных лучей);
- в) модификации обратимы;
- г) модификации носят приспособительный характер;
- д) модификации не наследуются.

Благодаря модификациям, организмы приспосабливаются к изменяющимся условиям внешней среды. Модификации дают возможность организму выжить и оставить потомство в разных условиях.

Изменение многих признаков (рост, вес и т.д.) поддается количественному изучению. Для этого применяют методы статистики – построение вариационной кривой, расчет среднего значения и т.д.

Рассмотрим построение вариационной кривой изменчивости размеров листа липы. Для этого составим вариационный ряд:

Таблица 9. – Вариационный ряд

Размеры листа (v)	5	6	7	8	9	10	11	12
Частота встречаемости (p)	0	25	50	100	175	100	50	25

Рассчитаем среднее значение размеров листа: $M = \sum (vp) / n$, где $\sum$ – знак суммирования, v – варианта, p – частота встречаемости варианты, n – общее число вариантов вариационного ряда.

$$M = \frac{6 \cdot 25 + 7 \cdot 50 + 8 \cdot 100 + 9 \cdot 175 + 10 \cdot 100 + 11 \cdot 50 + 12 \cdot 25}{25 + 50 + 100 + 175 + 100 + 50 + 25} = 9$$

Среднее значение размеров листа равно 9. Норма реакции признака – 6-12.

Изменчивость, выраженная в вариационном ряду, является следствием неоднородности факторов внешней среды (благоприятных и неблагоприятных), которые действуют на организм и приводят к вариабельности в пределах нормы реакции. Сочетание этих факторов случайно. По теории вероятности сочетание только благоприятных или только неблагоприятных факторов внешней среды крайне редко. Поэтому наиболее часто встречаются варианты, близкие по значению к средней арифметической.

На основании этих данных построим вариационную кривую.

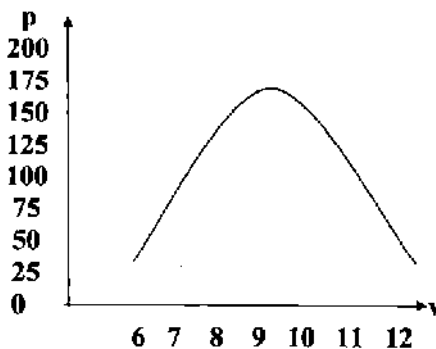


Рисунок 12. – Вариационная кривая

Генотипическая изменчивость (мутационная и комбинативная)

Генотипическая изменчивость – это изменчивость, связанная с изменением генотипа, она передается по наследству. Генотипическая изменчивость подразделяется на комбинативную и мутационную.

Комбинативная изменчивость – это изменчивость, которая связана с получением новых сочетаний генов в генотипе. При этом гены не изменяются, но новые сочетания их между собой приводят к появлению организмов с новыми фенотипами. *Механизмы комбинативной изменчивости:*

1) *перекомбинация генов в результате кроссинговера в профазе мейоза;*

2) *независимое комбинирование хромосом и локализованных в них генов в метафазе мейоза;*

3) *случайное сочетание гамет при оплодотворении.*

Эта форма изменчивости позволяет организмам приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды, тем самым способствует выживанию вида. Она широко используется в селекции, играет большую роль для эволюции.

Примерами комбинативной изменчивости могут служить различные типы *взаимодействия генов*. Так:

1) при скрещивании гетерозиготных растений ночная красавица с розовыми (Аа) цветами в потомстве появляются растения с красными, розовыми и белыми цветами;

2) формирование фенотипов групп крови системы АВ0: в браке гетерозиготной ($I^A I^0$) женщины со второй группой крови и гетерозиготного ($I^B I^0$) мужчины с третьей группой, дети могут иметь все четыре группы крови.

Виды мутаций

Мутационная изменчивость обусловлена возникновением мутаций. Мутации – это внезапные, скачкообразные изменения наследственного материала, которые передаются по наследству. Мутации характеризуются рядом свойств:

1) возникают внезапно, скачкообразно;

2) изменения наследственного материала происходят ненаправленно – мутировать может любой ген, приводя к изменению любого признака;

- 3) по проявлению в фенотипе могут быть доминантными и рецессивными;
- 4) передаются по наследству.

По уровню нарушения наследственного материала мутации классифицируются на генные, хромосомные и геномные.

Генные мутации связаны с изменением структуры гена (структуры молекулы ДНК). К нарушению структуры гена могут привести: а) замена, б) вставка, в) выпадение нуклеотида. При замене нуклеотида в молекуле ДНК происходит замена одной аминокислоты в белковой молекуле. Это ведет к синтезу белка с измененными свойствами. Вставка или выпадение нуклеотида ведет к изменению всей последовательности аминокислот в молекуле белка. Генные мутации являются причиной развития многих болезней обмена веществ (фенилкетонурия, серповидноклеточная анемия, альбинизм).

Хромосомные мутации связаны с изменением структуры хромосом. Хромосомные мутации подразделяют на внутривхромосомные и межхромосомные.

К **внутрихромосомным** мутациям относятся:

А. Делеция – выпадение участка хромосомы. Делеция концевой участка хромосомы имеет собственное название – дефишенси. У человека делеция короткого плеча 5-хромосомы – синдром «кошачьего крика».

Б. Дупликация – удвоение участка хромосомы.

В. Инверсия – поворот участка хромосомы на 180° .

К **межхромосомным** мутациям относится транслокация – перенос участка хромосомы на негомологичную хромосому.

ABCDEF – исходная хромосома;

ABEF – делеция;

CDEF – дефишенси;

ABCDDEF – дупликация;

ACBDEF – инверсия;

ABCDEFMN – транслокация.

Геномные мутации связаны с изменением числа хромосом в кариотипе в результате нарушения расхождения хромосом во время мейоза. Геном – это содержание наследственного материала в гаплоидном наборе хромосом. Выделяют:

А. **Полиплоидия** – это кратное гаплоидному набору увеличение числа хромосом (триплоидия – $3n$, тетраплоидия – $4n$, гексап-

лоидия – $6n$; октаплоидия – $8n$ и т.д.). Полиплоиды у человека погибают на ранних стадиях эмбрионального развития.

Полиплоидию подразделяют на автополиплоидию и аллополиплоидию.

Автополиплоидия – кратное увеличение числа наборов хромосом одного вида. Широко встречается у растений и используется в селекции для выведения новых сортов растений, поскольку полиплоиды имеют более крупные размеры, они более стойки к неблагоприятным условиям среды. Полиплоидными являются: рожь, ячмень, пшеница, яблоня, груша, хризантемы и др. Возникновение полиплоидов связано с нарушением мейоза. Мутаген колхицин, разрушая веретено деления, приводит к полиплоидии. Например: в кариотипе диплоидного вида ячменя 14 хромосом ($n = 7$). Полиплоидный ряд ячменя включает: триплоиды – 21 хромосома, тетраплоиды – 28 хромосом; гексаплоиды – 42 хромосомы и т.д.

Аллополиплоидия – увеличение числа наборов хромосом двух разных видов. Аллополиплоидия используется для преодоления бесплодия межвидовых гибридов (капустно-редечный гибрид).

Б. Гетероплоидия (анеуплоидия) – это изменение числа хромосом, не кратное гаплоидному набору ($2n+1$ – трисомия; $2n+2$ – тетрасомия; $2n-1$ – моносомия; $2n-2$ – нуллисомия, выпадение пары хромосом).

Гетероплоидии приводят к нарушению хода нормального развития организма, изменениям в его строении и снижению жизнеспособности.

Примеры гетероплоидий у человека:

- синдром Дауна – это трисомия по 21 хромосоме;
- синдром Шерешевского-Тернера – моносомия по X-хромосоме: X^0 у женщины;
- синдром Клайнфельтера – трисомия по половым хромосомам: лишняя X-хромосома у мужчин – XXY);
- полисомия по X-хромосоме: трисомия XXX или тетрасомия $XXXX$ у женщин.

Таблица 10. – Число хромосом в клетках человека при геномных мутациях

ЧИСЛО ХРОМОСОМ В СОМАТИЧЕСКОЙ КЛЕТКЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ГЕНОМНЫХ МУТАЦИЯХ			
<i>Синдром (болезнь)</i>	<i>Хромосомы</i>	<i>Половые хромосомы</i>	<i>Аутосомы</i>
Синдром Дауна	47	2	45
Синдром Клайнфельтера	47	3	44
Синдром Шерешевского-Тернера	45	1	44

Примеры записи геномных мутаций:

AABVCCDDEE –исходный диплоидный набор хромосом (2n);

AABVCCDDEE – моносомик(2n-1);

AABVCCSEE – нуллисомик(2n-2);

AAABVCCDDEE – трисомик(2n+1);

AABBVCCDDDEE – двойной трисомик(2n+2);

AABVCCCCDDEE – тетрасомик(2n+2);

AAAABVBBVCCCCDDDEEEEE – полиплоид, тетраплоид(4n).

Мутации как материал для искусственного и естественного отбора

Мутации постоянно происходят в популяциях под действием мутагенных факторов внешней среды и, вызывая изменения генофонда популяций, дают материал для отбора.

По причинам возникновения мутации делят на спонтанные и индуцированные.

Спонтанные – это мутации, возникшие под влиянием неизвестных природных факторов без вмешательства человека. Они служат материалом для естественного отбора.

Индукцированные мутации – возникают при воздействии на организм мутагенных факторов. Они служат материалом для искусственного отбора.

По характеру мутировавших клеток различают мутации:

Генеративные мутации передаются по наследству при половом размножении.

Соматические мутации можно передать потомкам только при вегетативном размножении.

По влиянию на организм мутации классифицируются следующим образом:

летальные (несовместимые с жизнью);
полуметальные (снижающие жизнеспособность);
нейтральные (не изменяющие жизнеспособность);
полезные (повышающие приспособленность).

Большинство мутаций вредно. Только малая часть мутаций в какой-то мере полезна для организма. Доминантные мутации сразу попадают под действие естественного отбора. Полезные будут поддерживаться естественным отбором, а снижающие жизнеспособность – элиминироваться. Но большинство мутаций являются рецессивными и не проявляются фенотипически. Рецессивные мутации начинают подвергаться действию естественного отбора только после достаточного накопления их в популяции, когда появляются рецессивные гомозиготы. Если мутация повышает приспособленность организма к среде обитания, она будет поддерживаться естественным отбором, а если снижает – элиминироваться. Эволюционное значение мутационного процесса связано с тем, что он постоянно поддерживает высокую степень разнообразия природных популяций, являющуюся основой для действия естественного отбора.

В селекции широко используются мутагенные факторы для получения индуцированных мутаций – материала для искусственного отбора. Поскольку, чем разнообразнее исходный материал, тем легче вывести породы животных, сорта растений, штаммы микроорганизмов, которые смог бы использовать человек.

Мутагенные факторы

Факторы, способные вызывать мутации, называются мутагенными (мутагенами). Мутагены:

- 1) физические – различные виды излучений (рентгеновские лучи, гамма-излучение, ультрафиолетовое излучение), тепло;
- 2) химические – формалин, иприт, колхицин (используется для получения полиплоидов, так как разрушает веретено деления, но не препятствует удвоению хромосом) и другие;
- 3) биологические – многие вирусы, токсины бактерий, плесневые грибы.

В настоящее время в народном хозяйстве широко применяются химические соединения и радиоактивные вещества, обладающие мутагенным действием. Основными источниками загрязнения окружающей среды являются:

– Сельское хозяйство (инсектициды, гербициды).

– Промышленность (формалин, соли тяжелых металлов, анилиновые красители, кислоты, щелочи и др.). Использование радиоактивных веществ для получения электроэнергии иногда приводит к загрязнению окружающей среды (авария на Чернобыльской АЭС привела к загрязнению радионуклидами пятой части территории Беларуси и создала огромную опасность для биосферы в целом).

– Транспорт (продукты сжигания нефти).

Повышение концентрации мутагенных факторов приводит к повышению частоты мутаций и увеличению заболеваний наследственными болезнями. Рецессивные мутации представляют собой генетический груз человечества. Эти мутации остаются скрытыми до тех пор, пока не перейдут в гомозиготное состояние; они могут передаваться последующим поколениям, причем концентрация их постепенно увеличивается вследствие накопления повторных мутаций. Это ведет к росту заболеваемости, что отрицательно сказывается на жизнестойкости последующих поколений человека. Многие мутагены одновременно вызывают злокачественные опухоли и уродства у плода.

4.9 Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова

Закон сформулирован в 1920 году Н.И.Вавиловым. Он гласит: *Виды и роды генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости.* Поэтому зная, какие формы изменчивости встречаются у одного вида или рода, можно предвидеть нахождение аналогичных форм у родственных видов и родов. Причиной появления сходных мутаций является общность происхождения генотипов путем дивергенции (расхождения) от одного предка в процессе естественного отбора. Этот закон с успехом используется в селекционной практике. Так, когда был сформулирован этот закон, еще не была известна озимая форма твердой пшеницы, но ее существование было предсказано. Затем такую форму обнаружили в Туркмении.

Согласно закону Вавилова, мутации, аналогичные наследственным болезням человека, должны встречаться у животных. Это позволяет использовать животных, которые могут болеть этими заболеваниями, в качестве моделей для изучения наследственных болезней человека. Например, гемофилию можно изучать на собаках,

сахарный диабет – на крысах, врожденную глухоту – на мышах, собаках, морских свинках.

4.10 Особенности наследственности и изменчивости человека и методы их изучения. Наследственные болезни человека. Медико-генетическое консультирование

Генетика человека изучает закономерности наследования нормальных и патологических признаков человека. Медицинская генетика занимается выявлением, лечением, профилактикой наследственных болезней.

Генетика человека имеет ряд особенностей: а) у людей невозможны экспериментальные браки; б) рождается малое количество детей; в) медленная смена поколений; г) у человека много хромосом; д) невозможно создать одинаковые условия жизни исследуемым.

Несмотря на перечисленные трудности, наследственность и изменчивость человека изучены сегодня лучше, чем у многих других организмов.

При изучении генетики человека исследователи используют следующие методы: *генеалогический, цитогенетический, близнецовый, дерматоглифики, биохимические, популяционно-статистический, дородовой диагностики и моделирования*. Использование данных методов позволяет поставить диагноз наследственных заболеваний:

1) хромосомных болезней, причиной которых явились геномные и хромосомные мутации;

2) генных болезней, причина которых – генные мутации.

Нерасхождение хромосом во время мейоза приводит к изменению числа хромосом у человека (синдром Дауна – трисомия по 21 хромосоме; синдром Шерешевского-Тернера – моносомия по X-хромосоме: X0) у женщины; синдром Клайнфельтера – трисомия по половым хромосомам: лишняя X-хромосома у мужчин – XXУ). Утрата участка короткого плеча 5-й хромосомы приводит к развитию синдрома «кошачьего крика». Нарушение репликации молекулы ДНК приводит к генным мутациям, которые являются причиной болезней обмена веществ (фенилкетонурия, альбинизм, серповидноклеточная анемия, гемофилия и др.). Известно более 2000 наследственных болезней человека, которые встречаются в практике врачей любой специальности.

Наиболее распространенным и эффективным методом профилактики наследственных болезней является медико-генетическое консультирование. Главная цель медико-генетического консультирования – предупреждение рождения больных детей. Эта задача особенно актуальна в современных условиях загрязнения территории республики радиоактивными веществами, отходами производства, использования в сельском хозяйстве гербицидов, инсектицидов, которые обладают мутагенными свойствами. Мутагенным эффектом обладают также алкоголь, никотин, наркотические препараты. Мутагены даже в малых количествах могут стать причиной наследственных болезней. Задачами медико-генетического консультирования являются:

- 1) консультирование больных с наследственными болезнями;
- 2) дородовая диагностика наследственных заболеваний;
- 3) помощь врачам в постановке диагноза наследственного заболевания;
- 4) объяснение пациенту риска иметь больное потомство;
- 5) регистрация больных с наследственными болезнями и их наблюдение.

В медико-генетическую консультацию направляют семью при следующих показаниях:

- наличие наследственных заболеваний у членов семьи;
- вступление в брак лиц старше 40 лет;
- невынашивание беременности (выкидыши);
- рождение в семье ребенка с врожденными пороками развития или наследственным заболеванием;
- наличие кровного родства между супругами и др.

Эффективность медико-генетического консультирования значительно возрастает с применением современных методов дородовой диагностики (ультразвуковое исследование, амниоцентез, биопсия хориона), которые не только позволяют определить заболевание задолго до рождения ребенка, но в случае необходимости прервать беременность.

ГЛАВА 5. СЕЛЕКЦИЯ

5.1 Основные направления и методы селекции

Селекция – наука о создании новых и улучшении существующих сортов культурных растений, пород домашних животных и штаммов микроорганизмов, используемых человеком.

Сортами, породами и штаммами называют искусственно созданные человеком популяции организмов, которые характеризуются определенными наследственными признаками. Эти группы организмов отвечают определенным потребностям человека. Так, породы яйценоских кур обеспечивают людей яйцами, а куры мясных пород дают человеку мясо. Между собой эти породы отличаются по многим наследственным признакам.

Селекция базируется на достижениях генетики, молекулярной биологии, биохимии, экологии, эволюционного учения и других наук. Теоретическая основа селекции – *генетика*.

Задачи современной селекции:

- 1) выведение новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов;
- 2) повышение продуктивности уже существующих сортов и пород;
- 3) создание пород животных, сортов растений, устойчивых к заболеваниям;
- 4) перевод растениеводства и животноводства на промышленную основу:
 - а) создание сортов растений, приспособленных к машинной уборке;
 - б) выведение овощных культур для круглогодичного выращивания в теплицах;
 - в) создание пород животных, пригодных к содержанию в животноводческих комплексах;
- 5) развитие биотехнологии и использование ее достижений в практике:
 - а) производство белков, аминокислот, гормонов, ферментов, витаминов, антибиотиков с помощью микроорганизмов;
 - б) разработка биологических методов борьбы с загрязнением окружающей среды;
 - в) биологическая защита растений от вредителей и болезней;

г) использование микроорганизмов для добычи ценных металлов из бедных месторождений, где традиционные методы добычи экономически невыгодны.

Большое значение для селекции имеет *исходный материал*.

Исходным материалом могут быть: а) природные популяции организмов; б) уже существующие сорта, породы; в) отдельные мутантные особи.

Чем разнообразнее исходный материал, тем успешнее будут осуществляться задачи, стоящие перед селекционерами. Вавилов показал, что наиболее многообразные генотипы культурных растений находятся в *центрах их происхождения*, где в дикой природе сохранились предки культурных растений. Были выделены семь центров происхождения культурных растений.

1. Южно-азиатский – родина риса, цитрусовых.
2. Восточно-азиатский – родина сои, гречихи, проса.
3. Юго-западно-азиатский – родина гороха, винограда, мягкой пшеницы.
4. Средиземноморский – родина маслин, свеклы, капусты.
5. Абиссинский – родина кофейного дерева, ячменя, твердой пшеницы.
6. Центральноамериканский – родина кукурузы, какао, перца.
7. Южноамериканский – родина картофеля, ананаса, табака.

Знание селекционерами центров происхождения культурных растений облегчает их работу по подбору исходного материала для постановки экспериментов.

В селекции применяется целый ряд методов, основными из которых являются: *искусственный отбор, гибридизация и мутагенез*.

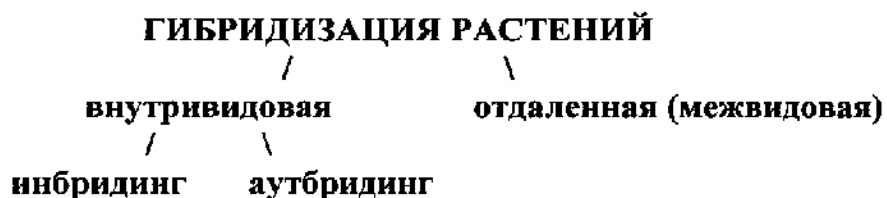
5.2 Селекция растений

Селекция растений – раздел селекции, занимающийся выведением новых и улучшением существующих сортов культурных растений, используемых человеком.

Сортами называют искусственно созданные человеком популяции растений, характеризующиеся определенными наследственными признаками. Основные *методы* селекции растений: гибридизация, мутагенез и искусственный отбор.

Для отбора необходимо наличие различий между особями. Поэтому сначала проводят гибридизацию.

Гибридизация – это получение гибридов от различных типов скрещиваний. В селекции используют внутривидовую и отдаленную (межвидовую) гибридизацию. Внутривидовая гибридизация включает: близкородственное скрещивание – *инбридинг* и скрещивание не родственных организмов – *аутбридинг*.



Близкородственная гибридизация (инбридинг) растений основана на самоопылении перекрестноопыляемых растений. Самоопыление – процесс переноса пыльцы с пыльников на рыльце пестика того же цветка. Это приводит к переходу генов в гомозиготное состояние. Потомство, полученное от одной самоопыляемой особи, называется **чистой линией**. У особей чистых линий снижается жизнеспособность и урожайность. Это связано с тем, что в природе постоянно происходит мутационный процесс. Доминантные отрицательные (снижающие жизнеспособность) мутации сразу попадают под действие естественного отбора и элиминируются (устраняются). Поэтому большинство вредных (отрицательных) мутаций рецессивные, и не проявляются у гетерозигот. При самоопылении рецессивные мутировавшие гены переходят в гомозиготное состояние и проявляются фенотипически, снижая жизнеспособность организмов. Несмотря на это, самоопыление широко используется в селекции растений для получения чистых линий, поскольку при скрещивании разных чистых линий между собой (межлинейная гибридизация) в первом поколении наблюдается эффект **гетерозиса** – гибридной силы (повышение жизнеспособности и урожайности, у гибридов первого поколения). Гетерозис объясняется переходом почти всех генов в гетерозиготное состояние. Использование этого явления в сельском хозяйстве позволяет на 20-30% повысить урожайность сельскохозяйственных растений. Эффект гетерозиса ослабевает при последующих скрещиваниях, но его можно закрепить при вегетативном размножении (клубнями у картофеля, черенками у плодовых деревьев).

Скрещивание неродственных организмов (аутбридинг) позволяет объединить в одном организме ценные признаки различных сортов культурных растений. Аутбридинг широко использовался И.В. Мичуриным для выведения морозостойких сортов плодовых деревьев. Так, был выведен сорт груши Бере зимняя Мичурина, который являлся гибридом зимостойкой уссурийской дикой груши, которая имела мелкие плоды, и южного теплолюбивого сорта Бере рояль с крупными сочными плодами. Полученный гибрид характеризовался крупными вкусными плодами, а само растение могло переносить морозы средней полосы России.

Отдаленная гибридизация растений позволяет сочетать в одном организме ценные признаки разных видов и родов. Получены гибриды: пшеницы и ржи – тритикале; пшеницы и пырея; малины и ежевики; крыжовника и смородины – йошта. Межвидовые гибриды обычно бесплодны, поскольку невозможна конъюгация хромосом разных видов при мейозе. Для преодоления бесплодия межвидовых гибридов используют *аллополиплоидию* (капустно-редечный гибрид).

Полиплоидия – это кратное гаплоидному набору увеличение числа хромосом ($3n$, $4n$). Полиплоидию делят:

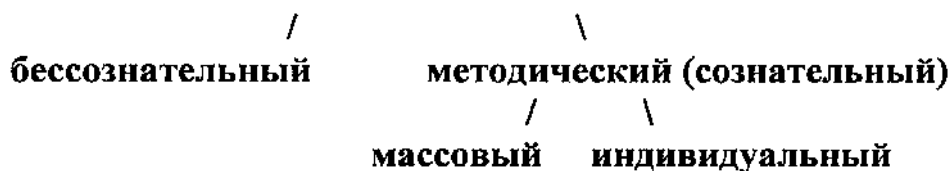
На автополиплоидию – кратное увеличение числа наборов хромосом одного вида. Широко встречается у растений и используется в селекции для выведения новых сортов растений, поскольку полиплоиды имеют более крупные размеры, они более стойки к неблагоприятным условиям среды. Полиплоидными являются: рожь, ячмень, пшеница, яблоня, груша, хризантемы и многие др. У сахарной свеклы наиболее урожайны триплоидные сорта ($3n$). Поскольку триплоиды стерильны, необходимо каждый раз получать гибридные семена от скрещивания диплоидных и тетраплоидных форм. Возникновение полиплоидов связано с нарушением мейоза.

На аллополиплоидию – увеличение числа наборов хромосом двух разных видов. Карпеченко предложил использовать аллополиплоидию для преодоления бесплодия межвидовых гибридов. Так, он скрещивал редьку и капусту. Каждый исходный вид имеет 18 хромосом. Гаметы несут по 9 хромосом. Гибрид, полученный от скрещивания, имел 18 хромосом и был бесплоден, поскольку хромосомы разных видов не конъюгировали друг с другом. После удвоения числа хромосом каждого вида, был получен гибрид с 36 хромосомами (18 «капустных» и 18 «редечных»), в котором были

созданы возможности для конъюгации хромосом редьки между собой и капусты между собой. Таким образом, полученный межвидовой гибрид стал плодовитым. В настоящее время искусственно получены аллополиплоиды при отдаленной гибридизации различных видов растений (гибрид персика и сливы, нектарина и сливы и т.д.).

После появления разнообразных организмов в результате гибридизации проводят *искусственный отбор* – выбор человеком особей растений и животных, обладающих ценными хозяйственными признаками, для последующего разведения. Ч. Дарвин показал, что искусственный отбор является основным фактором, обусловившим возникновение сортов сельскохозяйственных растений и пород домашних животных.

ИСКУССТВЕННЫЙ ОТБОР



Бессознательный искусственный отбор человек осуществлял уже с началом развития земледелия и одомашнивания животных. При этой форме отбора определенная цель не ставилась, а просто на племя оставлялись более ценные организмы.

С развитием селекции начал производиться методический искусственный отбор (отбор с заранее поставленной целью), благодаря которому создано существующее многообразие сортов культурных растений.

Различают две формы методического отбора: массовый и индивидуальный.

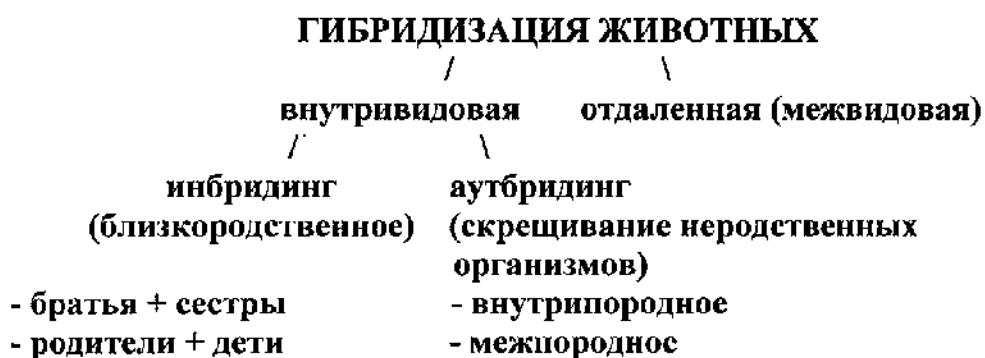
Массовый отбор основан на отборе по фенотипу. При этом выделяется группа особей, имеющих ценные для селекционера признаки. Однако поскольку один и тот же фенотип может быть при различных генотипах, поэтому при дальнейших скрещиваниях отобранных особей наблюдается расщепление. В связи с этим массовый отбор используется многократно. Он эффективен, когда отбираются особи по качественным, просто наследуемым признакам (красные или белые цветки, желтая или зеленая окраска семян). Но при отборе особей по количественным, сложно наследуемым признакам (содержание крахмала в клубнях картофеля, количество зерен в колосе пшеницы), когда нужна предельно точная оценка генотипа, наиболее эффективен индивидуальный отбор.

Индивидуальный отбор базируется на выделении особей с известным генотипом и получении от них потомства. При этой форме желаемый результат достигается значительно быстрее. Работа селекционера начинается с создания группы растений с одинаковыми генотипами в результате самоопыления. В результате индивидуального отбора получают сорта, представляющие собой одну чистую линию.

В процессе селекционной работы одновременно с искусственным отбором, который является основой изменения сорта, на организмы действует естественный отбор. Растения подвергаются воздействию факторов окружающей среды: температуры, влажности, освещения; вступают в сложные взаимоотношения с сорняками, вредителями. Следовательно, естественный отбор действует одновременно с искусственным отбором и повышает приспособленность растений к условиям среды. Создаваемые селекционерами сорта всегда являются результатом двух одновременно действующих отборов.

5.3 Селекция животных

Селекция животных – раздел селекции, занимающийся выведением новых и улучшением существующих пород домашних животных, используемых человеком. Породами называют искусственно созданные человеком популяции домашних животных с определенными наследственными признаками. Основные методы селекции животных: *гибридизация и искусственный отбор*.



Близкородственное скрещивание проводят тогда, когда хотят перевести гены в гомозиготное состояние. При инбридинге у потомков закрепляются хозяйственно ценные признаки, а при последующих скрещиваниях потомков между собой отсутствует расщепление. Получены чистые линии собак, мышей, которые широко ис-

пользуются в биологических экспериментах по трансплантации органов, поскольку у линейных организмов не происходит отторжения трансплантатов. Однако у особей чистых линий снижается жизнеспособность и устойчивость к заболеваниям. Близкородственное скрещивание обычно является первым этапом создания новых пород. За ним следует скрещивание разных чистых линий между собой (межлинейная гибридизация). У гибридов первого поколения наблюдается эффект *гетерозиса* – гибридной силы (повышение жизнеспособности, плодовитости), что объясняется переходом генов в гетерозиготное состояние. Примером использования гетерозиса в селекции животных является выведение бройлерных цыплят, скороспелых свиней. Эффект гетерозиса ослабевает при последующих скрещиваниях и, в отличие от растений, его нельзя закрепить, поскольку у животных невозможно вегетативное размножение.

Аутбридинг (неродственное скрещивание) позволяет объединить в потомках ценные признаки различных пород. Путем межпородного скрещивания М.Ф.Ивановым была выведена высокопродуктивная порода свиней – белая степная украинская свинья, которая сочетает в себе высокие мясные качества белых английских свиней и выносливость, неприхотливость и хорошую плодовитость местных украинских пород.

Отдаленная гибридизация животных позволяет сочетать в одном организме признаки разных видов. Межвидовые гибриды обычно бесплодны. Но они могут иметь ценные для человека признаки, поэтому широко используются в практике. Например, гибрид лошади с ослом – мул, – благодаря своей неприхотливости, выносливости, большой физической силе используется человеком с глубокой древности. Получены межвидовые гибриды двугорбого и одногорбого верблюдов, тонкорунных овец и дикого горного барана архара – архаромериносы, яка и крупного рогатого скота и др.

После появления разнообразных организмов в результате гибридизации проводят *массовый и индивидуальный искусственный отбор* – выбор человеком особей животных, обладающих ценными хозяйственными признаками, для последующего разведения.

Селекционеры при выведении новых пород сталкиваются с определенными трудностями, которые вытекают из природы организмов животных: у хозяйственно ценных животных только половое размножение, малое число потомков, относительно позднее на-

ступление половой зрелости. Для преодоления этих трудностей разрабатываются новые современные *методы разведения животных*:

1. Искусственное осеменение – сперму высокоценных самцов производителей вводят непосредственно с помощью специальных инструментов в половые пути самки.

2. Полиэмбриония – получение нескольких зародышей после деления одного эмбриона. От высокопродуктивной коровы получают дробящийся эмбрион на стадии 16-32 бластомеров, разделяют на части, которые вводят в матки беспородных самок для дальнейшего развития.

3. Клонирование – получение дочерних организмов из соматических клеток материнского.

Применение искусственного осеменения в животноводстве позволяет получать от одного самца несколько тысяч потомков. Поэтому особое внимание должно быть уделено подбору животных-производителей. Обязательно учитывается экстерьер, т.е. внешние признаки животного. Учет экстерьера важен потому, что организм составляет единое целое, и продуктивность организма связана со строением тела. Так, например, крупный рогатый скот молочного и мясного направления значительно отличается по телосложению.

Однако при оценке по экстерьеру невозможно оценить наследственные качества самцов по признакам, которые непосредственно у них не проявляются, например, молочность у быков, яйценоскость у петухов. Для этого используют *метод анализа наследственных признаков у животных-производителей по потомству*. Получив небольшое потомство от самцов, сравнивают продуктивность дочерних организмов с материнскими. В случае повышенной продуктивности дочерей самцов используют как производителей для дальнейшего улучшения породы. Метод анализа наследственных признаков у животных-производителей по потомству широко применяют в селекционной работе.

5.4 Селекция микроорганизмов. Биотехнология

Микроорганизмы – мельчайшие организмы, различимые только под микроскопом. Среди них представители различных царств органического мира, относящихся как к прокариотам (бактерии и сине-зеленые водоросли), так и эукариотам (микроскопические

грибы, водоросли и протисты). Микроорганизмы – одноклеточные организмы. Они характеризуются высокой скоростью роста и размножения. В отличие от клеток многоклеточных животных и растений, клетки микроорганизмов содержат меньше генов, поэтому они являются удобными объектами исследований для решения многих проблем биологии. Разнообразно практическое значение микроорганизмов. Они используются в разных отраслях промышленности, сельском хозяйстве. В пищевой промышленности с деятельностью микроорганизмов связано хлебопечение, виноделие, пивоварение, получение молочнокислых продуктов и спирта. Микроорганизмы используются для очистки сточных вод, образования метана, для выделения меди и урана из бедных руд. В сельском хозяйстве они незаменимы при производстве силоса, производстве кормового белка, в качестве азотфиксаторов. Многие лекарственные препараты – антибиотики, витамины, гормоны, ферменты, аминокислоты – также получают с помощью микроорганизмов. Так, грибы и бактерии синтезируют антибиотики (пенициллин, стрептомицин и др.); кишечная палочка – аминокислоты; пивные дрожжи – витамины группы В.

Природные популяции микроорганизмов низкопродуктивны. Для повышения их продуктивности используются методы селекции: *индуцированный мутагенез и искусственный отбор*, что позволяет повысить продуктивность природных популяций микроорганизмов в сотни и тысячи раз.

Этапы селекции микроорганизмов:

1. Выделение природных популяций микроорганизмов, способных синтезировать интересующие селекционера соединения.
2. Индуцирование мутаций (мутации вызывают воздействием мутагенных факторов).
3. Отбор по продуктивности.

Так, сочетая мутагенез и отбор, селекционерам удалось повысить продуктивность штаммов гриба пеницилла, синтезирующего антибиотик пенициллин, более чем в 100 раз.

Биотехнология – это производство продуктов и материалов, необходимых для человека, с помощью живых организмов.

Термин «биотехнология» получил распространение в середине 70-х годов XX в., хотя отдельные отрасли биотехнологии (хлебопечение, пивоварение, сыроварение) используются человеком с древних времен. Главные направления биотехнологии:

1. Производство микроорганизмами незаменимых аминокислот, гормонов, ферментов, витаминов, антибиотиков, противовирусного белка – интерферона.

2. Расширение использования микроорганизмов в пищевой промышленности.

3. Использование биологических методов для борьбы с загрязнением окружающей среды (биологическая очистка сточных вод, загрязненной почвы и т.д.).

4. Биологическая защита растений от болезней (создание трансгенных растений).

5. Промышленный синтез кормовых белков (белок, синтезируемый одноклеточными организмами, можно использовать на корм скоту вместо зерна и семян бобовых).

6. Использование микроорганизмов для добычи ценных металлов из бедных месторождений, где традиционные методы добычи экономически невыгодны.

Для достижения этих целей в биотехнологии используются следующие современные методы генной и клеточной инженерии.

Генная (генетическая) инженерия — это искусственный перенос человеком генов от одного вида живых организмов в клетки другого вида, т.е. создание трансгенных организмов с новыми свойствами. Трансгенный организм – живой организм, в геном которого искусственно введен ген, который не может быть приобретен в естественных условиях жизни.

Для этого необходимо:

- выделить ген из какого-либо организма;
- клонировать (размножить) данный ген;
- создать специальные генетические структуры (векторы), в составе которых гены будут внедряться в геном другого вида;
- перенести и включить генетические векторы в геном другого организма.

С помощью генной инженерии созданы штаммы кишечных палочек, в которые встроены гены человеческого инсулина (необходимого для лечения сахарного диабета), интерферона (противовирусного белка), соматотропина (гормона роста).

Генная инженерия используется в основном на прокариотах, хотя в последнее время начала применяться и на высших эукариотах. Так, во многих странах выращиваются трансгенные растения, устойчивые к насекомым-вредителям (например, созданы сорта

трансгенного картофеля, содержащего в своих клетках бактериальный ген, который предотвращает поражение растений личинками колорадского жука).

Первоочередной задачей генной инженерии у человека является поиск путей генотерапии, то есть замены мутантных генов человека нормальными.

Клеточная инженерия – это метод образования клеток новых типов на основе их культивирования вне организма, гибридизации и клеточной реконструкции.

1. Культура тканей. В настоящее время использование культур растительных клеток и тканей позволяет получать необходимые человеку природные вещества в промышленных количествах. Так, как и целое растение, культура клеток женьшеня синтезирует ценные лекарственные препараты. В хирургии и при лечении обширных ожогов широко используется для трансплантации эпидермис, выращенный вне организма.

2. Гибридизация клеток. При гибридизации искусственно объединяются различные целые клетки (иногда далеких видов) с образованием гибридных клеток. Полученные гибриды лимфоцитов с опухолевыми клетками способны к синтезу специфичных антител и обладают способностью к длительному выращиванию на искусственных средах. Гибридизация клеток широко используется в селекции растений. Получены гибриды картофеля и томата, яблони и вишни, выращенные из гибридных клеток.

3. Клеточная реконструкция. При реконструкции создаются жизнеспособные клетки из фрагментов (ядра, цитоплазмы, хромосом и др.) различных клеток. Прежде всего, используется замена отдельных пар хромосом у растений или добавление новых, что позволяет создавать сорта растений, сочетающие в себе признаки разных сортов или видов.

Биотехнология активно развивается в последние годы и является одним из ведущих направлений современной биологии.

ГЛАВА 6. НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ

6.1 Вирусы. Фаги

Вирусы – это неклеточные формы жизни. Были открыты в 1892 году русским ученым Д.И. Ивановским при изучении болезни табака, которая носит название *табачная мозаика*. Вирусы имеют

очень малые размеры (от 10 до 300 нм) и видны только в электронный микроскоп. Их форма может быть сферической, палочковидной, нитевидной. Вирусы могут иметь спиральный или кубический тип симметрии. Они состоят из нуклеиновой кислоты (только ДНК или только РНК) и белковой оболочки – капсида. Некоторые вирусы имеют дополнительную оболочку – суперкапсид, состоящий из фрагментов цитоплазматической мембраны (фосфолипидов и белков) клетки хозяина.

По содержанию нуклеиновой кислоты вирусы делят на ДНК-содержащие (вирусы оспы, герпеса, гепатита В) и РНК-содержащие (вирусы иммунодефицита человека, гриппа, кори, полиомиелита). ДНК и РНК, входящие в состав вирусов, могут быть как двухцепочечными, так и одноцепочечными.

Вирусы существуют в 2-х формах: покоящейся (внеклеточной) и продуцирующей (внутриклеточной). Внеклеточная покоящаяся форма называется вирионом. Вирусы – это внутриклеточные паразиты, самостоятельно они жить не могут, а проявляют свойства живых организмов и размножаются только в клетках.

При заражении клетки ДНК-содержащими вирусами нуклеиновая кислота (ДНК) вируса встраивается в ДНК хромосом клетки хозяина. На этой матрице синтезируется иРНК, которая служит основой для образования вирусных белков рибосомами зараженной клетки. Одновременно происходит синтез вирусной нуклеиновой кислоты. Затем осуществляется процесс самосборки новых вирусов, путем соединения белков с нуклеиновой кислотой.

При заражении клетки вирусами, несущими РНК (вирус иммунодефицита человека и полиомиелита), на РНК вируса синтезируется одна цепь ДНК, на которой достраивается комплементарная цепь ДНК. Образовавшаяся двухцепочечная ДНК встраивается в геном клетки. Встроенные гены вируса обеспечивают воспроизводство вирусных частиц.

РНК вирусов гриппа, свинки, бешенства после проникновения в клетку может непосредственно быть матрицей для построения вирусных белков и нуклеиновой кислоты

Вирусы бактерий носят название – *бактериофаги*. Они состоят из головки, от которой отходит хвостовой отросток. Отросток заканчивается базальной пластинкой с шестью «хвостовыми» нитями. Эти нити обеспечивают специфическое присоединение бактериофага к клетке хозяина. Головка состоит из белковой оболочки,

в которой находится нуклеиновая кислота. В хвостовом отростке находится полый стержень, окруженный чехлом, содержащим сократительные белки.

По форме взаимодействия бактериофагов с бактериальной клеткой их делят следующим образом:

Вирулентные фаги. Заражение ими бактерий завершается лизисом клетки и выходом в среду нового поколения фагов.

Умеренные фаги. Их нуклеиновая кислота встраивается в ДНК бактерии и вместе с ней реплицируется. Бактерии, несущие умеренные фаги, называют лизогенными, а форму бактериофага, присутствующую в такой бактерии, – профагом. При определенных условиях профаги могут активироваться и поражать клетку.

Жизненный цикл вирулентных фагов

1. Присоединение фага к поверхности клетки бактерии.
2. Проникновение нуклеиновой кислоты фага внутрь клетки. Хвостовой чехол сокращается, в результате чего хвостовой стержень прокалывает клеточную стенку, и ДНК фага перетекает в клетку через канал в хвостовом стержне.
3. Образование компонентов фага (синтез нуклеиновой кислоты и белков фага).
4. Самосборка фаговых частиц путем соединения белков с нуклеиновой кислотой.
5. Лизис бактериальной клетки и выход новых фагов (от 200 до 1000) в окружающую среду.

С вирусами схожи вирионы, которые представляют собой короткую одноцепочечную кольцевую молекулу РНК, лишенную белковой оболочки (капсида). Вызывают болезни растений.

Вирусы вызывают многие опасные болезни растений (табачная мозаика) и животных (ящур, бешенство), которые приводят к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и гибели животных. Вирусы также являются возбудителями многих опасных заболеваний человека (оспа, герпес, СПИД, грипп, корь, полиомиелит и др.).

СПИД (синдром приобретенного иммунодефицита) – заболевание, при котором поражается иммунная система человека. Поражение иммунной системы приводит к тому, что организм становится беззащитным к воздействию бактерий и вирусов. У больного развиваются различные инфекционные заболевания и злокачественные опухоли.

Вирус иммунодефицита человека – РНК – содержащий (плюс-нить РНК), относится к семейству ретровирусов, которые содержат фермент обратную транскриптазу. Этот фермент сначала синтезирует одну цепь ДНК (минус-нить ДНК), используя в качестве матрицы РНК вируса, а затем достраивает вторую, комплементарную цепь ДНК (плюс-нить ДНК). Образовавшаяся двухцепочечная ДНК встраивается в геном клеток иммунной системы человека.

Профилактика СПИДа зависит от способа заражения. Основные способы заражения:

1. Половой контакт. Профилактика заключается в избегании случайных половых связей и использовании презервативов.

2. Использование нестерильных медицинских инструментов. Профилактика будет заключаться в использовании одноразовых шприцов и систем для переливания крови, стерилизации многоразовых медицинских инструментов. Важную роль в профилактике СПИДа занимает борьба с наркоманией, поскольку наркоманы зачастую пользуются нестерильными шприцами.

3.

Переливание крови инфицированных СПИДом здоровым людям. Профилактика заключается в обследовании всех доноров на СПИД.

4. Передача вируса от матери к плоду во время беременности. Профилактика будет заключаться в обследовании всех беременных женщин на СПИД.

Профилактика СПИДа включает:

– мероприятия, проводимые государством (научные исследования по проблеме СПИДа, борьба с наркоманией и проституцией, обследование доноров, стерилизация медицинских инструментов, использование одноразовых шприцов и систем для переливания крови, санитарно-просветительная работа);

– личную профилактику (здоровый образ жизни, недопустимость случайных половых контактов, использование презервативов).

ГЛАВА 7. ПРОКАРИОТЫ

7.1 Бактерии

Бактерии – наименьшие клеточные организмы, поэтому их еще называют микробы или микроорганизмы. Наука, изучающая бактерии – микробиология. Относятся к прокариотам. Встречаются

повсеместно. Заселяют воду, воздух, другие организмы. Очень много их в почве.

По форме различают группы бактерий:

– палочковидные (бациллы). Представители – возбудители туберкулеза, столбняка, ботулизма, коклюша, брюшного тифа, дизентерии, бруцеллеза, скарлатины, дифтерии, чумы, сибирской язвы.

– в форме запятой (вибрионы). Представитель – возбудитель холеры.

– в форме спирали (спириллы). Представитель – возбудитель сифилиса.

– шаровидные (кокки).

А. Кокки, соединенные попарно, получили название диплококки. Представители: возбудители гонореи – гонококки, менингита – менингококки, пневмонии – пневмококки.

Б. Кокки, соединенные в виде цепочки – стрептококки.

В. Кокки, соединенные в виде гроздей винограда – стафилококки.

Строение клетки бактерий. Оболочка клеток бактерий представлена слизистой капсулой, клеточной стенкой и плазматической мембраной. Клеточная стенка придает клетке определенную форму, защищает ее содержимое от воздействия неблагоприятных условий среды. Основу клеточной стенки бактерий составляет муреин. Многие виды бактерий окружены слизистой капсулой, которая служит дополнительной защитой. Под клеточной стенкой находится цитоплазматическая мембрана. Плазмалемма образует мезосомы, которые выполняют функции митохондрий (содержат окислительно-восстановительные ферменты) и хлоропластов (мембраны содержат бактериохлорофилл). Мезосомы также участвуют в фиксации атмосферного азота. В цитоплазме отсутствует клеточный центр, и отсутствуют органоиды, имеющие мембранное строение. Из органоидов имеются только рибосомы. У бактерий отсутствует ядро, вместо ядра имеется его эквивалент – нуклеоид, лишенный ядерной оболочки и состоящий из одной двухцепочечной молекулы ДНК, замкнутой в кольцо. Кроме того, у бактерий в цитоплазме имеются еще и мелкие кольцевые молекулы ДНК, называемые плазмидами. Запасные вещества бактериальной клетки – это полисахариды (крахмал, гликоген) и жиры. Большинство бактерий бесцветны, и только некоторые (зеленые и пурпурные) содержат в цитоплазме пигменты, подобные зеленому хлорофиллу и красному

фикоэритрин. Органоиды движения многих бактерий – жгутики. Они не покрыты цитоплазматической мембраной.

Питание бактерий. По типу питания бактерии делят на две группы: автотрофные и гетеротрофные.

Автотрофные бактерии синтезируют органические вещества из неорганических. Автотрофные бактерии бывают фотосинтезирующие (зеленые и пурпурные серобактерии) и хемосинтезирующие (нитрифицирующие, железобактерии, бесцветные серобактерии, водородные, метанобразующие). Нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак до нитритов, а затем до нитратов; бесцветные серобактерии окисляют сероводород; железобактерии переводят двухвалентное железо в трехвалентное.

Гетеротрофные бактерии делятся на сапротрофы (питаются готовыми органическими веществами отмерших организмов) и симбионты (симбиоз с растениями и животными, паразитизм и мутуализм). К сапротрофам относятся бактерии гниения (расщепляют азотсодержащие соединения) и брожения (расщепляют углеродсодержащие соединения).

Размножение. Бактерии размножаются путем прямого бинарного деления клетки. Этому предшествует репликация молекулы ДНК (нуклеоида). У некоторых бактерий обнаружены упрощенные формы полового процесса – конъюгации (обмен плазмидами). Бактерии размножаются очень быстро (клетка делится каждые 20–30 мин.).

Спорообразование свойственно только палочковидным бактериям. При образовании спор бактериальная клетка покрывается плотной защитной оболочкой, которая обеспечивают возможность переносить неблагоприятные условия. В обычном же состоянии бактерии неустойчивы при высушивании, воздействии прямых солнечных лучей, повышении температуры до 65–80°C.

Значение бактерий. Роль бактерий в биосфере велика. Благодаря им происходит разложение и минерализация органических веществ отмерших растений и животных. Образовавшиеся при этом простые неорганические соединения (аммиак, сероводород, углекислый газ и др.) вовлекаются в общий круговорот веществ. Бактерии вместе с грибами и лишайниками участвуют в начальных стадиях почвообразования.

Особую роль играют бактерии, способные связывать азот воздуха, недоступный для высших растений. К этой группе относятся

свободноживущий азотобактер и клубеньковые бактерии, поселяющиеся на корнях растений семейства Бобовые, и вызывают образование клубеньков. Клубеньковые бактерии фиксируют атмосферный азот с последующим образованием соединений, которые доступны для питания растений.

Положительная роль бактерий

Молочнокислые бактерии используются для приготовления молочных продуктов (сметаны, простокваши, масла, сыра) и для соления продуктов.

Бактерии используются в современной биотехнологии для промышленного получения органических кислот, ацетона, спиртов, антибиотиков, витаминов, аминокислот, гормонов.

Бактерии – материал для генной инженерии.

Отрицательная роль бактерий

Болезнетворные бактерии способны вызывать болезни растений, животных и человека. Болезни человека бактериального происхождения, которые передаются воздушно-капельным путем (бактериальная пневмония, туберкулез, коклюш, дифтерия, скарлатина), через пищу и воду (брюшной тиф, дизентерия, бруцеллез, холера), при половом контакте (гонорея, сифилис, хламидиоз). Бактерии, вызывающие столбняк, попадают в организм человека при загрязнении раны почвой.

Сапротрофные бактерии вызывают порчу продуктов питания. Способы предотвращения порчи продуктов:

- высушивание продуктов;
- охлаждение и замораживание в холодильниках и ледниках;
- маринование продуктов в уксусной кислоте;
- высокая концентрация сахара, например, при изготовлении варенья;
- засолка; при засолке огурцов, помидоров, грибов, квашении капусты за счет деятельности молочнокислых бактерий создается кислая среда, угнетающая развитие бактерий.

Для уничтожения *вегетативных* форм бактерий и сохранения молока, вина, пива и соков применяется метод пастеризации – нагревание до 65°C в течение 10–20 мин. Для очищения среды от *спор* бактерий применяют стерилизацию – кипячение под повышенным давлением в автоклавах. Помимо этого, для дезинфекции (уничтожения патогенных бактерий) в медицине используются йод, перекись водорода, спирт и формалин.

7.2 Цианобактерии (синезеленые водоросли)

Относятся к прокариотам. Имеют микроскопические размеры. Различают одноклеточные, колониальные и многоклеточные формы цианобактерий. Принимают участие в процессах фиксации атмосферного азота. В их цитоплазме на мезосомах расположены фотосинтезирующие пигменты: хлорофилл, каротиноиды и фикобилины. Здесь осуществляются процессы фотосинтеза.

Размножаются цианобактерии только бесполым путем.

Цианобактерии распространены в водоемах, на поверхности почвы, на скалах, в горячих источниках, входят в состав лишайников. Они обогащают почву азотом, являются кормом для зоопланктона и рыб. Отдельные виды цианобактерий (например, носток, спиролина) могут применяться в пищу. При массовом размножении цианобактерий в водоемах наблюдается «цветение воды», когда происходит процесс их гниения. Вода становится непригодной для питья, наблюдается гибель рыбы.

Представители: Носток, спиролина, анабена, микроцистис.

ГЛАВА 8. НАДЦАРСТВО ЭУКАРИОТЫ

8.1 Царство Грибы

Известно более 100 тыс. видов грибов. Встречаются они практически повсеместно. Микология – наука, изучающая грибы.

Грибы сочетают в себе признаки растений и животных.

Признаки грибов, сходные с растениями:

1. Растут всю жизнь.
2. Неподвижность в вегетативном состоянии.
3. Всасывают пищу всей поверхностью тела (поглощение пищи путём адсорбции).
4. Имеют клеточную стенку.
5. Бесполое размножение грибов осуществляется спорами.

Признаки грибов, сходные с животными:

1. Гетеротрофы. У них нет хлоропластов и фотосинтезирующих пигментов.
2. В состав клеточной стенки грибов входит хитин.
3. Запасной углевод – гликоген.
4. Конечный продукт обмена белков – мочевины.

Строение грибов. Вегетативное тело гриба – это грибница (слоевище или мицелий), образовано тонкими ветвящимися нитями – гифами. Мицелий делится на две части:

- субстратный – служит для прикрепления к субстрату, обеспечивает поглощение питательных веществ и воды;
- воздушный, поднимающийся над субстратом и образующий органы размножения.

Видоизменением мицелия у грибов паразитов являются гаустории – специальные выросты мицелия, проникающие в клетки хозяина и поглощающие питательные вещества.

Размножение. Грибы размножаются бесполым и половым способами. Бесполое размножение происходит частями мицелия, почкованием (дрожжи), спорами. Эндогенные споры образуются внутри специализированных клеток – в спорангиях. Экзогенные споры (конидии), возникают на концах особых выростов мицелия, называемых конидиеносцами. Попад в благоприятные условия, спора прорастает, из нее формируется новый мицелий.

Половое размножение грибов заключается в слиянии гамет и образовании зиготы.

Питание. Для грибов характерен гетеротрофный тип питания. Способы гетеротрофного питания у грибов:

1. Сапротрофный (плесневые грибы, дрожжи, шляпочные грибы).
2. Паразитический (спорыньевые, ржавчинные, головневые, трутовые, мучнисторосяные грибы).

Сапротрофные грибы образуют большое количество гиф. Гифы оплетают субстрат и тесно контактируют с ним. Клетки мицелия отделены от субстрата лишь клеточной стенкой. Пищеварительные ферменты, выделяемые грибами, воздействуют на материал субстрата и способствуют его частичному перевариванию вне грибной клетки. Такой полупереваренный материал затем всасывается всей поверхностью клеток мицелия.

Шляпочные грибы. Мицелий в почве → на поверхности плотно переплетенные гифы мицелия образуют плодовое тело → в нем на нижней стороне шляпки в спорангиях образуются споры → споры прорастают в почве → формируется мицелий в почве.

Мицелий шляпочных грибов многолетний, многоклеточный, растет верхушкой. В процессе развития на мицелии формируются плодовые тела (органы спороношения), состоящие из ножки и

шляпки. Плодовые тела образованы пучками переплетенных гиф, живут несколько дней. В шляпке можно различить два слоя: верхний окрашенный, покрытый кожицей, и нижний. По строению нижнего слоя шляпки различают грибы:

- пластинчатые – нижний слой состоит из радиально расположенных пластинок (сыроежки, грузди, шампиньоны, бледная поганка);

- трубчатые – нижний слой состоит из многочисленных трубочек (белый гриб, подберезовик, подосиновик, масленок).

На пластинках и в трубочках образуются споры. Они высыплются на почву, разносятся ветром, водой, животными, что способствует распространению грибов.

Шляпочные грибы: как съедобные, так и ядовитые.

Пластинчатые – **съедобные** (сыроежки, шампиньоны, грузди, лисички, рыжики, опята, сморчки, волнушки), **ядовитые** (бледная поганка, мухомор, ложный опенок).

Трубчатые – **съедобные** (белый гриб, подберезовик, подосиновик, масленок, моховик), **несъедобный** – желчный гриб.

Шляпочные грибы вступают во взаимовыгодное сожительство (пример мутуализма – взаимовыгодного симбиоза) с корнями высших растений (осина и подосиновик, береза и подберезовик). Образуется микориза или грибокорень. При этом мицелий гриба оплетает корни растений и проникает в клетки паренхимы. Микоризный гриб увеличивает всасывающую поверхность корня. Роль гриба в симбиозе с корнями высших растений заключается в снабжении растения водой и минеральными веществами. От высшего растения гриб получает углеводы.

Плесневые грибы (мукор, пеницилл, аспергилл) развиваются сапротрофно в почве, на увлажненных продуктах, плодах и овощах, на животных, образуя плесень.

Пеницилл. Его мицелий состоит из разветвленных нитей, разделенных перегородками на клетки. Органы спороношения (конидиеносцы) напоминают кисточки. На их концах образуются конидии (цепочки спор наружного происхождения), с помощью которых пеницилл размножается. Этот гриб встречается в виде плесени зеленого, сизого или голубого цвета на почве и продуктах растительного происхождения. Пеницилл используется для приготовления антибиотика пенициллина.

Мукор (головчатая плесень). У мукора мицелий состоит из одной гигантской сильно разросшейся клетки с множеством ядер в цитоплазме. Органы спороношения – шаровидные спорангии имеют форму головок. В них образуются споры, с помощью которых мукор размножается. Мукор образует плесень белого цвета, которая после созревания спор чернеет.

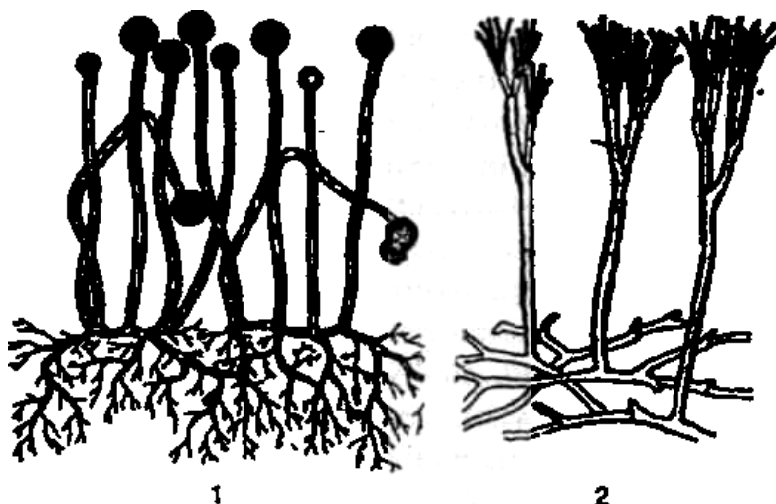


Рисунок 13. – Плесневые грибы

1 – мукор; 2 – пеницилл.

Дрожжи не образуют мицелий и представляют собой неподвижные клетки овальной формы. Размножаются дрожжи почкованием или делением. Дрожжи применяются в пивоварении, хлебопечении, производстве спирта, виноделии.

Грибы-паразиты обитают на живых организмах и питаются за их счет, вызывая заболевания – микозы. У грибов, поражающих растения (кроме мучнисторосяных), мицелий развивается внутри растительных органов. У мучнисторосяных грибов мицелий развивается на поверхности органов растения.

Мучнисторосяные грибы поражают культурные и дикорастущие растения (пшеница, рожь, люпин, виноград, крыжовник, смородина и др.). Пораженные органы растений покрываются мучнистым налетом конидий (отсюда название – «мучнистая роса»).

Спорыньевые грибы (спорынья) паразитируют на злаках. В колосе на месте зерновок уплотненный мицелий образует склеротции (плотные серо-фиолетовые рожки), которые зимуют, а весной прорастают. Склеротции, попавшие после размола в муку, могут вызывать тяжелые заболевания у людей («злые корчи» или «антонов

огонь»). Из спорыньи получают алкалоиды, используемые в медицине.

Головневые грибы (головня) паразитируют на злаках, поражая все органы растения. В период спороношения образуются темные споры, отчего пораженная часть растения выглядит как бы обугленной.

Ржавчинные грибы паразитируют на высших растениях (поражают деревья, травы, кустарники). Мицелий и споры содержат капли масла ржавого цвета (отсюда название).

Трутовые грибы (трутовики) наносят большой вред лесу. Споры попадают на раны коры деревьев, где прорастают. Образующийся мицелий поражает древесину. Через несколько лет на стволе образуются плотные деревянистые плодовые тела, имеющие форму копыта. На нижней стороне плодового тела в трубочках созревают споры, которые заражают новые деревья.

Фитофтора является паразитом томатов и картофеля. Тело представлено мицелием. Размножение осуществляется с помощью зооспор.

Многие грибы паразитируют на человеке, вызывая заболевания кожи, ногтей, волос (бластомикозы, молочница или кандидоз, стригущий лишай или микроспория и др.).

Положительное значение грибов

Грибы играют важную роль в круговороте веществ в биосфере. В цепях питания они являются редуцентами (разлагают органические вещества до простых неорганических соединений, которые доступны для автотрофных организмов). Грибы участвуют в почвообразовании (образование плодородного слоя – гумуса). Грибы широко используются в народном хозяйстве (дрожжи, пеницилл и др.).

Лекарственные грибы – чага, веселка.

Отрицательное значение грибов

Грибы-паразиты вызывают болезни человека, животных и растений.

Плесневые грибы вызывают порчу пищевых продуктов, промышленных материалов, изделий из кожи, дерева и бумаги.

В *Красную книгу* Республики Беларусь включены грибы *веселка обыкновенная, грибная капуста, дождевик гигантский*.

8.2 Лишайники

Лишайники – это группа симбиотических организмов, тело (слоевище, таллом) которых образовано двумя организмами: 1) грибом и 2) одноклеточной водорослью (автотрофным протистом), или цианобактерией. Лишайник – пример мутуализма (взаимовыгодного симбиоза). Наука, изучающая лишайники – лихенология.

Автотрофный (фототрофный) компонент лишайника – фикобионт, гетеротрофный – микобионт.

Фикобионт снабжает гриб органическими веществами, а получает от него воду и минеральные соли. Кроме того, гриб защищает фикобионт от высыхания.

По внешнему виду талломы лишайников:

Накипные, или корковые – имеют таллом в виде тонкой корочки, прочно срастающейся с субстратом.

Листоватые – имеют вид листовидных пластинок, прикрепляющихся к субстрату ризинами (пучками гиф). Поселяются на коре деревьев. Представители: ксантория, пармелия.

Кустистые – имеют вид кустиков, прикрепленных к субстрату лишь основанием. Представители: ягель (олений мох), кладония, цетрария исландская (исландский мох), уснея.

По анатомическому строению лишайники:

Гомеомерные. У них слоевище представляет собой рыхлое сплетение гиф гриба, среди которых равномерно располагаются клетки фикобионта (накипные лишайники).

Гетеромерные. В слоевище можно выделить дифференцированные слои, каждый из которых выполняет определенную функцию (листоватые, кустистые лишайники).

Слои лишайника:

- а) верхняя кора (образована плотно переплетенным гифами гриба),
- б) слой водорослей (фотосинтезирующий автотрофный слой),
- в) сердцевина (образована рыхло расположенными гифами гриба),
- г) нижняя кора (образована плотно переплетенным гифами гриба).



Рисунок14. – Схема строения лишайника

Размножение. Размножаются лишайники бесполым путем:

- 1) вегетативное размножение частями слоевища;
- 2) особыми специализированными образованиями – соредиями и изидиями; соредии и изидии состоят из одной или нескольких клеток фикобионта, оплетенных гифами гриба.

Значение лишайников

Лишайники – индикаторы загрязнения атмосферы (погибают при загрязнении воздуха). Пионеры растительности (способны существовать в крайне неблагоприятных условиях). Лишайники участвуют в почвообразовании (разрушают горные породы, образуют гумус). Являются продуцентами в цепях питания. Некоторые виды лишайников используют в пищу.

Кормовые лишайники (олений мох, исландский мох) идут на корм скоту.

Сырье для химической промышленности.

Красная книга РБ: лобария легочная, уснея цветущая.

8.3 Царство Протисты

Протисты – одноклеточные эукариотические организмы, независимо от способа питания. Имеют ядро и все органоиды.

В зависимости от способа питания протисты:

Гетеротрофные – амeba обыкновенная, инфузория-туфелька.

Гетеротрофные протисты – возбудители заболеваний у человека:

Дизентерийная амeba – толстый кишечник. Малярийный плазмодий – эритроциты, печень. Балантидий – толстый кишечник.

Лямблия – тонкий кишечник. Трихомонада – половые пути. Трипаносома – ЦНС.

Автотрофные протисты (миксотрофные) – эвглена зеленая, хламидомонада.

Автотрофные протисты – хлорелла, плеврококк, вольвокс (колониальный).

Согласно другой классификации:

1) эвглена зеленая и все гетеротрофные протисты относят к одноклеточным животным (нет клеточной стенки, при неблагоприятных условиях образуют цисту);

2) хламидомонада и все автотрофные протисты относят к одноклеточным растениям (есть клеточная стенка, цисту не образуют, они описаны в зеленых водорослях).

Таблица 11. – Сравнительная характеристика протистов

Признак	Амеба	Инфузория	Эвглена	Хламидомонада	Хлорелла
покровы	плазматическая мембрана	плазматическая мембрана + пелликула	плазматическая мембрана + пелликула	плотная оболочка (клеточная стенка)	плотная оболочка (клеточная стенка)
движение	псевдоподии	реснички	1 жгутик	2 жгутика	нет
питание	гетеротроф	гетеротроф	миксотроф	миксотроф	автотроф
хроматофор	Нет	нет	20 хлоропластов	чашевидный хроматофор	хроматофор
сократительная вакуоль	+	+	+	+	нет
стигма	Нет	нет	+	+	нет
ядро	1	2	1	1	1
циста	+	+	+	-	-
бесполое размножение	деление надвое митозом	деление надвое митозом	деление надвое митозом	зооспоры	споры
половое размножение	Нет	конъюгация	нет	копуляция (изогамия)	нет

Одноклеточные животные (ПОДЦАРСТВО ПРОСТЕЙШИЕ)

Общая характеристика

1. Обитают в морских и пресных водоемах, влажной почве. Многие являются паразитами человека и животных. Размеры тела простейших микроскопические.

2. Простейшие – одноклеточные эукариотические организмы. Их клетка выполняет функции целого организма. У них есть ядро. Присутствуют все органоиды эукариотической клетки: общего назначения (эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы, митохондрии, рибосомы) и специального назначения (пищеварительные и сократительные вакуоли, жгутики, реснички, трихоцисты).

3. Покровы простейших представлены либо только плазматической мембраной (амеба), либо плазматической мембраной и плотной эластичной оболочкой – пелликулой, обеспечивающей постоянство формы тела. В цитоплазме различают два слоя: наружный, более плотный – эктоплазма, и внутренний, более жидкий и зернистый – эндоплазма. В эндоплазме располагаются органоиды. Пелликула – наружный уплотненный слой эктоплазмы.

4. Органоиды движения: ложноножки, жгутики или реснички.

5. Питание гетеротрофное или миксотрофное (эвглена). При гетеротрофном питании пища переваривается в пищеварительных вакуолях под действием ферментов лизосом.

6. У пресноводных одноклеточных имеются одна или две сократительные вакуоли, функция которых – удаление избытка воды и жидких продуктов обмена. У морских и паразитических простейших сократительные вакуоли отсутствуют.

7. Дыхание (газообмен) и выделение осуществляется всей поверхностью тела.

8. Раздражимость у простейших проявляется в форме таксисов.

9. Размножение бесполое и половое.

Все простейшие размножаются бесполым способом. У большинства – деление клетки надвое (митоз). У малярийного плазмодия – шизогония (множественное деление ядра, после чего паразит распадается на множество особей).

Для инфузорий характерен половой процесс – конъюгация (обмен наследственной информацией, при этом увеличения числа особей не происходит). У малярийного плазмодия половое размножение – копуляция.

10. Простейшие переносят неблагоприятные условия в состоянии покоящейся стадии – цисты. При этом клетка покрывается плотной защитной оболочкой.

Классы Простейших: Саркодовые (Корненожки), Жгутиковые, Инфузории, Споровики.

Класс Саркодовые

Представители. Пресноводные – Амеба обыкновенная. Морские – фораминиферы, радиолярии. Паразиты – дизентерийная амеба (поражает толстый кишечник, человек заражается цистами).

Признаки Амебы обыкновенной:

- одноклеточный организм, одно ядро; – непостоянная форма тела;
- покровы тела – только плазматическая мембрана, пелликулы нет;
- органоиды движения – ложноножки (псевдоподии), которые могут образовываться в любом месте тела;
- гетеротрофное питание; характерен фагоцитоз и пиноцитоз; питается амеба бактериями, одноклеточными водорослями, детритом;
- выведение избытка воды и продуктов жизнедеятельности – сократительная вакуоль;
- дыхание всей поверхностью тела;
- размножение только бесполое – деление клетки надвое;
- осенью с наступлением холодов у амебы образуются цисты.

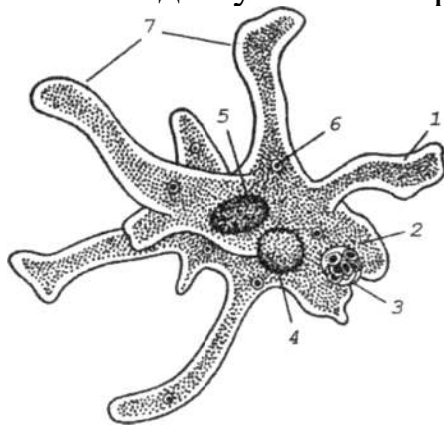


Рисунок 15. – Схема строения амебы

- 1 – эктоплазма; 2 – эндоплазма; 3 – заглываемые пищевые частицы;
4 – сократительная вакуоль; 5 – ядро; 6 – пищеварительная вакуоль;
7 – ложноножки.

Класс Жгутиковые

Представители: Пресноводные – Эвглена зеленая. Паразиты – Лямблия (поражает тонкий кишечник, человек заражается цистами). Трихомонада (поражает половые пути, человек заражается при

половом контакте). Трипаносома (поражает ЦНС, человек заражается при укусе мухи це-це).

Признаки Эвглены зеленой:

- одноклеточный организм, одно ядро;
- постоянная форма тела, покровы тела – плазматической мембрана и пелликула;
- органоид движения – жгутик;
- автогетеротрофное питание; на свету – фотосинтез, в темноте поглощает готовые органические вещества;
- содержит около 20 хлоропластов (хроматофоров);
- раздражимость – положительный фототаксис, обеспечиваемый светочувствительным глазком – стигмой.
- выведение избытка воды и продуктов жизнедеятельности – сократительная вакуоль;
- дыхание всей поверхностью тела; размножение только бесполое – деление клетки надвое.
- в неблагоприятных условиях образует цисты.
- иногда эвглена, размножаясь в огромных количествах, вызывает зелёное «цветение» воды.

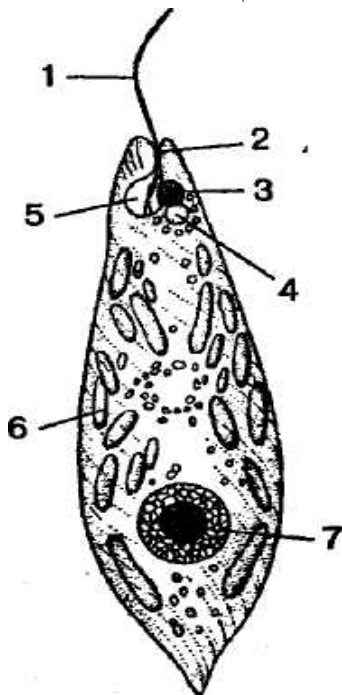


Рисунок 16. – Схема строения эвглены зеленой

- 1 – жгутик,
- 2 – клеточный рот;
- 3 – стигма;
- 4 – сократительная вакуоль;
- 5 – резервуар сократительной вакуоли;
- 6 – хлоропласты;
- 7 – ядро.

Класс Инфузории

Представители: Пресноводные – Инфузория-туфелька. Паразиты – Инфузория-Балантидий (поражает толстый кишечник, человек заражается цистами).

Признаки Инфузории-туфельки: – одноклеточный организм;

- содержит два ядра; большое ядро (макронуклеус) регулирует вегетативные функции (питание, дыхание, выделение), малое ядро (микронуклеус) обеспечивает половой процесс – конъюгацию;
- постоянная форма тела, покровы тела – плазматической мембрана и пелликула;
- органоиды движения – реснички, между ними имеются трихоцисты (защита и нападение);
- гетеротрофное питание; имеется клеточный рот и клеточная глотка;
- порошица обеспечивает удаление непереваренных остатков пищи;
- выведение избытка воды и продуктов жизнедеятельности – две сократительные вакуоли;
- дыхание всей поверхностью тела, – в неблагоприятных условиях образует цисты;
- размножение бесполое (деление клетки надвое), половой процесс – конъюгация.

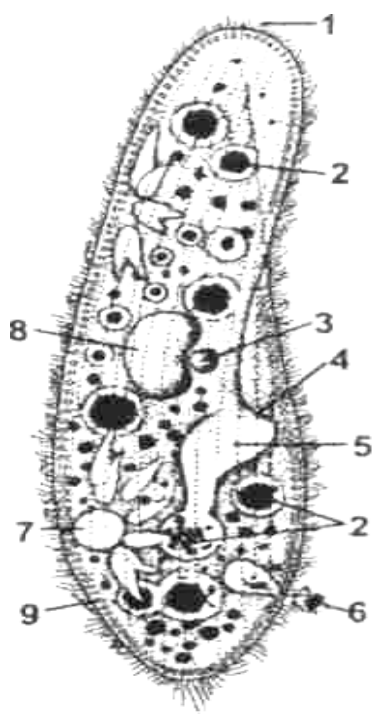


**Рисунок17. – Схема строения
Инфузории-туфельки**

- 1 – реснички;
- 2 – пищеварительные вакуоли;
- 3 – микронуклеус;
- 4 – ротовое отверстие;
- 5 – клеточная глотка;
- 6 – порошица;
- 7 – сократительная вакуоль (центральный резервуар и радиально расположенные приводящие каналы);
- 8 – макронуклеус;
- 9 – трихоцисты.

Класс Споровики

Только паразиты. Малярийный плазмодий поражает эритроциты, печень. У него нет вакуолей (пищеварительных и сократительных). Питание, дыхание, выделение – всей поверхностью тела.

Основной хозяин – самки малярийного комара. Промежуточный – человек.

ГЛАВА 9. ЦАРСТВО РАСТЕНИЯ

Ботаника – наука о растениях.

Царство растения подразделяется на два подцарства: высшие и низшие растения.

Подцарство Низшие растения включает: отдел Зеленые водоросли, отдел Красные водоросли, отдел Бурые водоросли. Низшие растения – это наиболее просто устроенные представители растительного мира. Вегетативное тело водорослей носит название таллом или слоевище. Оно не разделено на вегетативные органы и не имеет настоящих тканей.

Подцарство Высшие растения включает: отдел Моховидные; отдел Плауновидные, отдел Хвощевидные; отдел Папоротниковидные; отдел Голосеменные; отдел Покрытосеменные или Цветковые. Произошли высшие растения от зеленых водорослей. У них есть вегетативные органы: корень, стебель, лист.

В жизненном цикле растений наблюдается чередование полового (гаметофит) и бесполого (спорофит) поколений. У водорослей и моховидных в жизненном цикле преобладает гаметофит, а у остальных (у сосудистых растений) – спорофит. В эволюции растений происходит постепенное уменьшение (редукция) роли гаметофита и увеличение роли спорофита.

Расположение отделов растений в направлении увеличения роли спорофита и редукции гаметофита:

Водоросли → Моховидные → Папоротниковидные → Голосеменные → Покрытосеменные.

9.1 Ткани цветкового растения

Ткани – это группы клеток, сходные по происхождению, строению и выполняющие определенные функции в организме. Ткани растений, состоящие из одного типа клеток, называются простыми (паренхима, склеренхима, колленхима, меристема). Сложные ткани (ксилема, флоэма и покровные) состоят из разных типов клеток, различающихся по форме, внутреннему строению и функциям.

Классификация тканей

1. Образовательные ткани, или меристемы. Клетки этих тканей обладают способностью к делению и формированию всех прочих тканей.

2. Основные ткани (паренхимы) составляют большую часть тела растения. Они бывают:

1) ассимиляционные (хлорофиллоносные); 2) запасающие; 3) воздухоносные; 4) водоносные.

3. Покровные ткани выполняют функцию механической защиты от влияния внешней среды (эпидерма, ризодерма, перидерма, корка).

4. Механические ткани (опорные) придают прочность органам растений: 1) колленхима; 2) склеренхима.

5. Проводящие ткани обеспечивают транспорт воды, питательных веществ по растению:

1) ксилема (древесина) – обеспечивает восходящий ток воды и минеральных веществ;

2) флоэма (луб) – обеспечивает нисходящий ток органических веществ.

Образовательные ткани (меристемы) обеспечивают рост и образование всех других тканей растения. Меристемы образованы живыми клетками с тонкой оболочкой и крупными ядрами. Это простые ткани. Клетки образовательных тканей постоянно делятся митозом.

По локализации в теле растения выделяют верхушечные (апикальные), боковые (латеральные), вставочные (интеркалярные) и раневые (травматические) меристемы.

- верхушечные или апикальные меристемы обеспечивают рост растения в длину, находятся на верхушках стеблей и кончиках корней (конусы нарастания стебля и корня);
- боковые или латеральные меристемы обеспечивают рост стебля и корня в толщину (камбий, пробковый камбий или феллоген, перицикл);
- вставочные или интеркалярные меристемы возникают в зонах активного роста в разных частях растения (в основании черешков листьев и у оснований междоузлий). Вставочная меристема, расположенная в основании междоузлий у злаков, обеспечивает рост их стебля в длину.

По происхождению различают первичные и вторичные меристемы.

Первичные меристемы:

1) апикальные или верхушечные меристемы закладываются в зародыше семени и сохраняются на верхушках стеблей и кончиках корней;

2) прокамбий – это меристема, из которой в последующем формируется камбий и перицикл;

3) вставочные меристемы возникают в зонах активного роста в основании черешков листьев и у оснований междоузлий.

Вторичные меристемы образуются из клеток постоянных тканей. К ним относятся камбий и феллоген (пробковый камбий). Они обеспечивают рост растения в толщину.

Основные ткани (паренхимы) составляют большую часть растений. Они заполняют промежутки между проводящими и механическими тканями во всех органах растений. Это простые ткани. Они образуются за счет дифференцировки верхушечных меристем и состоят из живых клеток. В зависимости от выполняемых функций различают ассимиляционную, запасную, воздухоносную и водоносную паренхимы.

Ассимиляционная паренхима (хлоренхима) состоит из живых тонкостенных клеток, осуществляет фотосинтез, ее клетки содержат хлоропласты. Хлоренхима встречается в зеленых надземных органах растений (листья, молодые зеленые стебли).

Запасная паренхима запасает питательные вещества: белки, жиры, углеводы. Она преобладает в стеблях (составляет основную часть сердцевины древесного стебля), корнях, клубнях, плодах и семенах.

Воздухоносная паренхима (аэренхима) имеет между клетками крупные межклетники, в которых запасается воздух. Аэренхима участвует в газообмене и обеспечивает плавучесть растений. Она хорошо развита у водных и болотных растений.

Водоносная паренхима содержит в вакуолях слизистые вещества, способствующие удержанию влаги. Преимущественно эти клетки бывают у суккулентов (кактусы, алоэ, агавы).

Покровные ткани покрывают тело растений и предохраняют внутренние ткани от различных воздействий внешней среды (перегрев, охлаждение, проникновение бактерий). Это сложные ткани. Различают:

1) первичная покровная ткань – эпидерма (эпидермис, кожа);

2) вторичная покровная ткань – перидерма;

3) третичная покровная ткань – корка.

Эпидерма – это первичная покровная ткань, расположенная на поверхности листьев и молодых побегов, состоящая из одного слоя живых, плотно прилегающих друг к другу клеток. Эпидерма – это сложная ткань, так как в его состав входят различные клетки (эпидермальные клетки и клетки устьиц). Собственно эпидермальные клетки плотно сомкнуты между собой. В них отсутствуют хлоропласты. Снаружи эпидермис покрыт слоем кутикулы, состоящей из жироподобного вещества – кутина. В эпидермисе имеются устьица, которые регулируют газообмен и транспирацию (испарение воды). Устьица обычно располагаются на нижней стороне листа. Однако у водных растений, обладающих плавающими листьями, они находятся только на верхней стороне листа.

Перидерма – это сложная вторичная покровная ткань стеблей и корней многолетних растений. Она сменяет отмирающий эпидермис. Перидерма непроницаема для воды и воздуха и выполняет защитную функцию. Для газообмена и транспирации в перидерме есть чечевички.

Слои перидермы: пробка (феллема), пробковый камбий (феллоген), феллодерма (паренхима).

Перидерма образуется из феллогена или пробкового камбия. **Феллоген** закладывается в паренхиме, лежащей под эпидермой. Клетки пробкового камбия (феллогена) постоянно делятся: наружу образуются мертвые клетки пробки, а внутрь – живые с хлоропластами клетки феллодермы (паренхима). Клеточная стенка мертвых клеток пробки пропитана жироподобным веществом – суберином. Пробка охраняет внутренние живые ткани от потери влаги, резких температурных колебаний и проникновения микроорганизмов. Газообмен и транспирация живых тканей, лежащих под пробкой, обеспечивают чечевички.

Корка – третичная покровная ткань – образуется у многолетних растений в корне и стебле на смену пробке. Ежегодно в более глубоких слоях первичной коры закладываются новые слои перидермы. Наружный слой перидермы – пробка – изолирует все вышележащие ткани, в результате чего они отмирают. Таким образом, совокупность многочисленных перидерм с отмершими между ними тканями и является коркой.

Механические ткани — это опорные ткани, обеспечивающие прочность растения. Основная функция – опорная. Это простые ткани.

Виды механической ткани: колленхима и склеренхима.

Колленхима образована живыми клетками с неравномерно утолщенными за счет отложения целлюлозы и пектина неодревесневшими клеточными стенками. Колленхима служит для укрепления растущих органов растения. Встречается в стеблях растений, в черешках листьев и по обеим сторонам крупных жилок листа. Колленхима может растягиваться, поэтому она не препятствует росту органов.

Склеренхима образована мертвыми клетками с одревесневшими и равномерно утолщенными клеточными стенками. Ее клеточная стенка одревесневает (т. е. пропитывается *лигнином*), а ядро и цитоплазма разрушаются. Существуют две разновидности склеренхимы: волокна и склереиды.

Волокна – это длинные клетки вытянутой формы с заостренными концами, собранные в пучки. Эти клетки плотно примыкают друг к другу и их оболочки обладают высокой прочностью.

Если склеренхимные волокна встречаются в древесине (ксилеме), они называются древесинными волокнами. Они защищают сосуды от давления других тканей, являясь механической частью ксилемы.

Если склеренхимные волокна встречаются в лубе (флоэме), они называются лубяными волокнами. Лубяные волокна обладают большой прочностью и эластичностью, что находит большое применение в текстильной промышленности (волокна льна).

Склереиды – это округлые мертвые клетки с утолщенными одревесневшими клеточными стенками. Они встречаются во многих органах растения: каменистые клетки (в плодах груши), кожура семян и скорлупа орехов.

Проводящие ткани (ксилема и флоэма) обеспечивают восходящий и нисходящий ток растения. Это сложные ткани.

Восходящий ток – это ток воды и растворенных в ней минеральных солей, идущий от корней по стеблю к листьям. Восходящий ток осуществляется по сосудам (трахеям) и трахеидам ксилемы (древесины).

Нисходящий ток – это ток органических веществ, направляющийся от листьев к корням по ситовидным элементам флоэмы (луба).

Таблица 12. – Проводящие ткани

<i>Проводящая ткань</i>	<i>Основные элементы</i>		
	<i>Проводящие</i>	<i>Механические</i>	<i>Запасающие</i>
Ксилема	Сосуды (трахеи) и трахеиды	Древесинные волокна	Древесинная паренхима
Флоэма	Ситовидные трубки и клетки-спутницы	Лубяные волокна	Лубяная паренхима

Ксилема и флоэма – это сложные ткани, состоящие из трех основных элементов.

Основные элементы ксилемы и флоэмы

Проводящие элементы ксилем.

Трахеиды – это вытянутые в длину мертвые клетки с заостренными концами. Трахеиды имеют одревесневшую клеточную стенку. Форма их может быть кольчатой, спиральной, пористой и т. д. Жидкость по трахеидам протекает медленно (фильтрация происходит через поры, затянутые мембраной). Трахеиды – наиболее древние проводящие элементы ксилемы. Они дали начало древесинным волокнам.

Сосуды или трахеи, встречающиеся только у цветковых растений, представляют собой полые трубки (оболочки отмерших клеток). Они состоят из отдельных члеников, которые располагаются друг над другом. Благодаря отверстиям (перфорациям) между члениками вдоль всего сосуда свободно осуществляется ток жидкости. Жидкость по трахеям протекает очень быстро. Утолщения клеточных стенок у сосудов так же, как и у трахеид, бывают кольчатыми, спиральными, лестничными, сетчатыми и пористыми.

Проводящие элементы флоэмы

Ситовидные трубки образованы живыми клетками, без ядер. Клетки расположены друг над другом и контактируют между собой через поперечные перегородки, пронизанные мелкими отверстиями (порами), как сито.

Клетки-спутницы, сопутствующие каждому членику ситовидной трубки, выполняют вспомогательную роль в транспорте органических веществ.

Сосудистые растения – растения, в органах которых имеются сосуды или трахеиды, и ситовидные элементы. К ним относятся все высшие растения, кроме моховидных, у которых проводящая система отсутствует. У покрытосеменных растений встречаются трахеиды и сосуды. У остальных сосудистых растений (у хвощей, плаунов, папоротников и голосеменных) присутствуют только трахеиды.

9.2 Отдел покрытосеменные. Жизненные формы покрытосеменных

Отдел Покрытосеменные (Цветковые) включает два класса: однодольные и двудольные.

Жизненные формы покрытосеменных

1. Деревья. Один одревесневший стебель-ствол, на ветвях которого располагаются почки.

Двудольные: дуб, береза, липа, клен, ясень, ольха, береза, тополь, граб, вяз, рябина.

2. Кустарники. Несколько одревесневших стволов. Неразличимы главный и боковые.

Только двудольные: жимолость, барбарис, бересклет, малина, калина, акация, сирень, орешник (лещина), крушина, рябинник, пузыреплодник, шиповник, бузина, волчье лыко, роза, спирея, карагана, рододендрон, черемуха.

3. Кустарнички. Несколько стволиков, почки возобновления зимуют под снегом.

Только двудольные: голубика, черника, брусника, клюква, вереск, багульник.

4. Травы:

Многолетние травы. Стебель осенью отмирает, а весной из перезимовавших почек развивается новый.

Двудольные: одуванчик, цикорий, нивяник, подорожник.

Однодольные: купена, тимopheевка, ландыш, пырей, любка, лук.

Двулетние травы. В первый год развиваются вегетативные органы и запасаются питательные вещества, на второй год происходит цветение и плодоношение.

Только двудольные: морковь, свекла, капуста.

Однолетние травы. Вегетационный период с весны по осень.

Двудольные: пастушья сумка, лебеда.

Однодольные: пшеница, рожь.

9.3 Вегетативные органы растений

Органы цветкового растения подразделяются на вегетативные (корень, стебель, лист) и генеративные (цветок, семя, плод).

9.3.1 Корень

Корень имеет неограниченный верхушечный рост и положительный геотропизм. Характерна радиальная симметрия.

Функции корня:

- фиксация растения в почве;
- почвенное питание: поглощает и проводит в надземные органы воду и растворы минеральных солей;
- участвует в дыхании растения (при недостатке в почве кислорода рост корней замедляется);
- депо запасных питательных веществ (корнеплоды, корневые клубни);
- орган вегетативного размножения;
- вступает в симбиоз с клубеньковыми бактериями и грибами (микориза).

Виды корней:

- а) главный корень – образуется из зародышевого корешка при прорастании семени;
- б) придаточные корни – образуются на стеблях, листьях, видоизмененных побегах;
- в) боковые корни – отходят от главного и придаточных корней.

Корневая система – это совокупность всех корней одного растения.

Типы корневых систем:

1. Стержневая – хорошо выражен главный корень. Характерна двудольным растениям.
2. Мочковатая – представлена придаточными и боковыми корнями, рост главного корня при этом останавливается. Характерна однодольным растениям. (Исключение – двудольное растение подорожник с мочковатой корневой системой)

Строение корня

Зоны корня:

1. Зона деления клеток образована клетками верхушечной меристемы (конус нарастания). Деление клеток этой зоны обеспечивает образование всех тканей корня. Зона деления покрыта корневым чехликом, который защищает конус нарастания и определяет направление роста корня. Корневой чехлик образован живыми паренхиматозными клетками, которые быстро отмирают и заменяются новыми. Слизь, которую выделяют эти клетки, облегчает продвижение корня между частицами почвы. При повреждении зоны деления прекращается рост корня в длину и начинается образование большого количества боковых корней.

2. Зона растяжения и начала дифференцировки клеток (зона роста). Клетки этой зоны практически не делятся, но быстро растут в длину и обеспечивают удлинение корня.

3. Зона всасывания (зона корневых волосков). Корневой волосок – это выпячивание клеток ризодермы длиной до 1 см. Срок жизни волосков несколько недель, затем они отмирают. Корневые волоски всасывают из почвы воду и минеральные вещества. В этой зоне происходит дифференцировка клеток корня, формируются проводящие ткани.

4. Зона проведения. В ней расположены проводящие ткани, по которым к стеблю проводится вода и растворы минеральных солей. В этой зоне от главного корня образуются боковые корни.

На поперечном срезе в корне различают эпидерму, первичную кору и центральный (осевой) цилиндр.

Эпидерма (ризодерма, эпиблема) – самый наружный слой клеток. Содержит корневые волоски.

Первичная кора расположена непосредственно под эпидермой. В состав коры входят экзодерма (наружный слой), паренхима (мезодерма) и эндодерма. *Эндодерма* – однослойный внутренний слой коры, содержит пропускные клетки с поясками Каспари (пояски суберина). Эндодерма отделяет клетки паренхимы коры от центрального цилиндра с проводящими тканями и регулирует транспорт воды и минеральных солей в центральный или осевой цилиндр.

Центральный цилиндр состоит из проводящей системы (флоэмы и ксилемы), окруженной перициклом. *Перицикл* – это один слой клеток образовательной ткани, который прилегает к эндодерме. Перицикл – разновидность боковой меристемы (образовательной ткани), в которой происходит закладка боковых корней.

Внутри перицикла находится ксилема, которая имеет у двудольных растений форму звезды. Ксилема состоит из трахеид и сосудов. Между соседними лучами ксилемной звезды расположены более мелкие и тонкостенные клетки флоэмы.

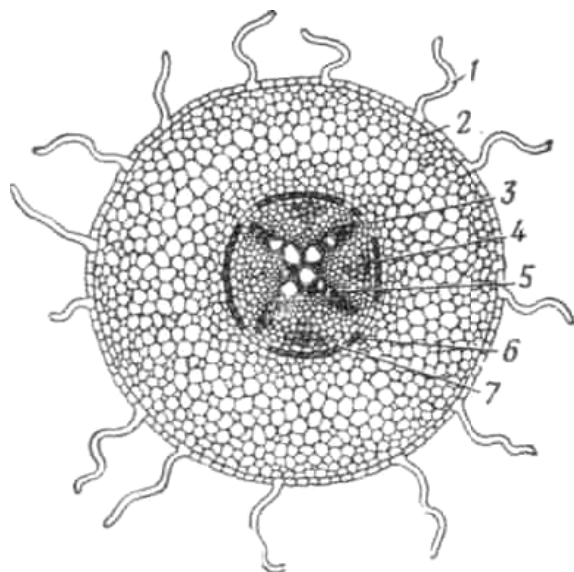


**Рисунок 18. – Поперечный срез корня
в зоне всасывания**

- 1 – корневой волосок;
- 2 – эпидермис;
- 3 – пропускная клетка;
- 4 – ситовидные трубки флоэмы;
- 5 – сосуды ксилемы;
- 6 – эндодерма;
- 7 – перицикл.

В корнях деревьев и кустарников между флоэмой и ксилемой лежит слой клеток камбия (вторичный рост в толщину).

Корень дерева и кустарника на разрезе:

Перидерма, Флоэма, Камбий, Ксилема, Сердцевина.

Рост корня в толщину происходит благодаря делению клеток камбия – образуются новые элементы ксилемы, флоэмы и механической ткани. В длину корень растет за счет деления клеток конуса нарастания (зона деления).

Поглощение корневыми волосками воды происходит посредством осмоса, а растворов минеральных солей – диффузией и активным транспортом.

Передвижение воды и минеральных солей по сосудам корня и стебля к листьям осуществляется за счет транспирации и корневого давления.

Среда обитания корней – почва.

Удобрения – минеральные или органические соединения, необходимые для минерального питания растения и повышения плодородия почвы. Они способны повысить урожайность сельскохозяйственных культур. Удобрения бывают минеральные и органические.

Минеральные удобрения:

а) азотные: селитра, мочевина, сульфат аммония; влияют на рост надземных частей растений;

- б) фосфорные: суперфосфат; ускоряют созревание плодов;
- в) калийные: хлорид калия, зола; усиливают рост корневой системы.

Органические удобрения: навоз, птичий помет, торф, перегной.

Дыхание корня. Корни, как и все растение, поглощают кислород и выделяют углекислый газ. Затрудняется газообмен на глинистых и заболоченных почвах. Для улучшения поступления воздуха необходимо рыхлить почву.

Видоизменения корня:

- *Корнеплоды* (редька, свекла, морковь, репа, редис) – это утолщение главного корня. Запасают питательные вещества.

- *Корневые клубни* или корневые шишки (георгин, батат, чистяк). Корневые клубни – это утолщения боковых или придаточных корней. Запасают питательные вещества.

- *Ходульные корни* (фикус бенгальский, мангровое дерево, кукуруза) – многочисленные придаточные корни, которые поднимают растения над водой или почвой.

- *Воздушные корни* (орхидеи) – развиваются как придаточные на стебле. Способны улавливать атмосферную влагу.

- *Цепляющие корни* или корни-прицепки (лианы, плющ). Выполняют опорную функцию.

- *Дыхательные корни* болотных растений (ива ломкая) выступают над водой и служат проводником воздуха для растения.

- *Втягивающие корни* (гладиолус, тюльпан, нарцисс, лук, лилия). Сокращаясь, втягивают луковицы и клубнелуковицы глубоко в почву, что способствует перенесению холодов.

- Корни редуцированы и видоизменены в *присоски* (гаустории) у растений-паразитов (омела, повилика). Гаустории внедряются в тело хозяина и обеспечивают питание паразита.

9.3.2 Побег

Побег – это стебель с листьями и почками. Место прикрепления листа к стеблю – узел. Междоузлия – части стебля между узлами. Угол между стеблем и листом в месте его выхода называется листовой пазухой. Побег развивается из почки. Побег, выросший из почки в течение одного вегетационного периода, называется годичным побегом.

Почка – это зачаточный побег. Почка имеет укороченный зачаточный стебель с расположенными на нем зачаточными листьями. Снаружи почки прикрыты защитными плотными чешуями.

Классификация почек:

1. По внутреннему строению:

– *Вегетативная* почка несет зачаточный стебель с конусом нарастания на верхушке и зачаточные листья. Из нее развиваются стебель с листьями.

– *Генеративная* (цветочная) почка несет зачаточный стебель с листьями, а также зачатки цветков и соцветий. Из нее развиваются стебель с листьями и цветками. Цветочная почка, несущая зачаток одного цветка, называется *бутоном*. Генеративные почки крупнее вегетативных, имеют округлую форму.

2. По расположению на побеге:

– *Верхушечная* – расположена на верхушке побега и обеспечивают рост стебля в длину.

– *Боковая* (пазушная) – расположена в пазухе листа, обеспечивает рост боковых побегов и ветвление стебля.

– *Придаточная* – расположена вне пазухи листа на корне, стебле, листе и дает придаточный побег.

Способы ветвления побега:

А. *Дихотомическое* – главная ось побега дает две равнозначные новые ветви, каждая из которых также образует еще два побега и т.д. (водоросли, плауны).

Б. *Моноподиальное* – верхушечный рост главной оси побега в течение всей жизни растения; от главной оси отходят боковые оси второго порядка (ель, пихта, сосна).

В. *Симподиальное* – верхушечная почка главной оси прекращает свой рост, а развивается боковая почка, расположенная непосредственно под верхушечной. Выросший из этой почки побег принимает направление главной оси побега, но вскоре также прекращает свой рост, а развивается новая боковая почка, расположенная непосредственно под конусом нарастания и т.д. (береза, ива, яблоня, вишня).

Видоизмененные подземные побеги: выполняют функции запаса питательных веществ и вегетативного размножения.

Корневище характерно для многолетних трав, а также кустарничков. Корневище по внешнему виду напоминает корень. От корня корневище отличается горизонтальным ростом, отсутствием

корневого чехлика, наличием чешуевидных листьев, почек и придаточных корней. В корневище различают узлы, от которых отходят придаточные корни, и междоузлия. Представители: купена, ландыш, пырей, тимофеевка, вороний глаз, ирис, гравилат, копытень, осока песчаная, ветреница, земляника, черника, мать-и-мачеха, кувшинка. Съедобное корневище – канна, лотос, рогоз, тростник. Лекарственное корневище – аир, бадан, валериана.

Луковица. Луковица – это подземный сильно укороченный побег. Стебель луковицы – донце, к нему прикрепляются сочные видоизмененные листья (чешуи). В пазухах сочных чешуй находятся почки. Снаружи луковица покрыта сухими защитными чешуями. На нижней части донца развиваются придаточные корни. Представители: лук, тюльпан, пролеска, подснежник, лилия, нарцисс, чеснок, крокус.

Клубень. Клубень – это видоизмененный побег, стебель которого сильно утолщается. Клубни бывают подземные и надземные (кольраби). Подземные клубни – это утолщения подземного безлистного побега – *столон*. Основанием клубни прикрепляются к столону. Молодой клубень покрыт эпидермисом, который в процессе роста заменяется пробкой. Глазки – это верхушечная и боковые почки клубня. Представители: картофель, топинамбур, стрелолист, любка. *Надземный клубень:* кольраби.

Клубнелуковица. Видоизмененный подземный побег, внешне похожий на луковицу. В нем сильно разрастается донце. Снаружи донце покрыто сухими чешуями. Представители: гладиолус, шафран, безвременник.

Видоизмененные надземные побеги

Кочан – видоизмененная почка (зачаточный побег). Представители: капуста. Функция: запасание питательных веществ.

Стеблевые суккуленты – растения с мясистыми стеблями и редуцированными листьями. Представители: кактусы, молочаи, солерос. Функция: запасание воды и экономное ее расходование.

Усики – служат органами прикрепления. Представители: виноград, огурец, тыква.

Колючки – выполняют защитную функцию. Представители: дикая груша, боярышник, терн, гледичия.

Ползучие побеги («усы») – служат для вегетативного размножения. Представители: земляника, гусятая лапка, клевер белый, люквa, луговой чай, лютик ползучий.

9.3.3 Стебель

Стебель – осевой вегетативный орган растения, обладающий неограниченным верхушечным ростом, который несет на себе листья, почки, цветки и плоды.

Для стебля характерны: радиальная симметрия и отрицательный геотропизм.

Функции стебля:

- удерживает растение в определенном положении, придает механическую прочность;
- обеспечивает восходящий и нисходящий токи веществ, связь всех органов растения;
- депо запасных питательных веществ;
- несет листья, цветки и плоды;
- участвует в фотосинтезе (зеленые стебли однолетних растений);
- один из органов вегетативного размножения;
- участвует в дыхании;
- может ветвиться благодаря развитию боковых и придаточных почек;
- обеспечивает увеличение площади поверхности растения путем ветвления.

Стебель растения может быть:

Травянистый – зеленый, способен к фотосинтезу.

Одревесневший (ствол) – покрыт слоем коры, не способен к фотосинтезу.

В зависимости от особенностей строения стебля различают различные жизненные формы растений.

Рост стебля в длину обеспечивается делением клеток конуса нарастания или ростом междоузлий (у злаков). Рост стебля в толщину обеспечивается делением клеток камбия.

Внутреннее строение стебля древесного растения:

- 1) кора – (остатки эпидермиса, перидерма, луб) – часть стебля расположенная к наружи от камбия,
- 2) камбий,
- 3) древесина,
- 4) сердцевина.

Кора

Эпидермис – первичная покровная ткань, расположенная на поверхности молодых побегов. В эпидермисе имеются устьица, которые обеспечивают газообмен и транспирацию.

Перидерма – это сложная вторичная покровная ткань стеблей. Она сменяет отмирающий эпидермис. Слои перидермы: пробка, феллоген, феллодерма. Газообмен и транспирация живых тканей, лежащих под пробкой, обеспечивают чечевички.

Луб (флоэма) – самая внутренняя часть коры – образуется камбием. Луб включает:

- *Ситовидные трубки и клетки-спутницы*, обеспечивают нисходящий ток органических веществ синтезированных в листьях к другим органам растения.

- *Лубяные волокна* – обеспечивают прочность и гибкость стебля.

- *Лубяная паренхима* – обеспечивает запасание питательных веществ.

Колючки ежевики и шиповника развиваются из клеток коры.

Камбий. Боковая меристема. Обеспечивает рост стебля в толщину.

Древесина(Ксилема).Образуется камбием. Древесина включает:

- *Сосуды и трахеиды* ксилемы – обеспечивают восходящий ток воды с растворенными в ней минеральными солями от корней к листьям.

- *Древесинные волокна* – обеспечивают механическую прочность стебля.

- *Древесинная паренхима* – обеспечивает запасание питательных веществ. Питательные вещества в клетки древесинной паренхимы и дальше в сердцевину попадают из луба по сердцевинным (лубо-древесинным) лучам – так называемый горизонтальный транспорт органических веществ.

В древесине хорошо выражены *годовые кольца*, образованные за счет деления клеток камбия. Наиболее активно он делится весной и заканчивается деление клеток осенью. Весной и летом камбий образует крупные клетки древесины, осенью – мелкие, зимой его деление прекращается. Так происходит из года в год, в результате формируются годовые кольца. По годовым кольцам можно определить возраст дерева.

Сердцевина. Представлена запасающей паренхимой.

Стебель можно классифицировать по расположению в пространстве.

Прямостоячий – ель, сосна, береза, кукуруза, мятлик луговой, подсолнечник.

Стелющийся – горец птичий, арбуз.

Ползучий – земляника, луговой чай, тыква, клевер белый, лютик ползучий, живучка ползучая.

Лазящий – горошек мышиный, плющ, горох.

Вьющийся – хмель, фасоль, вьюнок.

Стебель с соцветием у первоцвета, одуванчика, подорожника – *стрелка*.

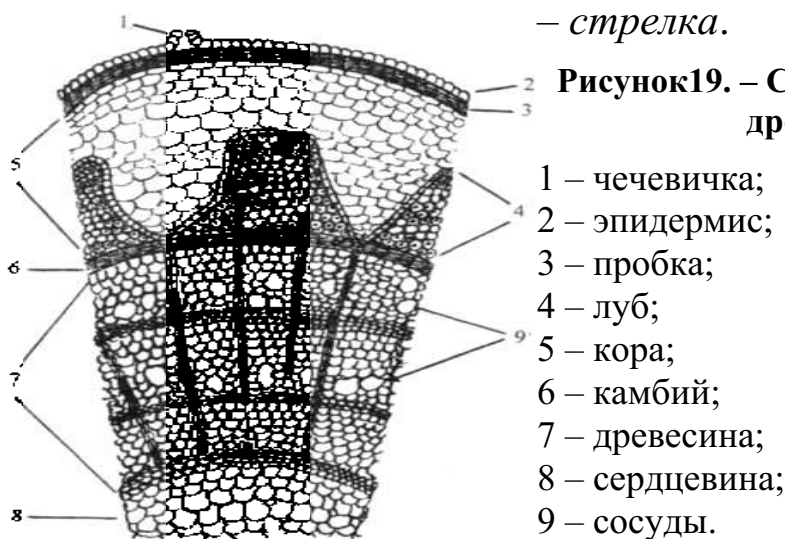


Рисунок 19. – Схема внутреннего строения древесного стебля

- 1 – чечевичка;
- 2 – эпидермис;
- 3 – пробка;
- 4 – луб;
- 5 – кора;
- 6 – камбий;
- 7 – древесина;
- 8 – сердцевина;
- 9 – сосуды.

9.3.4 Лист

Лист – это боковой вегетативный орган растения. Он имеет двустороннюю симметрию и ограниченный рост.

Функции листа:

- фотосинтез;
- газообмен;
- транспирация (испарение воды);
- орган вегетативного размножения;
- запасание питательных веществ.

Строение листа

Листовая пластинка – расширенная часть листа, обеспечивающая фотосинтез, транспирацию и газообмен.

Форма листовой пластинки может быть: округлой (осина), овальной (крушина), линейной (timoфеевка), сердцевидной (липа, сирень), яйцевидной (крапива), игольчатой (хвоя сосны, ели) и др.

По глубине вырезов на пластинке различают листья: лопастные (дуб, клен), раздельные (одуванчик), рассеченные (вырезы доходят до средней жилки – тысячелистник, полынь).

По форме края листовой пластинки различают листья: цельнокрайние (сирень), зубчатые (лещина), пильчатые (груша) и др.

Черешок – суженная часть листа, которой он прикрепляется к стеблю. Листья, имеющие черешки, называются *черешковыми* (сирень, клен, липа, яблоня). Листья, не имеющие черешка, называются *сидячими* (алоэ, гвоздика, лен, традесканция). Они прикрепляются к стеблю основанием листовой пластинки. Основание листа однодольных растений расширяется во *влагалище* – трубку, обхватывающую стебель.

Основание листа (черешка) обеспечивает соединение листа со стеблем.

Прилистники – листовидные образования у основания листа. Они развиваются раньше, чем листовая пластинка. Прилистники защищают молодой лист от повреждений.

Прилистники у многих растений сохраняются в течение всей жизни листа и выполняют функцию фотосинтеза (горох, чина луговая, клевер, боярышник, шиповник, ива).

Прилистники могут опадать в стадии молодого листа (липа, дуб, береза).

Прилистники могут видоизменяться в колючки (карагана, акация), тогда они выполняют защитную функцию.

Жилкование листьев – это особенности расположения жилок на листовой пластинке. Жилки листа – это сосудисто-волокнистые пучки. Жилки придают листу механическую прочность. По ним осуществляется транспорт воды, минеральных солей (ксилема) и органических соединений (флоэма).

Сетчатое жилкование – жилки ветвятся и образуют сеть. Характерно для двудольных растений. Сетчатое жилкование бывает:

– *перистое (перисто-сетчатое)* – от одной главной жилки отходят более мелкие боковые (береза, дуб, тополь, калина, примула); вороний глаз является исключением – это однодольное растение, но у него перистое жилкование;

– *пальчатое (пальчато-сетчатое)* – от основания листовой пластинки в виде лучей отходят несколько одинаковых главных жилок, от которых отходят более мелкие боковые (клен).

Параллельное жилкование – многочисленные жилки идут от основания листовой пластинки параллельно друг другу и сближаются только на верхушке листа. Характерно для однодольных растений (злаки: кукуруза, рожь, пшеница).

Дугое жилкование – жилки дугообразно изгибаются. Жилки смыкаются на вершине и у основания листовой пластинки. Характерно для однодольных растений (любка, ландыш, купена). Подорожник – исключение (двудольное растение, но у него дугое жилкование).

Листья простые и сложные

Простые листья имеют одну листовую пластинку (липа, осина, сирень, пшеница).

Сложный лист на одном черешке несет несколько листовых пластинок. Различают следующие типы сложных листьев:

тройчатосложные – на одном черешке три листовые пластинки (клевер, земляника);

пальчатосложные – несколько листовых пластинок прикрепляется к верхушке общего черешка и расходятся радиально (каштан, люпин);

перистосложные – листовые пластинки прикрепляются по всей длине черешка с двух сторон; непарноперистые листья заканчиваются на верхушке одной листовой пластинкой (рябина, акация, роза, ясень), а парноперистые листья имеют на верхушке две листовые пластинки (горох).

Листорасположение

– очередное или спиральное: от узла отходит только один лист (роза, ольха, осина, ива, липа, колокольчик, яблоня, тополь, голубика, береза, дуб);

– супротивное: от узла отходят два листа, которые располагаются напротив друг друга (бузина, клен, сирень, ясень, молочай, жимолость);

– мутовчатое: от узла отходит три и более листа (вороний глаз, олеандр, элодея, ветреница, вербейник, подмаренник).

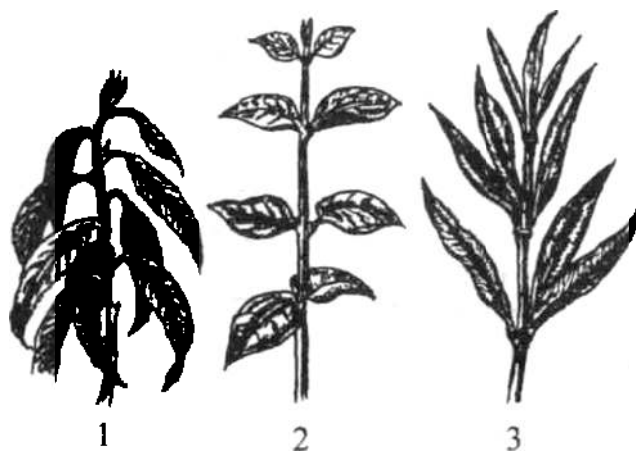


Рисунок 20. – Листорасположение

- 1 – очередное;
- 2 – супротивное;
- 3 – мутовчатое

Внутреннее строение листа

С обеих сторон листовая пластинка покрыта *эпидермисом* (покровная ткань). Клетки эпидермиса плотно сомкнуты между собой. В них отсутствуют хлоропласты. Снаружи эпидермис покрыт слоем кутина. В эпидермисе имеются устьица, которые регулируют газообмен и транспирацию (испарение воды). Устьица обычно располагаются на нижней стороне листа. Однако у водных растений, обладающих плавающими листьями, они находятся только на верхней стороне листа.

Под эпидермисом расположена *ассимиляционная паренхима* (*хлоренхима*), которая осуществляет фотосинтез. Ее клетки содержат хлоропласты. Хлоренхима подразделяется на столбчатую (палисадную) и губчатую.

Столбчатая паренхима располагается под верхним эпидермисом. Ее клетки расположены в несколько слоев и плотно прилегают друг к другу. Содержат большое количество хлоропластов. Основная функция – фотосинтез.

Губчатая паренхима располагается под столбчатой паренхимой и прилегает к нижнему эпидермису. Ее клетки расположены рыхло, между клетками находятся большие межклетники. В клетках содержится малое количество хлоропластов. Основные функции: транспирация и газообмен, в меньшей степени – фотосинтез.

В листе проходят жилки – сосудисто-волокнистые пучки. В пучке ксилема повернута к верхней, а флоэма к нижней поверхности листа. Жилки листа связаны с проводящей системой стебля.

Видоизменения листьев:

Колючки – выполняют защитную функцию;

а) листовые колючки – видоизменения целого листа (барбарис, кактус);

б) видоизменения прилистников (акация, карагана);
в) черешок листа после опадения листовой пластинки – астргал.

Мясистые листья у листовых суккулентов. Представители: алоэ, агава, коланхое, очиток, молодило. Функция – запасание воды и экономное ее расходование.

Усики – органы прикрепления. Представители: горох, горошек и другие бобовые.

Ловчие аппараты насекомоядных растений. Представители: росянка, пузырчатка, непентес, венерина мухоловка, саррацения.

Сочные чешуи луковицы.

Части цветка (чашелистики, лепестки, тычинки, пестики).

Листопад – это опадание листьев у многолетних деревьев и кустарников. По отношению к листопаду растения подразделяются:

Вечнозеленые – покрыты листьями в течение всего года. Это в основном растения тропиков (фикус, маслины, лавр). В умеренной полосе это хвойные деревья и кустарники, цветковые кустарнички и некоторые многолетние травы. Представители: ель, сосна, вереск, клюква, грушанка круглолистная, копытень европейский.

Листопадные – растения, у которых наблюдается опадание листьев. Листопад – это приспособление растений к уменьшению испарения влаги в холодный или засушливый период. С наступлением осени уменьшается поступление в листья воды, замедляются транспирация и фотосинтез. Изменяется цвет листьев. Первым разрушается хлорофилл, как наиболее чувствительный к действию низких температур, а проявляются желтые и красные пигменты. В основании черешка образуется отдельный слой, который обеспечивает опадание листьев.

9.3.5 Вегетативное размножение растений – это размножение частями вегетативных органов

А. Вегетативное размножение корнями:

– корневые отпрыски (корневая поросль) развиваются из придаточных почек (сирень, осина, тополь, рябина, роза, вишня, слива, малина, иван-чай, бодяк, осот);

– корневые черенки – это части корней с придаточными почками, дающими начало надземным побегам (малина, молочай, бодяк, осот и др.).

Б. Вегетативное размножение побегами:

- отводки – побег пригибают к земле, присыпают, и он укореняется (крыжовник, липа, виноград, калина);
- усы – укореняются ползучие побеги (земляника, лютик);
- отломившиеся ветки (ива, тополь).
- облиственные черенки – традесканция, пеларгония, колеус;
- безлистные черенки – крыжовник, смородина, тополь, ива;
- видоизмененные побеги: луковицы (тюльпан, чеснок), клубни (картофель), корневище (ландыш, мята, пырей).

В. Вегетативное размножение листьями:

- листовые черенки – бегония, узамбарская фиалка, сансевьера (щучий хвост).

Г. Вегетативное размножение делением кустов (пион, флоксы, сирень).

Д. Вегетативное размножение прививкой. Привой (часть растения, которое прививают) сращивается с подвоем (укорененное растение к которому прививают). Прививка почкой называется окулировкой, а прививка черенком – копулировка.

9.4 Репродуктивные органы растений

Репродуктивные органы обеспечивают половое размножение. К ним относят: цветок, семя и плод.

9.4.1 Цветок

Цветок – это видоизмененный укороченный побег. Цветок служит для семенного размножения покрытосеменных растений.

Неправильный цветок (можно провести только одну ось симметрии) – горох, шалфей, клевер, акация, фиалка.

Правильный цветок (можно провести несколько осей симметрии) – тюльпан, колокольчик, вишня, яблоня, тыква, вьюнок.

Строение цветка

Цветоножка – часть стебля, лишенная листьев и несущая цветок. Цветки, не имеющие цветоножки, называются сидячими (волчье лыко).

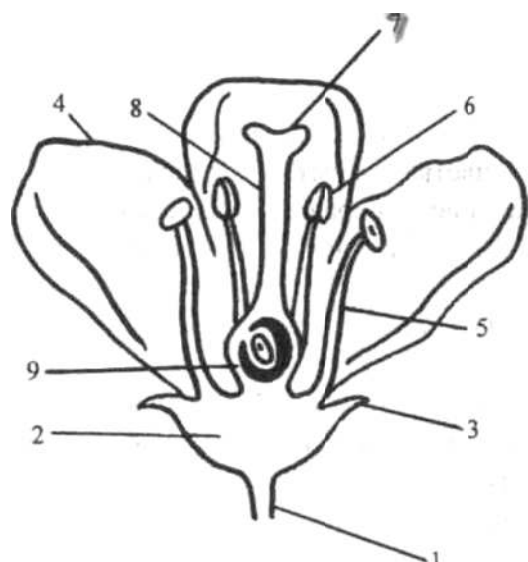


Рисунок 21. – Схема строения цветка

- 1 – цветоножка;
- 2 – цветоложе;
- 3 – чашелистик;
- 4 – лепесток;
- 5 – тычиночная нить;
- 6 – пыльник;
- 7 – рыльце пестика;
- 8 – столбик;
- 9 – завязь.

Цветоложе – расширенная часть цветоножки. На цветоложе располагаются: околоцветник (чашечка и венчик), тычинки и пестик.

Чашечка образована зелеными чашелистиками, а венчик – окрашенными лепестками. Ярко окрашенные лепестки служат для привлечения насекомых-опылителей.

Двойной околоцветник (имеется чашечка и венчик) – яблоня, груша, белая акация, колокольчик, картофель.

Простой околоцветник (имеется или чашечка, или венчик). Простой венчикообразный цветок у тюльпана, лилии. Простой чашечкообразный цветок у свеклы, конопли.

Пестик – женская часть цветка. Он находится в центре цветка и состоит из рыльца, столбика и завязи. Если столбик отсутствует, такой пестик называют *сидячим* (мак). В завязи пестика расположены семязачатки (семяпочки).

Тычинки – мужская часть цветка. Они окружают пестик. Тычинка имеет тычиночную нить и пыльник, состоящий из двух пыльцевых мешков. В пыльниках образуется пыльца.

Различают **обоеполые** и **однополые** цветки.

Обоеполые цветки содержат и тычинки, и пестики (картофель, тюльпан, яблоня, груша). **Однополые цветки** могут быть *тычиночные* или *пестичные*. У *однодомных* растений тычиночные и пестичные цветки располагаются на одном растении (тыква, огурец, кукуруза, лещина), у *двудомных* – на разных (конопля, тополь, ива, облепиха).

Соцветие – собранная в определенном порядке группа цветков на одной цветоножке. Различают простые и сложные соцветия. **Простые соцветия** имеют одну ось, на которой располагаются

цветки. У сложных соцветий от главной оси отходят оси второго порядка, на которых располагаются цветки.

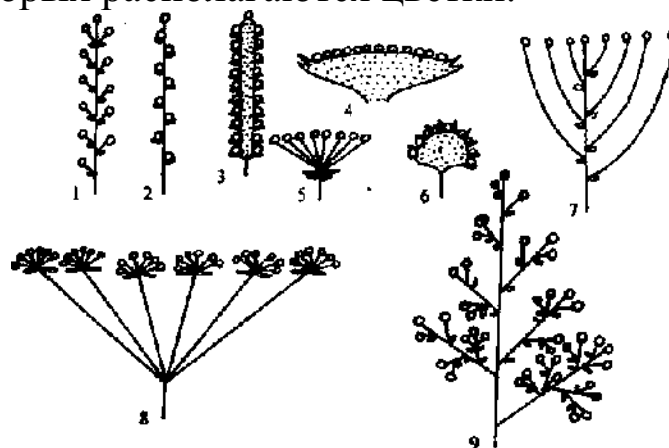


Рисунок 22. – Типы соцветий покрытосеменных растений

1 – кисть; 2 – простой колос; 3 – початок; 4 – корзинка; 5 – зонтик;
6 – головка; 7 – щиток; 8 – сложный зонтик; 9 – метелка.

Простые соцветия:

Кисть. Удлиненная главная ось, к которой прикреплены боковые цветки при помощи цветоножек одинаковой длины. Представители: белая акация, черемуха, ландыш, пастушья сумка, люпин, донник, капуста.

Простой колос. Сидячие цветки располагаются на главной удлиненной оси (подорожник, ятрышник).

Початок. Сидячие цветки располагаются на главной удлиненной сильно утолщенной оси (кукуруза, калла).

Корзинка. Мелкие сидячие цветки располагаются на главной расширенной и утолщенной оси. Снаружи соцветие окружают зеленые листья – обертка. Представители: подсолнечник, одуванчик, мать-и-мачеха, календула, ромашка, астра, василек, маргаритка.

Головка. Сильно укороченная утолщенная главная ось, на ней расположены сидячие цветки (клевер).

Простой зонтик. Укороченная главная ось, ножки цветков выходят из одной точки, цветки располагаются куполообразно или в одной плоскости (вишня, примула).

Щиток. Цветки располагаются в одной плоскости. Цветоножки имеют разную длину и отходят от разных точек главной оси. Представители: груша, спирея, яблоня.

Сережка. Колосовидное поникающее соцветие, состоящее из большого числа однополых цветков и опадающее целиком после цветения. Представители: береза, орешник, ольха.

Сложные соцветия:

Сложная кисть (Метелка). От главной удлинённой оси соцветия отходят простые кисти (сирень, овес, мятлик, тростник).

Сложный зонтик. От главной оси соцветия отходят простые зонтики (укроп, морковь, петрушка, борщевик).

Сложный колос. От главной удлинённой оси соцветия отходят простые колоски (рожь, пшеница, пырей).

Сложный щиток. От главной оси соцветия отходят простые щитки (рябина).

Биологическое значение соцветий – повышение вероятности и эффективности опыления. Мелкие цветы ветроопыляемых растений, собранные в соцветия, образуют большое количество пыльцы. Ярко окрашенные соцветия лучше заметны насекомым.

Опыление – это перенос созревшей пыльцы с тычинок на рыльце пестика. Различают самоопыление и перекрестное опыление.

Самоопыление – пыльца переносится на рыльце пестика того же цветка (пшеница, рис, овес, ячмень, горох, фасоль, фиалка, кислица).

Перекрестное опыление – пыльца цветка одного растения переносится на рыльце пестика цветка другого растения. Перекрестное опыление может осуществляться:

Насекомыми (энтомофилия) – яблоня, слива, вишня, розы, черемуха, рябина, малина, мак, тюльпаны, акация, клевер, люпин, тыква, ландыш, львиный зев. Душистый табак и маттиола (левкой) цветут ночью, выделяют большое количество эфирных масел. Насекомоопыляемые растения имеют крупные яркие цветки или соцветия. Насекомых привлекает также сильный аромат цветков и выделяемый специальными железами нектар.

Ветром (анемофилия) – осока, рожь, пырей, райграс, ольха, орешник (лещина), дуб, береза, тополь. Ветроопыляемые деревья и кустарники цветут обычно ранней весной до распускания листьев. Они имеют мелкие цветки, свисающие пыльники на длинных тычиночных нитях, длинные пестики с широкими рыльцами для улавливания пыльцы. Пыльца легкая и образуется в большом количестве.

Птицами (орнитофилия).

Водой (гидрофилия) – элодея, валлиснерия.

Летучими мышами (хироптерофилия) – агава.

9.4.2 Половое размножение покрытосеменных

Листостебельное растение является спорофитом. Орган полового размножения – цветок.



– Вегетативная клетка образует пыльцевую трубку, по которой спермии проникают в семязачаток через пыльцевход.

– Один спермий оплодотворяет яйцеклетку, образуется зигота ($2n$), из которой развивается зародыш семени.

– Второй спермий сливается с центральным диплоидным ядром, образуется триплоидная клетка, из которой возникает эндосперм.

Тычинки – мужская часть цветка. Тычинка имеет тычиночную нить и пыльник, состоящий из двух пыльцевых мешков. **Пыльцевой мешок** – это **микроспорангий**. В нем диплоидные клетки – микроспороциты – делятся мейозом и образуются гаплоидные микроспоры. Микроспора делится митотически с образованием двух клеток: более крупной – вегетативной, и мелкой – генеративной. Вегетативная и генеративная клетки покрыты двумя оболочками: наружной – экзина, внутренней – интина. Эта структура представляет собой **пыльцевое зерно (пыльцу)** – **мужской гаметофит**. Генеративная клетка делится, образуя два спермия (мужские гаметы). У однодольных растений это деление происходит в пыльцевом зерне, которое находится еще в пыльнике. У двудольных – при попадании пыльцы на рыльце пестика. Вегетативная клетка образует пыльцевую трубку.

Пестик – женская часть цветка. В завязи пестика расположены семязачатки (семяпочки). **Семяпочки** завязи пестика являются **мегаспорангиями** (макроспорангиями). Центральная часть семязачатка – нуцеллус – защищен покровами семязачатка. Покровы на верхушке не срастаются и образуют узкий канал – пыльцевход. В нуцеллусе семяпочки около пыльцевхода располагается диплоидная клетка – мегаспороцит (макроспороцит). Мегаспороцит делится мейозом, в результате образуются четыре гаплоидные мегаспоры (макроспоры), три из которых вскоре погибают. Четвертая мегаспора делится три раза митозом и образуется восьмиядерный (восьмиклеточный), а затем семимиядерный (семиклеточный) **зародышевый мешок** – **женский гаметофит**. У каждого полюса зародышевого мешка располагаются по четыре гаплоидные

ядра. Затем по одному ядру отходит в центр мешка (эти ядра называют полярными). Полярные ядра сливаются, образуя одно диплоидное центральное ядро. На полюсе у пыльцевхода остаются яйцеклетка и две синергиды. На противоположном полюсе располагаются три клетки – антиподы.

Двойное оплодотворение цветкового растения

Спорофит $2n$ (листостебельное растение)



Тычинки (андроцей) Пестик (гинецей)



Пыльник Завязь



Пыльцевые мешки Семязачаток (семяпочка)
(микроспорангий) (мегаспорангий)



Микроспороциты ($2n$) мегаспороцит ($2n$)



мейоз мейоз



4 микроспоры (n) 4 мегаспоры (n)
(все жизнеспособны) (3 из них погибают)



митоз 3 митоза



пыльцевое зерно (n)
(мужской гаметофит).
Состоит из двух клеток:
вегетативной (большой),
генеративной (малой).
Генеративная клетка делится
митозом и образуется 2 спермия
Оболочки: экзина – наружная
интина – внутренняя

зародышевый мешок (n)
(женский гаметофит).
Содержит восемь ядер:
на полюсе у пыльцевхода
яйцеклетка и 2 синергиды,
на противоположном полюсе –
3 антиподы. Два ядра в центре
образуют диплоидное
ядро центральной клетки.

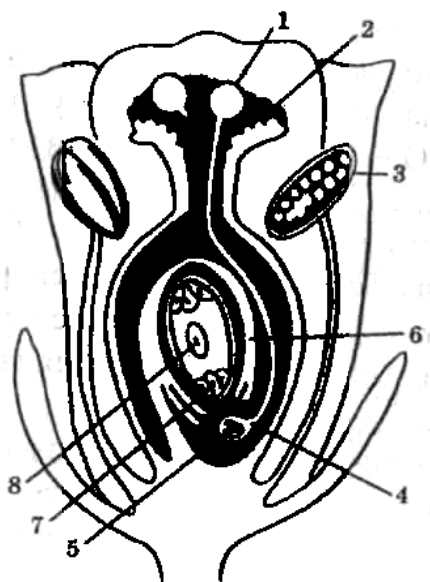


Рисунок 23. – Схема двойного оплодотворения у цветковых растений

- 1 – прорастающее пыльцевое зерно;
- 2 – рыльце пестика;
- 3 – пыльник;
- 4 – пыльцевая трубка;
- 5 – два спермия;
- 6 – семязпочка;
- 7 – яйцеклетка;
- 8 – центральная клетка зародышевого мешка.

Пыльцевое зерно, попав на рыльце пестика, начинает прорастать. Из вегетативной клетки образуется пыльцевая трубка, которая проникает через пылевход в зародышевый мешок, и по ней движутся два спермия. Один спермий сливается с яйцеклеткой, образуя диплоидную зиготу, которая дает начало зародышу. Вторым спермием сливается с диплоидной центральной клеткой – из образовавшейся триплоидной клетки развивается эндосперм. В эндосперме содержится запас питательных веществ, необходимых для развития зародыша. Антиподы и синергиды отмирают. Этот способ оплодотворения покрытосеменных был описан С. Г. Навашиным и получил название двойного оплодотворения.

Образование семян и плодов

После оплодотворения из семязпочки формируется семя.

- Зародыш семени (корешок, стебелек, семядоли, почечка) образуется в результате деления оплодотворенной яйцеклетки.
- Семенная кожура образуется из покровов семязпочки.
- Эндосперм семени образуется из центральной диплоидной клетки.
- Параллельно с развитием семени из стенки завязи образуется околоплодник.

9.4.3 Семя

Семя – генеративный орган цветковых растений, образующийся из семязпочки. Семя состоит из зародыша семени, эндосперма и семенной кожуры.

Семенная кожура предохраняет семя от повреждений, проникновения бактерий, потери воды.

Зародыш семени дает начало новому растению. Он состоит из зародышевого корешка, стебелька, почечки и семядолей. Семядоли – это первые листья растений, развивающиеся еще в семени. Они прикрепляются к верхней части стебелька. У двудольных растений две семядоли, у однодольных – одна. Семядоли содержат запасные питательные вещества. Семядоля злаковых носит название – щиток.

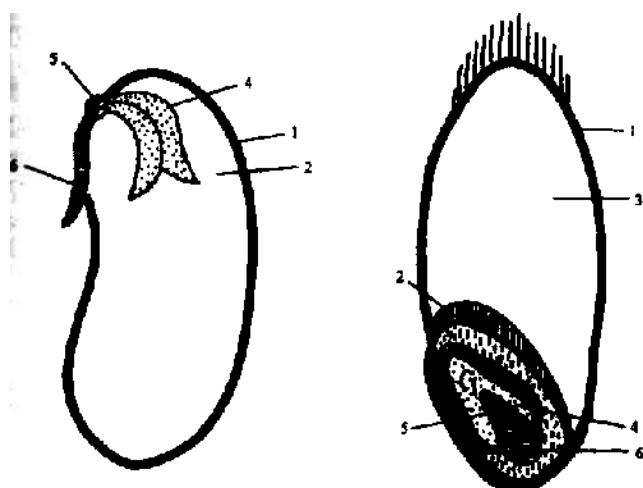
Эндосперм содержит питательные вещества.

Химический состав семян: белки, жиры, углеводы, вода, минеральные соли. Питательные вещества семени (белки, жиры, углеводы) могут находиться в эндосперме или в семядолях. Их соотношение у разных растений различно. Семена бобовых содержат много белков, злаковых – больше углеводов, семена масличных культур – больше жиров.

По **строению** семян растения делят на две группы — однодольные и двудольные.

У **однодольных** растений (злаковые) семя одновременно является и плодом (зерновка). Околоплодник срастается с семенной кожурой. Значительную часть зерновки занимает эндосперм, который содержит питательные вещества. Зародыш состоит из зародышевого корешка, стебелька, почечки. Семядоля (щиток) располагается между зародышем и эндоспермом. Щиток соединен с зародышевым стебельком.

У **двудольных** растений (бобовые) семя имеет семенную кожуру, две семядоли, которые содержат запасные питательные вещества, и зародыш. Зародыш представлен зародышевым корешком, стебельком и почечкой. Стебелек соединен с семядолями. Сбоку на вогнутой стороне семени находится рубчик – место прикрепления семяножки, через которую семя получало от материнского растения питательные вещества.



двудольное однодольное

Рисунок 24. – Схема строения семени

1 – кожура; 2 – семядоля; 3 – эндосперм; 4 – почечка;
5 – стебелек; 6 – корешок.

Условия прорастания семян: живой зародыш, температура от $+10^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$, наличие влаги, доступ кислорода.

Первым из семени при разрыве семенной кожуры появляется зародышевый корешок. Он закрепляется в почве и обеспечивает зародыш водой и минеральными веществами. Затем начинает расти зародышевый стебелек, который выносит из почвы почечку и семядоли (*надземное прорастание семян* – фасоль, тыква). Если семядоли не выносятся на поверхность почвы, то прорастание семян – *подземное* (горох, дуб, пшеница).

Молодое растение, образующееся из зародыша семени, называется проростком. В начале развития проросток питается за счет питательных веществ, запасенных в семени, а с появлением первых листьев он переходит на самостоятельное фототрофное питание.

Распространение семян

Распространение семян ветром (анемохория):

Крылышки – береза, ясень, клен.

«Парашютики» – бодяк, одуванчик.

Распространение семян водой (гидрохория) – ольха, белая кувшинка, осока.

Млекопитающими (териохория) – череда, лопух.

Птицами (орнитохория) – малина, черника, рябина, брусника.

9.4.4 Плод

Плод состоит из околоплодника и семян. Если в образовании околоплодника участвует только стенка завязи, такой плод называется *истинным* (горох, томат). Если в образовании околоплодника участвуют не только стенка завязи, но и разросшееся цветоложе, основания тычинок, лепестков и чашелистиков, такие плоды называются *ложными* (шиповник, яблоко).

Классификация плодов: сухие и сочные

У сухих плодов околоплодник кожистый или деревянистый.

Сухие многосемянные, вскрывающиеся:

1. *Боб* – горох, акация, фасоль, люпин, бобы и другие бобовые. В бобе семена прикреплены к стенкам плода.

2. *Стручок* – капуста, редька, репа, редиси другие крестоцветные. Стручочек – пастушья сумка. В стручке семена прикреплены к центральной перегородке.

3. *Коробочка* – мак, белена, дурман, каштан, тюльпан.

Сухие односемянные, невскрывающиеся:

1. *Орех* – орешник, липа и гречиха (орешек).

2. *Желудь* – дуб.

3. *Зерновка* – рожь, пшеница, кукуруза, рис, овес и другие злаковые.

4. *Семянка* – подсолнечник, одуванчик, мать-и-мачеха и другие сложноцветные.

5. *Крылатка* – клен, береза, ясень.

Сочные плоды имеют хорошо развитую мякоть, клетки которой содержат большое количество воды.

Сочные многосемянные:

1. *Ягода* – помидор, виноград, смородина, черника, крыжовник.

2. *Тыквина* (разновидность ягоды) – огурец, тыква, арбуз.

3. *Яблоко* – яблоня, груша, рябина.

4. *Померанец* – апельсин, лимон.

Сочные односемянные:

Костянка – миндаль, вишня, слива, абрикос, алыча, черемуха, грецкий орех (сухая костянка), кокосовая пальма.

Сборные плоды:

Сборная костянка (многокостянка) – малина, ежевика.

Многоорешек – земляника.

9.4.5 Растение – целостный организм

Целостность организма растения обеспечивается тесным взаимодействием всех его органов.

Раздражимость у растений – ответная реакция на воздействие факторов окружающей среды – проявляется различными двигательными реакциями (целого организма или отдельных его частей). **Тропизмы** – это двигательные реакции частей растения на одностороннее действие фактора окружающей среды: геотропизм – на действие силы земного притяжения (у стебля – отрицательный геотропизм, у корня – положительный), фототропизм. Если раздражитель действует диффузно, с разных сторон, ответная реакция носит название **настии**. Например, фотонастии – раскрывание лепестков цветка при усилении освещения (одуванчик).

9.5 Представители отдела Покрытосеменные

Отдел Покрытосеменные или Цветковые включает 250 000 видов. Включает два класса: Однодольные и Двудольные.

Двудольные травянистые растения: земляника, льнянка, яснотка, подорожник, одуванчик, калужница, чистотел, мать-и-мачеха, лапчатка, пастушья сумка, горец, василек, иван-чай, крапива, герань, цикорий, зверобой, тыква, морошка, борщевик, дудник, кориандр, конопля, девясил.

Однодольные травянистые растения: майник, полевица, рогоз, мятлик, ландыш, любка, касатик, купена, щучка, вороний глаз, ананас, бамбук, банан.

Культурные двудольные растения

Плодовые и плодово-ягодные – груша, яблоня, вишня, слива, алыча, черешня, абрикос, крыжовник, малина, смородина, земляника, облепиха.

Овощные – картофель, капуста, брюква, горох, свекла, морковь, салат, тыква, огурец, томат (помидор), фасоль, петрушка, редис, репа, редька.

Масличные – подсолнечник, рапс, клещевина, горчица.

Прядильные – лен.

Кормовые – клевер, люцерна, люпин.

Декоративные – розы, георгины, астры, рудбекия.

Культурные однодольные растения

Зерновые – пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза.

Овощные – лук, чеснок, спаржа.

Декоративные – лилии, гладиолусы, ирисы, тюльпаны, нарциссы.

Кормовые – тимофеевка, костер, райграс, ежа.

Таблица 13. – Сравнительная характеристика классов Однодольные и Двудольные

<i>Признак</i>	<i>Однодольные</i>	<i>Двудольные</i>
Жизненные формы	Травы	Деревья, кустарники, кустарнички, травы
Корневая система	Мочковатая	Стержневая
Стебель	Травянистый, не имеет камбия	Травянистый или деревянистый, имеет камбий
Листья	Простые	Простые и сложные
Жилкование листьев	Параллельное или дуговое	Сетчатое
Строение цветка	Двух- или трехчленные	Четырех- или пятичленные
Строение семени	Одна семядоля	Две семядоли

Семейства растений класса двудольные:

Семейство крестоцветные:

Формула цветка $\text{Ч}_4 \text{Л}_4 \text{T}_{4+2} \text{П}_1$,

(чашелистиков – 4; лепестков – 4; тычинок – 6, из них 4 длинные и 2 короткие; пестик – 1)

соцветие – кисть,

плод – стручок и стручочек (пастушья сумка),

Травы – однолетние, двулетние, многолетние.

Пищевые: капуста, редис, репа, редька, хрен.

Кормовые: брюква, турнепс.

Масличные: рапс, горчица.

Лекарственные: пастушья сумка, хрен, редька, капуста.

Декоративные: алиссум, левкой (маттиола), лунник.

Сорняки: пастушья сумка, сурепка, ярутка полевая, редька ди-
кая.

*Красная книга РБ: лунник оживающий, зубянка клубненос-
ная.*

Семейство розоцветные (розовые):

Формула цветка $\text{Ч}_5 \text{Л}_5 \text{T}_\infty \text{П}_\infty$ или $\text{Ч}_5 \text{Л}_5 \text{T}_\infty \text{П}_1$ (вишня).

Соцветия – кисть (черемуха), простой зонтик (вишня), щиток (яблоня и груша).

плоды – костянка, яблоко, многокостянка, многоорешек (фрага).

Деревья – черемуха, вишня, яблоня.

Кустарники – роза, шиповник.

Травы – лапчатка, манжетка, гравилат, сабельник.

Плодово-ягодные: вишня, яблоня, груша, слива, абрикос, рябина, малина, ежевика, земляника, морошка, костяника.

Лекарственные: шиповник, малина, земляника, боярышник.

Декоративные: роза, спирея.

Красная книга РБ: морошка приземистая, терн (слива колючая).

Семейство бобовые (мотыльковые):

Формула цветка $\text{Ч}_{(5)} \text{Л}_{1, 2, (2)} \text{Т}_{(9), +1} \text{П}_1$

чашелистиков – 5 сросшихся; *лепестков* – 5, два из них сросшиеся;

тычинок – 10 (9 сросшихся и 1 свободная); *пестик* -1

соцветие – кисть (люпин, акация), головка (клевер)

плод – боб

листья – сложные

Деревья – белая акация.

Кустарники – желтая акация.

Травы – горох, горошек, фасоль, арахис, клевер, люпин, чина.

Пищевые: горох, фасоль, бобы, соя, арахис, чечевица.

Кормовые: люпин, клевер, вика, люцерна.

Лекарственные: донник, солодка, клевер.

Красная книга РБ: чина горная, остролодочник волосистый.

Семейство пасленовые:

Формула цветка $\text{Ч}_{(5)} \text{Л}_{(5)} \text{Т}_5 \text{П}_1$,

соцветие – завиток

плод – ягода (томат, картофель, перец) и коробочка (табак, белена, дурман)

Травы.

Пищевые: картофель, томат, перец, баклажан.

Технические: табак, картофель.

Кормовые: картофель.

Лекарственные: красавка (белладонна).

Декоративные: физалис, табак душистый, петуния.

Дикорастущие: белена (ядовита), дурман (ядовит), паслен.

Семейство сложноцветные (астровые):

Формула язычкового цветка $L_{(5)} T_{(5)} P_1$,

Формула ложноязычкового цветка $L_{(3)} T_0 P_0$ или $L_{(3)} T_0 P_1$

Формула трубчатого цветка $L_{(5)} T_{(5)} P_1$,

Формула воронковидного цветка $L_{(5)} T_0 P_0$,

соцветие – корзинка, *плод* – семянка

Травы.

Пищевые: подсолнечник, топинамбур, салат, цикорий.

Кормовые: топинамбур.

Масличные: подсолнечник.

Лекарственные: василек, полынь, календула, девясил, пижма, мать-и-мачеха, тысячелистник, ромашка, череда.

Декоративные: астры, хризантемы, георгины, календула.

Сорняки: осот, василек, одуванчик, лопух, амброзия.

Красная книга РБ: крестовник водный.

Семейства растений класса однодольные:

Семейство лилейные:

Формула цветка $O_{3+3} T_{3+3} P_1$,

соцветие – кисть (ландыш), простой зонтик (лук, чеснок).

плод – коробочка (лилия, лук, чеснок), ягода (ландыш)

Травы – многолетние.

Пищевые: лук, чеснок.

Лекарственные: ландыш, лук, чеснок, купена.

Декоративные: лилия, тюльпан, аспарагус.

Дикорастущие: купена, ландыш, вороний глаз (ядовит).

Красная книга РБ: лилия кудреватая, лук медвежий.

Семейство злаки (мятликовые):

Формула цветка $O_2 T_3 P_1$,

соцветие – сложный колос (рожь, пшеница, ячмень), метелка (овес, рис, сахарный тростник, кукуруза – тычиночные цветки), початок (кукуруза – пестичные цветки), *плод* – зерновка.

Травы – однолетние и многолетние.

Пищевые: пшеница, рожь, рис, кукуруза, ячмень, овес.

Кормовые: тимофеевка, мятлик, ежа, овсяница луговая.

Сорняки: пырей.

Дикорастущие: бамбуки.

Красная книга РБ: овсяница высокая, типчак.

9.5 Водоросли

К низшим растениям относятся водоросли. Водоросли – это в основном водные растения.

Водоросли бывают одноклеточные (хламидомонада, хлорелла, плеврококк), колониальные (вольвокс) и многоклеточные, среди которых встречаются нитчатые (спирогира, улотрикс) и пластинчатые (ульва, ламинария).

Тело водорослей – **таллом или слоевище**. У водорослей отсутствуют настоящие ткани и нет вегетативных органов (корня, стебля, листа). Органы полового и бесполого размножения *одноклеточные* (не имеют специализированных органов размножения). Все водоросли способны к *фототрофному* питанию. Клетки водорослей имеют типичное для растительной клетки строение. В них есть *хроматофоры* (хлоропласты). В хроматофорах находятся фотосинтезирующие пигменты: хлорофиллы, каротиноиды (каротины и ксантофиллы), фикобилины (фикоцианин, фикоэритрин). Кроме того, в матриксе хроматофора находятся рибосомы, ДНК и особые включения – пиреноиды. Пиреноиды являются местом синтеза и запасаания питательных веществ.

Фотосинтезирующие пигменты:

У зеленых водорослей – хлорофиллы а и b, каротиноиды (каротины и ксантофиллы).

У бурых водорослей – хлорофиллы а и c; каротиноиды (ксантофиллы).

У красных водорослей – хлорофиллы а и d; фикобилины; каротиноиды.

Размножение водорослей: бесполое и половое. Бесполое размножение происходит фрагментами слоевища и спорами. Половое – копуляция (слияние гамет в форме изогамии, анизогамии, оогамии) и конъюгация. У красных, бурых и многих зеленых водорослей в цикле развития наблюдается строгое чередование поколений – спорофита и гаметофита. В жизненном цикле преобладает *гаметофит*.

У водных растений по мере увеличения глубины обитания наблюдается преобладание фотосинтетических пигментов определен-

ной окраски в следующей последовательности: зеленые; бурые; красные.

9.5.1 Отдел зеленые водоросли

Водоросли зеленого цвета. Запасное вещество – крахмал.

Одноклеточные зеленые водоросли (протисты): хламидомонада, хлорелла, плеврококк. Это одноклеточные эукариотические организмы, имеют оформленное ядро и органоиды мембранного и немембранного строения.

Хламидомонада – автогетеротрофный протист. Обитает в пресных стоячих водоемах, лужах. Имеет грушевидную или шаровидную форму. Клетка окружена плотной оболочкой. Передвижение осуществляется с помощью двух одинаковых жгутиков, расположенных на переднем конце тела. Одно ядро, чашевидный хроматофор, светочувствительный глазок (стигма) и две пульсирующие вакуоли, находящиеся в передней части клетки. Основное запасное питательное вещество – крахмал.



Рисунок 25. – Схема строения хламидомонады

Размножение хламидомонады

Бесполое – клетка последовательно делится на 4 или 8 зооспор (споры с двумя жгутиками), каждая из которых покидает материнскую клетку. Зооспоры растут и достигают размеров материнской особи. После этого хламидомонады снова приступают к размножению.

Половое – изогамия (гаметы одинаковы). Внутри материнской клетки образуются 32 или 64 гаметы. После оплодотворения зигота покрывается оболочкой и оседает на дно водоема. После периода покоя зигота делится мейозом и образуются четыре особи.

Хлорелла – автотрофный протист. Хлорелла распространена в пресных водоемах, на сырой почве, входит в состав лишайников. Неподвижна, имеет шаровидную форму. Клетка покрыта оболочкой, содержит хроматофор с пиреноидом и ядро. Основное запас-

ное питательное вещество – крахмал. Размножается хлорелла только бесполым путем, образуя неподвижные споры.

Плеврококк – автотрофный протист. Распространен повсеместно. Образует зеленый налет на деревьях, скалах и почве, входит в состав лишайников (фикобионт). Только бесполое размножение путем деления клетки надвое.

Вольвокс – автотрофный колониальный протист. Может размножаться бесполым (зооспоры) и половым (изогамия) способом.

Многоклеточные нитчатые зеленые водоросли – улотрикс и спирогира.

Улотрикс обитает в пресных водоемах, прикреплен к подводным предметам базальной бесцветной клеткой. У улотрикса **нитчатый** неветвящийся таллом, состоит из одного ряда клеток с целлюлозными оболочками. Одно ядро и один поперечный хроматофор в виде незамкнутого пояса.

Бесполое размножение: фрагментами слоевища (фрагментация) или образованием зооспор. Зооспоры (4–16) выходят из материнской клетки, прикрепляются к субстрату и прорастают в новую нить. Половое – изогамия (гаметы одинаковы). Внутри материнской клетки образуются гаметы. После оплодотворения зигота покрывается плотной оболочкой – покоящийся спорофит. После периода покоя зигота делится мейозом и образуются гаплоидные зооспоры.

В жизненном цикле улотрикса происходит чередование поколений – нитчатый многоклеточный гаметофит сменяется одноклеточным спорофитом – зиготой. В жизненном цикле преобладает гаметофит.

Спирогира обитает в стоячих и медленно текущих водах, где образует тину. Не прикреплена к субстрату. Спирогира представляет собой тонкую нить, состоящую из длинных цилиндрических, расположенных в один ряд клеток с хорошо заметной клеточной стенкой. Снаружи нити одеты слизистым чехлом. Характерным признаком спирогиры является лентовидный, спирально закрученный хроматофор. В центре клетки находится ядро, подвешенное на цитоплазматических тяжах в крупной вакуоле.

Бесполое размножение осуществляется частями слоевища – фрагментация. Спирогира не образует спор.

Половой процесс – конъюгация. Образующаяся в результате оплодотворения зигота после периода покоя делится мейозом. Из

четырех образовавшихся ядер три отмирают, одно дает начало одной новой особи.

9.5.2 Отделы бурые и красные водоросли

Бурые водоросли обитают в морских и пресных водоемах. Только многоклеточные. Имеют желтовато-бурую окраску таллома, которая обусловлена наличием бурых и желтых пигментов – ксантофиллов. Слоевище бурых водорослей напоминает пластинки и ленты. Для прикрепления к грунту служат ризоиды.

Размножаются бурые водоросли бесполом (участками таллома и зооспорами) и половым способом: изогамия, анизогамия и оогамия (ламинария). При половом размножении зигота без периода покоя прорастает в новое растение. В цикле развития происходит чередование поколений – гаметофита и спорофита. Преобладает гаметофит.

Красные водоросли или Багрянки обитают в морских водоемах. Многоклеточные. Таллом – нитчатый и пластинчатый. Органы прикрепления – ризоиды. Окраска их слоевища меняется от ярко-красной до голубовато-зеленой. Это обусловлено тем, что в пластинчатых хроматофорах, кроме хлорофилла, содержатся фикобилины: красный пигмент фикоэритрин и синий фикоцианин. У красных водорослей полностью отсутствуют жгутиковые стадии.

Размножаются багрянки бесполом (участками слоевища и спорами) и половым путем (оогамия). В цикле развития происходит чередование поколений – гаметофита и спорофита. Преобладает гаметофит.

Значение водорослей

Являются основными продуцентами органического вещества в водоемах.

Поглощая из воды углекислый газ, водоросли насыщают ее кислородом.

Участвуют в биологическом круговороте веществ.

Используются в пищу человеком. Бурая водоросль ламинария (морская капуста), зеленая водоросль ульва («морской салат»).

Красные водоросли служат сырьем для получения агар-агара. Агар-агар используют для изготовления мармелада, пастилы, сред для культивирования бактерий.

Представители многоклеточных водорослей:

Отдел зеленые водоросли. Спирогира, улотрикс, ульва.

Отдел бурые водоросли. Фукус, ламинария, алария, макроцистис.

Отдел красные водоросли. Порфира, филлофора.

Отдел харовые водоросли. Хара, нителла.

Высшие растения

Высшие растения делят на две группы – споровые и семенные. Споровые растения (мхи, плауны, хвощи, папоротники) расселяются при помощи спор, семенные (голосеменные и покрытосеменные) – при помощи семян.

9. 6Отдел моховидные

Около 15 тысяч видов. Это многолетние растения. Встречаются практически повсеместно при наличии влаги: лес, болото, скалы, кора деревьев, деревянные постройки.

Мхи состоят из нитевидной структуры, протонемы, расположенной в почве, от которой отходят вертикальные стебли с листьями толщиной в одну клетку. Тело мха разделяется на стебель и листья. Листья бесчерешковые, расположены по спирали. Корни отсутствуют. Функции корней выполняют выросты эпидермиса – ризоиды. У сфагнума ризоиды отсутствуют – он поглощает воду всей поверхностью.

Клетки мхов дифференцированы и образуют ткани – ассимиляционную, запасную, и покровную. У мхов отсутствуют сосуды. Моховидные – единственная группа наземных растений, в жизненном цикле преобладает половое поколение или гаметофит. Половое поколение морфологически связано с бесполом. Спорофит развивается на гаметофите и полностью зависит от гаметофита (получает от него воду и питательные вещества). Спорофит моховидных – спорогон – состоит из коробочки на тонкой ножке, которая вырастает на гаметофите. В спорофите образуются споры. При прорастании споры развивается разветвленная протонема, на которой закладываются почки. Из почек протонемы образуются листостебельные растения (гаметофит), на которых образуются органы полового размножения – антеридии и архегонии.

Зеленые мхи. Представитель – кукушкин лен. Многолетнее двудомное растение, высотой до 20 см. Стебель прямостоячий, не-

сет листья. Листья узкие, мелкие, сидячие, с одной жилкой. Фотосинтез осуществляют особые клетки-ассимиляторы, содержащие хлорофилл.

ЦИКЛ РАЗВИТИЯ КУКУШКИНА ЛЬНА

Листостебельное растение

(двудомный гаплоидный гаметофит, состоит из стебля, листьев и ризоидов)



Мужской гаметофит (n) Женский гаметофит (n)



На верхушке – **антеридии** На верхушке – **архегии**



Двужгутиковые **сперматозоиды** Неподвижные **яйцеклетки (n)**



Сперматозоиды плывут к архегонию
и один оплодотворяет яйцеклетку



Зигота (2n)



Спорофит (2n)

(развивается на женском гаметофите)



В спорангиях путем мейоза образуются
гаплоидные споры



Споры прорастают и формируется
протонема (n)



Листостебельное растение (n)

В жизненном цикле кукушкина льна чередуются бесполое и половое поколения. Листостебельное растение представляет собой гаметофит, развивающийся из гаплоидной споры. Архегии и антеридии формируются на верхушках стеблей разных особей (двудомное растение, раздельнополый гаметофит). В антеридиях созревают *подвижные* двужгутиковые сперматозоиды, в архегониях – по одной неподвижной яйцеклетке. Оплодотворение происходит при наличии влаги. Сперматозоиды подплывают к архегонию и оплодотворяют яйцеклетку. Из зиготы на верхушке женского гаметофита

развивается спорофит (не несет листья, питается за счет гаметофита). Спорофит – это спорангий (коробочка) на тонкой ножке, который вырастает на верхушке женского гаметофита. В спорангии путем мейоза образуются гаплоидные споры. После созревания споры высыпаются из коробочки, разносятся ветром и в благоприятных условиях прорастают, образуя протонему в виде зеленой разветвленной нити. Из нее развиваются листостебельные растения мха. Зеленые мхи способны также к вегетативному размножению.

Сфагновые мхи обитают на болотах. Представитель – сфагнум.

Особенности: Отсутствуют ризоиды, поэтому вода с растворенными минеральными солями поступает непосредственно в клетки листа и стебля. Стебель гаметофита ветвистый, густо покрыт листьями. Листья сфагновых мхов не имеют средней жилки. Все они состоят из двух типов клеток: живых (с хлоропластами) и мертвых (без протопласта). Мертвые клетки называются водоносными, они способны впитывать и удерживать большое количество воды. Поэтому почва, где поселяются сфагновые мхи, переувлажняется и заболачивается. Сфагнум – однодомное растение. Антеридии и архегонии образуются на одном растении.

Особенностью сфагновых мхов является непрерывное нарастание стебля верхушкой и отмирание нижней части, что приводит к образованию полезного ископаемого – торфа, который используется как топливо, удобрение, сырье для химической промышленности.

Отдел Моховидные. Представители: Дикранум, кукушкин лен (политрихум обыкновенный), фунария, бриум, мниум, куспидатум, гипнум, климациум, акрокладиум, страусово перо (птилиум), маршанция, сфагнум.

Красная книга РБ: сфагнум мягкий, андрея скальная.

9. 7Отдел папоротниковидные

Папоротники – наземные травянистые или древовидные многолетние растения, однако есть и водные формы (например, однолетняя сальвиния плавающая). Они относятся к высшим споровым растениям. Характерно чередование поколений. В жизненном цикле преобладает бесполое поколение – спорофит. Половое поколе-

ние морфологически не связано с бесполом, гаметофит существует независимо от спорофита.

Спорофит папоротников – это листостебельное растение с придаточными корнями. Листья папоротников (вайи) крупные, перисто-сложные с хорошо развитой проводящей системой, растут верхушкой. Черешок листа прикрепляется к подземному стеблю, представляющему собой корневище. Корни – придаточные. Папоротники обладают проводящими тканями (трахеиды в ксилеме).

ЦИКЛ РАЗВИТИЯ ПАПОРОТНИКА

Листостебельное растение ($2n$)

(диплоидный спорофит, состоит из стебля, листьев и корней).



На нижней стороне листа образуются спорангии (сорусы), в спорангиях путем мейоза образуются **гаплоидные споры**.



Споры прорастают в почве и формируется **гаметофит (n)** (обоеполюй фотосинтезирующий заросток в форме сердечка, который прикрепляется к субстрату ризоидами)



антеридии архегонии



Подвижные **сперматозоиды (n)** Неподвижные **яйцеклетки (n)**



Сперматозоиды плывут к архегонию и один оплодотворяет яйцеклетку

Зигота ($2n$)



Спорофит – Листостебельное растение ($2n$)

Листья выполняют не только функцию фотосинтеза, но и спорообразования. На их нижней стороне летом образуются спорангии (сорусы). При созревании спор спорангии вскрываются, и споры переносятся ветром. Споры прорастают в фотосинтезирующие заростки (обоеполюе гаметофиты). Заростки мелкие, имеют сердцевидную форму и зеленый цвет. Они содержат хлоропласты и питаются фототрофно. К почве гаметофит прикреплен ризоидами. На нижней стороне заростка образуются многоклеточные органы полового размножения – архегонии (с яйцеклеткой) и антеридии, в

которых формируются подвижные сперматозоиды. Оплодотворение происходит только при наличии воды, обеспечивающей движение сперматозоидов к архегонию. Оплодотворенная зигота дает начало спорофиту.

Представители 10 000 видов. Щитовник мужской, орляк, щитовник Линнея, игольчатый папоротник, болотный щитовник, страусник, женский папоротник, листовик, голокучник, кочедыжник, адиантум («венерин волос»), нефролепис. Сальвиния и азолла живут на воде.

Красная книга РБ: многоножка обыкновенная, королевский папоротник, сальвиния плавающая.

9. 8 Отдел голосеменные

Голосеменные относятся к высшим семенным растениям. Число видов около 800. Голосеменные представлены деревьями и кустарниками. Травянистых форм среди них нет.

Подавляющее большинство голосеменных – вечнозеленые, реже листопадные (например, лиственница), одно- или двудомные растения с хорошо развитыми стеблем и стержневой корневой системой, образованной главным и боковым корнями. Размножаются семенами, но не имеют цветков и плодов. Видоизмененные побеги голосеменных, которые несут специализированные листья (спорофиллы), на которых формируются спорангии, называются стробилами (шишками). Семена образуются из семязачатков. Семязачатки лежат открыто на семенных чешуях женских шишек (голые – отсюда голосеменные). В цикле развития голосеменных наблюдается строгое чередование бесполого и полового поколений. В жизненном цикле преобладает спорофит. К бесполому поколению относятся корень, стебель, лист, ось женской и мужской шишек. Гаметофиты сильно редуцированы, причем мужские гаметофиты голосеменных не имеют антеридиев. Архегонии есть. Органы полового размножения многоклеточные.

Голосеменные включают 4 класса. Самый многочисленный – класс Хвойные. Листья у хвойных игольчатые (хвоя) или чешуевидные (например, у кипариса). Хвоя покрыта толстым слоем кутикулы – это приспособление хвойных к уменьшению испарения воды. Хвоинки сосны, имеют по одной жилке, расположены попарно, эпидермис покрыт слоем воска.

У хвойных прямостоячие стволы, покрытые корой. На поперечном разрезе стебля хорошо видны развитая древесина и менее

развитые кора и сердцевина. Водопроводящая система (ксилема) хвойных образована трахеидами, механических волокон в древесине нет. Прочность древесине придают трахеиды. Корневая система стержневая с выраженным главным корнем.

В стебле имеются смоляные ходы. Смола препятствует проникновению внутрь растения болезнетворных бактерий.

Сосна обыкновенная – однодомное растение. Весной у основания молодых побегов сосны образуются зеленовато-желтые мужские шишки. На оси такой шишки расположены многослойные чешуйки, или микроспорофиллы. На нижней поверхности микроспорофиллов находятся два микроспорангия – пыльцевых мешка, – в которых образуется пыльца. Каждое пыльцевое зерно снабжено двумя воздушными мешками, для переноса пыльцы ветром. В пыльцевом зерне имеются две клетки: вегетативная при попадании на семязачаток формирует пыльцевую трубку, генеративная после деления образует два спермия.

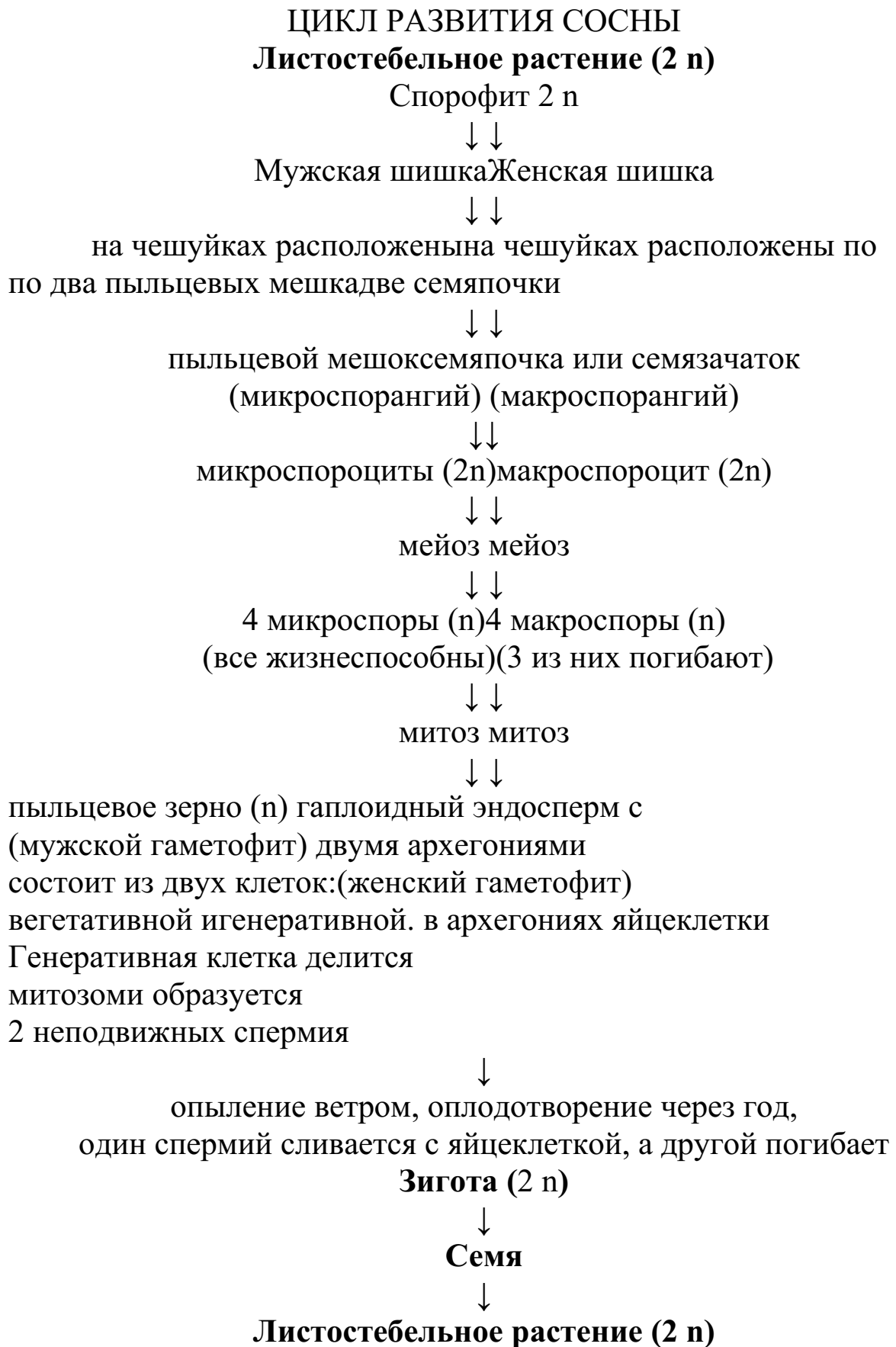
На других побегах того же растения образуются женские шишки красноватого цвета. На их главной оси располагаются прозрачные кроющие чешуйки, в пазухах которых находятся крупные, впоследствии одревесневающие чешуи. На верхней стороне этих чешуй расположено по два семязачатка, состоящих из нуцеллуса и его покрова – интегумента. В семязачатке развивается женский гаметофит – эндосперм – с двумя архегониями с яйцеклеткой в каждом из них. На верхушке семязачатка имеется отверстие – пыльцевход, или микропиле.

В начале лета созревшая пыльца разносится ветром и попадает на семязачаток. Оплодотворение происходит через год. Через пыльцевход пыльца втягивается внутрь семязачатка, где и прорастает в пыльцевую трубку, которая проникает к архегониям. По пыльцевой трубке образовавшиеся два спермия движутся к яйцеклетке. Затем один из спермиев сливается с яйцеклеткой, а другой отмирает. Из оплодотворенной яйцеклетки (зиготы) формируется зародыш семени, а покровы семязачатка образуют кожуру семени. Зимой семена сосны высыпаются из шишек и разносятся ветром.

Значение хвойных. Источник древесины, сырье для химической промышленности, сырье для получения лекарственных веществ. Декоративные растения (пихты, туи, кипарисы, кедры и др.). Семена ряда сосен употребляются в пищу.

Представители: сосна, ель, можжевельник, тисс, лиственница, кедр, пихта, кипарисы, туя, секвойя, с амшит, псевдотсуги.

Красная книга РБ: пихта белая.



ГЛАВА 10. ЦАРСТВО ЖИВОТНЫЕ

Зоология – наука о животных

Эволюция (усложнение организации) типов животных

Тип Кишечнополостные

Тип Плоские черви

Тип Круглые черви

Тип Кольчатые черви

Тип Моллюски

Тип Членистоногие

Тип Хордовые

10.1 Тип Кишечнополостные

Общая характеристика типа

9 000 видов. Ведут исключительно водный образ жизни. Среда обитания – морские и пресные водоемы (гидра). Плавающие или прикрепленные формы. Двухслойные животные – развитие происходит из 2-х зародышевых листков. *Классы*: Гидрозои, Сцифоидные, Коралловые полипы.

Впервые в эволюции животных у кишечнополостных появляются:

- многоклеточность и дифференцировка клеток;
- нервная система диффузного типа,
- полостное пищеварение.

Внешнее строение

Тело кишечнополостных имеет радиальную (лучевую) симметрию, то есть, через тело можно провести две и более оси (плоскости) симметрии.

Характерны две жизненные формы: полип и медуза.

Полип (прикрепленная форма) имеет вид мешочка, имеющего отверстие – рот. Рот окружен щупальцами и ведет в кишечную полость. Нижний конец тела (подошва) прикрепляется к субстрату. Прикрепленные формы могут быть как одиночные (гидра), так и колониальные (коралловые полипы).

Медуза (плавающая форма) имеет форму зонтика, под сводом которого расположен рот. По краю зонтика располагаются щупальца.

Внутреннее строение

Тело образовано двумя слоями клеток: эктодерма (наружный) и энтодерма (внутренний). Между слоями находится неклеточное вещество – мезоглея.

Клетки дифференцированы по выполняемой функции.

Типы клеток эктодермы:

1. Эпителиально-мышечные. Образуют покровы тела, содержат мышечные волокна. Выполняют покровную и двигательную функцию.

2. Стрекательные. Содержат капсулу с ядовитой жидкостью; внутри капсулы находится стрекательная нить, на поверхности клетки – чувствительный волосок. Функция – защита и нападение.

3. Промежуточные. Недифференцированные клетки. Участвуют в бесполом размножении и регенерации. Регенерация – это восстановление поврежденных частей тела и клеток.

4. Нервные. Образуют примитивную нервную систему диффузного типа.

5. Половые (у гидроидных). Яйцеклетки и сперматозоиды. Появляются в определенные периоды жизни из промежуточных клеток и обеспечивают половое размножение.

Типы клеток энтодермы:

1. Эпителиально-мышечные (пищеварительные). Имеют жгутики, мышечные волокна, способны образовывать ложноножки. Функции: выстилают кишечную полость, обеспечивают внутриклеточное пищеварение.

2. Железистые клетки. Вырабатывают и выделяют в кишечную полость пищеварительные ферменты, которые обеспечивают полостное пищеварение.

3. Половые (у сцифоидных). Яйцеклетки и сперматозоиды. Появляются из промежуточных клеток и обеспечивают половое размножение.

Жизнедеятельность кишечнopolостных

Движение происходит благодаря сокращению мышечных элементов эпителиально-мышечных клеток наружного и внутреннего слоев тела. У прикрепленных форм наиболее подвижны щупальца, одиночные полипы (гидра) передвигаются «кувырканием», для медуз характерен реактивный способ движения.

Нервная система диффузного типа обеспечивает осуществление простых безусловных рефлексов. Прикрепленные формы не

имеют развитых органов чувств, за исключением осязания. У медуз есть органы световосприятия и равновесия (статоцисты).

Пищеварение. Кишечнополостные активно захватывают пищу щупальцами. Для нападения используют стрекательные клетки, которые парализуют жертву. Пища через рот попадает в кишечную полость, где и происходит ее переваривание. У медуз кишечная полость состоит из разветвленных каналов. Непереваренные остатки пищи удаляются через рот. Различают два вида пищеварения: внутриклеточное (за счет эпителиально-мускульных клеток энтодермы, которые при помощи ложноножек захватывают пищу) и полостное (за счет железистых клеток энтодермы, которые выделяют ферменты в кишечную полость).

Дыхание и выделение продуктов обмена осуществляется всей поверхностью тела.

Размножение. Большинство кишечнополостных раздельнополые, некоторые гидроидные – гермафродиты. Характерно чередование бесполого (почкование) и полового размножения. Осеменение наружное, происходит в воде. Развитие у гидры прямое. У медуз и морских гидроидных развитие не прямое (с метаморфозом), личинка – планула.

Многообразие кишечнополостных

Три класса: Гидрозои, Сцифоидные (сцифомедузы), Коралловые полипы.

Класс Гидрозои включает: Гидроидные (пресноводные гидры, морские полипы) и Гидромедузы (крестовичок).

Гидра – пресноводный полип.

- медузоидная форма отсутствует;
- кишечная полость не имеет перегородок и каналов;
- бесполое размножение происходит путем почкования летом;
- гермафродиты и раздельнополые; половое размножение происходит осенью, с наступлением холодов; зимует зигота;
- развитие прямое.

Морские гидроидные полипы (обелия):

- обитают в морях, образуют колонии путем почкования;
- характерно чередование поколений: бесполое поколение – полип, половое – медуза.
- В жизненном цикле преобладает бесполое поколение;
- полипы размножаются бесполым путем (почкование);
- на полипах путем почкования образуются медузы;

– половое поколение – гидроидные медузы (похожи на сцифоидных);

– размножение у гидроидных медуз половое, осеменение наружное, развитие с метаморфозом (личинка – планула).

Класс Сцифоидные. Представители: медуза корнерот; физалия; полярная медуза; ушастая медуза:

– обитают в морях; форма тела в виде зонтика; движение осуществляется реактивным способом: за счет выталкивания воды при сокращении стенок зонтика;

– кишечная полость представлена системой сообщающихся каналов;

– по краю зонтика имеется скопление нервных клеток в виде ганглиев;

– характерны органы чувств (световосприятия и равновесия (статоцисты);

– раздельнополые, характерно чередование поколений; в жизненном цикле преобладает половое (медузоидное) поколение, а стадия полипа кратковременная;

– размножение полипа происходит бесполым путем (стробилиция – поперечное деление полипа с образованием нескольких медуз);

– размножение у сцифоидных медуз половое, осеменение наружное, развитие с метаморфозом (личинка – планула).

Класс коралловые полипы. Представители: актинии; благородный красный коралл.

– редко одиночные (актиния), чаще колониальные формы;

– рот окружен щупальцами; общая кишечная полость;

– развит наружный известковый скелет;

– в цикле развития отсутствует медузоидная форма и чередование поколений;

– размножение бесполое – почкование и половое; раздельнополые, развитие метаморфозом;

– колониальные формы образуют рифы.

10.2 Тип Плоские черви

Общая характеристика типа

25000 видов. *Классы:* Ресничные черви, Сосальщики, Ленточные черви.

Среда обитания. Ресничные черви свободноживущие, живут в морских, пресных водоемах, влажной почве. Сосальщики и ленточные – паразиты человека и животных.

Развитие из 3-х зародышевых листков: эктодермы, энтодермы и мезодермы.

Впервые в эволюции животных у плоских червей появляются:

- двусторонняя симметрия тела;
- 3-й зародышевый листок – мезодерма;
- системы органов: пищеварительная, выделительная и половая.

Внешнее строение

Для плоских червей характерна *двусторонняя (билатеральная)* симметрия (только одна ось симметрии). Она делит тело на правую и левую половины. Размеры тела – от нескольких миллиметров до десяти метров. Тело плоское и имеет листовидную или лентовидную форму.

Покровы тела. Кожно-мускульный мешок состоит из однослойного эпителия (у Ресничных червей эпителий имеет реснички) и 3-х слоев гладких мышц: кольцевых, продольных и косых. Движение обеспечивается сокращением мускулатуры (сосальщики и ленточные черви) или ресничками покровного эпителия и сокращением мышц (ресничные черви).

Внутреннее строение

Полость тела отсутствует, промежутки между покровами тела и внутренними органами заполнены клетками паренхимы (развивается из мезодермы). Паренхима выполняет опорную и транспортную функции, является депо запасных питательных веществ.

Пищеварительная система имеет два отдела – эктодермальный передний (рот, глотка) и энтодермальный средний (слепозамкнутая кишка). Задний отдел отсутствует. Непереваренные остатки пищи удаляются через рот. У ленточных червей пищеварительная система отсутствует.

Выделительная система протонефридиального типа. Образована канальцами, один конец которых начинается в паренхиме звездчатой клеткой с пучком ресничек, а другой впадает в выделительный проток. Протоки объединяются в два общие канала, которые заканчиваются выделительными порами. Конечный продукт азотистого обмена у наземных форм – мочевина.

Нервная система – стволового типа (ортогональный, ортогон), представлена парным головным узлом и отходящими от него продольными нервными стволами. Наиболее развиты два боковых нервных ствола, которые соединены поперечными перемычками.

Органы чувств – осязания, равновесия и химического чувства. У свободноживущих – глаза.

Кровеносная система отсутствует. *Дыхательная система* отсутствует. Дыхание всей поверхностью тела. Паразиты – анаэробы.

Размножение. Размножение половое. Гермафродиты. Мужские половые железы – семенники; женские – яичники. Оплодотворение внутреннее, перекрестное. Для паразитов характерна высокая плодовитость. У пресноводных ресничных червей развитие прямое. У сосальщиков и ленточных червей развитие не прямое, со сменой хозяев. У ресничных червей встречается бесполое размножение – фрагментация.

Многообразие Плоских червей

Тип включает 3 класса: Ресничные черви, Сосальщики, Ленточные черви.

Ресничные черви. Представители: белая планария; многоглазка. Хищники. Хорошая регенерация. Два глаза. У ресничных рот на брюшной стороне. Глотка выпячивается наружу. Развитие прямое.

Сосальщики (двуустки). Представители. Печеночный сосальщик (3–5 см); ланцетовидный сосальщик; кошачий сосальщик, кровяной сосальщик. Паразиты. Смена хозяев. Органы прикрепления – две присоски: ротовая и брюшная.

Ленточные черви. Представители: бычий цепень (до 10 м); свиной цепень; лентец широкий, эхинококк (3–5 мм); мозговик. Тело лентовидной формы. Тело состоит из головки с присосками, шейки и члеников. У ленточных червей пищеварительная система отсутствует, всасывают переваренную хозяином пищу всей поверхностью тела. Обитают у основного хозяина в тонком кишечнике. На головке (сколексе) находятся органы фиксации. Бычий цепень имеет только четыре присоски (невооруженный цепень); свиной цепень – четыре присоски и венчик крючьев (вооруженный цепень); лентец широкий – две присасывательные щели; эхинококк – присоски и венчик крючьев.

10.3 Тип Круглыечерви

Общая характеристика типа

Более 20 000 видов. Свободноживущие и паразиты. Среда обитания: морские и пресные водоемы, почва, организмы человека, животных и растений. Развитие из 3-х зародышевых листков.

Впервые в эволюции животных у Круглых червей появляются:

- первичная полость тела;
- раздельнополость и половой диморфизм;
- наличие заднего отдела кишечника и анального отверстия;
- окологлоточное нервное кольцо.

Внешнее строение

Двусторонняя симметрия тела. Тело несегментированное, цилиндрической формы, на поперечном разрезе имеет форму круга. Стенка тела образована кожно-мускульным мешком, состоящим из многослойной кутикулы, под которой находится гиподерма (однослойный эпителий) и один слой продольных гладких мышц.

Внутреннее строение

Полость тела первичная – псевдоцель (не имеет эпителиальной выстилки), заполнена жидкостью, которая выполняет опорную (гидроскелет), транспортную и защитную функции.

Пищеварительная система сквозная (три отдела). Образована передней, средней и задней кишкой. Передняя эктодермальная кишка дифференцирована на рот с губами и глотку. Энтодермальная средняя кишка на отделы не разделена. Заканчивается пищеварительный тракт задней эктодермальной кишкой с анальным отверстием.

Выделительная система протонефридиального типа. Она представлена парой боковых продольных каналов, сливающихся в один проток, который открывается выделительным отверстием.

Нервная система стволового типа. Она представлена окологлоточным нервным кольцом и отходящими от него продольными нервными стволами (наиболее развиты спинной и брюшной). Продольные стволы соединены поперечными перемычками. *Органы чувств* развиты слабо. Есть органы осязания, вкуса, равновесия. У свободноживущих форм – светочувствительные глазки.

Кровеносная система отсутствует. *Дыхательная система* отсутствует. Дыхание всей поверхностью тела. Паразиты – анаэробы.

Размножение половое. Раздельнополые. Выражен половой диморфизм (самцы меньше самок, задний конец тела самцов закру-

чен на брюшную сторону). Нитевидные семенники и яичники. У самцов половая система непарная (семенник, семяпровод, совокупительный орган); у самок – парные яичники, яйцеводы, матки и непарное влагалище. Оплодотворение внутреннее, развитие непрямое.

Многообразие Круглых червей

Несколько классов. Наиболее важное значение имеют представители класса Собственно Круглые черви (Нематоды). Представители: аскарида; острица; власоглав; трихина (трихинелла); картофельная, земляничная и луковая нематоды.

Многие представители типов Плоские и Круглые черви являются паразитами человека и животных. Паразитические черви называются глистами или гельминтами. Паразит – организм, живущий внутри или на теле другого организма, питающийся за его счет и причиняющий ему вред. Основной (окончательный) хозяин – это организм, в котором живет половозрелая форма паразита или происходит его половое размножение. Промежуточный хозяин – это организм, в котором обитает личиночная форма паразита или происходит его бесполое размножение.

Приспособления гельминтов (глистов) к паразитизму:

- защитные покровы (кутикула), предохраняющие от переваривания в организме хозяина;
- органы фиксации (присоски, крючья, присасывательные щели);
- упрощение систем органов; у паразитов упрощена нервная система и отсутствуют некоторые органы чувств (глаза), отсутствует пищеварительная система у ленточных червей;
- интенсивное развитие половой системы, высокая плодовитость, сложные циклы развития со сменой хозяев.

Циклы развития гельминтов – паразитов человека

Печеночный сосальщик. Окончательные хозяева – травоядные животные и редко – человек. Промежуточный хозяин моллюск – малый прудовик. Паразитирует у окончательного хозяина в печени.

Цикл развития. Яйца с фекалиями попадают в воду. Там из яйца выходит личинка мирацидий (покрыта ресничками). Мирацидий заглатывается моллюском. В моллюске проходит несколько личиночных стадий, последняя из которых церкарий (личинка с хвостовым придатком). Церкарий покидает моллюска, попадает в воду и оседает на прибрежной растительности. Здесь церкарий те-

ряет хвост и покрывается плотной оболочкой. Окончательный хозяин заражается при питье воды или поедании травы с личинками.

Кошачий сосальщик. Окончательные хозяева – человек и животные, поедающие рыбу (кошка, собака, медведь, лиса и др.). Промежуточные хозяева (2): первый – моллюск, второй – рыба. Паразитирует у окончательного хозяина в печени.

Цикл развития. Яйца с фекалиями попадают в воду. Там из яйца выходит личинка мирацидий (покрыта ресничками). Мирацидий заглатывается моллюском. В моллюске проходит несколько личиночных стадий, последняя из которых церкарий (личинка с хвостовым придатком). Церкарий покидает моллюска и проникает в рыбу. В рыбе формируется личинка метацеркарий. Окончательный хозяин заражается, поедая сырую рыбу с метацеркариями.

Бычий цепень (невооруженный цепень). Окончательный хозяин человек. Промежуточный хозяин крупный рогатый скот. Паразитирует у окончательного хозяина в тонком кишечнике. Яйца с фекалиями попадают на траву. Корова с травой проглатывает яйцо. В ее желудке из яйца выходит личинка онкосфера, которая через стенку кишечника проникает в кровеносные сосуды. С током крови личинки заносятся в печень, мышцы, где превращаются в личинку финну (пузырек с головкой и шейкой цепня). Человек заражается при употреблении в пищу сырой говядины с финнами.

Свиной цепень (вооруженный цепень). Окончательный хозяин – человек. Промежуточный хозяин – свинья. Паразитирует у окончательного хозяина в тонком кишечнике.

Цикл развития. Яйца с фекалиями попадают на траву. Свинья с травой проглатывает яйцо. В желудке промежуточного хозяина из яйца выходит личинка онкосфера, которая через стенку кишечника проникает в кровеносные сосуды. С током крови личинки заносятся в печень, мышцы, где превращаются в личинку финну (пузырек с головкой и шейкой цепня). Человек заражается при употреблении в пищу сырой свинины с финнами.

Эхинококк. Окончательные хозяева собака, волк, лисица. Промежуточный хозяин человек, крупный и мелкий рогатый скот. Паразитирует у окончательного хозяина в тонком кишечнике.

Цикл развития. Яйца с фекалиями попадают на шерсть собаки и на траву. Рогатый скот с травой проглатывает яйцо. Человек может заразиться, погладив собаку, на шерсти которой находились яйца эхинококка. В желудке промежуточного хозяина из яйца вы-

ходит личинка онкосфера, которая через стенку кишечника проникает в кровеносные сосуды. С током крови личинки заносятся в печень, легкие, головной мозг, где превращаются в личинку – финну. Эхинококк способен размножаться на личиночной стадии, поэтому финны могут достигать значительных размеров. Окончательные хозяева заражаются при поедании органов крупного и мелкого рогатого скота с финнами.

Лентец широкий. Окончательные хозяева человек и животные, поедающие рыбу (кошка, собака, медведь, лиса и др). Промежуточные хозяева (2): первый – рачок-циклоп, второй – рыба. Паразитирует у окончательного хозяина в тонком кишечнике.

Аскарида. Паразитирует в тонком кишечнике человека. Яйца с калом попадают в почву. Через несколько недель в яйце развивается личинка. Яйцо с личинкой заглатывается человеком с загрязненными продуктами. В желудке оболочка яйца растворяется, личинка проникает в стенку кишечника, а затем в кровеносные сосуды. С током крови личинки заносятся в легкие. Из капилляров личинка проникает в альвеолы, а затем при кашле с мокротой в ротовую полость, затем вторично заглатывается и в тонком кишечнике превращается в половозрелую особь.

Власоглав. Паразитирует в толстом кишечнике человека. Питается кровью. Яйца с калом попадают в почву. Через несколько недель в яйце развивается личинка. Яйцо с личинкой заглатывается человеком с загрязненными продуктами. В желудке оболочка яйца растворяется, из него выходит личинка, которая без миграции по организму в толстом кишечнике превращается в половозрелую особь.

Острица. Паразитирует в толстом кишечнике человека. Яйца самка откладывает на кожу возле анального отверстия. Через несколько часов в яйце развивается личинка. Яйцо с личинкой заглатывается человеком с загрязненными продуктами. В желудке оболочка яйца растворяется, из него выходит личинка, которая без миграции по организму в толстом кишечнике превращается в половозрелую особь. Возможно повторное самозаражение.

Трихинелла (трихина). Паразитирует в тонком кишечнике человека (половозрелая особь) и мышцах (личинка). Живородящая. Человек заражается, поедая зараженную личинками свинину.

10.4 Тип Кольчатые черви

Общая характеристика типа

9 000 видов. *Классы*: Малощетинковые черви, Многощетинковые черви, Пиявки.

Свободноживущие и паразиты (только пиявки). *Среда обитания*: морские и пресные водоемы, почва. Развитие из 3-х зародышевых листков.

Впервые в эволюции животных у Кольчатых червей появляются:

- сегментация тела,
- органы движения;
- вторичная полость тела;
- органы дыхания;
- замкнутая кровеносная система.

Внешнее строение

Двусторонняя симметрия тела. Отделы тела: головной (головная лопасть), туловищный и анальная лопасть. Тело состоит из сегментов. Сегменты имеют одинаковое строение и выполняют сходные функции (гомономная сегментация). Сегментарное строение тела кольцецов определяет их высокую способность к регенерации.

Стенка тела образована кожно-мускульным мешком, состоящим из однослойного эпителия, покрытого тонкой кутикулой и двух слоев гладких мышц: наружного кольцевого и внутреннего продольного.

Органы движения многощетинковых – параподии. Это выросшие стенки тела, имеющие спинную и брюшную лопасти, каждая из которых несет пучок щетинок. Параподии подвижно соединены с телом. У малощетинковых имеются только пучки щетинок.

Внутреннее строение

Вторичная полость тела (целом), имеет эпителиальную выстилку. Полость тела разделена поперечными перегородками, соответственно сегментам тела. Полость тела заполнена полостной жидкостью (гидроскелет).

Пищеварительная система сквозная (три отдела). Передний отдел включает: рот, мускулистую глотку, пищевод, зоб, желудок. Средний образован средней кишкой. Задний представлен задней кишкой с анальным отверстием. В полость пищевода почвенных форм открываются протоки известковых желез. Их секрет нейтра-

лизует кислоту почвы. В средней кишке пища переваривается и всасываются питательные вещества.

Выделительная система метанефридиального типа. Метанефридии расположены посегментно. Они имеют вид трубочек с воронками (по 2 в каждом сегменте). Окруженная ресничками воронка и извитые трубочки находятся в одном сегменте, а короткий каналец, открывающийся наружу отверстием – выделительной порой, в соседнем сегменте.

Нервная система узлового (ганглионарного) типа. Включает: окологлоточное нервное кольцо и отходящую от него брюшную нервную цепочку. Окологлоточное нервное кольцо образовано надглоточным и подглоточным узлами, которые соединены перемычками. Брюшная нервная цепочка состоит из соединенных между собой парных нервных узлов в каждом сегменте.

Органы чувств: осязания и химического чувства, равновесия. У многощетинковых есть органы зрения.

Кровеносная система замкнутая, т.е. кровь циркулирует только по кровеносным сосудам. Кровеносная система образована крупными спинным и брюшным сосудами, которые в каждом сегменте соединены кольцевыми сосудами. Сердца нет, роль сердца выполняют спинной и кольцевые сосуды в области глотки. Кислород переносится гемоглобиноподобными пигментами, растворенными в плазме, поэтому кровь красная.

Органы дыхания у многощетинковых – жабры, которые являются выростами спинных лопастей пароподий. Малощетинковые и пиявки дышат всей поверхностью тела.

Размножение. Раздельнополые и реже гермафродиты (дождевой червь и пиявки). Половые железы у них развиваются во всех или в определенных сегментах тела. Половые клетки выводятся в воду через специальные половые воронки или через метанефридии. У водных форм оплодотворение наружное. У почвенных форм оплодотворение внутреннее. У малощетинковых и пиявок развитие прямое, у многощетинковых – не прямое. Личинка многощетинковых червей – трохофора. Возможно бесполое размножение – фрагментация.

Многообразие Кольчатых червей

Тип включает 3 класса: Малощетинковые черви, Многощетинковые черви, Пиявки.

Малощетинковые черви – обитатели почвы и пресных водоемов. Представители: дождевой червь; трубочник. Головная лопасть выражена слабо. Глаза отсутствуют. Нет параподий. Щетинок мало, они отходят непосредственно от стенки тела. Движение крови обеспечивается за счет сокращения стенок спинного и пяти передних кольцевых сосудов области глотки. Дыхание всей поверхностью тела. Гермафродиты. Половые железы расположены в нескольких сегментах передней части тела. Осеменение внутреннее, перекрестное. Развитие прямое, проходит в коконе, который образуется после оплодотворения.



Рисунок 26. – Дождевой червь: А – продольный разрез

- 1 – рот, 2 – глотка, 3 – пищевод, 4 – зоб, 5 – желудок, 6 – анус, 7 – «сердца»,
 8 – спинной кровеносный сосуд, 9 – брюшной кровеносный сосуд,
 10 – кишечник, 11 – продольные мышцы, 12 – членики тела,
 13 – окологлоточное нервное кольцо, 14 – брюшная нервная цепочка,
 15 – семенные пузырьки, 16 – семяприемники, 17 – кольцевые мышцы.

Многощетинковые черви – морские животные. Представители: нереис (нереида); пескожил; палоло; серпула; морская мышь. Каждый сегмент тела несет пару параподий. Хорошо развита головная лопасть, на которой расположены органы зрения. Раздельнополые, осеменение (оплодотворение) наружное, развитие непрямое, личинка трохофора.

Пиявки – хищники или эктопаразиты, питающиеся кровью. Представители – пиявки: медицинская; улитковая; птичья; рыбья. Параподии и щетинки отсутствуют. На переднем и заднем концах тела имеются присоски. Головная и анальная лопасти не выражены. Полость тела редуцирована. Слюна содержит гирудин – вещество, препятствующее свертыванию крови. Пиявки – гермафродиты. Осеменение внутреннее. Развитие прямое.

10.5 Тип Моллюски

Общая характеристика типа

130 000 видов. Три основных класса: Брюхоногие, Двустворчатые, Головоногие. Свободноживущие. Среда обитания: морские и пресные водоемы, иногда суша. Развитие из 3-х зародышевых листков.

Впервые в эволюции животных у Моллюсков появляются:

- разделение тела на отделы;
- появление сердца, почки, печени.

Внешнее строение

Тело несегментированное. Двусторонняя симметрия тела. Брюхоногие – асимметричные животные. Отделы тела: голова (нет у двустворчатых), нога, туловище. Нога – это мускулистый вырост брюшной части тела, который служит для передвижения. Туловище содержит внутренние органы и окружено кожной складкой – мантией. На голове расположены рот и органы чувств: глаза и щупальца. Тело моллюска покрыто раковиной. Стенка раковины состоит из 3-х слоев: наружный – роговой, средний – фарфоровый, внутренний – перламутровый. Раковина образуется мантией. У головоногих раковины нет.

Вторичная полость тела, значительно редуцированная во взрослом состоянии (ее остатки: окологердечная сумка и полости половых желез). Между мантией и телом моллюска находится мантийная полость, в которой находятся органы дыхания и органы химического чувства. В мантийную полость открываются анальное отверстие, выделительные и половые протоки. С внешней средой мантийная полость сообщается сифонами (у водных форм) или дыхательными отверстиями (у наземных).

Пищеварительная система имеет три отдела: передний, средний и задний. Передняя кишка (рот → глотка со слюнными железами и теркой или радулой → пищевод, желудок (печень) → средняя кишка → задняя кишка с анальным отверстием. Рот ведет в ротовую полость, переходящую в мускулистую глотку. В глотке находится язык (терка или радула), покрытый зубчиками. Далее следуют пищевод, желудок, средняя и задняя кишка, открывающаяся в мантийную полость. Развиты слюнные железы и печень. Двустворчатые – фильтраторы. У них нет радулы.

Нервная система разбросанно-узлового типа. Крупные ганглии расположены в жизненно важных органах и соединены нервными стволами.

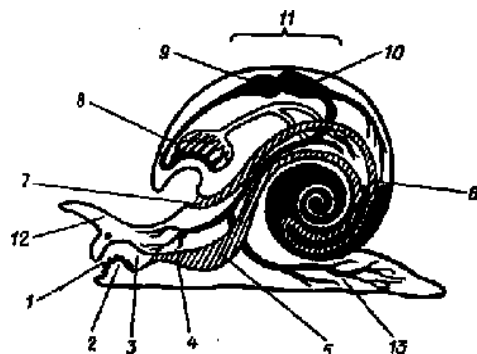


Рисунок 27. – Улитка прудовик большой

1 – рот, 2 – язык с зубчиками, 3 – глотка, 4 – пищевод, 5 –желудок, 6 – кишка, 7 – анус, 8 – легкое, 9 – предсердие, 10 – желудочек, 11 – сердце, 12 – щупальце, 13 – нога.

Органы чувств: химического чувства, равновесия, осязания, зрения.

Кровеносная система незамкнутая, представлена сердцем и сосудами. Жидкость, которая циркулирует по кровеносным сосудам и межклеточным полостям животных с незамкнутой кровеносной системой, называется гемолимфой. Сердце образовано одним желудочком и одним, двумя или четырьмя предсердиями. Гемолимфа (кровь) поступает из сердца в сосуды, а затем в промежутки между органами. Затем она собирается в сосуды, идущие к органам дыхания, а оттуда по сосудам течет к сердцу. Гемолимфа у двустворчатых и брюхоногих бесцветная.

Органы дыхания: кожные жабры (складки мантии) у водных форм или легкое (карман мантии) у наземных форм.

Органы выделения – одна или две почки (видоизмененные метанефридии). Воронка почки открывается в околосоердечную сумку, а выделительное отверстие – в мантийную полость.

Размножение. Раздельнополые, реже гермафродиты (легочные брюхоногие: прудовик, слизень, виноградная улитка). Половые железы парные. Размножение половое. У двустворчатых оплодотворение наружное, у головоногих и брюхоногих – внутреннее. У головоногих и брюхоногих развитие прямое, у двустворчатых – не прямое. Личинка двустворчатых – глохий

Многообразие Моллюсков

Три основные класса: Брюхоногие, Двустворчатые, Головоногие.

Брюхоногие. Представители: слизни; виноградная улитка; прудовики; янтарка; рапана, морские зайцы. Живут в пресных, морских водоемах и на суше. Брюхоногие растительноядные. Отделы тела: голова, нога, туловище. Хорошо развита радула.

Двустворчатые. Представители: беззубка; мидия; устрица; гребешок; дрейссена речная; жемчужница; перловица; корабельный червь. Обитатели пресных и морских водоемов. Малоподвижны, ведут придонный образ жизни. Фильтраторы. Развитие с метаморфозом (личинка глохидий). Корабельный червь повреждает морские суда. У него раковина редуцирована.

Головоногие. Представители: каракатицы, кальмары, осьминоги. Обитатели морей. Хищники. Раковины нет. Хорошо выражена голова и туловище. Нога превращена в щупальца. Головная хрящевая капсула защищает «мозг» – нервные узлы. Секрет слюнных желез ядовит. У головоногих кровеносная система замкнутая. У них кислород переносится гемоцианином, растворенным в плазме. Кровь синяя. Сердце имеет 1 желудочек и 4 предсердия. Характерны сложно устроенные глаза. Головоногие раздельнополы. Оплодотворение внутреннее. Развитие прямое.

10.6 Тип Членистоногие

Общая характеристика типа

1,5 млн видов. Тип включает классы: Ракообразные, Паукообразные и Насекомые. Среда обитания: наземно-воздушная, почва, водоемы, живые организмы. Свободноживущие и паразиты. Развитие из 3-х зародышевых листков.

Впервые в эволюции животных у Членистоногих появляются:

- наружный хитинизированный скелет,
- членистые конечности,
- поперечно-полосатая мускулатура.

Внешнее строение

Двусторонняя симметрия тела. Тело сегментировано. Характерна гетерономная сегментация тела – сегменты имеют разное строение и выполняют разные функции. Покровы тела представлены многослойной хитинизированной кутикулой и гиподермой (од-

нослойный эпидермис). Под эпителием (эпидермисом) расположены поперечнополосатые мышцы. Кутикула служит наружным скелетом (хитинизированный экзоскелет). К его внутренней поверхности прикрепляются пучки поперечно-полосатой мускулатуры. Хитиновый покров нерастяжим, поэтому периодический прерывистый рост членистоногих сопровождается линькой. Сегменты сливаются друг с другом и образуют отделы тела. Органы движения – членистые конечности. Конечности подвижно соединены с телом суставами. У низших членистоногих каждый членик тела имеет пару членистых конечностей. В процессе эволюции часть конечностей была утрачена, другие специализировались для выполнения определенной функции и преобразовались в органы чувств, ротовые органы, жабры, паутинные бородавки, легочные мешки.

Класс Ракообразные. Отделы тела: головогрудь и брюшко. Головные сегменты речного рака несут пять пар конечностей: первая пара – антеннулы, вторая – антенны (первую и вторую пару еще называют усики), третья – верхние челюсти, четвертая и пятая – нижние челюсти. Грудные сегменты несут восемь пар конечностей; первая–третья пары – ногочелюсти, четвертая–восьмая – ходильные ноги (четвертая пара – клешни). На брюшке расположены шесть пар плавательных ножек.

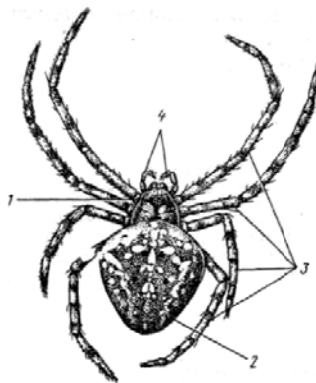


Рисунок 28. – Паук крестовик

1 – головогрудь, 2 – брюшко, 3 – ходильные ноги, 4 – ногощупальца.

Класс Паукообразные. Отделы тела: головогрудь, несущая конечности, и брюшко. Шесть пар конечностей: две пары ротовых конечностей и 4 пары ходильных ног. Не имеют усиков. Ротовые конечности: хелицеры и педипальпы (ногощупики). На вершине хелицер открываются протоки ядовитых желез. На брюшке конечностей нет. Видоизмененными брюшными конечностями (гомологами) являются три пары паутинных бородавок, которые выделяют паутину.

Класс Насекомые. Отделы тела: голова, грудь и брюшко. На голове насекомых расположены: одна пара усиков (антенн), пара сложных фасеточных глаз, простые глазки и различные ротовые аппараты. Грудь включает три сегмента. Каждый сегмент груди несет по паре конечностей (три пары ходильных ног). Второй и третий сегменты груди несут по паре крыльев. На брюшке конечностей нет.

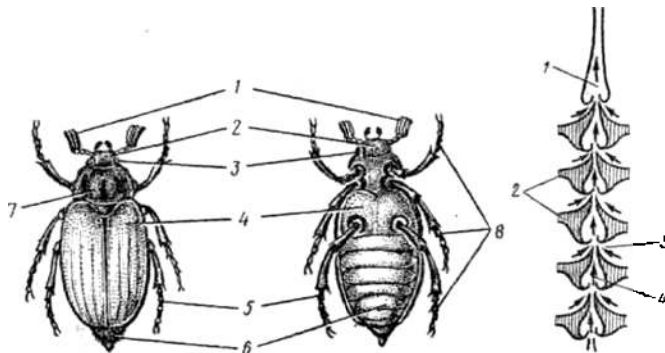


Рисунок 29. – Жук майский

1 – усики, 2 – голова, 3 – глаза, 4 – надкрылья, 5 – конечности, 6 – брюшко, 7 – грудь, 8 – ходильные ноги.

Сердце насекомого: 1 – аорта, 2 – мышцы, 3 – поры, 4 – трубка сердца.

Внутреннее строение

Полость тела смешанная (миксоцель), образуется при слиянии участков первичной и вторичной полостей. Полость тела заполнена гемолимфой.

Пищеварительная система сквозная. Имеет 3 отдела – передний (рот, глотка, пищевод, иногда зоб), средний (желудок, средняя кишка) и задний (задняя кишка и анальное отверстие). Передний и задний отделы выстланы кутикулой. Рот окружен видоизмененными конечностями – ротовым аппаратом, который специализирован к определенному виду пищи (грызущий, лижущий, сосущий, колюще-сосущий и др.). Развиты пищеварительные железы (слюнные, печень).

Класс Ракообразные. Ротовое отверстие → глотка → пищевод → желудок (включает два отдела: жевательный с хитиновыми зубцами и цедильный) → средняя кишка (печень) → задняя кишка с анальным отверстием. Рот окружают шесть пар видоизмененных конечностей (верхние и нижние челюсти, ногочелюсти). Проток печени открывается в среднюю кишку.

Класс Паукообразные. Ротовое отверстие → мускулистая глотка (слюнные железы) → желудок → средняя кишка («печень»)

→ задняя кишка с анальным отверстием. Пауки хищные животные. Им свойственно внекишечное пищеварение, когда они вводят в тело жертвы вместе с ядом пищеварительные ферменты. Полупереваренную пищу пауки всасывают при помощи мускулистой глотки. Имеются слюнные железы и печень.

Класс Насекомые. Ротовое отверстие → глотка (слюнные железы) → пищевод → зоб → желудок → средняя кишка → задняя кишка с анальным отверстием. У насекомых разные формы ротового аппарата, в зависимости от характера пищи: грызущий (наиболее древний), лижущий, сосущий, колюще-сосущий, лакающий. Есть слюнные железы, печень отсутствует.

Выделительная система представлена видоизмененными метанефридиями (зеленые железы), жировым телом (почка накопления) и мальпигиевыми сосудами (выросты кишечника).

Класс Ракообразные. Зеленые железы (видоизмененные метанефридии), открывающиеся у основания усиков. Конечный продукт азотистого обмена у пресноводных форм – аммиак.

Класс Паукообразные. Мальпигиевы сосуды (слепые выросты на границе средней и задней кишок). Конечный продукт азотистого обмена – гуанин.

Класс Насекомые. Мальпигиевы сосуды и жировое тело. Конечный продукт азотистого обмена – мочева кислота. Жировое тело просто накапливает конечные продукты обмена.

Нервная система узлового (ганглионарного) типа. Содержит: окологлоточное нервное кольцо (соединенные перемычками надглоточный и подглоточный ганглии) и отходящую от него брюшную нервную цепочку. Возможно слияние нервных ганглиев. Хорошо развиты *органы чувств*: зрения, вкуса, осязания, обоняния, слуха и равновесия.

Класс Ракообразные. Характерна концентрация нервных узлов брюшной нервной цепочки. Органы зрения – пара сложных фасеточных глаз (зрение мозаичное). Антенны – органы осязания. Антеннулы – обоняния. У основания антеннул – органы равновесия.

Класс Паукообразные. Узлы брюшной нервной цепочки образуют сложные ганглии головогруды и брюшка. Несколько пар простых глаз. Органы осязания – чувствительные волоски. Есть органы обоняния, вкуса.

Класс Насекомые. Сильно развит надглоточный ганглий («головной мозг», который включает три отдела). Поведение общест-

венных насекомых сложное, развиты инстинкты. Хорошо развиты все органы чувств. Пара сложных фасеточных глаз и несколько пар простых глаз. Органы осязания – усики. Слух. Обоняние. Вкус.

Кровеносная система незамкнутая. Сердце расположено на спинной стороне тела. Из сосудов гемолимфа изливается в полость тела и омывает внутренние органы, капилляров нет. Затем она вновь поступает в сосуды и сердце. Гемолимфа – бесцветная жидкость, которая выполняет функции крови и полостной жидкости.

Класс Ракообразные. Сердце в виде пятиугольного мешочка на спинной стороне головогруды. Гемолимфа многих содержит гемоцианин.

Класс Паукообразные. Сердце трубчатое, лежит в брюшке над кишкой.

Класс Насекомые. Сердце трубчатое. Гемолимфа бесцветная, не участвует в транспорте кислорода.

Дыхательная система у водных членистоногих представлена жабрами, у наземных – легочными мешками и трахеями (хитиновые трубочки, пронизывающие все тело).

Класс Ракообразные. Жабры – выросты кожных покровов грудных конечностей и стенок груди.

Класс Паукообразные. Органы дыхания и дыхательные отверстия расположены в брюшке. Легочные мешки у скорпионов. Легочные мешки и трахеи у пауков. Трахеи – тонкие кутикулярные трубочки. Через их стенки непосредственно происходит газообмен. Только трахеи у клещей.

Класс Насекомые. Разветвленная система трахей. Дыхательные отверстия (дыхальца или стигмы) расположены по бокам груди и брюшка. У вторичноводных насекомых – трахейные жабры.

Размножение только половое, встречается партеногенез (дафнии, тли). Членистоногие раздельнополые. У самок яичники и яйцеводы, у самца семенники и семяпроводы. Оплодотворение внутреннее. Выражен половой диморфизм. Развитие может быть прямое и не прямое (с полным или неполным метаморфозом).

Класс Ракообразные. Речной рак – развитие прямое. Циклоп – не прямое (личинка науплиус).

Класс Паукообразные. Оплодотворение внутреннее, развитие прямое. У клещей не прямое.

Класс Насекомые. Оплодотворение внутреннее, развитие не прямое с полным или неполным метаморфозом. Не прямое развитие

характеризуется наличием одной или нескольких личиночных стадий. В процессе превращения личинки во взрослую особь происходит перестройка всего организма (метаморфоз). У насекомых различают развитие с полным и неполным метаморфозом. Полный метаморфоз у насекомых характеризуется тремя последовательными стадиями: личинка, куколка, взрослая особь или имаго (отряды чешуекрылые, двукрылые, жестkokрылые, перепончатокрылые, блохи и др.). При неполном превращении личинки имеют общие черты строения с взрослыми особями, проходят только две стадии: личинка и имаго (отряды полужестkokрылые, прямокрылые, равнокрылые, стрекозы, тараканы, вши и др.). Стадия куколки отсутствует, личинка в процессе превращения во взрослую особь проходит несколько линек.

Многообразие Членистоногих

Класс Ракообразные (40 000 видов). Представители: дафния (водяная блоха); водяной ослик; циклоп; щитень; мокрица; морская уточка; морской желудь; речной рак; рак-отшельник; краб; омар; креветка; лангуст; **широкопалый рак; реликтовая мизиды; лимнокалянус; понтопорея; бокоплав Палласа.**

Класс Паукообразные (60 000 видов). Представители:

– Отряд Пауки. Пауки – крестовик; сенокосец. Паук-серебрянка живет в воде. Пауки: тарантул; каракурт; черная вдова и птицевед ядовиты для человека.

– Отряд Клещи. Чесоточный зудень – возбудитель чесотки. Собачий клещ и таежный клещ – переносчики энцефалита. Паутиновый клещ – вредитель растений. Зерновой клещ и мучной клещ – вредители зерна и муки.

– Отряд скорпионы.

– Сольпуги.

Класс Насекомые (более 1000 000 видов). Представители:

Отряды насекомых, развивающихся с полным превращением (метаморфозом):

1. Отряд жестkokрылые (жуки): самый многочисленный отряд, две пары крыльев (первая пара – хитинизированные жесткие надкрылья, вторая пара – тонкие перепончатые); *ротовой аппарат грызущий*.

– майский жук; колорадский жук; божья коровка; листоед; дровосек (усач); короед; долгоносик; жужелица; скарабей; плавунец; навозник; мертвоед; могильщик; яблонный цветоед.

2. Отряд чешуекрылые (бабочки): две пары покрытых чешуйками крыльев; *ротовой аппарат сосущий, а у личинок (у гусениц) грызущий.*

– капустная белянка, тутовый шелкопряд; яблонная плодожорка, моль; лимонница; махаон; крапивница; павлиний глаз; пяденица.

3. Отряд перепончатокрылые: две пары крыльев образуют единую летательную поверхность; у некоторых видов яйцеклад может быть видоизменен в жало; многие виды являются общественными насекомыми.

– пчелы; шмели – *ротовой аппарат лакающий.*

– оса; муравей; наездник; яйцеед; шершень – *ротовой аппарат грызущий.*

4. Отряд двукрылые: вторая пара крыльев видоизменена в жужжальца.

– подотряд длинноусые или комары: комар-пискун; комар-звонец; москиты – *ротовой аппарат колюще-сосущий или сосущий.*

– подотряд короткоусые или мухи: комнатная муха – *ротовой аппарат лижущий*; овод; слепень.

Отряды насекомых, развивающихся с неполным превращением:

1) Отряд прямокрылые: передние крылья узкие, плотные, кожистые; задние крылья более широкие, в покое складывающиеся веером; *ротовой аппарат грызущий.*

– кузнечик; саранча; медведка; сверчок.

2) Отряд стрекозы: *ротовой аппарат грызущий.*

– стрелка; красотка.

3) Отряд равнокрылые: *ротовой аппарат колюще-сосущий.*
– тля; цикада; пенница.

4) Отряд полужесткокрылые (клопы): *ротовой аппарат колюще-сосущий.*

– постельный клоп; лесные клопы; вредная черепашка.

Насекомые – переносчики возбудителей заболеваний человека:

Блохи переносят чуму, вши – сыпной и возвратный тиф, комары – малярию.

10.7 Тип хордовые

ТИП ХОРДОВЫЕ

/

\

Подтип Бесчерепные Подтип Черепные (Позвоночные)

Класс Ланцетники Надкласс Рыбы

(Головохордовые) (Классы Хрящевые и Костные рыбы)

Класс Земноводные (Амфибии)

Класс Пресмыкающиеся (Рептилии)

Класс Птицы

Класс Млекопитающие (Звери)

Эволюция классов типа Хордовые

Класс Ланцетники

Класс Хрящевые рыбы

Класс Костные рыбы

Класс Земноводные

Класс Пресмыкающиеся

Класс Птицы

Класс Млекопитающие

Общая характеристика типа

43 000 видов. Обитают на суше, в почве, в воде, в воздухе.

Свободноживущие.

Размеры тела от 2–3 см до 30 м и массы 150 тонн.

Признаки хордовых, характерные другим беспозвоночным животным:

– Многоклеточность.

– Двусторонняя симметрия тела.

– Развитие из 3-х зародышевых листков: эктодермы, мезодермы, энтодермы.

– Вторичная полость тела (целом).

– Вторичный рот.

Признаки, характерные только хордовым:

1. Внутренний осевой скелет – хорда. У низших хордовых сохраняется в течение всей жизни, а у высших – только в эмбриональном периоде, а у взрослых форм хорда заменяется позвоночником.

2. Центральная нервная система закладывается в виде нервной трубки, которая располагается над хордой. У позвоночных она дифференцируется на головной и спинной мозг.

3. Пищеварительная трубка располагается под хордой и имеет три отдела: передний, средний и задний.

4. Дыхательная система закладывается в виде жаберных щелей, пронизывающих стенку глотки. У первичноводных форм жаберные щели сохраняются в течение всей жизни, и на их основе развиваются жабры. У наземных позвоночных жаберные щели имеются только у эмбрионов, а у взрослых развиваются легкие – парные выпячивания глотки.

5. Кровеносная система замкнутая. Сердце или сосуд, его заменяющий, располагается на брюшной стороне тела под пищеварительной трубкой.

10.7.1 Подтип бесчерепные. Класс ланцетники

Среда обитания – прибрежная зона теплых морей. Малоподвижный образ жизни.

Внешнее строение

Размеры тела 5–8 см. Нет обособленной головы, нет черепа. Тело удлинненное, сжатое с боков и заостренное с обоих концов. На спинной стороне тела расположена кожная складка, переходящая в хвостовой плавник ланцетовидной формы. Тело покрыто кожей, состоящей из *однослойного* эпидермиса и тонкой студенистой полупрозрачной дермы. В эпидермисе есть одноклеточные железы, выделяющие слизь.

Внутреннее строение

Внутренний осевой скелет – *хорда*. Мускулатура сегментирована на всем протяжении тела. Мышцы расположены по бокам от хорды и образованы поперечно-полосатой мышечной тканью. Полость тела *вторичная* (целом).

Пищеварительная система. Ланцетники – фильтраторы. Ротовое отверстие, окруженное 10-20 парами щупалец, ведет в глотку. Стенка глотки выстлана мерцательным эпителием. Глотку пронизывают 100-150 пар жаберных щелей. Жаберные щели соединяют глотку с околожаберной (атриальной) полостью. Вместе с током воды, который создается щупальцами и ресничным эпителием, в глотку поступает фитопланктон, который оседает на ее дне в специальном углублении и дальше поступает в кишку, где переваривается. А вода через жаберные щели выходит в околожаберную полость и далее через ее отверстие (атриопор) – во внешнюю среду.

Непереваренные остатки пищи выводятся через анальное отверстие наружу. Кишечник ланцетника имеет слепой печеночный вырост, выполняющий функцию печени.

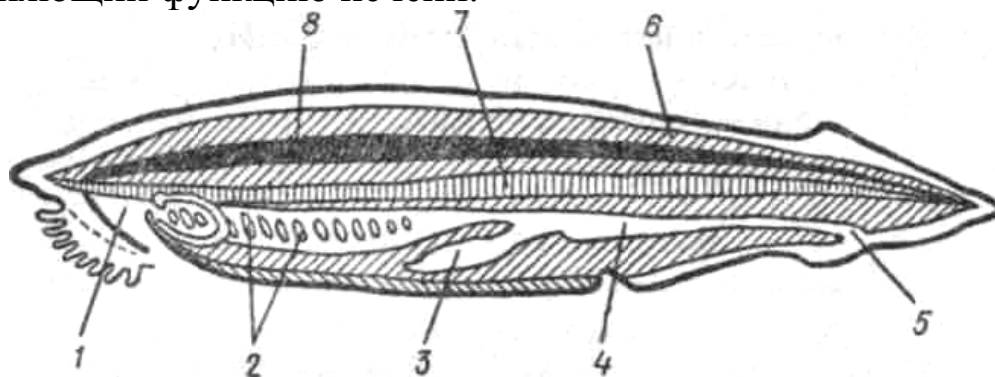


Рисунок 30. – Ланцетник

1 – рот со щупальцами, 2 – глотка с жаберными щелями,
3 – печеночный вырост, 4 – кишка, 5 – анальное отверстие, 6 – мышцы,
7 – хорда, 8 – нервная трубка.

Дыхательная система. Дыхание ланцетника происходит одновременно с питанием. Газообмен происходит в сосудах межжаберных перегородок.

Кровеносная система замкнутая. Сердце отсутствует, его функцию выполняет пульсирующий сосуд – брюшная аорта, расположенная под глоткой. Кровь не содержит форменных элементов и дыхательных пигментов и поэтому бесцветная.

Выделительная система. Органы выделения – 100–150 пар нефридиев, которые расположены сегментарно по бокам глотки. Нефридий воронкой открывается в целом, а выделительной порой в околожаберную полость.

Нервная система представлена нервной трубкой, лежащей над хордой. Она имеет расширение в переднем отделе (обонятельная ямка). От нервной трубки отходят нервы.

Органы чувств развиты слабо. В коже есть осязательные клетки. В нервной трубке располагаются светочувствительные клетки – глазки Гессе. Обонятельная ямка является органом обоняния.

Половая система представлена 20–25 парами, расположенными посегментнополовыми железами, которые не имеют собственных выводных протоков. Ланцетники раздельнополы. Размножение половое. Половой диморфизм не выражен. Половые клетки при разрыве стенки тела попадают в околожаберную полость и вы-

водятся через атриопор. Оплодотворение происходит в воде. Развитие не прямое. Из зиготы развивается личинка.

10.7. 2 Подтип позвоночные. Надкласс рыбы

Общая характеристика надкласса

Надкласс Рыбы включает два класса: Хрящевые рыбы и Костные рыбы.

23 000 видов. Среда обитания: пресные и морские водоемы.

Впервые в эволюции хордовых у рыб появляются (ароморфозы рыб):

- позвоночник и череп;
- челюсти, снабженные зубами;
- парные конечности – плавники;
- внутреннее ухо; глаза; боковая линия;
- туловищные (первичные) почки;
- двухкамерное сердце на брюшной стороне тела;
- жабры.

Внешнее строение

Тело обтекаемой формы. Отделы тела: голова, туловище, хвост. Органы движения – плавники. Парные плавники – грудные и брюшные. Непарные плавники – спинной, анальный и хвостовой.

Покровы тела – кожа, состоящая из эпидермиса и дермы. Многослойный неороговевающий эпидермис содержит одноклеточные железы, выделяющие слизь. Кожа покрыта костной или плакоидной чешуей.

Внутреннее строение

Опорно-двигательная система. Скелет хрящевой или костный. Отделы: скелет головы, скелет туловища, скелет конечностей и их поясов. Скелет головы – череп, имеет висцеральный и мозговой отделы. Мозговой отдел защищает головной мозг, висцеральный – содержит челюстной аппарат, жаберные дуги и жаберные крышки. Череп неподвижно соединен с позвоночником. Скелет туловища – позвоночник, состоит из 2-х отделов: туловищного и хвостового; туловищные позвонки имеют ребра. Скелет конечностей представлен костными или хрящевыми лучами плавников. Пояса конечностей (тазовый и плечевой) не соединены с позвоночником. Плечевой пояс состоит из лопаток и коракоидов. У рыб остатки хорды сохраняются всю жизнь. Мускулатура сегментирована.

Органы дыхания – жабры, состоящие из жаберных дуг. На выпуклой стороне жаберных дуг находятся участвующие в газообмене пронизанные капиллярами жаберные лепестки, а на вогнутой стороне расположены жаберные тычинки, которые образуют цедильный аппарат. У костных рыб снаружи жабры прикрыты жаберными крышками.

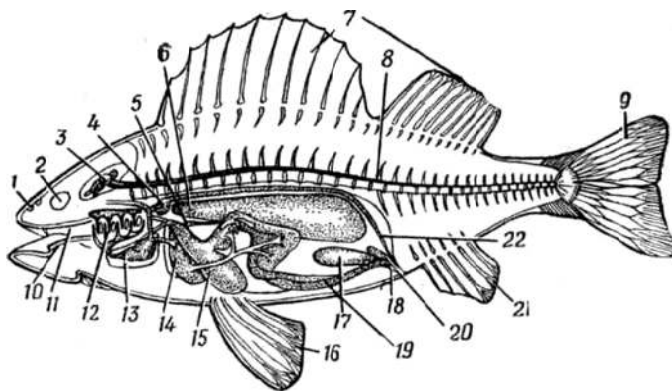


Рисунок 31. – Внутреннее строение рыбы

1 – ноздря; 2 – глазница; 3 – головной мозг; 4 – почка; 5 – желчный пузырь; 6 – плавательный пузырь; 7 – спинные плавники; 8 – спинной мозг; 9 – хвостовой плавник; 10 – ротовая полость; 11 – глотка; 12 – жабры; 13 – сердце; 14 – печень; 15 – желудок; 16 – брюшной плавник; 17 – половая железа (семенник); 18 – анальное, половое и мочевое отверстие; 19 – кишка; 20 – мочевой пузырь; 21 – анальный плавник; 22 – мочеточник.

Кровеносная система замкнутая, один круг кровообращения, двухкамерное сердце (предсердие и желудочек). Сердце содержит венозную кровь. Из желудочка венозная кровь попадает в брюшную аорту, а из нее к жабрам. В жаберных капиллярах происходит газообмен, кровь обогащается кислородом и отдает углекислый газ. Артериальная кровь поступает в спинную аорту, от которой отходят многочисленные артерии ко всем органам. Артерии в органах распадаются на капилляры, в которых происходит газообмен. Венозная кровь по кардинальным венам собирается в предсердие, а из него поступает в желудочек. Обмен веществ происходит медленно, рыбы пойкилотермные (холоднокровные) животные, не имеющие постоянной температуры тела. У хрящевых рыб скорость газообмена зависит от скорости движения. Эритроциты у рыб с ядрами.

Пищеварительная система начинается ртом, который ведет в ротовую полость. В ротовой полости на подвижных челюстях расположены многочисленные одинаковые зубы. Слюнные железы отсутствуют. Далее следуют глотка, стенка которой пронизана жа-

берными щелями, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник, заканчивающийся анальным отверстием. Имеется печень с желчным пузырем и поджелудочная железа. Их протоки открываются в тонкий кишечник. Костные рыбы имеют плавательный пузырь – вырост кишечника, выполняющий гидростатическую функцию.

Выделительная система. Органы выделения – парные туловищные почки лентовидной формы. Конечный продукт белкового обмена пресноводных рыб – аммиак, морских – мочевины. Аммиак очень токсичен, в связи с этим он растворяется большим количеством воды, поэтому пресноводные рыбы выделяют много мочи. Моча по мочеточникам поступает в мочевой пузырь, а затем выводится наружу через выделительное отверстие.

Нервная система. Центральная нервная система состоит из головного и спинного мозга. Головной мозг имеет 5 отделов: передний, промежуточный, средний, задний (мозжечок) и продолговатый. Передний мозг представлен обонятельными долями. Хорошо развиты средний мозг, содержащий центры зрения, и мозжечок, координирующий сложные движения рыб. Периферическая нервная система представлена 10 парами черепно-мозговых нервов, спинномозговыми нервами, нервными сплетениями и нервными узлами.

Органы чувств. Органы зрения – глаза, имеющие плоскую роговицу и шаровидный хрусталик. Аккомодация осуществляется за счет перемещения хрусталика по отношению к сетчатке. Хорошо развиты органы обоняния, представляющие собой обонятельные мешочки, открывающиеся наружу ноздрями. Рецепторы осязания расположены в коже. Орган вкуса – вкусовые почки на губах, в ротовой полости и глотке. Орган слуха и равновесия представлен внутренним ухом. Специфический орган чувств рыб – боковая линия – это каналы в толще кожи по бокам тела, сообщающиеся с внешней средой множеством отверстий. В каналах содержатся чувствительные клетки, воспринимающие направление тока воды.

Размножение. Рыбы раздельнополы. Размножение половое. У самок два яичника, в которых развиваются икринки, у самца два семенника, в которых образуются молоки со сперматозоидами. Половые железы имеют протоки. Осеменение у большинства видов наружное, происходит в воде. В период размножения для некоторых рыб характерно сложное инстинктивное поведение, которое может сопровождаться нерестовыми миграциями и заботой о по-

томстве. Рыбы, мигрирующие на нерест из морей в реки (осетровые, лососевые) или из рек в моря (речной угорь), называются проходными. Развитие с метаморфозом, личинка – малек. Анамнии. Иногда встречается живорождение (меченосцы).

Класс Хрящевые рыбы: надотряд акулы; надотряд скаты. Хрящевой скелет. Хвостовой плавник – неравнолопастный. Горизонтальные парные плавники. Жаберных крышек нет. Плавательный пузырь отсутствует. Оплодотворение внутреннее. Живорождение (развитие в организме матери, при котором зародыш питается непосредственно от него) и яйцеживорождение (развитие в организме матери, при котором зародыш не получает от нее дополнительных питательных веществ). Хищники.

Таблица 14. – Характеристика Хрящевых и Костных рыб

<i>Признак</i>	<i>Хрящевые рыбы</i>	<i>Костные рыбы</i>
Скелет	Хрящевой	Костный
Тип чешуи	Плакоидная	Костная
Плавательный пузырь	Нет	Есть
Жаберные крышки	Нет	Есть
Зрение	Черно-белое зрение	Цветовое зрение
Размножение и развитие	Внутреннее осеменение, живорождение. Развитие прямое	Наружное осеменение. Развитие не прямое, личинка — малек
Парные плавники	Расположены горизонтально	Расположены вертикально

Класс Костные рыбы:

1. Отряд Осетрообразные. Представители: белуга; осетр; *стерлядь (жирный курсив – Красная Книга РБ)*. Проходные и озерно-речные рыбы. Икрометание в пресных водоемах. Есть жаберные крышки, хрящевой внутренний скелет. Череп покрыт плоскими костями. Хорда сохраняется у взрослых особей. Хвостовой плавник – неравнолопастный. Черная икра.

2. Отряд Сельдеобразные. Представители: атлантическая и тихоокеанская сельди; кильки; сардины.

3. Отряд Лососеобразные. Представители: лосось; кета; горбуша; семга; *ручьевая форель; европейский хариус*. Проходные и озерно-речные рыбы. На нерест уходят из моря в верховья рек. Имеют жировой плавник. Дают красную икру.

4. Отряд Карпообразные. Представители: плотва; лещ; линь; сазан; карп; толстолобик; карась; **усач; рыбец**. Нет челюстных зубов (есть глоточные). Нет желудка.

5. Подкласс Двоякодышащие. Представители: австралийский рогозуб; африканские протоптеры; американский чешуйчатник (лепидосирен). Дыхание жабрами и легкими (выросты стенки пищевода). Появилось второе предсердие. Второй круг кровообращения. Хорда сохраняется на протяжении всей жизни.

6. Подкласс Кистеперые. Представители: латимерия. Скелет парных плавников напоминает скелет конечностей наземных позвоночных.

10.7.3 Класс Земноводные (Амфибии)

Общая характеристика класса

Около 2 600 видов. Среда обитания: взрослые особи живут на суше или в воде, размножение и развитие личинки происходит в воде.

Впервые в эволюции хордовых у земноводных появляются:

- пятипалые конечности;
- легкие;
- два круга кровообращения, трехкамерное сердце;
- среднее ухо; вспомогательный аппарат глаза;
- полушария переднего мозга;
- слюнные железы.

Внешнее строение

Отделы тела: голова, туловище, хвост (только у хвостатых) и две пары пятипалых конечностей.

Покровы тела – тонкая и влажная кожа, состоящая из эпидермиса (многослойный неороговевающий эпителий со слизистыми железами) и дермы. Секрет кожных желез может быть ядовит.

Внутреннее строение

Опорно-двигательная система. Скелет включает: скелет головы (череп), скелет туловища, скелет конечностей и их поясов. Череп имеет два отдела (мозговой и висцеральный) и соединен с позвоночником подвижно. Скелет туловища (позвоночник) состоит из четырех отделов: шейный (1 позвонок), туловищный, крестцовый (1 позвонок), хвостовой. У бесхвостых хвостовые позвонки

срастаются в одну кость – уростиль. Грудной клетки и ребер нет. Скелет пояса передних конечностей не соединен с позвоночником, содержит семь костей: парные лопатки, ключицы, вороньи кости (коракоиды) и непарную грудину. Скелет свободной передней конечности: плечевая кость, кости предплечья и кисти. На кисти у лягушки четыре пальца. У бесхвостых кости предплечья сливаются в одну кость. Скелет пояса задних конечностей образован тазовыми костями. Скелет свободной задней конечности: бедренная кость, кости голени и стопы. На стопе у земноводных пять пальцев. Мускулатура у земноводных более дифференцирована, чем у рыб.

Органы дыхания взрослых животных – тонкостенные легкие с ячеистой внутренней поверхностью, не имеющие перегородок, у личинок – жабры. Дыхательная поверхность легких малая, поэтому в газообмене участвует кожа. Чтобы кожа участвовала в газообмене, она должна быть влажной. Дыхательные пути представлены гортанно-трахейной камерой, содержащей голосовой аппарат. Дыхание нагнетательного типа. Нагнетание воздуха в легкие происходит за счет сокращения мышц дна ротоглоточной полости. Ноздри → ротоглоточная полость → гортаннотрахейная камера → легкие.

Кровеносная система замкнутая, два круга кровообращения. Сердце трехкамерное: два предсердия и желудочек. В желудочке и правом предсердии кровь – смешанная, в левом предсердии – артериальная. Артериальная кровь от легких течет к левому предсердию по легочным венам. Венозная кровь от органов и тканей и артериальная кровь от кожи собирается в правое предсердие по полым венам. Поэтому в правом предсердии смешанная кровь. Внутри желудочка происходит частичное смешение артериальной и венозной крови.

От артериального конуса желудочка отходят три пары сосудов:

- 1) венозная кровь по кожно-легочным артериям течет к органам дыхания;
- 2) смешанная кровь – по правой и левой дугам аорты поступает ко всем органам и тканям;
- 3) артериальная кровь – по сонным артериям к головному мозгу.

Большой круг кровообращения начинается в желудочке сердца и заканчивается правым предсердием. Малый круг кровообра-

щения начинается в желудочке и заканчивается левым предсердием.

Температура тела непостоянная – пойкилотермные животные. Эритроциты с ядрами.

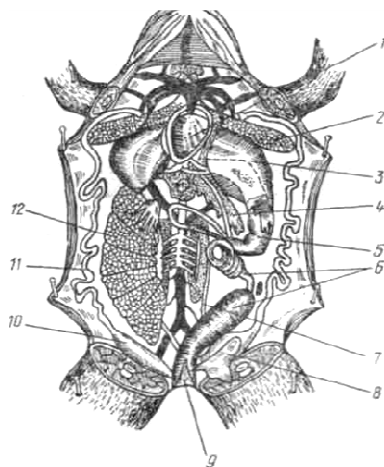


Рисунок 32. – Внутреннее строение лягушки

1 – сердце; 2 – левое легкое; 3 – левая доля печени; 4 – поджелудочная железа; 5 – желудок; 6 – тонкий и толстый кишечник; 7 – левый мочеточник; 8 – мочевой пузырь; 9 – клоака; 10–11 – яйцевод; 12 – яичник.

Пищеварительная система начинается ротоглоточной полостью, в которой находятся зубы и язык. Язык у лягушки прикреплен к передней части ротоглоточной полости и может быстро выбрасываться вперед, приклеивая добычу (насекомые). Появляются слюнные железы. В слюне нет ферментов. Пищеварительная трубка дифференцирована на пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник, заканчивающийся клоакой. В тонкий кишечник открываются протоки печени с желчным пузырем и поджелудочной железы.

Органы выделения – парные туловищные почки. По мочеточникам моча поступает в клоаку, затем в мочевой пузырь, который периодически опорожняется обратно в клоаку. Конечный продукт азотистого обмена – мочевины. У личинок – аммиак.

Центральная нервная система – головной и спинной мозг. Головной мозг имеет 5 отделов: передний, промежуточный, средний, задний (мозжечок) и продолговатый. Передний мозг развит лучше, чем у рыб, он разделен на два полушария. Мозжечок развит хуже, чем у рыб, что обусловлено более примитивными движениями земноводных. Периферическая нервная система: 10 пар черепно-мозговых нервов, спинно-мозговые нервы, нервные сплетения, узлы.

Органы чувств. Органы зрения – глаза, имеющие подвижные верхние и нижние веки, мигательную перепонку, выпуклую роговицу и линзовидный хрусталик. Видят лишь движущиеся объекты. Аккомодация осуществляется за счет перемещения хрусталика по отношению к сетчатке. Орган слуха – внутреннее и среднее ухо с евстахиевой трубой, барабанной перепонкой и одной слуховой косточкой (стремечко или столбик). Орган обоняния – ноздри, в отличие от рыб они сквозные. Орган вкуса – язык, осязания – кожа. У личинок – боковая линия.

Размножение. Все земноводные раздельнополы, выражен половой диморфизм. Половые железы (яичники и семенники) парные. Семявыносящие каналы открываются в мочеточники, яйцеводы – в клоаку. Размножение половое. Осеменение наружное. Развитие не прямое, с метаморфозом. Анамний. Личинка (головастик) по строению напоминает малька рыб (имеет жабры, один круг кровообращения, двухкамерное сердце, боковую линию).

Многообразие земноводных

Два основных отряда класса: Хвостатые, Бесхвостые.

Отряд Бесхвостые. Представители: лягушки (озерная, травяная); жабы (*камышовая*); чесночница; жерлянка; квакша.

Обитают вблизи водоемов. Плоская голова переходит в широкое туловище, хвост отсутствует. Задние конечности длиннее передних, имеют 5 пальцев, между которыми натянуты плавательные перепонки. У жаб кожа грубая, выделяет ядовитый секрет.

Отряд Хвостатые. Представители: обыкновенный тритон; *гребенчатый тритон*; саламандры. Имеют удлиненное тело, длинный хвост, передние и задние конечности одинаковой длины. Обитают в небольших стоячих водоемах, зимуют на суше в кучах листьев, под пнями.

Происхождение земноводных. Предками земноводных были древние кистеперые рыбы. Первые примитивные земноводные – стегоцефалы.

10.7.4 Класс Пресмыкающиеся (Рептилии)

Общая характеристика класса

6000 видов. Среда обитания – суша или водоемы. Крокодилы, морские черепахи и морские змеи вторично перешли к жизни в воде.

Впервые в эволюции хордовых у пресмыкающихся появляются:

- зачатки коры переднего мозга,
- тазовые (вторичные) почки,
- дифференцировка дыхательных путей, ячеистые легкие,
- грудная клетка,
- неполная перегородка в желудочке сердца,
- слепая кишка,
- двойная аккомодация,
- амнион.

Внешнее строение

Отделы тела: голова, шея, туловище, хвост и две пары пятипалых конечностей. Плечевые и бедренные кости располагаются параллельно поверхности земли, поэтому тело пресмыкающихся провисает и касается земли.

Покровы тела. Кожа сухая, состоит из эпидермиса (много-слойный ороговевающий, эпителий без желез) и дермы. Роговые производные эпидермиса – роговые щитки и чешуи. Важная функция кожи – защита организма от потери воды. Роговой покров сдерживает рост, поэтому для рептилий характерна линька.

Внутреннее строение

Опорно-двигательная система. Скелет включает: скелет головы (череп), скелет туловища, скелет конечностей и их поясов. Череп имеет два отдела (мозговой и висцеральный) и соединен с позвоночником подвижно. У крокодилов появляется твердое нёбо, отделяющее носовую полость от ротовой. Скелет туловища образован позвоночником и грудной клеткой. Позвоночник включает пять отделов: шейный (8–10 позвонков), грудной, поясничный, крестцовый (2 позвонка), хвостовой. Первые два шейных позвонка образуют подвижное соединение с черепом. Позвонки грудного и поясничного отделов несут ребра. Передние концы ребер грудного отдела позвоночника соединяются с грудиной, образуя грудную клетку. Скелет пояса передних конечностей содержит парные лопатки, ключицы и вороньи кости (коракоиды). Скелет пояса задних конечностей образован тазовыми костями, которые срастаются с крестцовыми позвонками, образуя таз, являющийся опорой для задних конечностей. Скелет свободной передней конечности: плечевая кость, кости предплечья и кисти. Скелет свободной задней конеч-

ности: бедренная кость, кости голени и стопы. Кисть и стопа у рептилий пятипалые. На пальцах имеются когти. В позвоночнике змей различают только туловищный и хвостовой отделы, а грудина, скелет конечностей и их поясов редуцированы. Мускулатура у рептилий более дифференцирована, чем у земноводных.

Органы дыхания – ячеистые легкие, имеющие внутренние перегородки, увеличивающие площадь газообмена. Кожное дыхание отсутствует. Дыхательные пути начинаются носовой полостью, имеющей наружные дыхательные отверстия (ноздри) и внутренние дыхательные отверстия (хоаны), открывающиеся в глотку. Далее следуют гортань и трахея, которая разветвляется на 2 бронха, входящих в легкие. В трахее есть хрящевые кольца. Дыхательные движения обеспечиваются сокращением межреберных мышц. При дыхании изменяется объем грудной клетки.

Кровеносная система замкнутая, 2 круга кровообращения. Сердце трехкамерное, состоит из двух предсердий и желудочка, имеющего неполную перегородку. От желудочка отходит 3 сосуда.

1. Легочная артерия несет венозную кровь к легким (малый круг кровообращения). После газообмена в легких артериальная кровь по легочным венам возвращается в левое предсердие.

2. Правая дуга аорты несет артериальную кровь к голове и передним конечностям (большой круг).

3. Левая дуга аорты – в нее поступает смешанная кровь к остальным частям тела (большой круг). По системе полых вен от всех органов и тканей венозная кровь собирается в правое предсердие. У крокодилов сердце 4-камерное. Температура тела непостоянная (пойкилотермные животные). Эритроциты с ядрами.

Пищеварительная система начинается ротовой полостью. Ротовая полость отделена от глотки, в ней находятся однородные конические зубы и язык. В ротовую полость открываются протоки слюнных желез. Слюна содержит ферменты. У многих змей секрет слюнных желез ядовит. Далее следуют глотка, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник, клоака. Имеются печень с желчным пузырем и поджелудочная железа. На границе тонкой и толстой кишок имеется слепая кишка.

Выделительная система представлена парными тазовыми (вторичными) почками. Моча по мочеточникам выводится в клоаку, а затем накапливается в мочевом пузыре. Из мочевого пузыря моча в виде взвеси кристаллов мочевой кислоты через клоаку вы-

водится наружу. Конечный продукт азотистого обмена у наземных форм – мочева́я кислота.

Центральная нервная система – головной и спинной мозг. Головной мозг имеет 5 отделов: передний, промежуточный, средний, задний и продолговатый. Объем переднего мозга больше, чем у земноводных, на его поверхности появляются зачатки коры. Мозжечок рептилий также развит лучше. Периферическая нервная система: 12 пар черепно-мозговых нервов, спинномозговые нервы, нервные сплетения, узлы.

Органы чувств. Органы зрения – глаза, имеющие подвижные верхние и нижние веки, мигательную перепонку (третье веко), выпуклую роговицу и линзовидный хрусталик. Аккомодация двойная, осуществляется за счет изменения кривизны хрусталика и перемещения хрусталика по отношению к сетчатке. У некоторых пресмыкающихся есть теменной глаз, воспринимающий инфракрасные излучения. Орган слуха – внутреннее и среднее ухо с евстахиевой трубой, барабанной перепонкой и одной слуховой косточкой (стремечко). Орган обоняния – рецепторы носовой полости. Орган осязания и вкуса – раздвоенный язык.

Размножение. Рептилии раздельнополы, выражен половой диморфизм. Семенники и яичники парные. Семяпроводы и яйцеводы выводят половые продукты в клоаку. Осеменение внутреннее. Большинство рептилий откладывают яйца, у некоторых змей наблюдается яйцеживорождение. Яйца содержат большой запас питательных веществ, имеют скорлуповую или кожистую оболочку. Развитие прямое. Амниоты.

Многообразие пресмыкающихся

Класс включает три отряда: Чешуйчатые, Черепахи, Крокодилы.

Отряд Чешуйчатые включает около 6 000 видов, относящихся к двум подотрядам.

1. *Ящерицы*. Представители: ящерица прыткая; вараны; веретеницы; хамелеоны. Обитают в степях, пустынях, лесах, горах. Самая крупная ящерица – варан. Веретеница – безногая ящерица. Они имеют хорошо развитые пятипалые конечности, подвижные веки и барабанные перепонки. Питаются насекомыми. Тело покрыто роговыми чешуями. Роговой покров меняется за лето несколько раз. Откладывают яйца в мягкой кожистой оболочке или яйцеживорождение (веретеница).

2. *Змеи*. Представители: гадюка; кобра; удавы (питон, анаконда); ужи; *медянка*. Тело длинное, цилиндрическое. Конечности, их пояса, а также правое легкое редуцированы. Тело покрыто роговыми чешуями. При линьке кожа снимается целиком, как чулок. Грудина отсутствует. Позвонки несут свободно заканчивающиеся подвижные ребра. Веки глаз сросшиеся, прозрачные. В среднем ухе нет барабанной перепонки. Имеют орган тепловой чувствительности. У большинства есть ядовитые зубы и железы. Яд используется для приготовления лекарственных препаратов. Добычу заглатывают целиком (нижние челюсти подвешены на растяжимых связках). Хищники. Откладывают яйца в мягкой кожистой оболочке или яйцеживорождение (гадюка).

Отряд Крокодилы. Представители: крокодилы, аллигаторы, кайманы, гавиалы. Ведут полуводный образ жизни. Хищники. Наиболее высокоорганизованные представители класса. У них: четырехкамерное сердце, хорошо развитое твердое нёбо, зубы находятся в ячейках челюстей, в легких много внутренних перегородок, есть диафрагма. Тело покрыто роговыми щитками. Хвост сжат с боков. Между пальцами задних лап есть плавательные перепонки. Яйца покрыты известковой скорлупой.

Отряд Черепахи. Представители: *болотная*, зеленая черепахи. Тело покрыто костным панцирем, в состав которого входят ребра и все позвонки, кроме шейных и хвостовых. Голова, шея и хвостовой отделы тела свободны от панциря. Сверху панцирь покрыт роговыми пластинками. Челюсти лишены зубов, но снабжены роговым клювом. Ведут наземный или водный образ жизни. У морских черепах конечности преобразованы в ласты. Яйца покрыты известковой скорлупой.

Происхождение пресмыкающихся. Рептилии произошли от примитивных девонских земноводных – стегоцефалов в каменноугольный период палеозойской эры.

10.7.5 Класс Птицы

Общая характеристика класса

9000 видов. Среда обитания – воздух, суша, водоемы.

Впервые в эволюции хордовых у птиц появляются:

- 4-камерное сердце;
- полное разделение артериальной и венозной крови;
- постоянная температура тела;

- губчатые легкие, двойное дыхание, бронхиальное дерево;
- теплокровность.

Внешнее строение

Тело имеет обтекаемую форму и разделено на голову, шею, туловище, хвост и две пары конечностей (крылья несут три пальца; ноги – четыре пальца, из которых чаще три направлены вперед, а один назад).

Покровы тела. Кожа тонкая, сухая: эпидермис (многослойный ороговевающий без желез) и дерма. У водоплавающих птиц имеется копчиковая железа в хвостовом отделе тела. Кожа покрыта перьями. Различают перья контурные (содержат очин, стержень, опахало и бородки первого и второго порядка) и пуховые (образованы тонким стержнем и бородками первого порядка). Пуховые перья участвуют в терморегуляции. Контурные перья располагаются на хвосте (рулевые), на крыльях (маховые), на туловище (покровные). Перья заменяются во время линьки.

Внутреннее строение

Опорно-двигательная система. Скелет птиц легкий (полости трубчатых костей заполнены воздухом) и прочный (кости срастаются). Отделы скелета: скелет головы (череп), скелет туловища и скелет конечностей и их поясов. Череп не имеет швов, его кости срастаются. Скелет туловища образован позвоночником и грудной клеткой. Позвоночник состоит из пяти отделов: шейный, грудной, поясничный, крестцовый и копчиковый. Верхние дуги позвонков образуют спинномозговой канал. Высокая подвижность характерна только для шейного отдела. Крестцовые и поясничные позвонки у птиц срастаются и образуют сложный крестец. Развита грудная клетка, грудина имеет вырост – киль – для прикрепления грудных мышц. Ребра состоят из двух подвижно соединенных частей. Пояс передних конечностей (верхних) состоит из трех парных костей: вороньи кости (коракоиды), лопатки, ключицы. Ключицы срастаются, образуя вилочку. Скелет крыла: плечо, кости предплечья, кости кисти. Пояс задних (нижних) конечностей – тазовые кости, срастающиеся со сложным крестцом. Таз открытый (отсутствует лобковое сращение), поэтому птицы могут нести крупные яйца. Скелет задней конечности содержит бедренную кость, кости голени (большая и малая берцовые кости срослись), кости стопы. У птиц кости предплюсны и плюсны срослись и образовали цевку. Высо-

кая степень дифференцировки мышц. Хорошо развиты мышцы груди (у летающих) и ног (у бегающих).

Органы дыхания – губчатые легкие, не имеющие общей внутренней полости, как упресмыкающихся. Дыхательные пути начинаются ноздрями, ведущими в носовую полость. Внутренние дыхательные отверстия (хоаны) открываются в глотку, далее дыхательные пути продолжают в гортань, трахею. В нижней части трахеи расположен голосовой аппарат. Трахея делится на два бронха, входящих в легкие. Бронхи ветвятся и образуют бронхиолы, в которых происходит газообмен. Часть бронхов выходит за пределы легких, расширяется и образует воздушные мешки. Мешки расположены между органами и мышцами, под кожей и в трубчатых костях. В покое дыхательные движения осуществляются только за счет изменения объема грудной клетки. В полете у птиц наблюдается *двойное* дыхание. При подъеме крыльев воздух из бронхов через легкие проходит в воздушные мешки. При опускании крыльев воздушные мешки сжимаются, и воздух из них поступает в легкие, где снова происходит газообмен. Такое дыхание птиц, когда газообмен происходит и на вдохе, и на выдохе, называется двойным.

Кровеносная система замкнутая, два круга кровообращения, полное разделение артериальной и венозной крови. Сердце четырехкамерное, состоит из двух предсердий и двух желудочков. В правой половине сердца кровь венозная. В левой – артериальная. Большой круг кровообращения начинается в левом желудочке, от которого отходит правая дуга аорты. От аорты берут начало более мелкие артерии, несущие артериальную кровь ко всем органам и тканям. Венозная кровь собирается в полые вены, впадающие в правое предсердие. Малый круг кровообращения начинается от правого желудочка легочным стволом. Легочной ствол делится на две легочные артерии, по которым венозная кровь течет к легким. Из легких артериальная кровь движется к левому предсердию по легочным венам. Температура тела постоянная (гомойотермные животные). Эритроциты с ядрами.

Пищеварительная система начинается ротовой полостью, в которую открываются протоки слюнных желез. Зубов нет, их функцию выполняет роговой клюв. За ротовой полостью следует глотка и длинный пищевод. У многих птиц (преимущественно травоядных) у основания шеи пищевод расширяется и образует зоб. В зобе пища накапливается и набухает. Далее пища поступает в же-

лудок, состоящий из двух отделов. В железистом отделе желудка пища подвергается ферментативному воздействию желудочного сока, в мышечном – механическому измельчению за счет сокращения толстых мышечных стенок и проглоченных птицей камешков, имеющих в этом отделе. Из желудка химус поступает в тонкий кишечник, в который открываются протоки печени с желчным пузырем и поджелудочной железы. Толстый кишечник короткий, не имеет прямой кишки и заканчивается клоакой. Для птиц характерно частое опорожнение клоаки, что облегчает их массу.

Выделительная система представлена парными тазовыми почками. Мочевой пузырь отсутствует. Моча по мочеточникам поступает в клоаку. Конечный продукт азотистого обмена – мочева кислота.

Центральная нервная система – головной и спинной мозг. Головной мозг имеет 5 отделов: передний, промежуточный, средний, задний и продолговатый. Хорошо развита кора больших полушарий. Она гладкая, без извилин. Сильно развит мозжечок, координирующий сложные движения птиц в полете. От головного мозга отходят 12 пар черепно-мозговых нервов.

Органы чувств. Особенно хорошо развито зрение. Глаза имеют верхнее, нижнее и внутреннее (третье) веко. Аккомодация двойная, осуществляется за счет изменения кривизны хрусталика и перемещения хрусталика по отношению к сетчатке. Птицы обладают цветовым зрением. Орган слуха содержит внутреннее и среднее ухо с одной слуховой косточкой и барабанной перепонкой. Появляется наружный слуховой проход. *Вкусовые* рецепторы расположены у птиц на языке и стенках ротовой полости. Рецепторы *осязания* находятся в коже. *Обоняние* у птиц развито плохо.

Размножение. Птицы раздельнополы, выражен половой диморфизм. У самки половая система непарная – имеется только левый яичник и яйцевод, открывающийся в клоаку. У самца парные семенники и семяпроводы. Размножение половое. Осеменение внутреннее. Птицы – яйцекладущие. В центре яйца расположен желток с зародышевым диском (собственно яйцеклетка), его окружают оболочки: белковая, две подскорлуповые (между ними образуется воздушная камера), скорлуповая, надскорлуповая (образуется в половых путях самки). Оплодотворенные яйца откладываются в гнездо, где насиживаются. Амниоты. Развитие прямое. Характерна забота о потомстве. По степени развития птенцов, вылупивших-

ся из яиц, птицы подразделяются на выводковые и птенцовые (гнездовые). Птенцы выводковых птиц появляются зрячими, покрыты пухом, они способны передвигаться и склевывать корм (*куриные, гусеобразные*). Птенцы гнездовых птиц появляются из яиц голыми, слепыми, беспомощными и вскармливаются родителями (*воробьинообразные, дятлообразные*).

Сезонные явления в жизни птиц. По характеру сезонных миграций различают:

- оседлые птицы (синицы, воробьи, вороны) не мигрируют, зимуют в пределах той местности, где обитали летом;
- кочующие птицы (снегири, свиристели) кочуют на сравнительно небольшие расстояния, постоянных мест зимовки не имеют;
- перелетные птицы (утки, лебеди, гуси, аисты, соловьи) мигрируют на большие расстояния.

Многообразие птиц

Класс включает более 40 отрядов.

1 *Отряд Пингвинообразные*(выводковые). Представители: императорский пингвин. Нелетающие, прекрасно плавающие птицы. Обитают в Южном полушарии. Плавают при помощи крыльев, преобразованных в ласты. Грудина имеет киль. Оперение не смачивается водой. Живут колониями. Птенцы покрыты густым пухом.

2. *Отряд Страусообразные* (выводковые). Представители: африканский страус. Это крупные птицы, которые быстро бегают, но не могут летать. Киль на грудине отсутствует. В связи с приспособлением к быстрому бегу, число пальцев у них сократилось до трех или двух.

3. *Отряд Соколообразные (дневные хищные птицы)*. Представители: соколы; ястребы; грифы; стервятники, тетеревятник, перепелятник; орлы; канюки, луны, грифы, *беркут, сапсан, обыкновенная пустельга, скопа, большой подорлик, змееяд, орел-карлик*. Клюв короткий, с загнутым книзу концом надклювья. У основания надклювья расположена восковица, на которой открываются ноздри. Пальцы заканчиваются крупными когтями.

4. *Отряд Совообразные (ночные хищные птицы)*. Представители: совы, сычи, неясыть, филины, *домовый сыч*. Приспособлены к охоте ночью. У них крупные глаза, направленные вперед, хорошо развитый слух. Хищники.

5. *Отряд Воробьинообразные* (птенцовые). Представители: жаворонки; синицы; дрозды; грачи, сороки; мухоловки; скворцы;

воробьи; вороны; трясогузки, вьюрки, свиристели; ласточки. Самый большой отряд птиц.

6. *Отряд Дятлообразные* (птенцовые). Представители: желна (черный дятел); малый пестрый дятел; большой пестрый дятел; **зеленый дятел**.

7. *Отряд Куриные* (выводковые). Представители: рябчики; тетерева; серая куропатка; **белая куропатка**, перепела; фазаны; глухари.

8. *Отряд Гусеобразные* (выводковые). Представители: утки (кряква; гага); гуси, крохали.

9. *Отряд Аистообразные* (птенцовые). Представители: аисты (**черный**, белый), цапли.

10. *Отряд Журавлеобразные* (выводковые). Представители: стерх (белый журавль); **серый журавль**; дрофа.

11. *Отряд Ржанкообразные*. Представители: кулики, бекас, вальдшнеп.

Происхождение птиц. Птицы произошли от древних пресмыкающихся – псевдозухий – в юрский период мезозойской эры. Обнаружены ископаемые остатки переходной формы – археоптерикса. Археоптерикс имеет признаки рептилий (отсутствие клюва и наличие зубов, грудина без киля) и признаки птиц (крылья, перьевой покров).

10.7.6 Класс Млекопитающие

Общая характеристика класса

4500 видов. Среда обитания – воздух, суша, почва, вода.

Впервые в эволюции хордовых у млекопитающих появляются:

- высокоразвитая кора больших полушарий переднего мозга;
- внутриутробное развитие;
- выкармливание детенышей молоком;
- волосяной покров;
- 4-камерное сердце и полное разделение артериальной и венозной крови,
- теплокровность;
- альвеолярные легкие, диафрагма;
- ушные раковины, три слуховые косточки.

Внешнее строение

Отделы тела: голова, шея, туловище, хвост и две пары конечностей.

Кожа состоит из многослойного ороговевающего эпидермиса, дермы и подкожной жировой клетчатки. Производные эпидермиса: волосы, вибриссы, полые рога (корова), когти, ногти, копыта, железы. Костные рога оленей и лосей – это производные дермы. Длинные остистые волосы покрывают короткие, образующие подшерсток. Характерна линька. В коже расположены железы: потовые, сальные, пахучие, млечные. Млечные и пахучие железы являются видоизмененными потовыми.

Внутреннее строение

Опорно-двигательная система. Скелет включает: скелет головы (череп), скелет туловища (позвоночник и грудная клетка); скелет конечностей и их поясов. Череп подвижно соединен с позвоночником при помощи двух мышечков затылочной кости. Развито костное нёбо. Мозговой отдел имеет большие размеры. Позвоночник состоит из пяти отделов: шейный (всегда 7 позвонков), грудной, поясничный, крестцовый и хвостовой. Есть грудная клетка и ребра. Скелет пояса передних конечностей образован парными лопатками и ключицами (не у всех), скелет пояса задних конечностей – тазовые кости. Скелет передней конечности содержит кости плеча, предплечья и кисти; скелет нижней конечности – кости бедра, голени и стопы. Количество пальцев от одного до пяти. Мускулатура сильно дифференцирована. Появляется диафрагма, которая делит вторичную полость тела на грудную и брюшную.

Органы дыхания – альвеолярные легкие. Воздух поступает через ноздри в носовую полость, затем через хоаны в носоглотку. Далее воздух проходит в гортань. В гортани натянуты голосовые связки. Далее воздух поступает в трахею. Трахея делится на два главных бронха, которые проводят воздух к правому и левому легкому. В легких бронхи ветвятся и образуют бронхиальное дерево. На концах самых мелких бронхиол находятся альвеолы, стенки которых состоят из однослойного плоского эпителия и густо оплетены капиллярами. В них происходит газообмен. Благодаря альвеолярному строению легкие имеют очень большую площадь дыхательной поверхности. Дыхательные движения происходят за счет сокращения межреберных мышц и диафрагмы.

Кровеносная система замкнутая, имеет два круга кровообращения и полное разделение артериальной и венозной крови. Сердце четырехкамерное – два предсердия и два желудочка. В правой половине сердца кровь венозная. В левой – артериальная. От левого желудочка отходит левая дуга аорты. Температура тела постоянная (гомойотермные животные). Эритроциты без ядер.

Пищеварительная система начинается ротовой полостью. Ротовое отверстие окружено губами. Зубы находятся в ячейках челюстей и дифференцированы на клыки, резцы и коренные. Характерна смена молочных зубов на постоянные. Хорошо развиты язык и слюнные железы. Ротовая полость отделена от носовой полости твердым и мягким нёбом. Пищеварительная трубка дифференцирована на глотку, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник, заканчивающийся анальным отверстием. Хорошо развиты печень с желчным пузырем и поджелудочная железа. У жвачных копытных желудок разделен на четыре отдела. У травоядных хорошо развита слепая кишка.

Выделительная система представлена парными тазовыми почками. Из почек по мочеточникам моча поступает в мочевой пузырь, из которого по мочеиспускательному каналу выводится наружу. Конечный продукт белкового обмена – мочевины.

Центральная нервная система включает головной и спинной мозг. В головном мозге 5 отделов: продолговатый, задний, средний, промежуточный и передний. Головной мозг имеет относительно крупные размеры в связи с увеличением объема полушарий переднего мозга. Наибольшего развития получила кора переднего мозга. У млекопитающих она имеет борозды и извилины. Хорошо развит мозжечок, состоящий из двух полушарий и червя, выполняющий функцию координации движений и поддержания равновесия тела. Периферическая нервная система представлена 12 парами черепно-мозговых нервов, спинномозговыми нервами, нервными сплетениями и узлами.

Органы чувств. Орган осязания – кожа и вибриссы, орган вкуса – язык, обоняния – рецепторы носовой полости. Орган зрения – глаза. Аккомодация достигается только за счет изменения кривизны хрусталика. Орган слуха – внутреннее, среднее и наружное ухо. В среднем ухе находятся три слуховые косточки (стремечко, молоточек и наковальня). Наружное ухо представлено ушной раковиной

и наружным слуховым проходом. Для дельфинов и летучих мышей характерна ориентация с помощью ультразвука – эхолокация.

Размножение. Млекопитающие раздельнополы, выражен половой диморфизм, половые железы парные. Половые пути самок дифференцированы на яйцеводы, матку (матки) и влагалище. У самок влагалище открывается во внешнюю среду самостоятельным отверстием. У самцов сперматозоиды образуются в парных семенниках. Далее они по семявыносящим протокам попадают в мочеиспускательный канал. Появляются дополнительные железы, выделяющие секреты, которые образуют семенную жидкость. Млекопитающие живородящие. Яйцеклетки имеют мелкие размеры и содержат мало желтка. Осеменение внутреннее – самец вводит семенную жидкость в половые пути самки. Оплодотворение происходит в яйцеводах. Прямое развитие. Зародыш развивается в матке (внутриутробное развитие). Питание, дыхание и выделение продуктов обмена зародыша происходит через плаценту. Зародыш развивается в амнионе, формирующем водную среду для развития. После рождения самка вскармливает детенышей молоком. Выражена забота о потомстве.

Происхождение млекопитающих. Произошли млекопитающие от рептилий в триасовый период мезозойской эры. Переходные формы – зверозубые ящеры.

Многообразие млекопитающих

Класс включает два подкласса: подкласс Первозвери (яйцекладущие) и подкласс Настоящие звери (живородящие).

Подкласс Первозвери (яйцекладущие). Представители: утконос; ехидна.

Обитают в Австралии, Новой Гвинее. Тело покрыто волосами. У первозверей отсутствуют ушные раковины; нет зубов и губ, имеется клюв. Пояс передних конечностей образован парными ключицами, лопатками и вороньими костями. Развита клоака. Откладывают яйца. Яйца насиживают (утконос), либо вынашивают в выводковой сумке (ехидна). Плаценты нет. Молочные железы без сосков. Детеныши вскармливаются молоком, которое они слизывают с млечных полей языком. Температура тела непостоянная (26–35°C).

Подкласс Настоящие звери (живородящие):

1. *Отряд Сумчатые.* Представители: кенгуру, сумчатый медведь – коала. Распространены в Австралии. У сумчатых отсутствует или слабо развита плацента. Внутриутробное развитие непродол-

жительное. Детеныши рождаются недоразвитыми, и продолжают развиваться в кожистой сумке на брюхе. Кора переднего мозга не имеет борозд и извилин.

2. *Отряд Насекомоядные.* Представители: кроты; землеройки (бурозубка); ежи; выхухоль. Кора больших полушарий гладкая, без извилин. Зубы слабо дифференцированы.

3. *Отряд Рукокрылые.* Представители: ушан; рыжая вечерница; ночница; вампиры. Приспособлены к полету. У них по бокам тела натянуты кожистые перепонки (между пальцами, плечом, боками тела, задними конечностями и хвостом). Есть киль на груди. В поясе передних конечностей есть ключицы. Хорошо развит орган слуха, имеют большие ушные раковины. В полете ориентируются с помощью эхолокации. Ведут ночной образ жизни.

4. *Отряд Грызуны.* Представители: мыши; крысы; белки; хомяки; бобры; ондатры; нутрии. Самый многочисленный отряд. У грызунов отсутствуют клыки. Резцы не имеют корней и растут на протяжении всей жизни. Кишечник длинный, хорошо развита слепая кишка. Характерна высокая плодовитость.

5. *Отряд Зайцеобразные.* Представители: зайцы (беляк, русак); кролики; пищухи.

6. *Отряд Хищные:*

– *Семейство Волчьи.* Представители: волки; собаки; лисицы.

– *Семейство Кошачьи.* Представители: тигр; **рысь**; лев; леопард; кошки, гепард.

– *Семейство Куньи.* Представители: куницы; соболи; хорьки; ласки; выдры, **барсуки**.

– *Семейство Медвежьи.* Представители: медведи (**бурый**, белый).

У хищников малые резцы. Хорошо развиты клыки. Коренные зубы с острыми режущими вершинами. Конечности пятипалые, имеют когти.

7. *Отряд Ластоногие.* Представители: моржи; настоящие тюлени (каспийский, нерпа); ушастые тюлени (котики, сивучи).

Обитают в морях, на сушу или лед выходят для спаривания и деторождения. Обтекаемой формы тело покрыто волосным покровом. Имеют большие запасы подкожного жира. Конечности у них видоизменены в ласты. Ключицы отсутствуют. Бивни ластоногих – это видоизмененные клыки.

8. *Отряд Китообразные*. Представители: зубатые киты (дельфины, кашалоты); беззубые киты (синий кит). Ведут водный образ жизни. Обтекаемая форма тела с горизонтально расположенным хвостовым плавником. Передние конечности видоизменены в ласты, задние редуцированы. Ушные раковины и шерстный покров отсутствуют. Имеют большие запасы подкожного жира. Органы дыхания – легкие. Беззубые киты фильтраторы, питаются планктоном. У зубатых китов зубы одинакового строения. Роды происходят в воде.

9. *Отряд Парнокопытные*. Нежвачные: Представители: бегемот; свинья; дикий кабан. Жвачные: Представители: олени; лоси; жирафы, **зубры**. Хорошо развитые третий и четвертый пальцы конечностей. Первый палец отсутствует. Пястные и плюсневые кости сливаются, образуя кость, которая служит опорой при быстром беге. Хорошо развита слепая кишка. Нет ключиц. У жвачных сложный многокамерный желудок (рубец, сетка, книжка, сычуг). Резцы у них только на нижней челюсти. У нежвачных желудок простой.

10. *Отряд Непарнокопытные*. Представители: лошади; ослы; зебры; носороги. Число пальцев на конечностях нечетное. Хорошо развит только третий палец конечностей. Нет ключиц. Желудок простой. Хорошо развита слепая кишка.

11. *Отряд Хоботные*. Представители: слоны (индийский и африканский). Нет клыков. Четыре коренные зубы. Бивни – видоизмененные резцы. Хобот – сросшиеся нос и верхняя губа. Длительная беременность (2 года).

12. *Отряд Приматы*. Представители: гориллы; шимпанзе; орангутаны; мартышки; человек. У приматов конечности хватательного типа с возможностью противопоставления большого пальца кисти остальным. На пальцах плоские ногти. Ключицы обеспечивает разнообразные движения передними конечностями. Бинокулярное цветовое зрение. Хорошо развита мимическая мускулатура. Полушария переднего мозга имеют многочисленные извилины. У самок одна пара молочных желез и сосков.

ГЛАВА 11. АНАТОМИЯ

11.1 Анатомия, физиология и гигиена человека – науки, изучающие строение и функции организма человека и условия сохранения его здоровья

Анатомия – наука о строении, форме человеческого организма и его органов в связи с их функциями.

Анатомия включает:

1. Нормальную анатомию, изучающую строение организма здорового человека.
2. Топографическую анатомию, исследующую расположение органов в теле человека.
3. Патологическую анатомию, изучающую строение организма, систем органов и органов человека при различных заболеваниях.
4. Сравнительная анатомия изучает особенности строения органов представителей разных видов.

Методы анатомического исследования:

- Метод препарирования применяется при изучении строения и расположения органов.
- Метод микроскопии позволяет изучить строение мельчайших структур органов.
- Методы рентгеноскопии и рентгенографии используют для исследования строения и формы органов живого человека в рентгеновских лучах.
- Метод ультразвукового исследования – исследование органов с помощью ультразвука.
- Метод компьютерной томографии применяется для послойного исследования органов.

Анатомия тесно связана с гистологией (наукой о тканях), эмбриологией (наукой о развитии зародыша), оперативной хирургией, физиологией и другими науками.

Физиология – наука о функциях человеческого организма и образующих его органов. Физиология включает:

1. Нормальную физиологию, изучающую функции здорового человека.
2. Патологическую физиологию, которая изучает функции организма, систем органов и органов человека при различных заболеваниях.

3. Сравнительную физиологию, исследующую особенности функционирования органов у представителей разных видов.

Основные методы, используемые в физиологических исследованиях:

– Метод наблюдения используется для изучения работы органов в различных условиях.

– Экспериментальный метод основан на применении животных в качестве моделей для изучения различных процессов, протекающих в человеческом организме.

– Инструментальные методы, позволяющие по электрической активности судить о работе сердца (электрокардиография), мозга (электроэнцефалография) и других органов.

Анатомия и физиология неразрывно связаны и рассматривают один и тот же объект – человеческий организм, но с разных позиций: анатомия с точки зрения строения и формы, а физиология – с точки зрения функции.

Гигиена – наука о влиянии разнообразных факторов среды и производственной деятельности на здоровье человека, его работоспособность и продолжительность жизни. Гигиена занимается охраной здоровья людей, профилактикой заболеваний, способствует увеличению продолжительности жизни человека.

11.2 Общий обзор организма человека. Ткани, органы и системы органов

Структурно-функциональной единицей организма человека, как и всего живого, является *клетка*. Клетки человека имеют типичное для эукариот строение. Из клеток и вырабатываемого ими межклеточного вещества образуются ткани.

Ткань – это совокупность клеток и неклеточных структур, имеющих сходное происхождение и строение, а также выполняющих одни и те же функции.

Основные типы тканей человека:

- а) соединительная (ткань внутренней среды);
- б) эпителиальная;
- в) нервная;
- г) мышечная.

Соединительная ткань характеризуется наличием большого количества межклеточного вещества, располагающегося между клетками. Межклеточное вещество может содержать волокна, обра-

зованные белками коллагеном (образует толстые волокна, придает прочность связкам, сухожилиям, хрящам) и эластином (образует тонкие волокна, придает соединительной ткани эластичность и растяжимость). Эта ткань имеет мезодермальное происхождение. Обладает высокой способностью к регенерации. Соединительные ткани – это ткани внутренней среды организма.

Различают следующие виды соединительной ткани:

1. *Собственно соединительные ткани:*

- а) плотная волокнистая – образует связки и сухожилия;
- б) рыхлая волокнистая – межклеточное вещество содержит волокна, сопровождает кровеносные сосуды и входит в состав стенок сосудов, поэтому обнаруживается во всех органах.

2. *Скелетные соединительные ткани:*

- а) костная
образует костный скелет человека. Состоит из клеток (остеоцитов, остеобластов и остеокластов) и межклеточного вещества, которое содержит около 70% неорганических соединений. Участвует в обмене минеральных веществ.

б) хрящевая – состоит из клеток (хондроцитов) и большого количества упругого межклеточного вещества. Образует суставные поверхности костей, межпозвоночные диски, хрящи гортани и др.

3. *Соединительная ткань со специальными свойствами:*

- а) жировая – образована скоплениями жировых клеток; располагается под кожей, образуя подкожную жировую клетчатку.

4. *Жидкие соединительные ткани* – крови лимфа – характеризуются жидкой консистенцией межклеточного вещества, которое называется плазмой. В плазме находятся форменные элементы (клетки крови).

Функции соединительной ткани:

– Трофическая. Соединительная ткань участвует в обмене веществ, обеспечивает питание клеток других тканей.

– Защитная. Соединительная ткань обеспечивает фагоцитоз, выработку антител, механическую защиту органов (например, череп предохраняет головной мозг от повреждений).

– Механическая (опорная). Скелет, образованный соединительной тканью, является опорой для всех органов человеческого тела.

– Регенераторная. Соединительная ткань участвует в процессе регенерации.

Эпителиальная ткань характеризуется тесным объединением клеток в пласты, межклеточного вещества в ней мало. Источники формирования эпителия – эктодерма, энтодерма, мезодерма. Обладает высокой способностью к регенерации.

Различают покровный и железистый эпителий:

1. *Железистый эпителий* образует железы внешней и внутренней секреции.

2. *Покровный эпителий* является пограничной тканью. Он отделяет организм (внутреннюю среду) от внешней среды и представлен эпидермисом кожи и его производными, эпителием пищеварительной, дыхательной, мочевыделительной и половой систем органов. Покровный эпителий занимает пограничное положение, поэтому его клетки подвергаются воздействию разнообразных неблагоприятных факторов и погибают. Потери клеток возмещаются благодаря высокой способности эпителия к регенерации. Покровный эпителий располагается на базальной мембране, под которой находится соединительная ткань.

Классификация покровного эпителия:

а) **однослойный** эпителий, в котором все клетки связаны с базальной мембраной; в соответствии с формой клеток он подразделяется:

- на *плоский* – выстилает листки плевры, окологердечную сумку, кровеносные сосуды, альвеолы легких;
- *кубический* – образует канальцы почек;
- *цилиндрический* – выстилает внутреннюю поверхность желудка и тонкой кишки.

Цилиндрические клетки могут иметь мельчайшие реснички. Такой эпителий называется ресничным. Он выстилает дыхательные пути.

б) **многослойный** эпителий, в котором с базальной мембраной непосредственно связан лишь нижний слой клеток, а остальные слои лишены такой связи; многослойный эпителий бывает:

- *ороговевающим*, в котором клетки верхних слоев превращаются в роговые чешуйки; покрывает поверхность кожи, образуя эпидермис;
- *неороговевающим*, в таком эпителии отсутствуют процессы ороговения; выстилает полость рта, пищевод, наружные половые органы.

Функции эпителиальной ткани:

1. Защитная. Эпидермис предохраняет организм от внешних воздействий.

2. Обмен веществ между организмом и окружающей средой:

а) поглощение веществ (через кишечный эпителий в кровь и лимфу всасываются продукты переваривания пищи);

б) выделение продуктов обмена (через почечный эпителий выделяются конечные продукты азотистого обмена).

3. Секреторная. Железистый эпителий образует и выделяет секреты (синтезирующиеся в клетках биологически активные вещества), которые участвуют в процессах, протекающих в организме. Например: секрет поджелудочной железы участвует в расщеплении белков, жиров и углеводов в тонкой кишке.

Мышечная ткань обладает свойствами возбудимости, проводимости и сократимости, благодаря которым осуществляются двигательные процессы внутри организма и перемещение тела или его частей. Мышечная ткань развивается из мезодермы.

Различают следующие виды мышечной ткани:

1. *Поперечнополосатая скелетная мышечная ткань* состоит из длинных (до 10–12 см) многоядерных мышечных волокон цилиндрической формы с поперечной исчерченностью. В цитоплазме содержится большое количество поперечно исчерченных миофибрилл. Миофибриллы образованы толстыми, состоящими из белка миозина, и тонкими, состоящими из белка актина, нитями. Чередование тонких и толстых нитей придает миофибриллам поперечную исчерченность. Группы волокон образуют мышечные пучки, из которых образованы скелетные мышцы, обеспечивающие произвольные движения тела и его частей. Мимические мышцы лица также образованы этой тканью. Поперечнополосатая скелетная мышечная ткань способна к быстрым, произвольным сокращениям, однако в ней быстро развивается утомление.

2. *Поперечнополосатая сердечная мышечная ткань*, в отличие от скелетной мышечной ткани, имеет клеточное строение. Ее основу составляют отдельные клетки – кардиомиоциты, в цитоплазме которых содержатся поперечно исчерченные миофибриллы. Между клетками образуются специальные контакты, благодаря чему возможна быстрая передача возбуждения от одной клетки к другой (свойство проводимости). Эта ткань обладает также свойством ав-

томатии. Сердечные мышцы подконтрольны вегетативной нервной системе, их сокращения происходят непроизвольно.

3. *Гладкая мышечная ткань* составляет двигательный аппарат внутренних органов: пищеварительной трубки, бронхиального дерева, мочеполовых органов, крупных кровеносных и лимфатических сосудов. Она состоит из отдельных одноядерных удлинённых клеток с заостренными концами – миоцитов. Миоциты имеют веретеновидную форму, в их цитоплазме располагаются неисчерченные миофибриллы. Гладкая мышечная ткань подконтрольна вегетативной нервной системе, поэтому сокращается непроизвольно, медленно. Она способна долго находиться в состоянии сокращения, утомление этой ткани развивается медленно.

Основная функция мышечной ткани – двигательная (сократительная). Благодаря этому обеспечивается работа внутренних органов и перемещение тела.

Нервная ткань – основная ткань всех органов нервной системы (головного и спинного мозга, нервных узлов, нервов). Она развивается из эктодермы, осуществляет регуляцию всех функций организма. Свойства нервной ткани:

- возбудимость (способность воспринимать раздражения);
- проводимость (способность передавать возбуждение).

Нервная ткань состоит из *нервных клеток (нейронов)* и *клеток нейроглии*. Нейрон обеспечивает восприятие и проведение нервных импульсов. Клетки нейроглии заполняют пространства между нейронами, составляя 40% от объема головного и спинного мозга. Нейроглия обеспечивает опору, защиту и питание нейронов.

Нейрон состоит из тела и отростков (дендритов и аксонов).

Дендриты – короткие, сильно ветвящиеся отростки, по которым нервный импульс поступает к телу нейрона.

Аксон – длинный, мало ветвящийся отросток, по которому импульсы идут от тела клетки. Аксоны покрыты миелиновой оболочкой белого цвета.

Нервные клетки обычно содержат один аксон и несколько дендритов.

Места контакта нервных клеток друг с другом и с другими клетками (мышечными, железистыми) называются *синапсами*. В синапсах при помощи специальных химических веществ медиаторов (ацетилхолин и норадреналин) осуществляется передача нервного импульса от клетки к клетке.

Совокупность дендритов и тел нейронов образуют серое вещество головного и спинного мозга, а совокупность аксонов – белое вещество мозга.

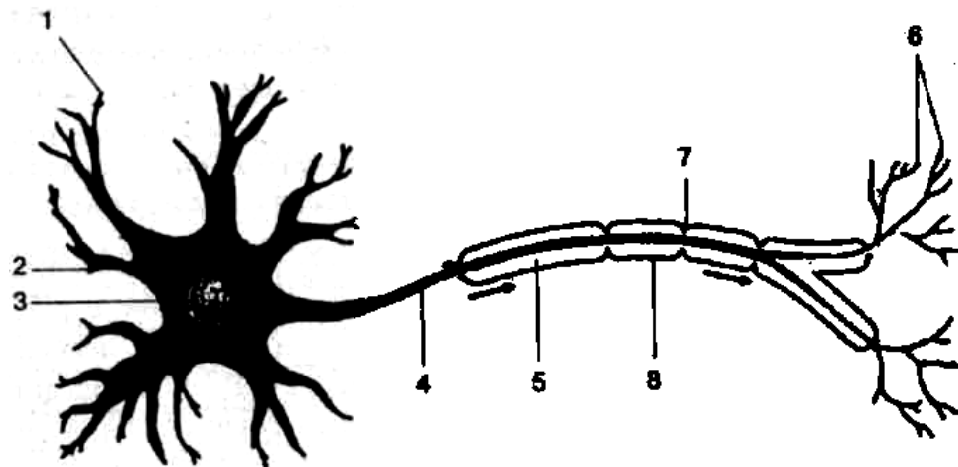


Рисунок33. – Строение нейрона

1 – дендриты; 2 – тело клетки; 3 – ядро; 4 – аксон; 5 – миелиновая оболочка; 6 – ветви аксона; 7 – перехват; 8 – неврилема.

В зависимости от выполняемых функций различают нейроны:

1) чувствительные (афферентные или центростремительные) – воспринимают и проводят информацию от рецепторов в центральную нервную систему;

2) вставочные – обеспечивают анализ информации, получаемой от чувствительных нейронов, и передают ее на двигательные нейроны;

3) двигательные – (эфферентные, центробежные или мотонейроны) – проводят информацию от центральной нервной системы к рабочим органам.

Функции нервной ткани:

1. Осуществляет взаимосвязь органов в организме.

2. Регулирует деятельность всех органов.

3. Связывает организм с окружающей средой.

Из различных тканей образуются органы. *Орган* – часть тела, имеющая определенную форму, строение и месторасположение, выполняющая одну или несколько функций. В состав каждого органа входят все виды тканей, но всегда один вид ткани преобладает. Так, сердце в основном образовано мышечной тканью, головной мозг – нервной, печень – эпителиальной.

Таблица 15. – Системы органов человека

<i>Система органов</i>	<i>Органы</i>	<i>Основные функции</i>
Покровная	Кожа и слизистые оболочки	Защита организма от внешних воздействий окружающей среды
Опорно-двигательная	Формирующие скелет, кости и прикрепленные к ним мышцы	Поддержание формы тела, обеспечение опоры и движения, защита внутренних органов
Пищеварительная	Органы ротовой полости, глотка, пищевод, желудок, кишечник, печень, поджелудочная железа	Обеспечение поступления в организм пищи и ее переваривание
Кровеносная	Сердце и кровеносные сосуды	Транспорт газов и питательных веществ
Моче-выделительная	Почки, мочеточники, мочевого пузырь, мочеиспускательный канал	Удаление из организма конечных продуктов обмена веществ, избытка воды, солей
Половая	Мужские и женские половые органы	Обеспечивает процессы размножения.
Нервная	Головной и спинной мозг, отходящие от них нервы, нервные узлы	Регуляция деятельности всех систем органов, обеспечение взаимодействия организма с внешней средой.
Эндокринная	Железы внутренней секреции	Гуморальная регуляция всех функций организма.
Дыхательная	Воздухоносные пути и легкие	Обеспечение организма кислородом, выведение углекислого газа.

11.3 Железы внутренней секреции и их значение. Понятие о гормонах. Роль гуморальной регуляции в организме

Организм человека представляет собой единое целое, в котором все системы органов работают согласованно благодаря нервной и гуморальной регуляции.

Гуморальная регуляция осуществляется через внутреннюю среду организма (кровь, лимфу, тканевую жидкость) с помощью биологически активных веществ, поступающих из разных органов.

Органы, которые вырабатывают и выделяют биологически активные вещества или секреты, называются железами. Железы человека подразделяются:

1. *Железы внешней секреции* (экзокринные) – это железы, которые вырабатывают и выделяют свои секреты на поверхность тела или в полости внутренних органов через выводные протоки. Например: потовые, слюнные, молочные железы, железы желудка и др.

2. *Железы внутренней секреции* (эндокринные) – это железы, которые не имеют выводных протоков, а свои секреты, называемые гормонами, выделяют непосредственно в кровь или лимфу. К железам внутренней секреции относят гипофиз, эпифиз, щитовидную железу, надпочечники, тимус (вилочковую железу).

3. *Железы смешанной секреции* выполняют внешне-внутрисекреторные функции. Например: поджелудочная железа, половые железы.

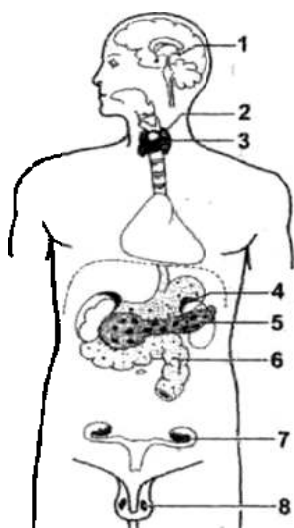


Рисунок 34. – Эндокринные железы

- 1 – гипофиз;
- 2 – паращитовидные железы;
- 3 – щитовидная железа;
- 4 – надпочечники;
- 5 – поджелудочная железа;
- 6 – эндокринные клетки кишечника;
- 7 – яичник;
- 8 – яичко.

Гормоны – биологически активные вещества, выделяемые железами внутренней секреции и оказывающие целенаправленное действие на другие органы. Гормоны представлены органическими веществами различной химической природы. Это могут быть: производные аминокислот (гормон щитовидной железы тироксин; гормоны мозгового слоя надпочечников), белки или пептиды (гормоны поджелудочной железы: инсулин и глюкагон; гормоны гипофиза), стероиды (половые гормоны и гормоны коры надпочечников).

Свойства гормонов:

Дистантность действия. Гормоны действуют на органы, удаленные от места их образования.

Специфичность. Гормоны влияют на строго определенный тип обменных процессов или определенную ткань.

Высокая биологическая активность. Гормоны оказывают свое действие в очень малых количествах.

Недостаточное образование гормонов (гипофункция железы) или их избыток (гиперфункция железы) приводит к заболеваниям.

Железы внутренней секреции совместно с нервной системой осуществляют регуляцию обмена веществ, роста, развития, деятельности всех систем органов. В отличие от нервной регуляции, осуществляемой за доли секунды, гуморальная регуляция оказывает свое влияние медленнее (через минуты, часы), но более продолжительно. Главная роль в системе гуморальной регуляции принадлежит гипофизу, гормоны которого стимулируют деятельность других желез.

Работу всех желез регулирует центральная нервная система. В свою очередь, гормоны влияют на деятельность нервной системы. Нарушение взаимодействия этих двух систем сопровождается серьезными расстройствами функций органов и организма в целом.

Гипофиз – небольшая непарная железа внутренней секреции массой около полграмма, расположенная у основания головного мозга. Гипофиз состоит из трех долей (передней, средней и задней) и связан с головным мозгом посредством гипофизарной ножки. Переднюю и среднюю доли объединяют под названием аденогипофиз, а заднюю называют нейрогипофизом. Гормоны передней доли:

1. *Соматотропный гормон (соматотропин или гормон роста)* – регулирует рост и физическое развитие. Гиперфункция в детском возрасте приводит к *гигантизму*. Избыток гормона роста у взрослого человека вызывает акромегалию, при которой увеличиваются отдельные части тела: нос, нижняя челюсть, кисти, стопы. При гипофункции в детском возрасте происходит задержка роста – *карликовость*. Гипофизарные карлики характеризуются правильными пропорциями тела и нормальным развитием психики.

2. *Тиреотропный гормон (тиреотропин)* – стимулирует деятельность щитовидной железы.

3. *Адренокортикотропный гормон* – воздействует на кору надпочечников, увеличивая синтез ее гормонов.

4. *Пролактин (лактотропный)* – стимулирует рост молочных желез и активизирует выработку молока молочными железами (лактацию).

5. *Гонадотропные (фолликулостимулирующий и лютеинизирующий)* – регулируют работу половых желез.

Фолликулостимулирующий гормон стимулирует: развитие фолликулов в яичниках женщины до момента овуляции (овогенез), сперматогенез у мужчины.

Лютеинизирующий гормон стимулирует: выработку половых гормонов у особей обоих полов, у женщин также вызывает овуляцию и развитие желтого тела.

Средняя, или промежуточная, доля у человека развита слабо, поэтому иногда ее не выделяют. В ней вырабатывается *меланоцитостимулирующий гормон (меланотропин)*, который регулирует пигментный обмен (стимулирует образование пигмента меланина в коже).

Задняя доля гипофиза накапливает и выделяет в кровь синтезируемые в гипоталамусе гормоны:

1. *Вазопрессин (антидиуретический гормон)* – уменьшает мочеотделение и повышает артериальное давление. Недостаток этого гормона – причина несахарного диабета.

2. *Окситоцин* – стимулирует сокращение гладких мышц матки и выделение молока из молочных желез кормящих женщин.

Гипофиз непосредственно связан с гипоталамусом. Гипоталамус вырабатывает специальные вещества – рилизинг-гормоны (статины и либерины), регулирующие выработку гормонов гипофиза. Статины уменьшают выработку гормонов гипофиза, а либерины увеличивают.

Эпифиз (шишковидная железа) – это непарная железа внутренней секреции длиной 0,5–1 см, напоминающая по форме еловую шишку. Ее масса 100–200 мг. Эпифиз развивается из крыши промежуточного мозга и связан с ним. Эпифиз секретирует в кровь два гормона – *мелатонин* и *серотонин*. В дневные часы синтезируется серотонин, а ночью — мелатонин. Эпифиз – это орган, контролирующий циркадные (околосуточные) ритмы. Роль мелатонина состоит также в сдерживании развития репродуктивной системы до достижения определенного возраста, так как этот гормон угнетает секрецию гонадотропных гормонов гипофиза. После удаления эпифиза наступает преждевременное половое созревание.

Щитовидная железа – наиболее крупная из желез внутренней секреции у взрослого человека. Она располагается на шее впереди трахеи и гортани, прилегая к щитовидному хрящу гортани. Щитовидная железа состоит из двух долей, соединенных перешейком. Ее масса 30–40 г.

Гормоны щитовидной железы (*тироксин, трийодтиронин*) регулируют процессы обмена веществ, влияют на рост и развитие организма, на функционирование нервной, сердечно-сосудистой и других систем органов.

При гипофункции щитовидной железы в детском возрасте развивается заболевание – *кретинизм* (карликовость с нарушением пропорций тела, задержкой полового и психического развития). Если функция щитовидной железы понижается у взрослого человека, возникает *микседема* (понижается обмен веществ, развивается отек тканей). Гиперфункция щитовидной железы приводит к *базедовой болезни* (описал немецкий врач Базедов). У больных повышается обмен веществ, отмечается повышенная возбудимость нервной системы, сердцебиение, пучеглазие. Больные потребляют большое количество пищи, но в то же время быстро худеют.

Для синтеза гормонов щитовидной железы необходим йод, поэтому для нормальной работы железы необходимо достаточное его поступление с пищей и водой. В местностях, где почва и вода содержат мало йода, у населения наблюдается компенсаторное увеличение щитовидной железы – *эндемический зоб*. Для профилактики увеличения щитовидной железы в этих местностях к поваренной соли добавляют йодид калия (йодированная соль).

Щитовидная железа вырабатывает также гормон *кальцитонин* (*тиреокальцитонин*), который совместно с гормоном паращитовидных желез регулирует концентрацию кальция и фосфора в крови. Кальцитонин оказывает действие, противоположное паратгормону, т.е. приводит к уменьшению содержания кальция в крови.

Околощитовидные железы. У человека имеются четыре околощитовидные железы, которые располагаются на задней поверхности щитовидной железы. Общая масса околощитовидных желез составляет всего около 100 мг.

Эти железы вырабатывают *паратгормон* (*паратиреоидный гормон*), который вызывает увеличение концентрации кальция и фосфора в крови. Паратгормон вызывает выход кальция из межклеточного вещества костей. Если у животного удалить околощито-

видные железы, то возникающие приступы судорог скелетной мускулатуры и дыхательных мышц (тетания) приводят к смерти. Тетания развивается в результате понижения содержания кальция в крови.

У человека при гипофункции околощитовидных желез содержание кальция в крови падает, а у детей, кроме того, нарушается рост костей и зубов.

Тимус или вилочковая железа расположена в грудной клетке за грудиной. Масса железы увеличивается до начала полового созревания, а затем уменьшается, и у взрослых ее значительная часть замещается жировой тканью.

Основную массу клеток вилочковой железы представляют лимфоциты. В тимусе происходит дифференцировка Т-лимфоцитов. Вилочковая железа вырабатывает гормон тимозин, регулирующий реакции иммунитета.

Надпочечники – парные железы, расположенные у верхних полюсов почек, массой 4–7 г каждый. В них различают два слоя: наружный – корковый, и внутренний – мозговой. В корковом слое вырабатываются три группы стероидных гормонов:

1. Глюкокортикоиды (кортизон, гидрокортизон) – влияют на углеводный и белковый обмен, подавляют аллергические и воспалительные реакции.

2. Минералокортикоиды (альдостерон) – воздействуя на почки, регулируют водно-солевой (минеральный) обмен.

3. Половые гормоны (женские и мужские) образуются в небольшом количестве. При этом в организме мужчин образуются женские (эстрогены), а в организме женщин – мужские (андрогены) гормоны.

При гипофункции коркового слоя развивается *аддисонова (бронзовая) болезнь*, сопровождающаяся слабостью, быстрой утомляемостью, понижением температуры тела, потерей аппетита. Кожа приобретает бронзовый оттенок.

В мозговом слое надпочечников вырабатываются гормоны *адреналин и норадреналин*. Адреналин увеличивает частоту и силу сердечных сокращений, повышает артериальное давление, повышает обмен веществ, увеличивает содержание глюкозы в крови, ускоряя превращение гликогена в глюкозу в мышцах и в печени.

Поджелудочная железа – непарная железа смешанной секреции. В ней образуются:

а) пищеварительный сок, богатый пищеварительными ферментами, поступающий по выводному протоку в двенадцатиперстную кишку (внешняя секреция); б) гормоны, поступающие непосредственно в кровь (внутренняя секреция).

Гормоны поджелудочной железы образуются клетками островков Лангерганса, расположенных среди железистых отделов железы. Островки составляют только 3% от массы железы. *Гормоны поджелудочной железы:*

1. Инсулин – вырабатывается β -клетками островков Лангерганса. Регулирует углеводный обмен, способствует усвоению клетками глюкозы, поддерживает ее постоянство в крови, стимулируя превращение глюкозы в гликоген, который откладывается в печени и мышцах. Недостаточное образование инсулина приводит к развитию *сахарного диабета*. При этом нарушается обмен углеводов. Содержание глюкозы в крови возрастает, она появляется в моче, а количество мочи возрастает. Болезнь лечат путем введения инсулина.

2. Глюкагон – вырабатывается α -клетками островков Лангерганса. Его действие противоположно инсулину: повышает содержание глюкозы в крови за счет превращения гликогена в глюкозу.

Половые железы – вырабатывают половые клетки и половые гормоны, поэтому относятся к железам смешанной секреции. Половые гормоны определяют развитие вторичных половых признаков, различающихся у мужчин и женщин: размеры и пропорции тела, рост волос, тембр голоса, развитие молочных желез и т.д.

Различают половые железы:

Яички (семенники) – парные мужские половые железы, в которых происходит образование мужских половых клеток и мужских половых гормонов – андрогенов (тестостерон). Тестостерон отвечает за формирование вторичных половых признаков, участвует в регуляции процессов роста и физического развития.

Яичники – парные женские половые железы, в них происходит образование женских половых гормонов: эстрогенов (эстрон, эстрадиол), гестагенов (прогестерон) и женских половых клеток. С наступлением половой зрелости каждые 28 дней созревает один фолликул. Процесс выхода яйцеклетки называется овуляцией. На месте разрыва, в яичнике развивается временная железа внутренней секреции – желтое тело. Желтое тело продуцирует гормон прогесте-

рон, который готовит слизистую матки для имплантации зародыша. Эстрогены отвечают за формирование вторичных половых признаков, участвуют в регуляции процессов роста и физического развития.

11.4 Нервная система

Нервная система занимает особо важное место в жизнедеятельности организма. Она представляет собой совокупность специальных структур, объединяющая и координирующая деятельность всех систем органов человека.

Значение:

- 1) объединяет организм в единое целое;
- 2) регулирует деятельность всех систем органов;
- 3) осуществляет связь организма с внешней средой;
- 4) обеспечивает приспособление организма к изменяющимся условиям среды;
- 5) является материальной основой психической деятельности человека.

Нервная система образована *нервной тканью*, структурной и функциональной единицей которой является *нейрон*. Деятельность нервной системы носит рефлекторный характер.

Рефлекс – ответная реакция организма на раздражение, осуществляемая под контролем нервной системы. Рефлекторная дуга – путь, который проходит нервный импульс при рефлексе.

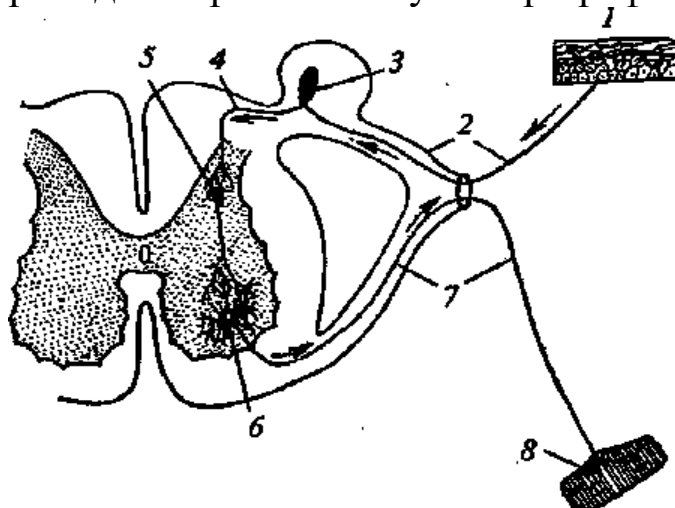


Рисунок 35. – Рефлекторная дуга соматической нервной системы

- 1 – рецептор, 2 – дендрит чувствительного нейрона, 3 – тело чувствительного нейрона, расположенное в спинномозговом узле, 4 – аксон чувствительного нейрона, 5 – вставочный нейрон, 6 – тело двигательного нейрона, 7 – его аксон, 8 – рабочий орган.

Звенья рефлекторной дуги соматической нервной системы:

1. Рецептор, который воспринимает раздражение и преобразует его в нервный импульс.
2. Чувствительный (центроостремительный) нейрон передает возбуждение в центральную нервную систему (ЦНС).
3. Нервный центр (вставочный нейрон) – участок ЦНС, где происходит переключение возбуждения с чувствительных нейронов на двигательные.
4. Двигательный (центробежный нейрон) несет возбуждение от ЦНС к рабочему органу.
5. Рабочий орган – поперечнополосатые мышцы, реагирующие на полученное раздражение.

Нервная система анатомически подразделяется на центральную и периферическую. Центральная нервная система включает головной и спинной мозг. К периферической относят: нервные корешки, нервные узлы (ганглии), сплетения, нервы и нервные окончания.

ЦНС регулирует все процессы организма и служит центром управления всеми системами организма человека.

Головной и спинной мозг покрыт тремя *мозговыми оболочками*, образованными соединительной тканью.

1. Твердая – наружная оболочка, образованная плотной волокнистой соединительной тканью.
2. Паутинная – средняя оболочка, содержащая кровеносные сосуды и нервы.
3. Мягкая (сосудистая) – внутренняя оболочка, прилежит непосредственно к мозгу, содержит большое количество кровеносных сосудов.

Между паутинной и сосудистой оболочками находится пространство, заполненное спинномозговой жидкостью. Мозговые оболочки выполняют следующие функции:

- 1) защищают мозг от повреждений;
- 2) препятствуют проникновению микробов в мозг;
- 3) участвуют в секреции спинномозговой жидкости, обеспечивая транспорт веществ ко всем отделам мозга и удаление продуктов обмена.

Спинной мозг – цилиндрический тяж диаметром около 1 см и длиной 41–45 см, находящийся в костном позвоночном канале. Спинной мозг вверху переходит в продолговатый мозг, а внизу

оканчивается коническим заострением на уровне второго поясничного позвонка.

Спинной мозг на своем протяжении имеет два утолщения – шейное и поясничное – от которых отходят нервы к верхним и нижним конечностям. Передней и задней продольными бороздами он делится на две симметричные половины. На той и другой стороне из спинного мозга выходят двумя продольными рядами передние (двигательные) и задние (чувствительные) корешки. Передний корешок состоит из аксонов двигательных нейронов, лежащих в передних рогах серого вещества. Задний корешок содержит отростки чувствительных нейронов, тела которых лежат в спинномозговых узлах. На некотором расстоянии от спинного мозга двигательный корешок соединяется с чувствительным, и они вместе образуют смешанный спинномозговой нерв. У человека 31 пара спинномозговых нервов. Соответственно выходу из спинного мозга нервов, спинной мозг делится на 31 сегмент.

Внутреннее строение. В центре спинного мозга находится серое вещество. Внутри серого вещества, по всей его длине, проходит узкий *центральный канал*, заполненный спинномозговой жидкостью. Вверху он сообщается с полостью четвертого желудочка головного мозга. В сером веществе различают передние, задние, а в грудном отделе также и боковые рога. В передних рогах серого вещества находятся тела двигательных нейронов. В задних рогах лежат вставочные нейроны, осуществляющие связь между чувствительными и двигательными нейронами. В боковых рогах расположены нейроны симпатического отдела вегетативной нервной системы. Вокруг серого вещества расположено белое, образованное нервными волокнами. Нервные волокна образуют восходящие и нисходящие проводящие пути спинного мозга, соединяющие спинной мозг с головным.

Функции спинного мозга:

1) рефлекторная – в сером веществе замыкаются дуги многих безусловных рефлексов соматической (коленный, ахиллов рефлекс) и вегетативной нервной системы (мочеиспускание и дефекация);

2) проводниковая (проведение нервных импульсов) – проводящие пути спинного мозга обеспечивают связь спинного мозга с головным мозгом.

Головной мозг располагается в мозговом отделе черепа. Его масса около 1500 г. Головной мозг представляет собой скопление

тел нервных клеток (серое вещество), проводящих путей и кровеносных сосудов. Проводящие пути образуют белое вещество мозга. Они связывают между собой разные отделы головного мозга, а также головной мозг со спинным.

Отделы головного мозга: 1) продолговатый мозг, 2) задний мозг (мост и мозжечок), 3) средний мозг, 4) промежуточный мозг, 5) конечный (передний) мозг.

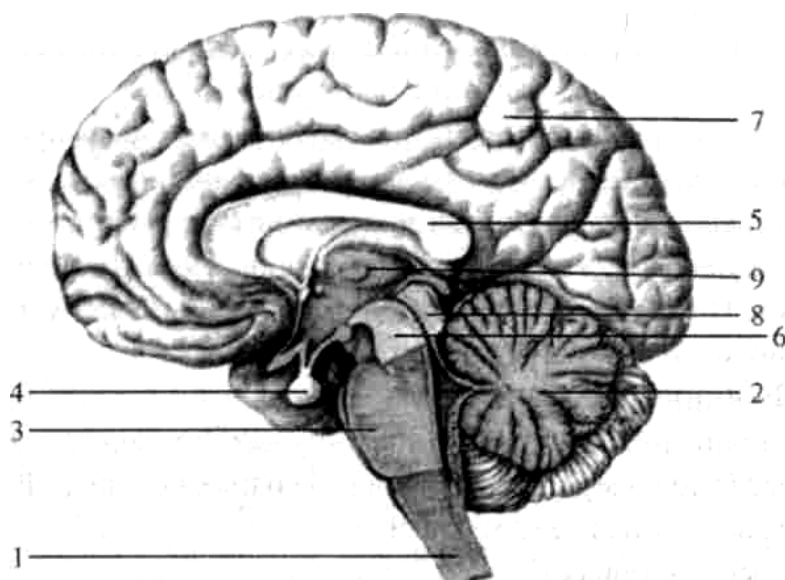


Рисунок 36. – Поперечный разрез головного мозга

1 – продолговатый мозг; 2 – мозжечок; 3 – мост; 4 – гипофиз; 5 – мозолистое тело; 6 – средний мозг (ножки мозга); 7 – полушария переднего мозга; 8 – средний мозг (бугорки четверохолмия); 9 – промежуточный мозг.

Внутри головного мозга находятся 4 сообщающиеся полости (желудочки мозга), в которых циркулирует спинномозговая жидкость. Четвертый желудочек расположен в продолговатом и заднем мозге; третий – в промежуточном мозге; первый и второй – в больших полушариях конечного мозга. От головного мозга отходит 12 пар черепно-мозговых нервов.

Таблица 16. – Черепно-мозговые нервы

<i>Черепно-мозговые нервы</i>	<i>Место выхода</i>
I пара – обонятельные	Конечный мозг
II пара – зрительные	Промежуточный мозг
III пара – глазодвигательные	Средний мозг
IV пара – блоковые	Средний мозг
V пара – тройничные	Мост
VI пара – отводящие	Мост

Продолжение таблицы 16

VII пара – лицевые	Мост
VIII – слуховые	Мост
IX пара – языкоглоточные	Продолговатый мозг
X пара – блуждающие	Продолговатый мозг
XI пара – добавочные	Продолговатый мозг
XII пара – подъязычные	Продолговатый мозг

Черепно-мозговые нервы:

- Чувствительные (I, II и VIII пары)
- Двигательные (III, IV, VI, XI и XII пары)
- Смешанные (V, VII, IX и X пары)

Продолговатый мозг, мост, средний мозг и промежуточный мозг образуют ствол головного мозга.

В стволе головного мозга сильно ветвящиеся нейроны, чувствительные к различным гуморальным воздействиям, образуют сеть – *ретикулярную* (сетчатую) формацию, которая поддерживает постоянный тонус нервной системы, сортирует поступающую информацию, регулирует возбудимость различных отделов головного мозга.

Продолговатый мозг является продолжением спинного мозга в ствол головного мозга. В отличие от спинного мозга, продолговатый мозг не имеет сегментарного строения. На передней и задней его поверхностях проходит по продольной борозде, которые являются продолжением борозд спинного мозга. По бокам передней продольной борозды расположены два продольных тяжа – пирамиды. Составляющие пирамиды нервные волокна соединяют кору больших полушарий с ядрами черепных нервов и передними рогами спинного мозга. На разрезе продолговатый мозг состоит из белого вещества (проводящих пучков), в котором находятся ядра серого вещества (скопления тел нейронов). В сером веществе залегают жизненно важные центры, регулирующие дыхание, кровообращение, обмен веществ. В нем расположены ядра IX–XII пар черепно-мозговых нервов, среди которых блуждающий нерв (X пара), иннервирующий внутренние органы: сердце, желудок, кишечник, печень и т.д. Вверху продолговатый мозг продолжается в варолиев мост.

Функции продолговатого мозга:

1. Проводниковая: связь спинного мозга и вышележащих отделов головного мозга.

2. Рефлекторная. В продолговатом мозге замыкаются дуги защитных рефлексов (кашля, чихания, мигания, слезоотделения), рефлексов пищеварения (сосания, глотания, слюноотделения, желудочной секреции). В продолговатом мозге расположены центры регуляции дыхания (дыхательный центр) и кровообращения (сосудодвигательный центр).

Варолиев мост представлен белым веществом, в котором расположены ядра серого вещества (ядра V–VIII пар черепно-мозговых нервов). Мост расположен между продолговатым и средним мозгом.

Функции моста:

- Проводниковая: связь продолговатого мозга и вышележащих отделов головного мозга, связь мозжечка со стволом мозга.

- Рефлекторная: регулирует тонус мышц.

Мозжечок состоит из двух полушарий, которые соединены червем. Поверхность полушарий покрыта корой (серым веществом). Под корой расположено белое вещество. Тремя парами ножек мозжечок связан с продолговатым мозгом, варолиевым мостом и средним мозгом. Мозжечок вместе с варолиевым мостом образуют задний мозг.

Мозжечок выполняет следующие функции:

- координация движений,
- сохранение равновесия и позы тела.

Средний мозг состоит из четверохолмия и ножек мозга. В верхних бугорках четверохолмия локализованы подкорковые центры зрения, а в нижних – слуха. В центре его проходит узкий канал (водопровод), соединяющий четвертый и третий желудочки мозга. Водопровод окружен серым веществом, также ядра серого вещества встроены в белое. В среднем мозге расположены ядра III и IV пар черепно-мозговых нервов.

Функции среднего мозга:

- Проводниковая: связь заднего мозга и вышележащих отделов головного мозга.

- Рефлекторная: регулирует тонус мышц и позу тела, обеспечивает ориентировочные рефлексы на зрительные и слуховые раздражители.

Промежуточный мозг расположен впереди среднего мозга под мозолистым телом. Этим отделом заканчивается ствол головного мозга. Промежуточный мозг включает: зрительные бугры (та-

ламус) и подбугорную область (гипоталамус). В промежуточном мозге расположены ядра II пары черепно-мозговых нервов.

Функции промежуточного мозга:

– Проводниковая: связь среднего мозга и вышележащих отделов головного мозга.

– Рефлекторная. В зрительных буграх расположены подкорковые центры почти всех видов чувствительности. Здесь происходит первичный анализ чувствительных импульсов, и они передаются в соответствующие области коры больших полушарий.

Гипоталамус – высший центр вегетативной нервной системы, регулирующий деятельность внутренних органов, обмен веществ (центры жажды и ее утоления, голода и насыщения, удовольствия и страха), температуру тела (центр терморегуляции), гомеостаз организма. Его клетки вырабатывают нейrogормоны: вазопрессин и окситоцин, которые накапливаются в задней доле гипофиза. Гипоталамус, вырабатывая рилизинг-гормоны, регулирует выработку гормонов передней доли гипофиза. А через гипофиз гипоталамус регулирует деятельность других желез внутренней секреции.

Конечный мозг образован большими полушариями, соединенными между собой мозолистым телом. Мозолистое тело состоит из нервных волокон, идущих поперечно из одного полушария в другое. Правое и левое полушария разделены продольной бороздой.

Снаружи полушария покрыты серым веществом – корой, под которой лежит белое вещество, с встроенными в него подкорковыми ядрами серого вещества. В конечном мозге расположены ядра I пары черепно-мозговых нервов. Кора образована шестью слоями различающихся между собой нервных клеток и имеет толщину 2–4 мм. Общая площадь коры 2000–2500 см². Поверхность полушарий имеет сложный рисунок, состоящий из борозд и валиков между ними, называемых извилинами, которые увеличивают поверхность коры. Три наиболее глубокие борозды – центральная, боковая и теменно-затылочная – делят каждое полушарие на четыре доли: лобную, теменную, затылочную и височную. Центральная борозда отделяет лобную долю от теменной, боковая – височную долю от лобной и теменной, теменно-затылочная разделяет теменную и затылочную доли.

Кора больших полушарий содержит центры, оценивающие различную поступающую информацию. Эти центры образуют *чувствительные, двигательные и ассоциативные* зоны, которые раз-

личаются по своему строению и функции. Таких зон насчитывается от 50 до 200.

В *чувствительные зоны* поступают импульсы от органов чувств, кожи, внутренних органов. При возбуждении нейронов этих зон возникают ощущения. Зрительная зона расположена в затылочной доле коры. В височной доле – слуховая и вкусовая зоны, а также происходит обработка вестибулярной информации поступающей от расположенного во внутреннем ухе органа равновесия. В теменной доле находится зона кожно-мышечной чувствительности (в задней центральной извилине). *Двигательная зона* коры расположена в лобной доле (в передней центральной извилине) и отвечает за работу скелетных мышц. В *ассоциативные зоны* приходят импульсы от разных рецепторов. Деятельность ассоциативных зон обеспечивает сложные поведенческие реакции и высшую нервную деятельность. Повреждения различных зон приводят к нарушению соответствующих функций. Временно существующий в центральной нервной системе очаг повышенного и устойчивого возбуждения называется доминантой.

Функции больших полушарий:

1. Обеспечивают взаимодействие организма с внешней средой (получение и обработка информации, поступающей от рецепторов, и адекватная реакция организма на раздражения).

2. Определяют психическую деятельность человека, его поведение, сознание, мышление, память, речь.

3. Обеспечивают регуляцию всех функций организма.

Правое и левое полушария у человека отличаются по выполняемым функциям. Левое полушарие обеспечивает логическое мышление. Здесь находятся центры устной и письменной речи. Правое полушарие отвечает за образное мышление.

В стволе головного мозга (подкорковые ядра) и в конечном мозгу находится ряд структур, образующих своеобразное кольцо, объединенных по функциональным признакам. Эти структуры отвечают за формирование эмоций у человека и образуют лимбическую систему.

Единая нервная система условно делится на две части: *соматическую и вегетативную*. Соматическая нервная система иннервирует скелетную мускулатуру и кожу, а вегетативная (автономная) – обменные процессы, внутренние органы, сосуды и железы.

Центры вегетативной нервной системы расположены в стволе головного мозга и спинном мозге. Периферическая часть состоит из нервных узлов, нервных сплетений и нервов.

Звенья рефлексорной дуги вегетативной нервной системы:

1.Рецептор.

2.Чувствительный нейрон передает возбуждение в центральную нервную систему на вставочный нейрон.

3.В нервном центре(**вставочный** нейрон, расположенный в ЦНС) вегетативной нервной системы происходит передача возбуждения с чувствительных нейронов на преганглионарные.

4а.От тела **преганглионарного** нейрона по преганглионарному волокну возбуждение от ЦНС идет к нервному вегетативному узлу (симпатическому или парасимпатическому ганглию) и передается расположенному там ганглионарному нейрону.

4б.От тела **ганглионарного** нейрона по постганглионарному волокну возбуждение передается рабочему органу.

5.Рабочий орган.

Отростки преганглионарных нейронов выходят из спинного мозга в составе передних корешков спинномозговых нервов, а из головного мозга – в составе черепных нервов. Выйдя из спинного или головного мозга, отросток заканчивается в нервном узле – ганглии. В ганглиях располагаются тела ганглионарных нейронов, отростки которых подходят к внутренним органам. Таким образом, в вегетативной нервной системе, в отличие от соматической, где нервные волокна доходят до иннервируемого органа, не прерываясь, путь от центра до иннервируемого органа состоит из двух нейронов.

Вегетативную нервную систему делят на: *симпатическую и парасимпатическую*. Преганглионарные симпатические волокна короткие, а постганглионарные – длинные; в парасимпатической нервной системе – наоборот. Ганглии симпатической нервной системы располагаются вблизи позвоночника, образуя парный симпатический ствол. Парасимпатические ганглии располагаются в стенках внутренних органов, либо вблизи них.

Таблица 17. – Вегетативная нервная система

<i>Орган</i>	<i>Влияние симпатической нервной системы</i>	<i>Влияние парасимпатической нервной системы</i>
Сердце	Увеличивают частоту и силу сердечных сокращений	Уменьшают частоту и силу сердечных сокращений
Бронхи	Расширяются	Сужаются
Зрачок глаза	Расширяется	Сужается
Кишечник	Замедляется перистальтика	Усиливается перистальтика

Центры симпатической нервной системы (вставочные нейроны) расположены в боковых рогах серого вещества грудных и первых трех поясничных сегментов спинного мозга. Здесь лежат тела преганглионарных нейронов, аксоны которых выходят из спинного мозга в составе передних корешков и направляются к симпатическому стволу. Симпатический ствол представляет собой цепь нервных узлов, соединенных друг с другом. В нервных узлах лежат ганглионарные нейроны. Нервный импульс с преганглионарных нервных волокон передается ганглионарным нейронам, а затем по их отросткам – внутренним органам. Медиатором в постганглионарных волокнах симпатической нервной системы является норадреналин.

Центры парасимпатической нервной системы находятся в крестцовых сегментах спинного мозга, продолговатом и среднем мозге. Здесь лежат тела преганглионарных нейронов. Их отростки оканчиваются в парасимпатических узлах, располагающихся вблизи или в стенках практически всех органов таза, туловища, головы и шеи. В парасимпатических узлах лежат тела ганглионарных нейронов, отростки которых подходят к внутренним органам. Медиатором в парасимпатической нервной системе является ацетилхолин. Самый крупный парасимпатический нерв – блуждающий.

Функции вегетативной нервной системы. Большинство внутренних органов обладает двойной иннервацией: симпатической и парасимпатической. На органы симпатические и парасимпатические нервы оказывают, как правило, противоположное влияние.

Высшая нервная деятельность

Высшая нервная деятельность – это деятельность коры больших полушарий головного мозга, обеспечивающая приспособление высокоорганизованных животных и человека к окружающей среде.

Учение о ВНД разработал И. П. Павлов. Он показал, что ВНД – это рефлекторная деятельность.

Все рефлексы можно разделить на две группы: безусловные и условные.

Безусловные рефлексы – это рефлексы врожденные, которые передаются по наследству. К ним относятся пищевые, защитные (оборонительные) и половые рефлексы. Безусловные рефлексы являются основой *инстинктивного* поведения животных и человека.

Условные рефлексы – это рефлексы, которые организм приобретает в течение жизни.

Таблица 18. – Рефлексы

<i>Безусловные рефлексы</i>	<i>Условные рефлексы</i>
Врожденные, передаются по наследству от родителей	Приобретаются в течение жизни
Видовые (имеются у всех представителей вида)	Индивидуальные
Осуществляются спинным мозгом и стволом головного мозга	Осуществляются при участии коры больших полушарий головного мозга
Относительно постоянны	Непостоянны, могут исчезать

Образование и биологическое значение условных рефлексов

Условные рефлексы образуются на базе безусловного рефлексов в результате их сочетания с действием условного раздражителя. Для этого необходимо соблюдение трех условий:

- 1) действие условного раздражителя должно сопровождаться действием безусловного раздражителя;
- 2) действие условного раздражителя должно предшествовать действию безусловного раздражителя;
- 3) условный раздражитель должен многократно подкрепляться действием безусловного раздражителя.

Механизм образования условного рефлекса состоит в образовании временной связи между двумя очагами возбуждения в коре мозга, возникающими под действием условного и безусловного раздражителей. Этапы выработки: 1) генерализация; 2) специализация.

Биологическое значение условных рефлексов в жизни человека и животных огромно. Условные рефлексы обеспечивают приспособление организмов к постоянно изменяющимся условиям среды.

Торможение условных рефлексов – это нервный процесс, результатом которого является ослабление или исчезновение условных рефлексов.

Различают два вида торможения условных рефлексов: внешнее и внутреннее.

Внешнее торможение происходит в случае возникновения в коре больших полушарий нового, более сильного, очага возбуждения под действием другого более интенсивного постороннего раздражителя. Например, боль приводит к торможению пищевого условного рефлекса.

Внутреннее торможение условных рефлексов бывает двух видов: угасание и дифференцировка. *Угасание* условного рефлекса происходит постепенно в случае многократного неподкрепления условного раздражителя безусловным. Например, при неподкреплении выработанного слюноотделительного рефлекса на свет этот рефлекс начнет угасать и исчезнет. *Дифференцировка* возникает в том случае, если на организм действуют два похожих условных раздражителя, причем, один из них не подкрепляется безусловным. Со временем организм реагирует только на значимый для него раздражитель.

Внутреннее торможение позволяет организму свести к минимуму биологически нецелесообразные реакции в ответ на различные условные раздражители, которые не подкрепляются безусловными.

Первая и вторая сигнальные системы

И. П. Павлов разработал учение о первой и второй сигнальных системах. Сигнальной система – это система условнорефлекторных связей, обеспечивающая восприятие информации, анализ этой информации и ответную реакцию организма на раздражители.

Первая сигнальная система, присущая как животным, так и человеку, – это система отражения действительности в форме слуховых, зрительных, болевых и других ощущений и восприятий. Она является основой выработки условных рефлексов и обеспечивает обработку сигналов из окружающей среды, идущих от органов чувств.

Вторая сигнальная система присуща только человеку. Условным раздражителем для второй сигнальной системы человека является слово (произносимое, слышимое, написанное). В словах содержится обобщение многочисленных сигналов первой сигнальной

системы, таким образом, слова становятся, по Павлову, «сигналами сигналов». Вторая сигнальная система человека обеспечивает абстрактное мышление. Это означает, что человек способен мыслить путем абстрактных (отвлеченных) образов, понятий, выражаемых произнесенными или написанными словами.

Сон и его значение

Сон – своеобразное состояние ЦНС, сопровождающееся выключением сознания, угнетением двигательной активности, снижением всех видов чувствительности и обменных процессов. Во время сна тормозятся условные рефлексы и ослабляются безусловные.

Сон предотвращает переутомление и гибель нервных клеток, и его можно рассматривать как глубокое охранительное торможение, которое охватывает кору больших полушарий. Во время сна нервные центры восстанавливают свою работоспособность.

Сон – циклическое явление. Обычно он состоит из 4–6 циклов, сменяющих друг друга. Каждый цикл состоит из двух фаз: *первая* – фаза медленного сна, и *вторая* – фаза быстрого сна. Один цикл длится примерно 1,5 ч. Фаза медленного сна – 50–70 мин., а фаза быстрого сна – 10–20 мин.

В фазе медленного сна преобладает парасимпатическая иннервация: уменьшается частота дыхания и пульса, снижается температура тела, расслабляются мышцы, снижаются обменные процессы, отсутствуют движения глазных яблок. Сновидений нет.

В фазе быстрого сна преобладает симпатическая иннервация: дыхание становится учащенным, глубоким, усиливается работа сердца, ускоряется обмен веществ, появляются активные движения глазных яблок. Сновидения яркие.

У взрослых людей сон продолжается в среднем 7–8 ч, у новорожденных – 21 ч.

11.5 Пищеварение

Для жизнедеятельности человека необходимы энергия и строительный материал. Их организм получает с пищей. Поэтому питание – необходимое условия существования организма. Человек употребляет хлеб, мясо, молоко, яйца, овощи, фрукты – пищевые продукты. *Пищевые продукты* – это продукты животного и растительного происхождения, используемые при питании. В состав пищевых продуктов входят *питательные вещества*, т. е. составные части пищи, используемые организмом как пластический материал

для построения клеток, и служащие источником энергии, необходимой для жизнедеятельности. Основными питательными веществами являются белки, жиры и углеводы. Кроме них, важную роль в питании играют минеральные соли, витамины, вода. Вода и минеральные соли могут усваиваться организмом в неизменном виде, а сложные органические вещества должны быть подвергнуты процессу пищеварения.

Пищеварение – процесс механической и химической обработки пищи в пищеварительном канале, расщепление питательных веществ на более простые части, которые могут усваиваться организмом.

Химическая обработка пищи происходит под действием ферментов. Пищеварительные ферменты – это биологические катализаторы белковой природы. Они образуются слюнными железами, железами желудка, железами тонкого кишечника и поджелудочной железой.

Свойства ферментов:

1. Специфичность – каждый из ферментов действует только на определенное химическое соединение. Протеазы расщепляют белки, липазы – жиры, амилазы – углеводы.

2. Ферменты действуют при определенной реакции среды (пепсин активен только в кислой среде, а трипсин – в щелочной).

3. Ферменты действуют при определенной температуре (оптимальной является температура 36–37° С).

4. Высокая биологическая активность. Ферменты действуют в небольших количествах, при этом химическая структура ферментов не изменяется.

Таблица 19. – Пищеварительные ферменты

<i>Пищеварительные ферменты</i>				
<i>Место образования</i>	<i>Амилазы</i>	<i>Протеазы</i>	<i>Липазы</i>	<i>Нуклеазы</i>
Слюнные железы	Амилаза, мальтаза	-	-	-
Железы желудка	-	Пепсин, химозин	Липаза	-
Поджелудочная железа	Амилаза, мальтаза	Трипсин, химотрипсин, карбокси-пептидаза	Липаза	РНК-аза, ДНК-аза
Железы тонкого кишечника	Амилаза, мальтаза, лактаза, сахараза	Энтерокиназа, аминоксипептидаза (эрепсин)	Липаза	РНК-аза, ДНК-аза

Система органов пищеварения включает:

1) пищеварительный канал (тракт), состоящий из ротовой полости, глотки, пищевода, желудка, тонкого и толстого кишечника;

2) крупные пищеварительные железы (слюнные железы, поджелудочная железа, печень).

Стенка пищеварительного канала состоит из трех слоев (оболочек):

- наружного (соединительно-тканного или серозного);
- среднего (мышечного);

– внутреннего (слизистого), состоящего из эпителия и расположенной под ним соединительно-тканной пластинки.

Пищеварительный канал начинается образованным губами ротовым отверстием, за которым следует **полость рта**. Верхняя стенка ротовой полости образована твердым и мягким небом. Костное твердое небо покрыто слизистой оболочкой и отделяет носовую полость от ротовой. Мягкое небо состоит из покрытых слизистой оболочкой мышц. При сокращении этих мышц во время глотания мягкое небо поднимается и отделяет носоглотку от ротоглотки. По бокам ротовая полость ограничена щеками, спереди – губами, а дно образовано мышечной диафрагмой рта и занято языком. Отверстие, через которое полость рта сообщается с глоткой, носит название зева. Зев окружен миндалинами (скоплением лимфоидной ткани), содержащими большое количество выполняющих защит-

ную функцию лимфоцитов. Двумя рядами зубов ротовая полость делится на преддверие (пространство, расположенное между губами, щеками снаружи и зубами, деснами изнутри) и собственно полость рта.

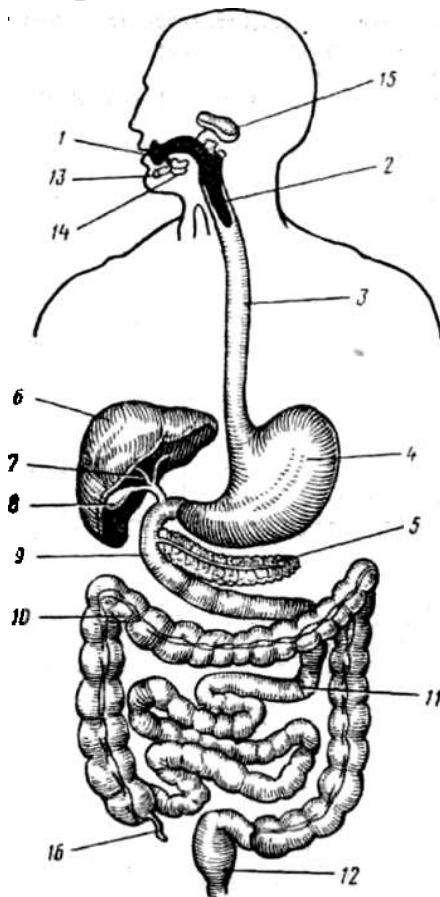


Рис. 37. – Схема строения пищеварительной системы

- 1 – рот,
- 2 – глотка,
- 3 – пищевод,
- 4 – желудок,
- 5 – поджелудочная железа;
- 6 – печень,
- 7 – желчный проток,
- 8 – желчный пузырь,
- 9 – двенадцатиперстная кишка,
- 10 – толстая кишка,
- 11 – тонкий кишечник,
- 12 – прямая кишка,
- 13 – подъязычная слюнная железа,
- 14 – подчелюстная слюнная железа,
- 15 – околоушная слюнная железа,
- 16 – аппендикс.

Зубная система человека гетеродонтная, т.е. в ней присутствуют зубы различной формы: 8 резцов, 4 клыка, 8 малых коренных зубов и 12 больших коренных зубов. Всего у взрослого человека 32 зуба. В каждом зубе различают коронку, шейку и корень. С помощью корня зуб укрепляется в челюсти. Основу зуба составляет дентин. Коронка зуба поверх дентина покрыта эмалью, а шейка и корень покрыты цементом. Дентин и цемент – это разновидности костной ткани. Внутри зуба находится полость, заполненная пульпой – рыхлой волокнистой соединительной тканью с кровеносными сосудами и нервами. Зубы участвуют в измельчении пищи и в формировании звуков речи.

В ротовой полости находится **язык**. Язык образован поперечно-полосатой мускулатурой и покрыт слизистой оболочкой. Слизистая оболочка содержит сосочки – группы чувствительных клеток, воспринимающих вкусовые и тактильные раздражения. Язык уча-

ствует в формировании речи, перемешивает пищу при жевании, является органом вкуса.

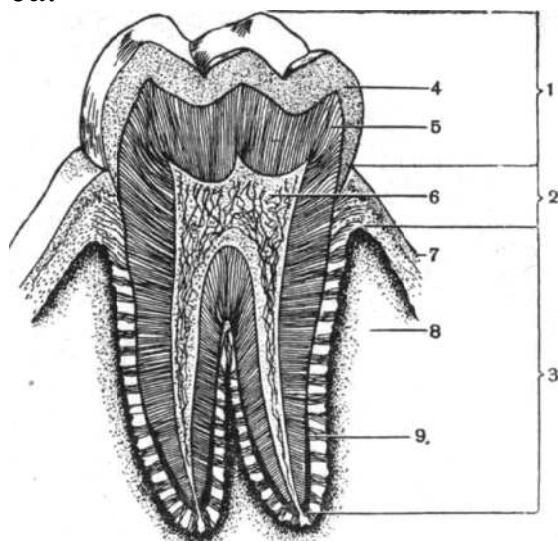


Рисунок 38. – Схема строения коренного зуба человека

1 – коронка; 2 – шейка; 3 – корень; 4 – эмаль; 5 – дентин; 6 – пульпа; 7 – десна; 8 – челюстная кость; 9 – зубной цемент.

В полость рта открываются и выделяют секрет **три пары крупных слюнных желез** – околоушные, подчелюстные, подъязычные.

Слюнные железы выделяют **слюну**. Слюна имеет слабощелочную реакцию (рН среды больше 7).

Состав слюны:

1. Вода составляет около 99%.

2. Минеральные соли (соли натрия, калия, кальция, магния).

3. Белковые вещества:

а) лизоцим (фермент, обладает бактерицидным действием, разрушает оболочки бактериальных клеток);

б) муцин (способствует смачиванию и склеиванию пищевого комка);

в) пищеварительные ферменты: амилаза (устаревшее название – пталин) и мальтаза.

Переваривание пищи. В ротовой полости пища размельчается зубами, смачивается слюной, и формируется пищевой комок. Слюна обволакивает пищу и облегчает ее глотание. Ферменты слюны расщепляют крахмал до моносахаридов (амилаза расщепляет крахмал до мальтозы, мальтаза – дисахарид мальтозу на две молекулы глюкозы).

Слюноотделение происходит рефлекторно и регулируется центром слюноотделения, который находится в продолговатом мозгу.

Фазы выделения слюны:

1. Условно-рефлекторная – выделение слюны начинается еще при виде и запахе пищи.

2. Безусловно-рефлекторная – выделение слюны при раздражении рецепторов полости рта. Возбуждение от рецепторов полости рта по центrostремительным нейронам передается в центр слюноотделения. Нервные импульсы, идущие от центра по центробежным нейронам, достигают слюнных желез, и происходит выделение слюны.

Сформированный пищевой комок движениями языка через зев направляется в глотку, а далее в пищевод. Процесс, в результате которого пища переходит из полости рта через глотку в пищевод, носит название *глотание*. Этот акт регулируется расположенным в продолговатом мозгу центром глотания. При глотании вход в гортань закрывается надгортанником, чтобы пища не попала в дыхательные пути.

Глотка – мышечный орган, изнутри покрытый слизистой оболочкой, в котором пищеварительные пути перекрещиваются с дыхательными. В глотке различают три части: носоглотку, ротоглотку и гортанную часть. Слизистая оболочка носоглотки покрыта мерцательным эпителием в связи с ее дыхательной функцией, в нижних отделах эпителий многослойный неороговевающий. На уровне 6-го шейного позвонка глотка переходит в пищевод.

Пищевод представляет собой трубку длиной около 25 см. Верхняя треть пищевода содержит поперечно-полосатые мышцы, а остальная часть – гладкие. Мышцы располагаются в два слоя: наружный – продольный, и внутренний – циркулярный (кольцевой). Спереди пищевод прилежит к трахее. Пищевод проходит через отверстие в диафрагме в брюшную полость и на уровне одиннадцатого грудного позвонка открывается в желудок.

Желудок – расширенная часть пищеварительного канала, объемом 1,5–2 литра. Верхний изогнутый его край называют малой кривизной, а нижний – большой кривизной. В желудке различают следующие части: 1) кардиальная часть – область, прилежащая к месту входа пищевода в желудок; 2) дно или свод – верхняя куполообразная часть желудка; 3) тело – средняя часть желудка; 4) пи-

лорическая часть – область, прилежащая к привратнику (месту перехода желудка в двенадцатиперстную кишку).

В желудке продолжается переваривание пищи и происходит частичное всасывание воды, многих лекарств и алкоголя.

Стенка желудка состоит из трех оболочек. Слизистая оболочка собрана в складки, в ней расположены желудочные железы, имеющие три основные группы клеток:

- Главные, выделяющие пепсиноген и химозин (ренин). Пепсиноген – это неактивная форма фермента. Под действием соляной кислоты он превращается в активный фермент – пепсин.

- Обкладочные, выделяющие соляную кислоту.

- Добавочные, выделяющие слизь.

Мышечная оболочка стенки желудка образована гладкими мышцами и состоит из трех слоев – продольного, циркулярного (кольцевого) и косого. В месте перехода желудка в двенадцатиперстную кишку кольцевой слой утолщается и образует сфинктер, при сокращении которого полость желудка полностью отделяется от полости двенадцатиперстной кишки.

Самый наружный слой стенки желудка образован серозной оболочкой, которая представляет собой часть брюшины.

Выделяемый желудочными железами сок (около двух литров в сутки) обеспечивает дальнейшее переваривание пищи. Желудочный сок представляет собой прозрачную жидкость, имеющую кислую реакцию среды.

Состав желудочного сока:

- 1) ферменты: пепсин (действует только в кислой среде, расщепляя белки до пептидов), химозин (створаживает белки молока), липаза (расщепляет эмульгированный жир молока);

- 2) соляная кислота – обладает бактерицидным действием, вызывает денатурацию белков, активизирует деятельность пепсина;

- 3) слизь – предохраняет стенки желудка от механических и химических повреждений.

Различают нервную и гуморальную регуляцию желудочного сокоотделения.

Нервная регуляция включает условно-рефлекторную регуляцию с участием коры больших полушарий конечного мозга и безусловно-рефлекторную регуляцию продолговатым мозгом.

Гуморальная регуляция осуществляется гормоном желудка и двенадцатиперстной кишки – гастрином.

Желудочный сок выделяется в три фазы.

Первая фаза (мозговая или рефлекторная) обусловлена раздражением зрительных и обонятельных рецепторов при виде и запахе пищи, а также раздражением пищевых рецепторов ротовой полости и глотки.

Вторая фаза (желудочная или нейрогуморальная) связана:

с раздражением пищевых рецепторов слизистой оболочки желудка и с выделением клетками слизистой желудка – гормона гастрина, который увеличивает секрецию желудочного сока.

Третья фаза (кишечная) обусловлена воздействием на желудок гормонов, вырабатываемых в двенадцатиперстной кишке (*гастрин* увеличивает секрецию желудочного сока; *секретин* уменьшает секрецию желудочного сока, а увеличивает секрецию сока поджелудочной железы).

Из желудка пищевая кашица, называемая химусом переходит в **тонкий кишечник**, который у взрослого человека имеет длину 5–7 метров. Реакция среды в кишечнике щелочная: здесь нейтрализуется кислая среда поступающего сюда содержимого желудка. Тонкий кишечник состоит из *двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишок*. Начальный отдел тонкого кишечника – двенадцатиперстная кишка – имеет длину 25–30 см, диаметр – 3–5 см. В нее открываются протоки печени и поджелудочной железы.

Поджелудочная железа расположена позади желудка в изгибе двенадцатиперстной кишки и имеет длину 12–15 см. Она имеет дольчатое строение. Поджелудочная железа – железа смешанной секреции, между ее дольками расположены островки Лангерганса, клетки которых вырабатывают и выделяют в кровь гормоны инсулин и глюкагон. Вдоль всей железы проходит проток (панкреатический проток), по которому поджелудочный сок выделяется в двенадцатиперстную кишку. Поджелудочный сок представляет собой прозрачную жидкость со щелочной реакцией. Он содержит широкий спектр ферментов (протеазы, амилазы, липазу и нуклеазы), которые расщепляют полимеры пищи. Протеазы (трипсин и химотрипсин, карбоксипептидаза) расщепляют полипептиды до аминокислот; амилазы (амилаза и мальтаза) – углеводы до глюкозы; липаза расщепляет нейтральный жир до глицерина и жирных кислот, нуклеазы (рибонуклеаза и дезоксирибонуклеаза) – расщепляют РНК и ДНК. Протеазы вырабатываются поджелудочной железой в неактивной форме (трипсиноген и химотрипсиноген), их превра-

щение в активные ферменты (трипсин и химотрипсин) происходит в тонкой кишке. Выделение сока поджелудочной железы стимулирует гормон секретин, который выделяется клетками тонкого кишечника.

Печень – самая крупная пищеварительная железа человека, ее масса около 1,5 кг. Состоит из двух долей (правой и левой). Печень расположена непосредственно под диафрагмой, в верхней части брюшной полости справа. На ее нижней поверхности находятся ворота печени, через которые проходят нервы, желчные протоки, печеночная артерия, печеночная и воротная вены. Воротная вена несет кровь от желудка и кишечника к печени. Клетки печени вырабатывают в сутки около одного литра желчи. Желчь – жидкость золотисто-желтого цвета, имеющая щелочную реакцию. Она состоит из воды, желчных пигментов и желчных кислот, холестерина, минеральных солей.

Функции желчи:

- эмульгирует жиры, тем самым облегчает их расщепление, так как увеличивает поверхность взаимодействия ферментов с молекулами жира;

- активирует ферменты кишечного и поджелудочного соков;

- стимулирует перистальтику кишечника.

Желчь образуется непрерывно, а поступление ее в кишечник связано с приемом пищи. Вне периодов пищеварения желчь поступает в желчный пузырь (объем 40–70 мл), где накапливается. Желчный пузырь располагается в углублении на нижней поверхности правой доли печени. Проток желчного пузыря сливается с протоком печени, образуя общий печеночный проток, который открывается в двенадцатиперстную кишку.

Печень играет важную роль в организме и выполняет разнообразные функции:

1. Участие в пищеварении (выработка желчи).

2. Барьерная функция – обезвреживание ядовитых веществ, которые образуются в результате гниения белков в толстом кишечнике и всасываются в кровь.

3. Участие в обмене углеводов – глюкоза в клетках печени превращается в гликоген.

4. Участие в обмене белков – синтез белков плазмы крови: альбуминов, фибриногена и протромбина.

5. Участие в обмене жиров, воды и минеральных солей.

6. Синтез мочевины из токсичного для организма аммиака, образующегося при расщеплении аминокислот. Мочевина затем выводится из организма с мочой.

7. Синтез витамина А из содержащегося в продуктах растительного происхождения провитамина – каротина.

8. Выделение вместе с желчью продуктов распада гемоглобина.

Снаружи **тонкая кишка** покрыта серозной оболочкой, образующей брыжейку тонкого кишечника, в которой проходят сосуды и нервы. Мышечная оболочка состоит из гладких мышц, образующих внутренний (циркулярный) и наружный (продольный) слои. Слизистая оболочка образует выпячивания – ворсинки, которые увеличивают всасывающую поверхность тонкой кишки. Железы слизистой кишечника вырабатывают слизь и кишечный сок. Кишечный сок имеет щелочную реакцию, содержит широкий спектр ферментов, расщепляющих белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты. Фермент кишечника энтерокиназа превращает неактивный трипсиноген, выделяемый поджелудочной железой, в трипсин. Химотрипсиноген превращается в тонком кишечнике в химотрипсин под действием трипсина.

За сутки выделяется около двух литров кишечного сока. В тонком кишечнике происходит два вида пищеварения: полостное и пристеночное. Полостное пищеварение осуществляется за счет ферментов пищеварительных соков, поступивших в полость тонкой кишки (секрет поджелудочной железы, желчь, кишечный сок). Пристеночное пищеварение осуществляется ферментами, локализованными на структурах клеточной мембраны (например: в гликокаликсе) кишечных клеток. В тонкой кишке завершается расщепление:

1) пептидов до аминокислот под действием пептидаз (аминопептидазы катализируют отщепление аминокислотных остатков с аминного конца полипептидной цепи, а карбоксипептидазы с карбоксильного);

2) углеводов до моносахаридов под действием амилаз (мальтаза, сахараза, лактаза);

3) жира до глицерина и жирных кислот под действием липазы;

4) нуклеиновых кислот до нуклеотидов под действием нуклеаз.

Всасывание питательных веществ протекает преимущественно в тонком кишечнике и осуществляется ворсинками. Ворсинки представляют собой отростки слизистой оболочки длиной около 1 мм, которые в центре имеют лимфатические и кровеносные капилляры. Наибольшее число ворсинок в тощей кишке. В клетках ворсинок из глицерина и жирных кислот синтезируются жиры, свойственные организму человека, которые затем поступают в лимфатические капилляры. Аминокислоты и моносахариды всасываются в кровеносные капилляры. Аминокислоты поступают в печень и органы, где используются для синтеза белков. Моносахариды с кровью разносятся по всему организму и используются преимущественно как источник энергии. Минеральные соли всасываются в кровь в растворенном виде.

Тонкий кишечник переходит в **толстый**. Толстый кишечник состоит из *слепой, ободочной* (восходящая, поперечная, нисходящая и сигмовидная ободочная) и *прямой* кишок. Длина толстой кишки 1,5–2 м, диаметр 4–8 см. Слизистая толстого кишечника гладкая, ворсинки отсутствуют. Мышечная оболочка состоит из двух слоев: наружного – продольного, и внутреннего – циркулярного. Продольный слой в толстой кишке не сплошной, а образует три ленты, поэтому эта кишка имеет типичные вздутия. Снаружи этот отдел кишечника покрыт серозной оболочкой. В толстом кишечнике содержится огромное количество бактерий. Микрофлора расщепляет растительную клетчатку, целлюлозу, синтезирует витамин К и витамины группы В (В₂, В₆). В толстом кишечнике завершается пищеварение: происходит всасывание воды, минеральных солей, синтезированных микрофлорой витаминов; формируются каловые массы, которые через анальное отверстие выводятся из организма.

Гигиена питания – наука о рациональном питании, обеспечивающем сохранение здоровья человека и поддержание его трудоспособности. Она включает:

1. Соблюдение режима питания. Необходимо принимать пищу в определенные часы, что способствует условно-рефлекторному выделению пищеварительных соков и лучшему перевариванию пищи.

2. Пища должна иметь привлекательный вид. Вид, запах пищи возбуждают аппетит, усиливая выделение пищеварительных соков.

3. Пищу следует тщательно пережевывать. Размельченная пища быстрее переваривается.

4. Необходимо регулярно употреблять сырые овощи и фрукты. В них содержится клетчатка, которая стимулирует двигательную активность кишечника.

5. Пища должна быть приготовлена из доброкачественных продуктов, с соблюдением правил и сроков хранения. При нарушении правил хранения и обработки продуктов питания организм человека могут попасть бактерии – возбудители тяжелых заболеваний пищеварительного тракта: брюшного тифа, сальмонеллеза, дизентерии, холеры, а также яйца гельминтов и цисты простейших.

6. Пища должна покрывать энергетические затраты организма, быть сбалансированной по содержанию в ней белков, жиров и углеводов, содержать необходимые витамины и микроэлементы. Недостаток в продуктах определенных веществ может привести к заболеваниям (недостаток витамина А – к задержке роста, дефицит железа – к анемии).

7. Исключение употребления алкоголя и курения. Алкоголь и никотин раздражают слизистые пищевода, желудка и способствуют образованию язв. Систематическое употребление алкоголя может привести к циррозу печени.

8. Соблюдение правил личной гигиены (мытьё рук перед едой и т.д.)

11.6 Витамины (А, В, С, D) и их роль в обмене веществ. Гиповитаминозы. Способы сохранения витаминов в пищевых продуктах

В 1880 году русский ученый Н.И.Луниин установил, что для нормальной жизнедеятельности живых организмов, кроме белков, жиров, углеводов, солей и воды, с пищей должны поступать дополнительные, еще неизвестные в то время вещества. Эти жизненно важные пищевые факторы польский ученый К.Функ назвал витаминами.

Витамины – это группа низкомолекулярных органических соединений разнообразной химической природы, необходимых для поддержания жизненных функций организмов. Свойства витаминов:

1. Синтез витаминов происходит в основном вне организма человека. Некоторые в малом количестве синтезируются микрофлорой кишечника и в коже.

2. Витамины не являются питательными веществами, поэтому не служат пластическим материалом и источником энергии для организма.

3. Витамины участвуют в регуляции обмена веществ. Витамины входят в состав многих ферментов (являются коферментами ферментов). При поступлении в организм они оказывают влияние на биохимические процессы, протекающие в разных органах.

4. Высокая биологическая активность. Активность витаминов проявляется в малых количествах.

Недостаточное поступление в организм отдельных витаминов ведет к нарушениям обмена веществ и развитию заболеваний – гиповитаминозов (частичная недостаточность витаминов) и авитаминозов (полная недостаточность витаминов). Для лечения этих болезней применяются соответствующие витамины.

Витамины подразделяют на две группы:

1. Водорастворимые (витамины группы В: В₁ – тиамин, В₂ – рибофлавин, В₆ – пиридоксин, В₁₂ – цианокобаламин; РР (В₃) – никотиновая кислота, В_с – фолиевая кислота, витамин С – аскорбиновая кислота; витамин Н – биотин и другие).

2. Жирорастворимые (витамин А – ретинол, витамин Д – кальциферол, витамин Е – токоферол, витамин К – филлохинон).

Водорастворимые витамины

Витамин В₁ (тиамин)

Роль в организме. 1. Участвует в углеводном и белковом обменах (тиамин – кофермент многих ферментов, играющих важную роль в этих обменах). 2. Необходим для передачи нервных импульсов. 3. Участвует в синтезе нуклеиновых кислот.

Тиамин синтезируется зелеными растениями и микроорганизмами. Особенно богаты им дрожжи, зародыши и оболочки зерновых злаков. Человек получает витамин В₁ в основном с хлебом из муки грубого помола и крупами (гречневой, овсяной и др.).

При недостаточности витамина В₁ нарушаются функции нервной, сердечно-сосудистой и пищеварительной систем органов. При авитаминозе развивается болезнь – бери-бери, характеризующаяся воспалением периферических нервов, атрофией мышц, тяжелыми расстройствами сердечно-сосудистой системы.

Витамин В₂ (рибофлавин)

Роль в организме. 1. Рибофлавин – кофермент ферментов, играющих главную роль в биологическом окислении. 2. Участвует в обмене аминокислот.

Рибофлавин широко распространен в природе. Содержится практически во всех тканях животных и растений. Особенно богаты им дрожжи, семена злаков, яйца, молоко, мясо, свежие овощи и фрукты. При недостаточности витамина В₂ поражается роговица глаз, эпидермис кожи, слизистая оболочка рта, языка и губ.

Витамин В₆ (пиридоксин)

Роль в организме. 1. Пиридоксин – кофермент ферментов, участвующих в обмене белков и аминокислот. 2. Необходим для нормального функционирования нервной системы. 3. Важен для образования гемоглобина.

Пиридоксин широко распространен в продуктах животного и растительного происхождения. Его источниками для человека служат: дрожжи, хлеб, горох, мясо, почки, печень. Витамин В₆ также синтезируется микрофлорой кишечника.

При недостаточности витамина В₆ поражается кожа (дерматиты), нервная система (судороги), у *детей* может развиваться анемия.

Витамин С (аскорбиновая кислота)

Роль в организме. 1. Участвует в окислительно-восстановительных процессах. 2. Необходим для синтеза белка соединительной ткани коллагена, что важно для поддержания проницаемости капилляров. 3. Повышает устойчивость организма к инфекционным заболеваниям. 4. Повышает фагоцитарные свойства крови и необходим для синтеза антител. 5. Необходим для синтеза глюкокортикоидов – гормонов коры надпочечников.

Аскорбиновая кислота синтезируется растениями. Поступает в организм со свежими фруктами и овощами.

Авитаминоз витамина С – заболевание цинга. Признаки цинги: поражение кровеносных сосудов, кровоточивость десен, выпадение зубов, кровоизлияния в мышцы, понижение устойчивости организма к инфекционным заболеваниям.

Таблица 20. – Витамины

<i>Вита- мин</i>	<i>Признаки гиповитаминоза. Авитаминозы</i>	<i>Источники поступления</i>
А	Замедление роста, поражение кожи, роговицы, нарушение сумеречного зрения. Авитаминоз – «куриная слепота»	Животные жиры, мясо, яйцо, сливочное масло, морковь, томаты, салат
Д	Нарушение образования костной ткани, снижение минерализации костей. Авитаминоз – рахит	Печень, мясо жирных рыб, рыбий жир, икра, желток яйца
Е	Нарушение половой функции. Авитаминоз – бесплодие	Растительное масло, молоко, желток яйца, овощи
К	Нарушение образования протромбина в печени, нарушение свертываемости крови	Зеленые части растений. Образуется бактериями кишечника.
В ₁	Нарушение функций нервной, сердечно-сосудистой и пищеварительной систем органов. Авитаминоз – бери-бери	Цельное зерно, бобы, мука грубого помола, дрожжи
В ₂	Поражение роговицы глаз, кожи, слизистой рта, языка и губ	Дрожжи, яйца, молоко, мясо, овощи, фрукты
В ₆	Дерматит, расстройства деятельности нервной системы, анемия	Дрожжи, хлеб, горох, яйца, мясо, почки печень.
В ₁₂	Нарушение процессов кроветворения, поражение нервной системы. Авитаминоз – В ₁₂ -дефицитная анемия (злокачественная) анемия.	Мясо, печень, почки, рыба, яйца
С	Снижение устойчивости организма к инфекционным болезням. Поражение капилляров. Авитаминоз – цинга	Свежие фрукты и овощи (шиповник, цитрусовые, лук, чеснок, капуста и др.)
В _с	Нарушение процессов кроветворения. Авитаминоз – анемия	Зеленые части растений, печень, рыба, яйца
РР(В ₃)	Нарушение синтеза НАД и НАДФ. Авитаминоз – пеллагра (поражение кожи)	Мясо, печень, яйца, злаки, овощи

Жирорастворимые витамины

Витамин А (ретинол)

Роль в организме. 1. Входит в состав зрительного пигмента сетчатки глаза – родопсина палочек. 2. Необходим для дифференцировки эпителиальной ткани. 3. Влияет на барьерную функцию кожи и слизистых оболочек. 4. Необходим для нормального роста организма.

Организм человека получает ретинол с пищей. Среди продуктов животного происхождения им наиболее богаты жир печени морских животных и рыб. В продуктах растительного происхождения витамин А находится в виде провитамина – каротина. В организме человека (преимущественно в кишечнике и в печени) каротин превращается в витамин А.

При недостаточности витамина А происходит задержка роста, поражение эпителия кожи, слизистых оболочек и роговицы глаза. При авитаминозе развивается заболевание – «куриная слепота» – характеризующаяся нарушением способности глаза приспособляться к слабому освещению. Такие больные с наступлением сумерек плохо видят и не могут ориентироваться в окружающей обстановке.

Витамин Д (кальциферол)

Роль в организме. 1. Регулирует обмен кальция и фосфора. 2. Улучшает обеспечение организма кальцием и фосфором за счет усиления их реабсорбции в почечных канальцах и всасывания в кишечнике. 3. Способствует процессу костеобразования.

Наибольшее количество витамина Д содержится в продуктах животного происхождения: рыбьем жире, печени, мясе жирных рыб, икре, желтке яйца сливочном масле. Витамин Д также образуется в коже человека под действием ультрафиолетовых лучей.

Недостаток в организме витамина Д ведет к изменению фосфорно-кальциевого обмена с нарушением образования костей. При этом нарушаются трофические процессы и в других органах и системах. Авитаминоз витамина Д – заболевание детей рахитом.

Основные способы сохранения витаминов в пищевых продуктах

Витамины, как правило, малоустойчивы к факторам внешней среды, быстро разрушаются под воздействием высокой температу-

ры и теряют свою биологическую активность. Для сохранения витаминов в пищевых продуктах используются следующие способы:

1. Консервирование – данный метод позволяет сохранить в продуктах основное количество витаминов.

2. Замораживание пищевых продуктов обеспечивает сохранение в них всех витаминов.

3. Вакуумная упаковка позволяет долгое время сохранять продукты в свежем виде.

4. Квашение продуктов, при котором образующаяся молочная кислота способствует сохранению в заквашиваемых продуктах витамина С (квашение капусты, яблок).

11.7 Развитие человеческого организма. Строение системы органов размножения. Развитие зародыша

Размножение – воспроизведение себе подобных – важнейшее свойство живого организма, обеспечивающее преемственность в ряду поколений.

Человек размножается половым способом, при котором в результате слияния мужской и женской половых клеток будущий организм получает наследственную информацию от обоих родителей.

Мужские половые органы подразделяют на:

- 1) наружные половые органы (половой член и мошонка);
- 2) внутренние половые органы (яички, придатки яичек, семявыносящие протоки, предстательная железа, семенные пузырьки и бульбоуретральные железы).

Яички (семенники) – парные половые железы массой 20–30 г каждый, образующие мужские половые клетки – сперматозоиды (внешняя секреция) и половые гормоны (внутренняя секреция). Семенники располагаются вне брюшной полости в кожно-мышечном мешочке – мошонке. Такое положение обеспечивает условия для созревания сперматозоидов (температура около 35⁰С). Яички снаружи покрыты плотной соединительнотканной оболочкой, от которой внутрь отходят перегородки, делящие орган на 200–300 долек. В каждой дольке расположены два или три извитых семенных канальца, где образуются сперматозоиды. В тканях между семенными канальцами находятся эндокринные клетки, вырабатывающие половой гормон тестостерон, который оказывает стимулирующее влияние на развитие вторичных половых признаков: рост волос, телосложение, тембр голоса, особенности характера.

Процесс образования в яичках сперматозоидов называется *сперматогенез*. Созревание мужских половых клеток начинается с наступлением половой зрелости. В зрелых сперматозоидах выделяют:

— ГОЛОВ-
ку, содержащую ядро с гаплоидным набором хромосом и акросому —
видоизмененный комплекс Гольджи;

— шейку, в которой находится много митохондрий и центриоль;

— хвостик, обеспечивающий подвижность сперматозоидов.

Созревшие сперматозоиды направляются в систему семявыносящих канальцев, которые формируют придаток яичка. Отсюда сперматозоиды попадают в семявыносящие протоки, куда выделяют свои секреты предстательная железа, семенные пузырьки и бульбоуретральные железы. Их секреты входят в состав семенной жидкости, которая обеспечивает питание и движение сперматозоидов. Затем сперма через мочевыводящий канал выводится наружу.

Образование зрелых сперматозоидов из сперматогоний у человека составляет два с половиной — три месяца, а число образующихся клеток огромно. Так, во время одного полового акта выделяется 200–300 миллионов сперматозоидов.

Женские половые органы подразделяются на:

1) наружные половые органы, располагающиеся на поверхности тела: большие половые губы, малые половые губы, клитор.

2) внутренние половые органы, находящиеся в малом тазу: яичники, маточные трубы (яйцеводы), матка и влагалище.

Яичники — парные половые железы женщины, где образуются яйцеклетки (внешняя секреция) и половые гормоны (внутренняя секреция). Они расположены в полости малого таза по обеим сторонам матки, масса каждого 6–8 г. Яичники покрыты соединительнотканной оболочкой, под которой располагается корковое и мозговое вещество. В корковом веществе образуются половые клетки (*оогенез*) и вырабатываются женские половые гормоны, влияющие на деятельность половых органов и на развитие вторичных половых признаков. Мозговое вещество представлено соединительной тканью, в которой проходят кровеносные сосуды и нервы.

В корковом слое располагаются многочисленные первичные фолликулы, состоящие из незрелой яйцеклетки (ооцита первого порядка), окруженного одним слоем фолликулярных клеток. При ро-

ждении девочки в каждом яичнике насчитывается до 40 тысяч первичных фолликулов. После рождения их количество быстро уменьшается и к моменту наступления половой зрелости их остается около 500. С наступлением половой зрелости каждые 28 дней созревает один фолликул. Созревший фолликул выпячивается на поверхности яичника, его стенка истончается и разрывается. Из фолликула выходит яйцеклетка, которая попадает в маточную трубу. Процесс выхода яйцеклетки называется овуляцией. Яйцеклетка содержит ядро с гаплоидным набором хромосом, неподвижна и значительно крупнее сперматозоидов, так как содержит запас питательных веществ. На месте разрыва, в яичнике развивается временная железа внутренней секреции – желтое тело. Оно продуцирует гормон прогестерон, который готовит слизистую матки для имплантации оплодотворенной яйцеклетки.

Маточные трубы (яйцеводы) – парные органы длиной 10–12 см, по которым яйцеклетки движутся в матку. Стенка яйцевода образована тремя оболочками:

- слизистая – выстлана мерцательным эпителием;
- мышечная – образована гладкими мышцами;
- серозная – покрывает яйцевод снаружи.

Яйцеклетка продвигается по маточной трубе благодаря сокращению мышечной оболочки и движению ресничек эпителия яйцевода.

Матка – гладкомышечный орган, в котором развивается и вынашивается плод. Стенка матки состоит из трех слоев:

- внутреннего слизистого, богатого кровеносными сосудами – эндометрия,
- среднего гладкомышечного – миометрия,
- наружного серозного – периметрия.

Полость матки имеет треугольную форму, верхние углы которой открываются в устье маточных труб, а нижний угол – в канал шейки матки. Шейка – вдается в верхний отдел влагалища.

Влагалище – эластическая, легко растяжимая трубка длиной 10–12 см, соединяющая наружные половые органы с маткой.

Гормоны, образующиеся в яичниках при созревании яйцеклетки, вызывают изменения в слизистой матки и влагалища, обеспечивающие внедрение зиготы и развития зародыша. Если яйцеклетка не оплодотворилась, то она погибает, а поверхностные слои слизистой оболочки матки и влагалища отторгаются – наступает

менструация. Она повторяется у девушек и женщин в среднем через 28 дней. Если яйцеклетка оплодотворена, то менструации прекращаются, т. к. наступает беременность.

Оплодотворение – процесс слияния яйцеклетки и сперматозоида, в результате чего образуется диплоидная зигота. Оплодотворение происходит в верхней трети яйцевода. Сперматозоид приближается к яйцеклетке, при соприкосновении с ней выделяет ферменты, разрушающие ее оболочки, и проникает в яйцеклетку. После этого вокруг образовавшейся зиготы образуется оболочка оплодотворения, препятствующая проникновению других сперматозоидов.

С формирования зиготы начинается онтогенез – индивидуальное развитие организма. *Онтогенез* – процесс развития организма с момента образования зиготы до смерти.

В индивидуальном развитии человека выделяют два периода: эмбриональный (с момента образования зиготы до рождения) и постэмбриональный (с момента рождения до смерти).

Эмбриональное развитие включает следующие этапы:

- 1) дробление;
- 2) гастрюляция (образование зародышевых листков);
- 3) образование тканей и органов.

В эмбриологии развивающийся организм человека с момента оплодотворения до рождения называют зародышем или эмбрионом. В акушерстве и гинекологии зародышем называют организм лишь в течение начального периода внутриутробного развития (первые 8 недель), когда происходит дробление, обособление зародышевых листков, формирование тканей и органов. В остальной, большей части внутриутробного развития, когда происходит главным образом увеличение размеров, развивающийся организм называется плодом.

Дробление зиготы начинается к концу первых и длится в течение 3–4 суток после оплодотворения, когда зародыш продвигается по маточной трубе к матке. Дробление у человека полное, т.е. дробится вся зигота, и характеризуется быстро следующими друг за другом митотическими делениями. Образующиеся клетки носят название бластомеры. Интерфаза между делениями очень короткая, поэтому клетки не успевают вырастать до прежних размеров, в результате чего происходит постепенное их уменьшение. С первых делений у человека различают два вида бластомеров. Из поверхно-

стно расположенных, более мелких, быстро дробящихся бластомеров в последствии образуется трофобласт – оболочка, обеспечивающая питание зародыша. Более крупные внутренние бластомеры формируют эмбриобласт, из которого развивается сам зародыш. В результате дробления образуется заполненный жидкостью пузырек – бластоциста (бластула). Она включает в себя трофобласт, окружающий полость с жидкостью, и лежащий в полости зародышевый узелок – эмбриобласт.

На 6–7-е сутки происходит имплантация – внедрение зародыша в стенку матки. Для этого трофобласт выделяет протеолитические ферменты, которые разрушают слизистую оболочку матки. Одновременно с имплантацией начинается гастрюляция – образование двух (состоящего из экто- и энтодермы), а затем трехслойного зародыша (состоящего из экто-, энто- и мезодермы). Из части клеток зародыша формируются зародышевые оболочки.

1. Хорион (ворсинчатая оболочка) – обеспечивает питание и дыхание зародыша.

2. Амнион (водная оболочка) – создает водную среду, необходимую для развития эмбриона, и защищает зародыш от повреждений.

3. Желточный мешок – функционирует только в начале беременности как кроветворный орган.

4. Аллантоис – участвует в установлении связи эмбриона с формирующейся плацентой, а также служит экскреторным органом (первичный мочевой пузырь).

На втором месяце беременности хорион вместе с подлежащей слизистой оболочкой матки образуют плаценту (плацентация). Плацента обеспечивает связь между организмом матери и плодом при внутриутробном развитии. Она осуществляет питание плода, его дыхание и выделение. Питательные вещества и кислород поступают через пуповину, которая соединяет плод с плацентой. Через плаценту проникают не только необходимые организму вещества, но и алкоголь, никотин, наркотики. Их воздействие может привести к формированию у плода врожденных пороков развития. Плацентация совпадает с периодом образование тканей и органов. В этот период появляются зачатки конечностей и основных систем органов, но процесс их роста и становления функций продолжается до родов.

Нормальная беременность продолжается 9 месяцев. Она заканчивается родами в результате сокращений мышц матки. С момента рождения начинается постэмбриональное развитие человека, во время которого организм проходит следующие периоды:

1. Период новорожденности – первый месяц после рождения.
2. Грудной период продолжается в течение первого года жизни, когда ребенок питается молоком матери.
3. Ясельный период – от одного года до трех.
4. Дошкольный – от трех до шести лет.
5. Школьный – от шести до семнадцати – восемнадцати лет. В течение этого периода происходит половое созревание (в возрасте 12–15 лет).
6. Период зрелости – от 18 до 55–60 лет.
7. Пожилой возраст – с 55–60 до 75 лет.
8. Старческий возраст – с 75 лет.

Наиболее интенсивный рост и развитие ребенка отмечаются в грудной период и период полового созревания. В период полового созревания развиваются вторичные половые признаки. В периоде зрелости человек способен к размножению. Период старения характеризуется преобладанием процессов диссимиляции над ассимиляцией, нарушением нормальной работы всех систем органов и завершается смертью.

11.8 Кожа. Строение и функции кожи. Закаливание организма

Кожа образует наружный покров тела человека, площадью 1,5–2 м². В коже выделяют три слоя: эпидермис, дерма, подкожная жировая клетчатка.

Эпидермис – образован многослойным плоским ороговевающим эпителием, в котором выделяют пять слоев:

1. *Базальный слой* располагается на базальной мембране, ограничивающей эпидермис от дермы. Среди основных клеток этого слоя – эпидермоцитов – встречаются клетки, в цитоплазме которых содержится пигмент меланин (меланоциты). Под воздействием солнечного света синтез пигмента усиливается, появляется «загар». Меланин защищает организм от вредного воздействия ультрафиолетовых лучей. От количества пигмента зависит цвет кожи.

2. *Шиповатый слой* состоит из 5–10 рядов клеток, соединенных между собой отростками, имеющими

вид шипов. Клетки базального и шиповатого слоя постоянно размножаются митозом, поэтому эти два слоя объединяют под названием *росткового слоя*.

3.*Зернистый слой* образован 3–4 рядами клеток, содержащими в цитоплазме гранулы белка кератогиалина, который является начальной стадией образования рогового вещества – кератина.

4.*Блестящий слой* определяется только в наиболее толстом эпидермисе ладоней и подошв. Он образован несколькими рядами клеток, ядра в которых разрушены, а цитоплазма пропитана веществом, образовавшимся из кератогиалина.

5.*Роговой слой* состоит из ороговевших клеток (роговых чешуек), содержащих белок кератин. Роговые чешуйки постоянно слущиваются и заменяются новыми за счет размножающихся клеток росткового слоя. Полное обновление всех слоев эпидермиса происходит в течение месяца.

Клетки зернистого, блестящего и рогового слоев часто объединяют под названием *роговой слой*.

Собственнокожа, или дерма, расположена под эпидермисом. В ней выделяют сосочковый и сетчатый слои.

Сосочковый слой образует сосочки, впячивающиеся в эпидермис, и состоит из рыхлой волокнистой соединительной ткани. Соответственно сосочкам на поверхности кожи мы наблюдаем индивидуальный рельефный рисунок. В этом слое находятся многочисленные кровеносные и лимфатические сосуды, нервные волокна и окончания. За счет сосочкового слоя осуществляется питание эпидермиса, в котором нет кровеносных сосудов.

Сетчатый слой образован плотной волокнистой соединительной тканью. Содержит пучки коллагеновых и эластических волокон, которые образуют сеть, обуславливающую прочность и упругость кожи. В сетчатом слое располагаются потовые и сальные железы, а также корни волос.

Подкожная жировая клетчатка представлена жировой соединительной тканью. Она смягчает действие на кожу различных механических факторов, участвует в терморегуляции и содержит запас резервного жира.

В коже различают ряд производных, которые развиваются из эпидермиса, а располагаются в дерме.

1. Ноготь – плотная роговая пластинка, лежащая на ногтевом ложе. Ногтевая пластинка образована плотно прилегающими друг к другу роговыми чешуйками, содержащими кератин.

2. Волосы покрывают почти всю кожу, но наибольшее их количество на голове. Волосы образованы накладывающимися друг на друга кератиновыми чешуйками. Различают три вида волос: *длинные*, к которым относятся волосы головы, бороды, усов; *щети-нистые* – волосы бровей, ресниц; *пушковые*, покрывающие руки, ноги и другие части тела. В волосе различают две части: стержень и корень. Стержень находится над поверхностью кожи. Корень скрыт в толще кожи, он заканчивается расширением – волосяной луковицей, в которую вдается соединительная ткань с сосудами и нервами в виде волосяного сосочка. За счет деления клеток волосяной луковицы происходит рост волоса. Корень волоса располагается в волосяной сумке, в которую открываются протоки сальных желез. К волосяной сумке прикрепляется мышца, поднимающая волос.

3. Сальные железы – железы внешней секреции, их протоки открываются в волосяную сумку. Они выделяют секрет – кожное сало, которое смазывает волосы и кожу, делая их эластичными. За сутки сальные железы человека выделяют около 20 г кожного сала.

4. Потовые железы – трубчатые железы. Состоят из длинного выводного протока, открывающегося на поверхности кожи, и тела (концевого отдела, закрученного в виде клубочка). У человека несколько миллионов потовых желез. Они выделяют секрет – пот, содержащий 98–99% воды, минеральные соли, конечные продукты белкового обмена: мочевины, мочевую кислоту, аммиак и др. Потовые железы в среднем за сутки выделяют 500 см³ пота.

5. Молочные железы являются видоизмененными потовыми железами. Молочные железы развиты у женщин и имеют дольчатое строение. В них вырабатывается молоко.

Функции кожи:

1. Защитная. Кожа предохраняет внутренние органы от механических повреждений, препятствует проникновению микроорганизмов и вредных веществ, образует пигмент меланин, защищающий организм от вредного воздействия ультрафиолетовых лучей.

2. Участие в обмене веществ. Кожа участвует в обмене жиров, воды и минеральных солей, витамина D. Витамин D образуется в коже под действием ультрафиолетовых лучей.

3. Выделительная. Выделение с потом продуктов обмена веществ (воды, минеральных солей, мочевины, мочевой кислоты, аммиака).

4. Участие в терморегуляции. *Терморегуляция* – поддержание постоянной температуры организма (около 36,6°C) за счет усиления или ослабления образования и отдачи тепла. Эти процессы происходят с участием кожи, нервной, эндокринной и других систем органов. Теплоотдача происходит посредством теплоизлучения, теплопроводения и испарения воды с поверхности кожи. Дерма кожи имеет густую сеть кровеносных сосудов. При низкой температуре окружающего воздуха кровеносные сосуды рефлекторно сужаются, в результате уменьшается отдача тепла организмом, при этом рефлекторно увеличивается теплопродукция. И, наоборот, при повышении температуры воздуха происходит расширение кровеносных сосудов кожи, приводящее к увеличению теплоотдачи, при этом рефлекторно уменьшается теплопродукция. Когда температура воздуха выше температуры тела отдача тепла происходит путем потоотделения. На испарение пота затрачивается избыточная энергия. В терморегуляции важную роль также играет подкожная жировая клетчатка, плохо проводящая тепло. Чем она лучше выражена, тем меньше теплоотдача.

5. Рецепторная. В коже расположены осязательные, температурные и болевые рецепторы.

Таблица 21. – Закаливание организма

<i>Принципы закаливания:</i>	<i>Факторы закаливания:</i>	<i>Методы закаливания:</i>
1. Индивидуальность	1. Воздух	1. Воздушные ванны
2. Систематичность	2. Вода	2. Водные процедуры
3. Постепенность	3. Солнечная радиация	3. Солнечные процедуры

Закаливание организма

— комплекс методов, используемых для повышения устойчивости организма к неблагоприятным воздействиям окружающей среды (пониженной или повышенной температуры воздуха и воды, пониженного или повышенного атмосферного давления и др.).

Гигиена кожи

1. Поддержание чистоты кожных покровов. Грязная кожа теряет свои бактерицидные свойства. Накапливающаяся на ней грязь

является благоприятной средой для развития болезнетворных микроорганизмов.

2. Гигиенические требования к одежде. Она должна быть чистой, удобной, проницаемой для воздуха и влаги.

11.9 Выделение. Строение органов мочевыделительной системы.

Выделение – процесс выведения из организма конечных продуктов обмена веществ, избытка воды, солей и чужеродных веществ, попавших в организм.

Потовыми железами из организма выводятся вода, минеральные соли и небольшое количество мочевины, аммиака, мочевой кислоты.

Через слизистую оболочку кишечника из крови удаляются соли тяжелых металлов. Также с калом выводятся небольшое количество воды и непереваренные остатки пищи.

Через легкие с выдыхаемым воздухом выделяются пары воды и углекислый газ.

Почками с мочой из организма выводятся: основное количество воды, избыток солей, мочевина и мочевая кислота.

К органам мочевыделительной системы относят почки, мочеточники, мочевой пузырь и мочеиспускательный канал.

Почки – парный орган бобовидной формы, вырабатывающий мочу. На вогнутом крае почки имеются ворота, через которые проходят кровеносные и лимфатические сосуды, нервы и мочеточник. Почки расположены на задней стенке брюшной полости в поясничной области по бокам от позвоночника. Каждая почка покрыта фиброзной капсулой, снаружи от которой находится жировая ткань (жировая капсула почки), которая предохраняет почку от повреждений.

Внутреннее строение. В почке различают темное корковое и более светлое мозговое вещество. Корковое вещество находится на периферии органа, а под ним располагается мозговое вещество. Мозговое вещество состоит из 15–20 почечных пирамид, разделенных прослойками коркового вещества. Верхушки пирамид, называемые сосочками, направлены в почечную лоханку. Почечная лоханка переходит в мочеточник.

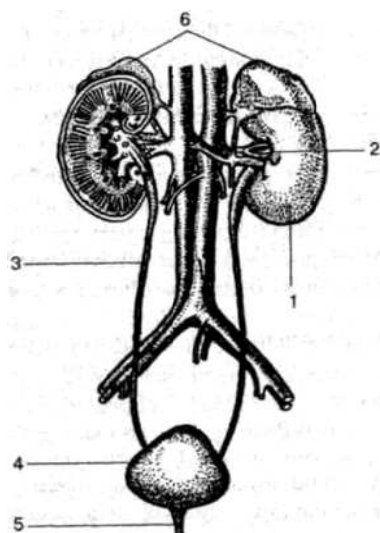


Рисунок 39. – Строение мочевыделительной системы

1 – почка; 2 – ворота почки; 3 – мочеточник; 4 – мочевого пузыря; 5 – мочеиспускательный канал; 6 – надпочечники.

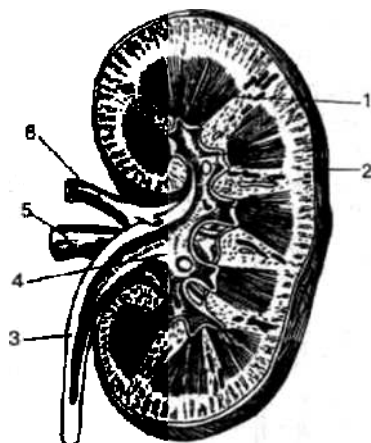


Рисунок 40. – Строение почки

1 – мозговой слой; 2 – корковый слой; 3 – мочеточник;
4 – почечная лоханка; 5 – вена; 6 – артерия.

Основной структурной и функциональной единицей почки является нефрон. У человека в почке их содержится около миллиона. Нефрон включает:

1) почечное тельце, состоящее из капсулы и клубочка кровеносных капилляров;

2) систему канальцев: извитой каналец 1-го порядка (проксимальный каналец); петлю нефрона или петлю Генле; извитой каналец 2-го порядка (дистальный каналец).

Каждый нефрон начинается расположенной в корковом веществе двустенной капсулой (капсулой Боумана-Шумлянского), имеющей форму чаши. Она охватывает клубочек капилляров. Вместе с клубочком капсула образует почечное (мальпигиево) тельце.

Между стенками капсулы имеется узкая полость, от которой начинается почечный каналец. Внутренний листок капсулы образован плоскими эпителиальными клетками, расположенными на тонкой базальной мембране и плотно прилегающими со всех сторон к капиллярам клубочка. Таким образом, кровь, циркулирующая в капиллярах, по существу отделена от полости капсулы лишь тонкой базальной мембраной.

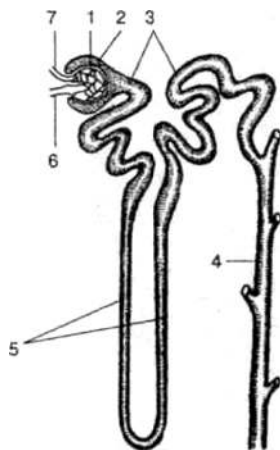


Рисунок 41. – Строение нефрона

1 – сосудистый клубочек; 2 – капсула; 3 – извитые канальцы первого и второго порядка; 4 – собирательная трубочка; 5 – петля Генле; 6 – приносящая артериола; 7 – выносящая артериола.

От полости капсулы отходит извитой каналец 1-го порядка, направляющийся к мозговому слою почки. На границе между корковым и мозговым слоями каналец суживается и выпрямляется, образуя в мозговом веществе петлю Генле, состоящую из нисходящей и восходящей части. Восходящая часть в мозговом слое переходит в извитой каналец 2-го порядка. Извитые канальцы 2-го порядка впадают в собирательные трубочки, которые доходят до вершин пирамид и открываются в лоханку.

Из лоханок моча по мочеточникам поступает в мочевой пузырь, где накапливается. Мочевой пузырь – это полый мышечный орган, стенка которого состоит из трех слоев мышц, при сокращении которых происходит мочеиспускание, и моча через мочеиспускательный канал выводится наружу.

Путь мочи по организму: почки (капсула нефрона → извитой каналец 1-го порядка → петля Генле → извитой каналец 2-го порядка → собирательная трубочка → почечная лоханка) → мочеточники → мочевой пузырь → мочеиспускательный канал.

Особенности кровоснабжения почки. Отходящая от аорты почечная артерия разветвляется и образует приносящие артериолы.

Приносящая артериола входит в капсулу нефрона и распадается на капиллярную сеть, образующую клубочек капилляров. Затем эти капилляры собираются в выносящую артериолу, по которой артериальная кровь оттекает от клубочка. В капиллярах мальпигиева клубочка создается высокое давление крови (70–80 мм ртутного столба). Это обусловлено тем, что почечная артерия отходит непосредственно от брюшной аорты, а диаметр приносящей артериолы клубочка примерно в два раза больше, чем выносящей. Выносящая артериола клубочка вновь разветвляется и образует густую сеть капилляров, оплетающую извитые канальцы 1-го, 2-го порядка и петлю Генле. В этой сети, благодаря газообмену, артериальная кровь превращается в венозную. Венозная кровь поступает и мелкие вены, которые, постепенно сливаясь, образуют почечную вену, которая впадает в нижнюю полую вену.

Образование мочи складывается из трех процессов:

1) фильтрации; 2) реабсорбции; 3) канальцевой секреции.

Фильтрационная фаза. В эту фазу за счет высокого давления крови в капиллярах клубочка происходит фильтрация плазмы из капилляров мальпигиева клубочка в полость капсулы. Плазма фильтруется со всеми растворенными в ней веществами, кроме белков. Органические вещества плазмы с низкой молекулярной массой (глюкоза, аминокислоты, мочевины, мочевая кислота и др.), а также неорганические соли свободно диффундируют в полость капсулы. Таким образом, состав фильтрата тот же, что и плазмы крови, за исключением белков. Этот фильтрат называют первичной мочой. В сутки у человека образуется 150–180 л первичной мочи.

Реабсорбционная фаза. Первичная моча из капсулы поступает в почечные канальцы. Здесь происходит обратное всасывание в кровь воды и необходимых организму веществ (глюкозы, аминокислот и др.), которые содержатся в первичной моче. Из первичной мочи образуется только 1–1,5 л вторичной мочи, в которой концентрируются мочевины, мочевая кислота, аммиак, сульфаты, фосфаты и др.

Фильтрация и реабсорбция – это две основные фазы образования мочи.

Канальцевая секреция. Эпителий почечных канальцев способен, кроме своей основной (реабсорбционной) функции, также секретировать (выделять) некоторые вещества (например, аммиак).

Функции почек:

- выделительная,
- регуляция объема крови, лимфы и тканевой жидкости,
- регуляция кислотно-щелочного равновесия, постоянства осмотического давления и ионного состава жидкостей внутренней среды организма,
- регуляция артериального давления (гормон ангиотензин),
- регуляция кроветворения (выработка гемопоэтинов, которые влияют на красный костный мозг).

Регуляция деятельности почек осуществляется нервно-рефлекторным и гуморальным механизмами.

Нервно-рефлекторная регуляция осуществляется симпатическими и парасимпатическими нервами. Центр мочеиспускания находится в крестцовом отделе спинного мозга.

Гуморальная регуляция деятельности почек осуществляется гормонами. Это происходит в основном под влиянием вазопрессина (антидиуретического гормона), который вырабатывается гипоталамусом, а накапливается в задней доле гипофиза и отсюда поступает в кровь. Вазопрессин приводит к усилению обратного всасывания воды из мочи. При нарушении деятельности гипоталамуса или задней доли гипофиза выделение вазопрессина может прекращаться, вода перестает реабсорбироваться, вследствие чего резко возрастает диурез (до 20–25 л в сутки). Это заболевание называется несахарным диабетом (несахарным мочеизнурением).

На образование мочи оказывают влияние и другие гормоны. Так, адреналин в больших дозах вызывает сужение приносящих сосудов клубочков и тем самым снижает диурез. Гормон щитовидной железы тироксин, наоборот, усиливает диурез, ослабляя реабсорбцию воды в канальцах. Влияют на процессы образования мочи также минералокортикоиды коры надпочечников. Так, альдостерон усиливает реабсорбцию натрия в почечных канальцах.

11.10 Анализаторы и их значение. Строение, функции и гигиена органов слуха. Строение, функции и гигиена органов зрения

Анализатор (сенсорная система) – это система чувствительных нервных образований, воспринимающих и анализирующих различные внешние и внутренние раздражения.

Каждый анализатор состоит из трех отделов.

1. Периферическим отделом анализатора являются рецепторы, которые воспринимают информацию о раздражителях. Рецепторы входят в состав соответствующих органов чувств.

2. Проводниковый отдел анализатора – это чувствительные (афферентные) нейроны и проводящие пути.

3. Центральный отдел составляют участки головного мозга, которые воспринимают и анализируют раздражение.

Основные свойства рецепторов

1. Каждый рецептор приспособлен к *определенному виду раздражителя*. К такому раздражителю рецептор обладает очень высокой чувствительностью.

2. Для каждого рецептора имеется определенный *порог раздражения*, характеризующийся определенной силой и длительностью воздействия раздражителя.

3. *Адаптация рецепторов* (привыкание) проявляется в снижении чувствительности к постоянно или повторно действующим раздражителям: дым, постоянный шум на улице, звуки радио и т. д.

Органы чувств – это органы восприятия раздражений, идущих из окружающей и внутренней среды. К ним относят органы осязания, зрения, слуха, вкуса и обоняния. В органах чувств находятся скопления специфических рецепторов. В рецепторе энергия внешнего возбуждения трансформируется в нервные импульсы, а затем по чувствительным нервным путям эти импульсы поступают в соответствующую зону коры больших полушарий головного мозга, где формируются специфические ощущения. В зависимости от способа взаимодействия с раздражителем различают рецепторы контактные (осязательные, вкусовые) и дистантные (зрительные, слуховые, обонятельные).

Осязание – это восприятие формы, величины, плотности, температуры предметов. Рецепторы осязания расположены в коже, в мышцах, связках. Наиболее богаты рецепторами губы, язык, кончики пальцев. Рецепторы мышечного чувства располагаются в мышцах, связках, на суставных поверхностях. Мышечное чувство позволяет человеку определять положение тела. Импульсы от рецепторов осязания поступают в спинной мозг, а затем по проводящим путям в зону кожно-мышечной чувствительности, которая расположена в постцентральной извилине теменной доли коры больших полушарий.

Орган вкуса. Это орган, обеспечивающий восприятие вкуса пищи. Рецепторы вкуса представлены совокупностью вкусовых лукович (почек), расположенных в многослойном эпителии сосочков языка. Вкусовые луковичи могут располагаться и на других органах: губах, наружной и внутренней поверхности надгортанника, голосовых связках. У человека насчитывается около 2000 вкусовых лукович. Рецепторы, специфичные к восприятию сладкого, расположены на кончике языка, горького – на корне языка, кислого и соленого – на боковых его поверхностях. Возбуждение от вкусовых лукович передается в виде сигналов по нервным путям в центральный отдел вкусового анализатора. Центральный отдел вкусового анализатора расположен в коре больших полушарий.

Орган обоняния. Это орган, обеспечивающий восприятие запахов. Обонятельные рецепторы расположены в слизистой оболочке верхней и средней носовых раковин. У человека в органе обоняния насчитывается до 40 млн рецепторных клеток. При вдохе молекулы пахучих веществ оседают на обонятельном эпителии, растворяются в слизи и раздражают реснички рецепторных клеток. Импульсы от обонятельных рецепторов поступают по обонятельному нерву в обонятельную зону коры больших полушарий.

Органом зрения является глаз. Он находится в углублении лицевой части черепа – глазнице. Свет, возбуждая рецепторный аппарат глаза, вызывает зрительные ощущения.

Строение глаза. Глаз состоит из глазного яблока и вспомогательного аппарата. Вспомогательные образования выполняют защитно-приспособительную роль. К ним относятся глазные мышцы (по шесть для каждого глаза), веки, брови, ресницы и слезные железы. Основу век составляет плотная соединительнотканная пластинка, снаружи покрытая кожей, а изнутри – конъюнктивой (слизистой оболочкой). Конъюнктива с век переходит на переднюю поверхность глазного яблока. Она покрыта многослойным плоским эпителием. При сомкнутых веках образуется узкое пространство между конъюнктивой век и конъюнктивой глазного яблока – конъюнктивальный мешок. При закрывании и открывании век наружная часть роговицы увлажняется и очищается. Слезная железа располагается у наружного края глазницы. Ее протоки открываются в конъюнктивальный мешок, который переходит в носослезный канал. Слезная жидкость не только увлажняет поверхность глазного яблока, но и убивает попавшие бактерии, так как содержит бакте-

рицидное вещество – лизоцим. По носослезному каналу избыток слезной жидкости выводится в носовую полость.

В стенке глазного яблока различают три оболочки:

- 1) наружная – фиброзная,
- 2) средняя – сосудистая,
- 3) внутренняя – сетчатая.

В фиброзной оболочке различают непрозрачную часть – *склеру* и прозрачную часть – *роговицу*. *Склера* представляет собой непрозрачную соединительнотканную капсулу, защищающую внутреннюю структуру и помогающую глазу сохранять свою форму. На передней поверхности глаза склера переходит в прозрачную *роговицу*, через которую проникает свет в глаз.

Средняя оболочка называется *сосудистой* (богата сосудами).

В ней различают три отдела:

- 1) собственно сосудистая оболочка;
- 2) ресничное тело;
- 3) радужная оболочка (радужка).

Собственно сосудистая оболочка – это задняя часть средней оболочки. Она содержит пигментный слой, который поглощает свет.

В ресничном теле различают наружный отдел, образованный ресничной мышцей, и внутренний отдел, образованный отростками, которые окружают хрусталик.

Радужная оболочка содержит пигмент меланин, обуславливающий цвет глаз. У альбиносов глаза красные, поскольку нет пигмента, и просвечиваются кровеносные сосуды. Радужка представляет собой пластинку с отверстием в центре – зрачком. Вблизи зрачкового края радужной оболочки в этом слое располагаются мышцы, суживающие (кольцевые) и расширяющие (радиальные) зрачок.

За радужкой располагается хрусталик, прикрепленный к отросткам ресничной мышцы с помощью *цинновой связки*. Хрусталик располагается сразу позади зрачка и преломляет входящие в глаз лучи света, фокусируя их на сетчатке. Кривизна хрусталика изменяется с помощью ресничной мышцы.

Между роговицей и радужной оболочкой глаза располагается передняя камера глаза, сообщаемая через зрачок с задней камерой глаза. Задняя камера глаза расположена между задней поверхностью радужной оболочки и хрусталиком. Камеры глаза заполне-

ны жидкостью – водянистой влагой. Пространство за хрусталиком до сетчатки заполнено желатиноподобной массой – стекловидным телом.

Внутренняя *сетчатая оболочка* (сетчатка) состоит из двух листов: наружного, содержащего пигмент, и внутреннего, который представляет собой светочувствительный слой, связанный со зрительным нервом. В светочувствительном слое сетчатки присутствует множество рецепторных клеток, называемых палочками и колбочками. В глазу всего около 125 млн. палочек и 6–7 млн колбочек. На месте выхода зрительного нерва из глазного яблока нет ни палочек, ни колбочек. Поэтому это место не воспринимает свет, и его называют слепым пятном. В середине сетчатки (на прямой линии, проходящей через центры роговицы и хрусталика) находится область наибольшей остроты зрения – желтое пятно. Здесь сосредоточены колбочки, ответственные за цветовое зрение. Существует три различных типа колбочек – для красного, зеленого и синего цвета. Палочки являются рецепторами, ответственными за «сумеречное» зрение. По направлению к периферии сетчатки число колбочек уменьшается, а палочек, отсутствующих в центре, увеличивается.

Палочки содержат светочувствительный пигмент *родопсин*. Синтез родопсина нарушается при недостатке витамина А, что приводит к резкому ухудшению сумеречного зрения – «куриной слепоте». Колбочки содержат светочувствительный пигмент *иодопсин*.

Глаз состоит из двух основных систем:

- 1) оптической системы светопреломляющих сред; в преломлении лучей участвуют роговица, водянистая влага камер глаза, хрусталик и стекловидное тело;
- 2) рецепторной системы сетчатки; к рецепторной системе относятся светочувствительные клетки: колбочки и палочки, связанные с нейронами коры головного мозга.

Путь прохождения света в глазу:

Роговица → передняя камера глаза → зрачок → задняя камера глаза → хрусталик → стекловидное тело → сетчатка.

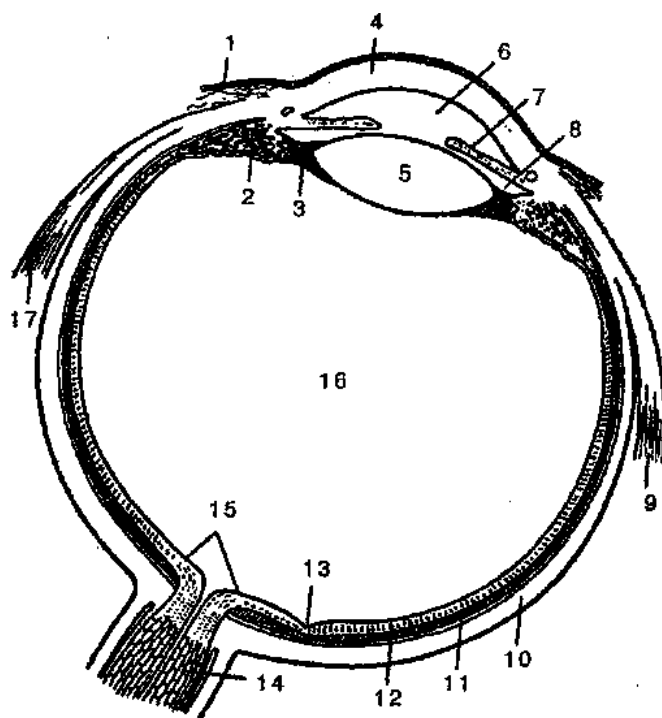


Рисунок 42. – Горизонтальный разрез глазного яблока

1 – конъюнктива; 2 – реснитчатое тело; 3 – связка, с помощью которой хрусталик прикреплен к реснитчатому телу; 4 – роговица; 5 – хрусталик; 6 – передняя камера глаза; 7 – радужная оболочка; 8 – задняя камера глаза; 9, 17 – мышца глазного яблока; 10 – склера; 11 – собственно сосудистая оболочка; 12 – сетчатая оболочка; 13 – желтое пятно; 14 – зрительный нерв; 15 – диск зрительного нерва; 16 – стекловидное тело

Аккомодация глаза. Аккомодация – это способность глаза видеть предметы, находящиеся от него на разных расстояниях. Она осуществляется за счет изменения кривизны хрусталика. При переводе взгляда с близко расположенных предметов на предметы расположенные вдаль кривизна хрусталика изменяется от более выпуклой до более плоской.

Световая чувствительность. Минимальное количество световой энергии, достаточное для возникновения светового ощущения, определяет абсолютную чувствительность глаза. Глаз человека максимально чувствителен к желто-зеленой части спектра.

Адаптация. Адаптация – это приспособление глаза к видению при разных уровнях освещенности, обусловленное наличием двух типов фоторецепторов – колбочек и палочек.

Бинокулярное зрение. Зрение человека осуществляется двумя глазами, бинокулярно, что позволяет видеть окружающий мир объемным и обеспечивает пространственную ориентацию.

Острота зрения. Острота зрения – это способность глаза различать две близко расположенные точки.

Рефракция глаза и ее нарушения. Рефракция – преломляющая способность глаза, которая зависит от двух основных факторов: от оптической силы преломляющих сред глаза и размеров (длины) глазного яблока. В норме параллельные лучи света, проникающие в глаз, преломляясь оптической системой глаз, сходятся в фокус на сетчатке, и на ней получается четкое уменьшенное перевернутое изображение рассматриваемого предмета.

Существуют следующие отклонения рефракции глаза от нормы: близорукость, дальнозоркость и астигматизм.

Если параллельные лучи света, преломляясь оптической системой глаза, сходятся в фокус не на сетчатке, а перед ней, на сетчатку падает пучок расходящихся лучей и изображение предметов становится расплывчатым; такой вид рефракции носит название *близорукость*. Близорукость может возникать, если сетчатка расположена дальше фокусного расстояния хрусталика (удлиненная продольная ось глаза). Для коррекции близорукости используются очки с двояковогнутыми (рассеивающими) линзами.

Если же фокус оптической системы глаза лежит позади сетчатки, и на ней при этом также получается нечеткое изображение предмета, то такой вид рефракции носит название *дальнозоркость*. Дальнозоркость может возникнуть, если сетчатка расположена слишком близко к хрусталику и фокусировка хороша только при рассматривании далеко расположенных предметов (укороченная продольная ось глаза). Для коррекции дальнозоркости используются очки с двояковыпуклыми (собирающими) линзами.

Астигматизм вызван невозможностью схождения всех лучей в одну точку вследствие неодинакового преломления лучей в разных меридианах глаза. Астигматизм зависит от различной кривизны роговицы и хрусталика в различных меридианах глаза.

Орган слуха. Орган слуха воспринимает механическую энергию колебаний воздуха. Он состоит из трех частей: наружного, среднего и внутреннего уха.

Наружное ухо. Оно представлено ушной раковиной и наружным слуховым проходом. Ушная раковина образована эластическим хрящом, покрытым кожей. Наружный слуховой проход выстлан кожей, в которой расположены волоски и серные железы (видоизмененные потовые), выделяющие ушную серу. Сера и волоски имеют защитное значение, так как препятствуют попаданию в глубокие части наружного слухового прохода инородных тел. На гра-

нице между наружным и средним ухом натянута барабанная перепонка. Барабанная перепонка представляет собой соединительно-тканную пластинку овальной формы, наружная сторона которой покрыта эпидермисом.

Среднее ухо. Представлено барабанной полостью, наружной стенкой которой является барабанная перепонка. В среднем ухе расположены три слуховые косточки: *молоточек, наковальня и стремечко*. Молоточек соединен рукояткой с барабанной перепонкой, а другой стороной с наковальней. В свою очередь, длинный отросток наковальни соединен со стремечком, входящим в овальное окно. Стремечко соединяется с мембраной овального окна. Кроме овального окна, на внутренней стенке барабанной полости имеется круглое окно.

Барабанная полость через отверстие в передней стенке сообщается посредством евстахиевой (слуховой) трубы с носоглоткой. При глотании выравнивается давление в среднем ухе с наружным атмосферным давлением, что обеспечивает одинаковое давление воздуха по обе стороны барабанной перепонки.

Внутреннее ухо. Включает костный лабиринт, который расположен в височной кости. Костный лабиринт состоит из трех отделов: *преддверия, улитки и трех полукружных каналов*. Внутри костного лабиринта находится перепончатый лабиринт, повторяющий форму костного лабиринта. Между костным и перепончатым лабиринтом имеется пространство, заполненное жидкостью – *перилимфой*. Перепончатый лабиринт также заполнен жидкостью – эндолимфой. Преддверие занимает центральное положение. Оно сообщается с полукружными каналами и с улиткой. Улитка – это костный канал, который у человека делает 2 и $\frac{3}{4}$ оборота вокруг своей оси. Перепончатый лабиринт улитки отделен от костного двумя мембранами: вестибулярной и основной. Эти мембраны делят костный лабиринт на три хода (канала). Верхний канал носит название вестибулярной лестницы. Он начинается от овального окна и продолжается до вершины улитки, где через отверстие сообщается с нижним каналом, называемым барабанной лестницей, заканчивающейся в области круглого окна. Оба эти канала заполнены перилимфой и отделены от воздушной полости среднего уха мембранами овального и круглого окон. Колебания мембраны овального окна, прошедшие по ходам улитки, доходят до круглого окна, выпячивая его перепонку в полость среднего уха. Если бы круглого

окна не было, то колебания были бы невозможны вследствие несжимаемости жидкости.

Между верхним и нижним каналом находится перепончатый лабиринт. Внутри него на основной мембране располагается звуковоспринимающий аппарат – кортиев орган. Он состоит из 3–4 рядов рецепторных (волосковых) клеток. Волосковые клетки тянутся рядами вдоль завитков улитки по всей ее длине. Рецепторные клетки одним концом фиксированы на основной мембране, а на втором ее полюсе находятся в волоски, которые омываются эндолимфой. Над волосковыми клетками расположена подвижная покровная мембрана, один конец которой свободный, другой — прикреплен к основной мембране.

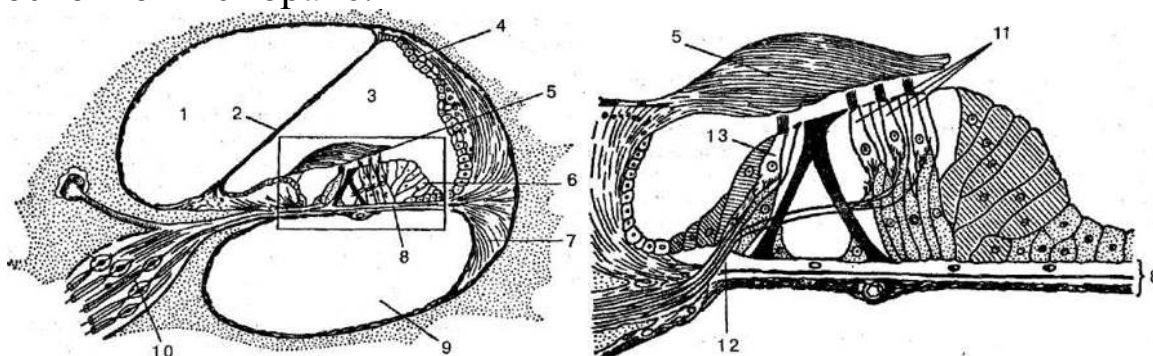


Рисунок 43. – Поперечный разрез улитки

1 – лестница преддверия; 2 – вестибулярная мембрана; 3 – проток улитки; 4 – эпителий; 5 – покровная мембрана; 6 – спиральный (кортиев) орган; 7 – спиральная связка; 8 – основная мембрана; 9 – барабанная лестница; 10 – спиральный ганглий; 11 – наружные волосковые клетки; 12 – нервные волокна, подходящие к волосковым клеткам; 13 – внутренние волосковые клетки.

Передача и восприятие звуковых колебаний. Ушная раковина улавливает звуки и направляет их в наружный слуховой проход. Звуковые волны вызывают колебания барабанной перепонки. Они передаются слуховым косточкам – молоточку, наковальне и стремечку, а через мембрану овального окна распространяются на перилимфу верхнего (вестибулярной лестницы) и нижнего (барабанной лестницы) канала. Колебания перилимфы передаются эндолимфе перепончатого лабиринта (через вестибулярную мембрану). Эти колебания приводят в движение основную мембрану, на которой расположен кортиев орган. При этом волоски рецепторных клеток касаются покровной мембраны. В рецепторных клетках возникает возбуждение, которое по волокнам слухового нерва переда-

ется в слуховую зону височной доли коры больших полушарий, где нервные импульсы трансформируются в слуховые ощущения.

Ушная раковина → наружный слуховой проход → барабанная перепонка → молоточек → наковальня → стремечко → мембрана овального окна → перилимфа → эндолимфа → волосковые клетки кортиева органа.

Орган равновесия (вестибулярный аппарат) является органом восприятия положения тела и сохранения равновесия. Любое изменение положения и движения тела в пространстве вызывает раздражение рецепторов вестибулярного аппарата, в результате чего возникают рефлексы, обеспечивающие сокращения скелетных мышц для сохранения равновесия.

Вестибулярный аппарат включает *преддверие костного лабиринта и три полукружных канала*, расположенных в трех взаимно перпендикулярных плоскостях.

11.11 Дыхание. Значение дыхания

Дыхание – это процесс, обеспечивающий доставку кислорода к клеткам органов, использование его в процессе метаболизма и удаление из организма углекислого газа.

Различают:

1. Внешнее (легочное) дыхание – это газообмен между организмом и воздухом.

2. Транспорт газов кровью – это перенос кислорода из легких к органам и углекислого газа от органов к легким.

3. Внутреннее (тканевое или клеточное) дыхание – это потребление O_2 митохондриями при аэробном окислении и высвобождение CO_2 из клетки.

Органы дыхания, их строение и функции. Голосовой аппарат

К дыхательной системе относят легкие и дыхательные пути.

Путь воздуха при вдохе: ноздри → носовая полость → глотка (носоглотка → ротоглотка) → гортань → трахея → бронхи → бронхиолы → альвеолы.

Дыхательные пути представлены носовой полостью, глоткой, гортанью, трахеей и бронхами.

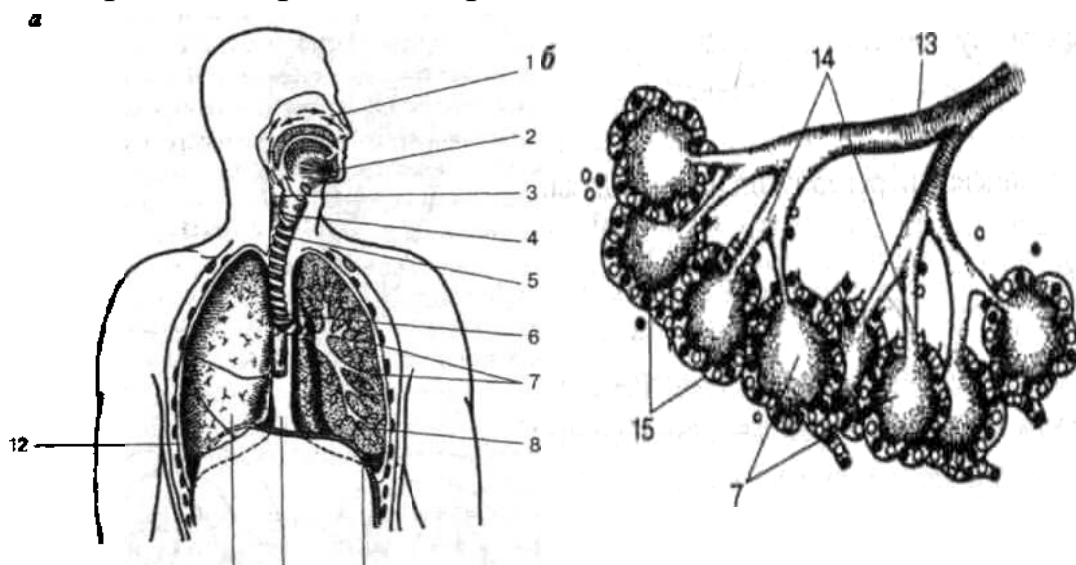


Рисунок 44. – Схема дыхательной системы человека:

а – общий план строения; б – строение альвеол

1 – носовая полость; 2 – надгортанник; 3 – глотка; 4 – гортань; 5 – трахея;
6 – бронх; 7 – альвеолы; 8 – левое легкое (в разрезе); 9 – диафрагма; 10 – область, занимаемая сердцем; 11 – правое легкое (наружная поверхность);
12 – плевральная полость; 13 – бронхиола; 14 – альвеолярные ходы;
15 – капилляры.

Носовая полость разделена костно-хрящевой перегородкой на две половины. В каждой из них имеются по три носовые раковины – верхняя, средняя и нижняя, которые образуют три носовых хода. В нижний носовой ход открывается носослезный канал, по которому выводится избыток слезы. Носовая полость через хоаны (внутренние отверстия) сообщается с носоглоткой. Слизистая оболочка носа выслана мерцательным эпителием, содержит слизистые железы, богата кровеносными сосудами.

Функции носовой полости:

- 1) очищение вдыхаемого воздуха от пыли (мерцательный эпителий);
- 2) увлажнение воздуха (слизистые железы);
- 3) согревание воздуха (кровеносные сосуды);
- 4) рецепторная (обонятельные рецепторы в слизистой оболочке верхнего носового хода).

При раздражении рецепторов носовой полости возникает чихание (защитный рефлекс за который отвечает продолговатый мозг).

Из полости носа вдыхаемый воздух через хоаны попадает в носоглотку. Далее воздух идет в ротоглотку, в которой перекрещиваются дыхательные и пищеварительные пути, а затем в гортань.

Гортань располагается на передней поверхности шеи. Изнутри полость гортани покрыта слизистой оболочкой. Слизистая выстлана мерцательным эпителием (за исключением поверхности голосовых связок и надгортанника). В состав гортани входят девять хрящей (три непарные и три парные). К непарным относятся: щитовидный, перстневидный и надгортанный хрящи, к парным: черпаловидные, рожковидные и клиновидные хрящи. Наиболее крупный хрящ гортани – щитовидный. Надгортанный хрящ (надгортаник) отделяет гортань от ротоглотки и закрывает вход в гортань в момент глотания.

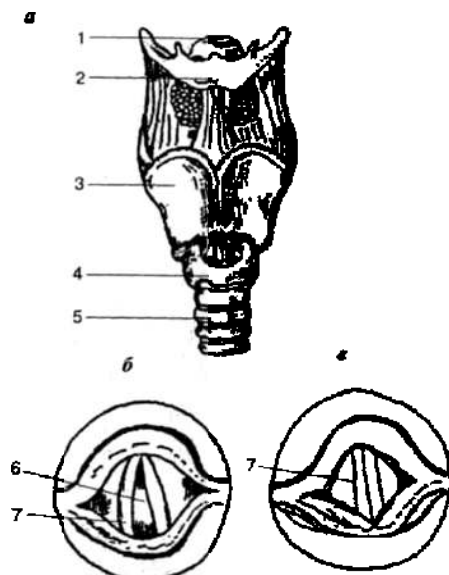


Рисунок 45. – Строение гортани (а) и положение голосовых связок при вдохе (б) и речи (в):

- 1 – надгортанник; 2 – подъязычная кость; 3 – щитовидный хрящ; 4 – хрящ перстневидный; 5 – кольца трахеи; 6 – голосовая щель; 7 – голосовые связки.

В средней части гортани расположены голосовые связки, которые служат для образования звука. Голосовые связки натянуты между щитовидным и черпаловидными хрящами. Пространство между связками – голосовая щель. При сокращении мышц гортани изменяется натяжение голосовых связок. Вследствие этого меняется ширина голосовой щели (щель широкая, если человек молчит, и она сужается при разговоре). Выдыхаемый воздух вызывает колебания голосовых связок, в результате чего появляются звуки. Высота звука зависит от длины связок: чем они длиннее, тем ниже го-

лос (меньше частота колебаний связок). У мужчин голосовые связки длиннее, чем у женщин, поэтому мужской голос более низкий. В образовании звуков также принимают участие язык, губы, полость рта и носа. Внизу гортань переходит в трахею (дыхательное горло).

Трахея представляет собой трубку длиной 10–15 см. Внутренняя поверхность трахеи покрыта слизистой оболочкой, которая выстлана мерцательным эпителием. В стенке трахеи расположены хрящевые полукольца (16–20), которые не дают трахее спадаться. Полукольца сзади соединены соединительно-тканной перепонкой. Это необходимо для того, чтобы трахея не мешала прохождению пищи по пищеводу, который расположен позади нее. На уровне 4–5-го грудных позвонков трахея делится (бифуркация трахеи) на два главных бронха: правый и левый, которые входят в легкие.

Главные бронхи входят в ворота легкого и делятся на бронхи II порядка, которые разветвляются и дают начало бронхам III порядка и т.д. Бронхи переходят в бронхиолы. Образуется бронхиальное дерево. Крупные бронхи по строению напоминают трахею, только вместо хрящевых полуколец в них находятся хрящевые кольца. В мелких бронхах и бронхиолах хрящи исчезают.

Легкие. Правое и левое легкие располагаются в грудной полости по бокам от средостения. Средостение – это центральная часть грудной клетки, в которой расположены сердце, пищевод, дуга аорты, нервы. Легкие делятся щелями на доли. В правом различают три доли, в левом – две.

Снаружи легкие окружены легочной плеврой. Грудная полость выстлана пристеночной плеврой. Между легочной и пристеночной плеврой имеется щелевидное пространство, которое называется плевральной полостью. Эта полость содержит небольшое количество жидкости, уменьшающей трение между листками плевы. Легкие постоянно находятся в растянутом состоянии, так как давление в плевральной полости всегда чуть ниже атмосферного, поэтому его называют отрицательным. Атмосферный воздух, растягивая легкие, прижимает их к грудной стенке.

Единицей легкого является ацинус. Ацинус начинается бронхиолами, переходящими в альвеолярные ходы, которые заканчиваются альвеолярными мешочками. Стенки альвеолярных ходов и мешочков образованы альвеолами. Стенки альвеол состоят из одного слоя эпителиальных клеток (плоский эпителий). Снаружи альвеолы окружены сетью кровеносных капилляров. Изнутри альвеолы

высланы особым липопротеидом – сурфактантом. Сурфактант обеспечивает поддержание поверхностного натяжения альвеол, благодаря чему даже при самом глубоком выдохе альвеолы не спадаются.

Механизм дыхательных движений

Вентиляция легких обеспечивается дыхательными движениями (чередованием вдоха и выдоха).

Акт вдоха обеспечивается сокращением наружных межреберных мышц и диафрагмы. Наружные межреберные мышцы, сокращаясь, приподнимают ребра. Одновременно сокращается диафрагма, при этом меняется ее форма: из куполообразной она становится плоской. За счет этих процессов увеличивается объем грудной полости.

Поступление воздуха в легкие является пассивным процессом и обусловлено разностью его давления в легких и окружающей среде. При вдохе объем грудной полости увеличивается, давление в плевральной полости понижается. Вследствие этого легкие растягиваются. Разность давлений воздуха приводит к движению воздуха из окружающей среды в легкие – происходит вдох.

Выдох при спокойном дыхании происходит пассивно. Он начинается с расслабления наружных межреберных мышц и диафрагмы. Вследствие этого ребра опускаются, диафрагма становится куполообразной, и объем грудной клетки уменьшается.

Уменьшение объема грудной полости приводит к повышению давления в плевральной полости. В результате этого объем легких уменьшается, давление воздуха в них становится выше атмосферного и воздух удаляется в окружающую среду.

При физической нагрузке выдох становится активным за счет сокращения внутренних межреберных мышц и мышц брюшного пресса.

Частота дыхательных движений у взрослого человека в среднем равна 15 в минуту. При физической нагрузке она может увеличиваться в 2–3 раза.

При проникающих ранениях грудной полости может произойти повреждение плевры и воздух попадет в плевральную полость, в результате чего легкое спадается. Это явление получило название пневмоторакс.

Жизненная емкость легких

Весь воздух, находящийся в легких после максимального вдоха, составляет общую емкость легких. У взрослого человека это около 4000–6000 мл (4–6 л). Общая емкость легких состоит из жизненной емкости легких (3000–4500 мл) и остаточного объема воздуха (1000–1500 мл).

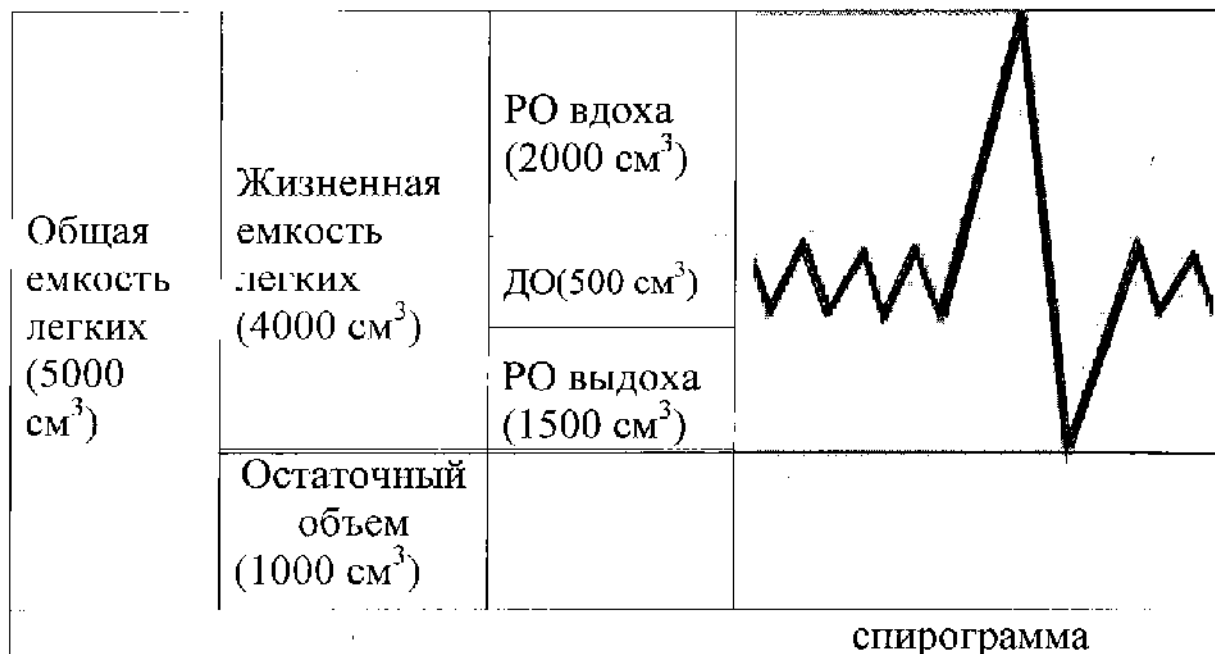


Рисунок 46. – Спирограмма.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) представляет собой то количество воздуха, которое можно выдохнуть после максимального вдоха. ЖЕЛ составляют три легочных объема:

- 1) дыхательный объем – это количество воздуха, которое вдыхается и выдыхается при каждом обычном спокойном вдохе (около 500 мл);
- 2) резервный объем вдоха – это количество воздуха, которое можно дополнительно вдохнуть после обычного вдоха (около 2000 мл);
- 3) резервный объем выдоха – это количество воздуха, которое можно дополнительно выдохнуть при максимальном выдохе после обычного выдоха (около 1500 мл).

Остаточный объем воздуха – это тот воздух, который остается в легких после максимального выдоха. Остаточный объем воздуха не дает легким спадаться.

Таблица 22. – Емкость легких

<i>Общая емкость легких (5000 см³)</i>			
Жизненная емкость легких (4000 см ³)			Остаточный объем (1000 см ³)
резервный объем вдоха (2000 см ³)	дыхательный объем (500 см ³) ДО	резервный объем выдоха (1500 см ³)	

Прибор, с помощью которого осуществляют измерение жизненной емкости легких, называется спирометром.

Газообмен в легких и тканях

Газообмен происходит вследствие диффузии газов.

Газообмен в легких. Концентрация кислорода в альвеолах выше, чем в крови легочных капилляров. Поэтому кислород перемещается из альвеол в капилляры. Концентрация углекислого газа выше в крови, чем в альвеолах, поэтому он движется из капилляров в альвеолы.

Кислород от легких к органам, а углекислый газ от органов к легким переносится кровью. Основная масса кислорода переносится гемоглобином (Hb). Гемоглобин образует с кислородом непрочное соединение – оксигемоглобин. Одна молекула гемоглобина присоединяет 4 молекулы кислорода: $Hb + 4O_2 \rightarrow HbO_8$. В этой форме он транспортируется тканям. В тканях за счет разности парциального давления оксигемоглобин легко отдает кислород и превращается в восстановленный гемоглобин. Концентрация кислорода в артериальной крови выше, чем в клетках тканей. Поэтому кислород перемещается из крови в ткани. Концентрация углекислого газа выше в тканях, чем в крови капилляров, поэтому он движется из тканей в капилляры. Кровь обогащается CO_2 и становится венозной.

Углекислый газ, поступающий в кровь из тканей, переносится кровью в виде карбогемоглобина (CO_2 соединенный с гемоглобином), в виде соли угольной кислоты (бикарбоната натрия) и свободно (в растворенном состоянии).

Таблица 23. – Содержание газов во вдыхаемом, выдыхаемом и альвеолярном воздухе

Содержание газов %	Воздух		
	вдыхаемый	выдыхаемый	альвеолярный
Кислород	21	16	14
Углекислый газ	0,03	4	6
Азот	79	79	79

Нервная и гуморальная регуляция дыхания. Регуляция дыхания осуществляется рефлекторным и гуморальным путями. Эти механизмы обеспечивают ритмический характер дыхания, изменение его частоты и глубины, приспособлявая организм к различным условиям окружающей среды.

Нервная регуляция. Дыхательный центр расположен в продолговатом мозге. Он состоит из центра вдоха и центра выдоха. Дыхательному центру характерна автоматия, т.е. он способен ритмически генерировать нервные импульсы.

При вдохе альвеолы растягиваются, при этом возбуждаются механорецепторы легких. Импульсы от этих рецепторов идут по чувствительным нервам к нейронам центра выдоха. Возникшее возбуждение центра выдоха тормозит центр вдоха, вследствие чего нервные импульсы к дыхательным мышцам блокируются. В результате дыхательные мышцы расслабляются, а легкие спадаются – происходит выдох. Благодаря этому возбуждение механорецепторов, подающих импульсы в центр выдоха, прекращается. Возбуждаются нейроны центра вдоха. Сокращаются дыхательные мышцы. Это ведет к новому вдоху.

Гуморальная регуляция. Увеличение концентрации в крови CO_2 раздражает хеморецепторы, расположенные в крупных артериях и сосудах продолговатого мозга, и вызывает возбуждение дыхательного центра, дыхание при этом становится чаще и глубже. Недостаток O_2 в крови, омывающей нейроны дыхательного центра, также приводит к учащению дыхания.

Гигиена дыхания

1. Дыхание через нос. 2. Проветривание помещений. 3. Прогулки на свежем воздухе. 4. Отказ от курения.

11.12 Опорно-двигательная система.

Значение опорно-двигательной системы. Опорно-двигательная система состоит из скелета и мышц. Скелет (кости) и его соединения (суставы, связки) – это пассивная часть, а мышцы – активная часть опорно-двигательной системы.

Функции:

- двигательная – перемещение тела или его частей в пространстве;
- опорная – опора для внутренних органов;

– защитная – образование полостей для защиты жизненно важных органов (череп, грудная клетка);

– участие в обмене веществ – костная ткань участвует в минеральном обмене;

– кроветворная – в костях расположен красный костный мозг.

Скелет определяет форму тела, к нему прикрепляются мышцы.

Состав, строение и рост костей

Скелет образован двумя разновидностями соединительной ткани – костной и хрящевой.

В состав костной ткани входят клетки и межклеточное вещество. Межклеточное вещество образовано органическими (оссеин, коллаген и др.) и неорганическими веществами (вода и соли: карбонаты и фосфаты кальция). Органические вещества придают кости гибкость и упругость, а неорганические – твердость. С возрастом количество неорганических веществ возрастает, поэтому кости становятся более ломкими. Различают три типа клеток костной ткани: остециты (основные клетки костной ткани, обеспечивающие поддержание ее структуры, образование межклеточного вещества и выполнение основных функций), остеобласты (обеспечивают рост и регенерацию костной ткани, в большом количестве содержатся во внутреннем слое надкостницы) и остеокласты (разрушают костную ткань).

По форме кости подразделяют на группы:

– Трубчатые кости. Различают длинные (кости плеча, предплечья, бедра, голени) и короткие (пястные, плюсневые) трубчатые кости. Как рычаги обеспечивают перемещение тела в пространстве.

– Плоские кости (кости крыши черепа, лопатки, тазовые кости). Участвуют в образовании полостей.

– Губчатые кости (кости запястья). Образованы губчатым веществом, которое покрыто тонким слоем компактного.

– Смешанные кости (позвонки, клиновидная, височная кости). Включают в себя несколько частей, имеющих различное строение.

Внешнее строение трубчатой кости.

Удлиненная средняя часть кости – тело (диафиз), утолщенные концы – эпифизы. Эпифизы покрыты суставным хрящом. Рост кости в длину происходит за счет хряща, который расположен между диафизом и эпифизом. У взрослых людей хрящ этот замещается костной тканью.

На продольном распиле видно, что снаружи кости покрыты плотной оболочкой – надкостницей, через мелкие отверстия которой проходят кровеносные сосуды, питающие кость. Благодаря надкостнице, обеспечивается рост костей в толщину и срастание костей при переломе. За надкостницей расположено плотное компактное костное вещество, а под ним – губчатое. Костное вещество состоит из костных пластинок, образованных остеócитами и выделяемым ими межклеточным веществом, пропитанным солями кальция. В компактном костном веществе пластинки образуют остеоны – вставленные друг в друга цилиндры, в центре которых проходят кровеносный сосуд и нерв. Из костных пластинок построены костные перекладины или балки. В компактном костном веществе перекладины плотно прилежат к другу. В губчатом костном веществе перекладины располагаются рыхло, а в ячейках между ними находится красный костный мозг. Длинные трубчатые кости внутри имеют полость, заполненную желтым костным мозгом.

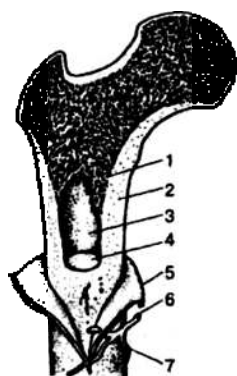


Рисунок 47. – Схема строения трубчатой кости

- 1 – губчатое вещество;
- 2 – компактное вещество;
- 3 – костно-мозговая полость;
- 4 – костный мозг;
- 5 – надкостница;
- 6 – кровеносный сосуд;
- 7 – питательное отверстие.

Соединения костей: *неподвижные, полуподвижные, суставы*. Соединение костей в скелете подразделяется на три типа: неподвижное, полуподвижное и подвижное.

Способы неподвижного соединения костей:

1) сращение костей (тазовая кость – сращение подвздошной, седалищной и лобковой костей; крестец – сращенные крестцовые позвонки; копчик – сращенные копчиковые позвонки);

2) швы (кости мозгового черепа).

Полуподвижное соединение обеспечивается хрящами (соединение позвонков шейного, грудного и поясничного отделов или ребер с грудиной).

Подвижное соединение или суставы. Каждый сустав состоит из суставных поверхностей, суставной сумки и суставной полости, в которой находится жидкость. Суставные поверхности покрыты

гладким гиалиновым хрящом. Суставная жидкость уменьшает трение костей при движении. Суставы укреплены связками.

Классификация суставов по осям движения:

- одноосный (голеностопный, межфаланговые);
- двуосный (лучезапястный);
- трехосный или многоосный (плечевой, тазобедренный).

Классификация суставов по форме сочленяющихся поверхностей:

- цилиндрический (лучелоктевой) – одноосный;
- блоковидный (голеностопный) – одноосный;
- эллипсовидный (лучезапястный) – двуосный;
- плоский (запястно-пястный) – многоосный;
- шаровидный (плечевой) – многоосный.

Строение скелета человека и его особенности. В организме человека насчитывается более 200 костей, образующих скелет: 1) головы (череп), 2) туловища, 3) верхних и нижних конечностей и их поясов.

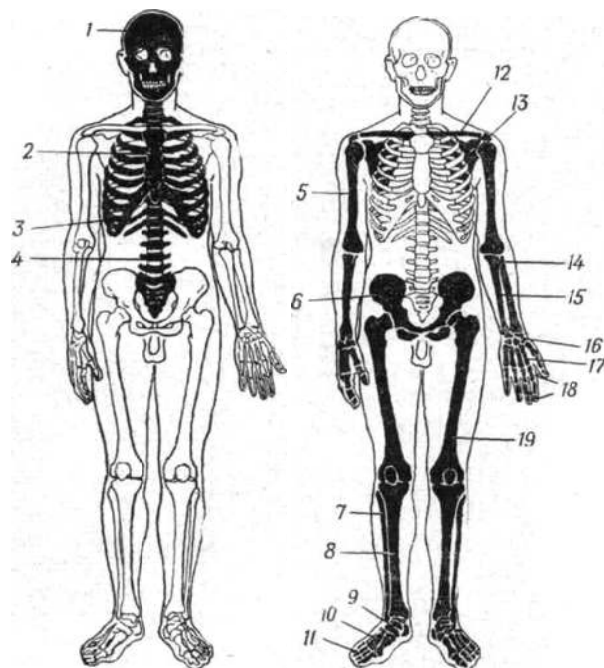


Рисунок 48. – Схема строения человеческого скелета

А. – Кости осевого скелета.

Б. – Кости скелета конечностей и их поясов.

1 – череп; 2 – грудина, 3 – ребра; 4 – позвонки; 5 – плечевая кость; 6 – тазовый пояс; 7 – малая берцовая кость, 8 – большая берцовая кость, 9 – кости предплюсны; 10 – плюсневые кости; 11 – фаланги пальцев; 12 – ключица; 13 – лопатка; 14 – лучевая кость, 15 – локтевая кость; 16 – кости запястья; 17 – пястные кости, 18 – фаланги пальцев; 19 – бедренная кость.

Череп состоит из мозгового и лицевого отделов. Мозговой отдел защищает головной мозг от повреждений. Кости мозгового отдела (восемь):

1) четыре непарные – лобная, затылочная, клиновидная и решетчатая;

2) две парные – теменные и височные.

Кости лицевого отдела (всего пятнадцать):

1) три непарные – нижняя челюсть, сошник и подъязычная;

2) шесть парных – верхнечелюстные, нёбные, скуловые, слезные, носовые и нижние носовые раковины.

Нёбные и верхнечелюстные кости образуют твердое нёбо, которое отделяет носовую полость от ротовой.

Все кости черепа, кроме нижней челюсти, соединены неподвижно.

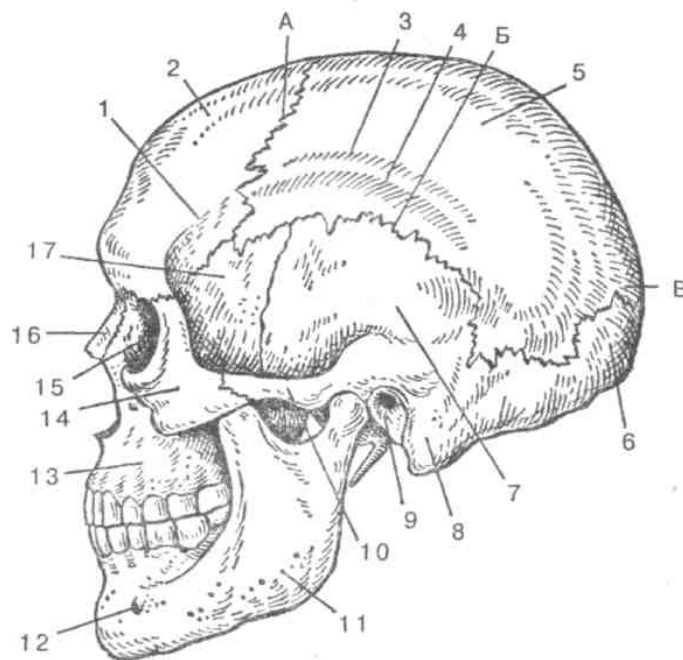


Рисунок 49. – Череп (вид сбоку)

2 – лобная кость; 5 – теменная кость; 6 – затылочная кость; 7 – височная кость; 9 – наружный слуховой проход; 11 – нижняя челюсть; 13 – верхняя челюсть; 14 скуловая кость; 15 – слезная кость; 16 – носовая кость; 17 – крыло клиновидной кости

Скелет туловища образуют позвоночник и грудная клетка. Позвоночник включает в себя 5 отделов (шейный – 7, грудной – 12, поясничный – 5, крестцовый – 5 и копчиковый – 4–5 позвонков) и образован 33–34 позвонками. Каждый позвонок состоит из тела и дуги с семью отростками (непарный остистый и парные: поперечные, верхние и нижние суставные). Между телом и дугой располо-

жено позвоночное отверстие. Позвоночные отверстия всех позвонков формируют внутри позвоночника позвоночный канал, в котором расположен спинной мозг.

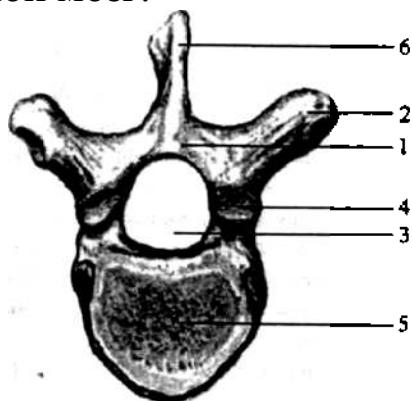


Рисунок 50. – Строение грудного позвонка

1 – дуга позвонка; 2 – поперечные отростки; 3 – позвоночное отверстие; 4 – суставные отростки; 5 – тело позвонка; 6 – остистый отросток.

Грудные позвонки, 12 пар ребер и грудина образуют грудную клетку. 1–7 пары ребер (истинные) непосредственно соединены с грудиной, 8–10 пары (ложные) соединены друг с другом хрящами и прикреплены к 7 паре, 11 и 12 пары (колеблющиеся) свободно заканчиваются в мягких тканях. Грудная клетка защищает от повреждений расположенные в ней сердце и лёгкие. Рёбра подвижно сочленены с позвонками сзади, а спереди они при помощи хрящей соединяются с грудиной. Это позволяет грудной клетке расширяться или сужаться при дыхании.

Скелет свободной верхней конечности (руки), состоит из трёх отделов: плеча, предплечья и кисти. Плечевая кость образует плечо. Две кости – локтевая и лучевая – составляют предплечье. С предплечьем соединяется кисть, состоящая из: 8 косточек запястья, 5 костей пястья и 14 костей фаланг пальцев, образующих 5 пальцев. Большой палец имеет 2 фаланги, а все остальные – по три. При помощи лопаток и ключиц, образующих **плечевой пояс** (пояс верхних конечностей), кости руки прикрепляются к костям туловища.

Скелет свободной нижней конечности (ноги), состоит из трёх отделов: бедра, голени и стопы. Бедро образовано бедренной костью. Голень состоит из двух берцовых (малой и большой) костей, а стопа – из: 7 костей предплюсны, 5 костей плюсны и 14 костей фаланг пальцев, образующих 5 пальцев. Большой палец имеет 2 фаланги, а все остальные – по три. Нижние конечности прикреплены к туловищу с помощью пояса нижних конечностей (тазового пояса). Тазовый пояс образован двумя тазовыми костями. Кости

конечностей соединяются между собой подвижно при помощи суставов.

Особенности скелета человека, в отличие от других животных.

- Мозговой отдел черепа у человека по объему больше чем лицевой.

- Позвоночник человека имеет S-образную форму и имеет четыре изгиба. Изгибы, обращенные выпуклостью вперед (лордозы), расположены в шейном и поясничном отделах, а изгибы, обращенные выпуклостью назад (кифозы), расположены в грудном и крестцовом отделах позвоночника. Их появление связано с прямохождением и способствует смягчению толчков при ходьбе и беге.

- У человека тазовые кости шире и массивнее, чем у животных.

- Форма грудной клетки человека плоская и широкая (в связи с прямохождением).

- Большой палец кисти противопоставлен остальным четырем.

- Сводчатая форма стопы человека, позволяет смягчать толчки при ходьбе.

Скелетные мышцы

Движение тела человека, его отдельных частей обеспечиваются мышцами. Скелетные мышцы выполняют следующие функции:

- 1) являются органами движения;
- 2) участвуют в образовании стенок полостей тела (передняя стенка брюшной полости);
- 3) обеспечивают защиту внутренних органов.

Строение скелетной мышцы

Скелетные мышцы образованы поперечнополосатой мышечной тканью. Мышца состоит из пучков поперечнополосатых мышечных волокон, покрытых соединительно-тканной оболочкой. В цитоплазмe содержится большое количество поперечно исчерченных миофибрилл. Пучки волокон отделены друг от друга соединительнотканными прослойками. Целую мышцу покрывает общая соединительнотканная оболочка, которая вместе с внутренними соединительнотканными оболочками переходит в сухожилие, которое крепится к кости. В мышцах и сухожилиях располагаются чувствительные нервные окончания, которые воспринимают информа-

цию о тонусе мышц и передают ее по нервам в мозг. В каждом движении принимает участие не одна, а целая группа мышц. Мышцы никогда не находятся в состоянии полного расслабления (тонус мышц).

Мышцы-синергисты – это мышцы, действующие на один сустав совместно в одном направлении, вызывая сходный эффект (например – все мышцы сгибатели плеча).

Мышцы-антагонисты – совершают противоположно направленные движения (например – двуглавая мышца плеча сгибает руку в локтевом суставе, а трехглавая разгибает).

В теле человека насчитывается несколько сот поперечнополосатых мышц. Выделяют три основные группы мышц: головы (жевательные и мимические мышцы), туловища мышцы (груди, спины и живота) и конечностей (рук и ног).

Работа мышц. Утомление мышц

В основе любых движений человека лежит сокращение мышц. Мышцы, обеспечивающие движение, делятся группы: сгибатели и разгибатели; приводящие и отводящие и т.д. Они работают согласованно, а руководит их работой соматическая нервная система. Деятельность мышц носит рефлекторный характер. Сокращаясь, мышца производит работу. На осуществление работы затрачивается энергия АТФ, поэтому работоспособность мышц снижается при уменьшении концентрации кислорода в крови.

Утомление мышц связано с истощением энергетических запасов и накоплением молочной кислоты. Для восстановления работоспособности мышц необходим отдых. При статической работе утомление мышц развивается быстрее, чем при динамической. И.М.Сеченов установил, что наибольшей работоспособности мышц можно добиться при среднем ритме сокращений и средней нагрузке на мышцу.

Гигиена опорно-двигательной системы

Неправильное положение тела длительное время (например, сидение за столом с постоянно наклонённой головой, неправильная поза и т.п.) приводит к нарушению осанки. Часто неправильная осанка приводит к боковому искривлению позвоночника – к сколиозу. Нарушение осанки можно предотвратить, выработав правильную посадку за столом, а также занимаясь спортом (плаванием, гимнастической). Другим распространённым нарушением скелета

является плоскостопие – уплощение свода стопы, возникающее под действием длительной перегрузки стопы в период роста организма. При плоскостопии стопа касается пола всей площадью подошвы. В качестве профилактических мер рекомендуется правильно подбирать обувь, применять специальный комплекс упражнений для мышц голени и стопы.

В результате действия слишком сильной физической нагрузки на кость может произойти её перелом. Переломы подразделяются на открытые (то есть с наличием раны) и закрытые. При подозрении на перелом человеку нужно оказать первую помощь. Первая помощь при открытом переломе: остановить кровотечение, прикрыть место перелома стерильной повязкой, обеспечить неподвижность места перелома (зафиксировать конечность), наложив шину и доставить больного в медицинское учреждение. Первая помощь при закрытом переломе: зафиксировать конечность с помощью шины и доставить больного в медицинское учреждение. Шиной может быть какой-либо жёсткий предмет, который привязывают к конечности выше и ниже места перелома так, чтобы обездвижить повреждённую кость и оба ближайших сустава. Шина накладывается только при переломе костей конечностей.

При значительном физическом воздействии на сустав может произойти вывих. Вывих – это смещение суставных концов костей, что вызывает нарушение функции сустава. Необходимо обездвижить повреждённый сустав, зафиксировав его при помощи повязки, приложить холод и доставить больного в медицинское учреждение.

В результате снижения двигательной активности может развиваться особое заболевание, сопровождающееся нарушением различных функций организма – гиподинамия. Гиподинамия распространяется у современного человека всё более и более, что связано с сидячим образом жизни.

11.13 Кровообращение. Система кровообращения

Кровообращением называют движение крови в организме.

Кровеносная система состоит из центрального органа – сердца и находящейся в соединении с ним замкнутой системы кровеносных сосудов.

Сердце, его строение и работа

Сердце человека представляет собой полый мышечный орган, массой 250–300 граммов, который ритмически сокращается. Серд-

це человека состоит из четырех камер: двух желудочков – правого и левого, и двух предсердий – правого и левого. Сердце располагается в средостении, позади грудины. Большая часть сердца находится в левой половине тела, меньшая – в правой.

Сердце окружено околосердечной сумкой, или перикардом. Перикард состоит из двух листков. Между двумя листками перикарда находится небольшое количество перикардиальной жидкости, которая уменьшает трение при сокращениях.

Сердце состоит из двух половин (правой и левой), которые не сообщаются между собой. Каждая половина сердца делится на две камеры – предсердие и желудочек. Они сообщаются между собой предсердно-желудочковыми отверстиями, которые снабжены створчатыми клапанами. На границе правого предсердия и правого желудочка находится трехстворчатый клапан. Левое предсердие и левый желудочек разделяет двухстворчатый клапан (митральный). К створкам клапанов прикреплены сухожильные нити, которые противоположным концом присоединены к сосочковым мышцам. Сухожильные нити и сосочковые мышцы не позволяют выворачиваться створкам клапана в предсердие во время сокращения желудочка, когда под давлением крови створчатый клапан захлопывается. Створчатые клапаны пропускают кровь только в одном направлении: из предсердий в желудочки.

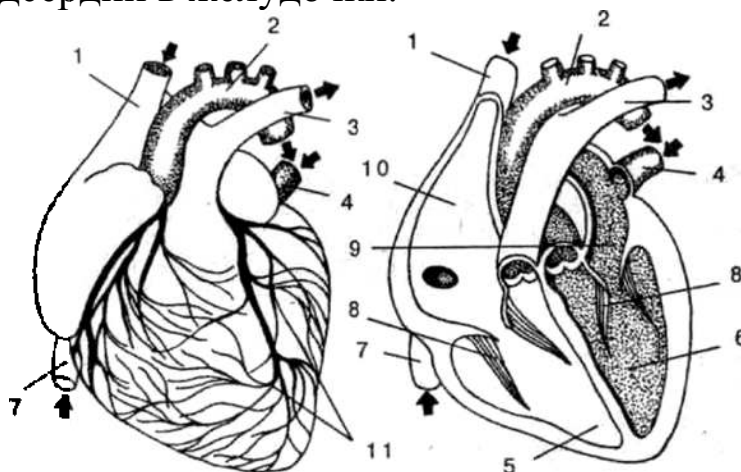


Рисунок 51. – Строение сердца

- 1 – верхняя полая вена; 2 – дуга аорты; 3 – легочная артерия; 4 – легочная вена; 5 – правый желудочек; 6 – левый желудочек; 7 – нижняя полая вена; 8 – створчатые клапаны; 9 – левое предсердие; 10 – правое предсердие; 11 – венечные сосуды.

В правое предсердие впадают верхняя и нижняя полые вены. Из правого желудочка выходит крупный артериальный сосуд – ле-

гочный ствол. В устье легочного ствола расположены три полулунных клапана, которые свободно пропускают кровь только из желудочка в легочный ствол, и препятствуют обратному току.

В левое предсердие впадают четыре легочные вены. От левого желудочка отходит аорта. В устье аорты, как и в устье легочного ствола, расположены три полулунных клапана.

Стенка сердца состоит из трех слоев:

Эпикард – наружный соединительнотканый слой.

Миокард – средний мышечный слой. Наиболее толстый слой сердечной стенки. Образован поперечно-полосатой сердечной мышечной тканью. Миокард наиболее толстый в левом желудочке.

Эндокард – внутренний эпителиальный (эндотелиальный) слой сердца. Клапаны сердца образованы выростами эндокарда.

Работа сердца

В процессе работы сердца ритмично сменяются сердечные циклы, которые включают сокращение и последующее расслабление сердечной мышцы. Сокращения отделов сердца – это систола, а расслабление – диастола.

В покое частота сердечных сокращений (ЧСС) в среднем равна 60–80 раз в минуту. При физических нагрузках она возрастает до 150–200 раз в минуту. Количество крови, выбрасываемой из сердца в минуту, называют минутным объемом кровообращения. В состоянии покоя он равен 4–5 литров крови. Количество крови, которое выбрасывается во время одной систолы, называют систолическим объемом. Его можно узнать, если разделить минутный объем крови на число сердечных сокращений. Систолический объем в среднем равен 70 мл.

При частоте сердечных сокращений 75 раз в минуту продолжительность сердечного цикла составляет 0,8 секунды. (60 секунд делить на 75). В каждом цикле выделяют:

1. Систола предсердий (0,1 с). Створчатые клапаны открыты, полулунные закрыты, кровь из предсердий поступает в желудочки.

2. Систола желудочков (0,3 с), предсердия в это время расслаблены. Створчатые клапаны закрыты, полулунные открыты. Кровь из левого желудочка поступает в аорту, а из правого – в легочный ствол.

3. Общая диастола, во время которой расслаблены одновременно и предсердия, и желудочки (0,4 с).

Таким образом, предсердия сокращаются 0,1 с, а расслаблены – 0,7 с, желудочки сокращаются 0,3 с, а отдыхают – 0,5 с.

Последовательное сокращение и расслабление предсердий и желудочков сердца, а также наличие клапанов обеспечивает однонаправленные движения крови в сердце из предсердий в желудочки, а из желудочков – в сосуды большого и малого кругов кровообращения.

Автоматия сердца – это способность сердца ритмически сокращаться без внешних раздражений под влиянием импульсов, возникающих в нем самом. За автоматию сердца отвечает синусно-предсердный узел, расположенный в месте впадения полых вен в правое предсердие. Этот узел называют водителем ритма сердца. Именно в нем генерируются импульсы, вызывающие сокращения сердца. От синусно-предсердного узла возбуждение проводится в предсердно-желудочковый узел, находящийся в правом предсердии в межпредсердной перегородке. От этого узла отходит пучок Гиса, который идет по межжелудочковой перегородке. Далее пучок Гиса разделяется на две ножки, от которых отходят волокна Пуркинье, иннервирующие мышечные клетки желудочков.

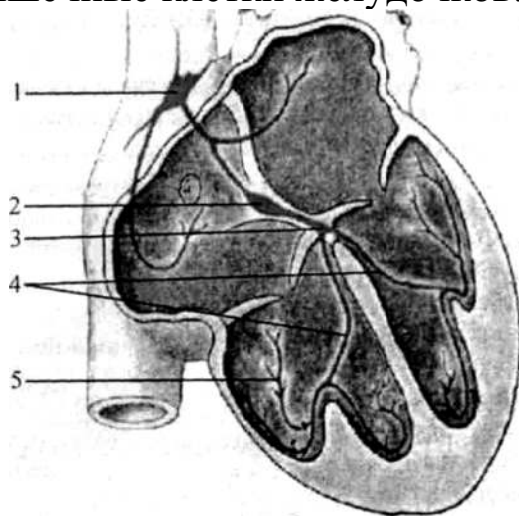


Рисунок 52. – Проводящая система сердца

- 1 – синусно-предсердный узел; 2 – предсердно-желудочковый узел;
3 – предсердно-желудочковый пучок (пучок Гисса);
4 – ножки пучка Гисса; 5 – волокна Пуркинье.

Нервная и гуморальная регуляция деятельности сердца

Сердце иннервируется вегетативной нервной системой.

Парасимпатическая иннервация осуществляется блуждающим нервом (X пара), который вызывает урежение ритма и уменьшение силы сердечных сокращений. При достаточно сильном раздраже-

нии блуждающего нерва может произойти остановка сердца. Возбуждение симпатических нервов приводит к увеличению частоты и силы сердечных сокращений. Центр, регулирующий работу сердца (сосудодвигательный центр), расположен в продолговатом мозге.

Гуморальная регуляция. Гормон адреналин учащает и усиливает работу сердца. Медиатор ацетилхолин обладает противоположным эффектом. Гормоны щитовидной железы тироксин и *трийодтиронин* увеличивают ЧСС. Ионы кальция увеличивают, а ионы калия уменьшают ЧСС.

Артерии, вены, капилляры. Движение крови по сосудам

Сосуды, несущие кровь от сердца, называются артериями, а сосуды, по которым кровь течет к сердцу – венами. Артерии, постепенно разветвляясь и уменьшаясь в диаметре, переходят в капилляры. Капилляры – это мельчайшие сосуды, по которым артериальная кровь подходит непосредственно к тканям. В капиллярах происходит обмен газов между кровью и тканями, при этом артериальная кровь превращается в венозную. Капилляры собираются в венулы. Венулы, сливаясь, образуют вены, по которым кровь направляется к сердцу.

Строение артерий, капилляров, вен

Стенка артерии и вен имеет три слоя: наружный, средний и внутренний. Наружный слой соединительно-тканый, средний – гладкомышечный с эластическими волокнами, внутренний – эпителиальный (один слой клеток плоского эпителия – эндотелия). В стенке артерий большое количество эластических волокон, поэтому артерии при разрезе не спадаются. Вены тоньше и беднее мышечными и эластическими волокнами, поэтому вены могут спадаться. Вены нижних конечностей снабжены клапанами, которые препятствуют обратному току крови. Стенка капилляров очень тонкая, она состоит из одного слоя плоских эндотелиальных клеток, расположенных на базальной мембране. Это необходимо для обмена газами и питательными веществами.

Причины движения крови по сосудам

1. Сокращение сердца.
2. Разность давления в начале и конце кругов кровообращения.
3. Наличие клапанов в венах нижних конечностей.
4. Отрицательное давление в грудной клетке на вдохе, что способствует оттоку крови из крупных вен к сердцу.

Кровь циркулирует по единой замкнутой системе сосудов, в которой различают большой и малый круги кровообращения. Скорость кровотока наибольшая в артериях и наименьшая в капиллярах.

В венах содержится около 70% от всего объема циркулирующей крови, в артериях – 25%, а в капиллярах всего около 5%.

Круги кровообращения

Большой круг кровообращения служит для доставки кислорода ко всем органам и тканям. Он начинается в левом желудочке, а заканчивается правым предсердием. От левого желудочка отходит аорта, несущая артериальную кровь. От аорты отходят артерии ко всем органам тела человека. Артерии разветвляются на артериолы, а те, в свою очередь, на капилляры. Через стенку капилляров из крови в ткани переходят питательные вещества и кислород, а из тканей в кровь – углекислый газ и продукты обмена веществ. Артериальная кровь в капиллярах превращается в венозную. Капилляры собираются в венулы, которые сливаются и образуют органные вены, по которым кровь собирается в верхнюю и нижнюю полую вены. Полые вены несут кровь в правое предсердие. Таким образом, в артериях большого круга течет артериальная кровь, а в венах – венозная. Время кругооборота крови в большом круге кровообращения у человека – 20–23 с.

Большой круг кровообращения

Левый желудочек (артериальная кровь).

Аорта (артериальная кровь).

Артерии, несущие кровь к органам (артериальная кровь).

Капилляры органов (газообмен).

Вены, несущие кровь от органов (венозная кровь).

Верхняя и нижние полые вены (венозная кровь).

Правое предсердие (венозная кровь).

Малый круг кровообращения начинается из правого желудочка легочным стволом, который дает начало правой и левой легочным артериям. В легких они разветвляются на артериолы, которые переходят в капилляры. В капиллярах, оплетающих альвеолы, венозная кровь отдает углекислый газ и обогащается кислородом, превращаясь в артериальную. Артериальная кровь поступает из капилляров в венулы, которые, слившись в четыре легочные вены (по две от каждого легкого), впадают в левое предсердие. Таким образом, в артериях малого круга течет венозная кровь, а в венах – ар-

териальная. Время кругооборота крови в малом круге кровообращения 4-5 с.

Малый круг кровообращения

Правый желудочек (венозная кровь).

Легочный ствол (венозная кровь).

Легочные артерии, несущие кровь к легким (венозная кровь).

Капилляры легких (газообмен).

Легочные вены, несущие кровь от легких (артериальная кровь).

Левое предсердие (артериальная кровь).

В левой половине сердца находится артериальная кровь, в правой – венозная.

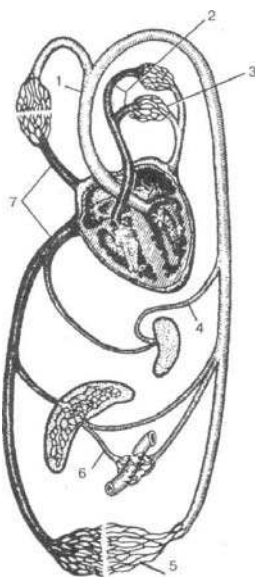


Рисунок 53. – Большой и малый круги кровообращения

- 1 – аорта;
- 2 – легочные артерии;
- 3 – легочные вены;
- 4 – артерии внутренних органов;
- 5 – капилляры; 6 – воротная вена печени;
- 7 – верхняя и нижняя полые вены.

Кровяное давление, пульс

Кровь движется благодаря разности давлений. Самое высокое давление наблюдается в аорте. По мере продвижения крови по артериям давление постепенно падает. Особенно значительное падение давления происходит в артериолах и капиллярах – они оказывают наибольшее сопротивление движению крови. В венах давление продолжает снижаться, и в полых венах оно самое низкое – равно атмосферному давлению или даже несколько ниже его.

Артериальное давление – это давление, которое оказывает кровь на стенку артерий во время систолы и диастолы сердца. Для медицинских целей артериальное давление определяют обычно в плечевой артерии. У здоровых людей максимальное (систолическое) давление равно 120 мм рт. ст. Минимальное (диастолическое) давление крови в плечевой артерии составляет 80 мм рт. ст. Пovy-

шенное артериальное давление – гипертония, пониженное – гипотония.

Пульс – это периодическое толчкообразное расширение стенок артерий, синхронное с сокращениями сердца. У взрослого человека частота пульса в покое – 60–80 ударов в минуту, а при физической нагрузке может увеличиваться до 150–200 ударов.

Гигиена сердечно-сосудистой системы

1. Борьба с гиподинамией. 2. Физические упражнения и тренировки.

3. Отказ от алкоголя. Алкоголь приводит к развитию гипертонии.

4. Отказ от курения. Никотин приводит к ухудшению снабжения тканей сердца кислородом.

11.14 Кровь. Внутренняя среда организма (кровь, тканевая жидкость и лимфа), ее относительное постоянство

Кровь, тканевая жидкость и лимфа образуют внутреннюю среду организма и обеспечивают поддержание гомеостаза (поддержание всех показателей внутренней среды на относительно постоянном уровне). Так, относительно постоянны такие показатели внутренней среды, как pH, температура, содержание белков, глюкозы, ионный состав и т.д. Это достигается слаженной работой пищеварительной, дыхательной, кровеносной и выделительных систем органов под контролем нервной и гуморальной регуляции.

В организме кровь, тканевая жидкость и лимфа тесно взаимосвязаны.

Тканевая жидкость образуется из плазмы крови, поэтому по составу она похожа на плазму, но в ней меньше белков. Тканевая жидкость омывает клетки, отдает им кислород и питательные вещества, а забирает продукты жизнедеятельности. Часть тканевой жидкости обратно возвращается в кровь кровеносных капилляров, а часть поступает в лимфатические капилляры.

Лимфа – это жидкая соединительная ткань, циркулирующая в сосудах лимфатической системы. Среди ее форменных элементов преобладают лимфоциты (разновидность лейкоцитов). Химический состав лимфы близок к составу плазмы крови, но в ней содержится меньше (в 3–4 раза) белков. В лимфе содержится фибриноген, и она способна свертываться, но гораздо медленнее, чем кровь. Лимфатическая система отличается от кровеносной тем, что ее сосуды

служат только для возврата жидкости к сердцу. Поэтому в этой системе нет артерий, а есть только слепозамкнутые капилляры и вены. Лимфатические капилляры сливаются в более крупные сосуды. Подобно венам кровеносной системы эти сосуды снабжены клапанами. Самые крупные лимфатические сосуды – грудной и правый лимфатические протоки – впадают в подключичные вены, которые далее несут кровь и лимфу в верхнюю полую вену. Лимфа по лимфатическим сосудам движется очень медленно, протекая через лимфатические узлы, она обезвреживается и обогащается лимфоцитами.

Значение крови и кровообращения

Кровь в организме выполняет важные функции:

- питательная (трофическая) – транспорт питательных веществ к клеткам;
- газотранспортная (дыхательная) – транспорт кислорода и углекислого газа;
- выделительная – удаление продуктов обмена веществ из органов и перенос их к органам выделения;
- регуляторная – гуморальная регуляция деятельности органов и систем в организме за счет переноса гормонов;
- защитная – клетки крови отвечают за иммунные реакции организма, за свертывание крови;
- гомеостатическая – кровь участвует в поддержании постоянства внутренней среды организма;
- терморегуляторная – участие в поддержании постоянной температуры тела.

Состав крови: плазма, форменные элементы – эритроциты, лейкоциты, тромбоциты, их строение и функции

Объем крови организма человека – 5–6 литров. Кровь состоит из плазмы, на которую приходится 55% от объема крови, и форменных элементов (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов), составляющих 45%.

Плазма – это жидкая часть крови. Имеет слабощелочную pH – 7,4.

Состав плазмы крови:

1) вода (90%); 2) сухой остаток: органические и неорганические вещества (10%).

Органические вещества:

– Белки плазмы составляют 7–8%, к ним относятся альбумины, глобулины, фибриноген. Альбумины придают крови вязкость, участвуют в транспорте гормонов и витаминов. Глобулины принимают участие в иммунных реакциях. Фибриноген необходим для свертывания крови. Плазма крови без фибриногена – это сыворотка. Она не сворачивается.

– Жиры 0,7%.

– Углеводы (преимущественно глюкоза) 0,1%.

– Также в плазме содержатся аминокислоты, гормоны, витамины.

Минеральные вещества плазмы составляют 0,9%, среди которых находятся катионы K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} и анионы HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, Cl^- , HCO_3^- . 0,9% раствор $NaCl$ получил название физиологического или изотонического, так как обладает одинаковой с плазмой концентрацией солей. Раствор с концентрацией солей больше, чем в плазме крови, называется гипертоническим, а с меньшим – гипотоническим. В изотоническом растворе никаких изменений с клетками крови происходить не будет, поэтому он может использоваться в качестве кровезаменителя. В гипертоническом растворе клетки сморщатся, а в гипотоническом – увеличатся в размерах и лопнут.

Форменные элементы крови

Эритроциты – это красные кровяные клетки размером 7–8 мкм. В 1 мм^3 крови содержится 4–5 млн эритроцитов (в одном литре $4\text{--}5 \times 10^{12}$). По форме эритроциты представляют собой двояковогнутый диск. Такая форма клетки увеличивает дыхательную поверхность эритроцитов. Эритроциты – специализированные безъядерные клетки, содержат гемоглобин. Они образуются в красном костном мозге, разрушаются в селезенке и печени. Гемоглобин после разрушения эритроцитов в печени превращается в желчные пигменты: биливердин и билирубин. Продолжительность жизни эритроцитов составляет 120 суток.

Гемоглобин обладает свойством легко связывать и отдавать кислород. Присоединяя его, он становится оксигемоглобином. Отдавая кислород, оксигемоглобин превращается в восстановленный гемоглобин. В венозной крови образуется соединение гемоглобина с CO_2 – карбогемоглобин. Кроме O_2 , гемоглобин может соединяться в организме человека с угарным газом (CO). Это соединение (носит название карбоксигемоглобин) в 300 раз прочнее, чем соединение гемоглобина с O_2 . Поэтому даже примесь 0,1% CO в воздухе ведет

к тому, что гемоглобин практически полностью связывается с СО, что приводит к гибели человека.

При уменьшении количества гемоглобина в эритроцитах или уменьшении числа эритроцитов в крови возникает заболевание – анемия.

Функция эритроцитов – перенос кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к органам дыхания.

Лейкоциты, или белые кровяные клетки, представляют собой ядерные клетки, способные к активному передвижению. Число лейкоцитов составляет 4–9 тыс. в 1 мм³ крови (в одном литре 4–9 × 10⁹). Их количество резко возрастает при инфекционных заболеваниях (лейкоцитоз). Лейкоциты образуются в красном костном мозге, лимфатических узлах и селезенке, а разрушаются в очагах воспаления. Продолжительность жизни лейкоцитов различна: от нескольких суток до нескольких лет.

Лейкоциты делят на гранулоциты (зернистые) и агранулоциты (незернистые). Существуют три типа зернистых лейкоцитов, различаемых по окраске их цитоплазматических гранул. Клетки, гранулы которых интенсивно окрашиваются кислым красителем эозином, называются эозинофилами. Лейкоциты, гранулы которых окрашиваются основными красителями, называются базофилами. Лейкоциты, гранулы которых не воспринимают ни основные, ни кислые красители, называются нейтрофилами. Нейтрофилы составляют 50-70% от всех лейкоцитов.

Среди агранулоцитов существуют два типа лейкоцитов. Более многочисленные и мелкие называются лимфоцитами (обнаруживаются не только в крови, но и в лимфе), более крупные – моноциты.

Функции гранулоцитов:

Нейтрофилы фагоцитируют бактерии и участвуют в их разрушении. Гной состоит в основном из нейтрофилов или их остатков. И. И. Мечников назвал эти лейкоциты фагоцитами, а само явление поглощения и разрушения лейкоцитами бактерий – фагоцитозом.

Эозинофилы накапливаются в зонах аллергических реакций и уменьшают повреждающее действие аллергена.

Базофилы способны к фагоцитозу. Они скапливаются в местах воспаления, где продуцируют гепарин и гистамин. Гепарин препятствует свертыванию крови в очаге воспаления, а гистамин расширяет капилляры, что способствует рассасыванию и заживлению

очага воспаления. Гистамин играет важную роль в развитии воспалительных и аллергических реакций.

Функции агранулоцитов:

Моноциты являются предшественниками макрофагов. Время пребывания моноцитов в крови около 3 суток, после чего они покидают кровоток и переходят в ткани, превращаясь там в макрофаги, которые осуществляют фагоцитоз крупных частиц чужеродных веществ, попавших в организм человека..

Лимфоциты. Различают два типа лимфоцитов: В- и Т-лимфоциты. У человека клетки В-типа созревают в костном мозге, а Т-лимфоциты в тимусе.

В-лимфоциты осуществляют гуморальный иммунитет. С помощью Т-хелперов они превращаются в плазмочиты, которые продуцируют антитела.

Т-лимфоциты отвечают за клеточный иммунитет. Различают три группы Т-лимфоцитов.

1. Т-киллеры способны разрушать злокачественные или инфицированные клетки.

2. Т-супрессоры являются регуляторами образования антител В-лимфоцитами (подавляют иммунный ответ В-лимфоцитов на антигены).

3. Т-хелперы участвуют в процессе инициации синтеза антител В-лимфоцитами (индуцируют превращение В-лимфоцитов в плазмочиты, которые являются основными продуцентами антител). Именно Т-хелперы преимущественно поражаются при СПИДе.

Тромбоциты являются самыми мелкими клетками крови. Они не содержат ядра. Число тромбоцитов насчитывает 200–300 тысяч в 1 мм³ крови (в одном литре 200–300 × 10⁹). Они образуются в красном костном мозге, а разрушаются в селезенке. Содержат тромбопластин.

Функция тромбоцитов – участие в процессе свертывания крови.

Группы крови

Существует несколько систем групп крови: АВ0, резус-фактор и другие.

Система АВ0 включает четыре группы крови (описаны К. Ландштейнером).

В крови имеются особые белковые вещества: в эритроцитах – агглютиногены или антигены (А и В), в плазме – агглютинины или

антитела (α и β). Если агглютинин α встречается с агглютиногеном А или агглютинин β с агглютиногеном В, происходит реакция агглютинации (склеивание эритроцитов). Поэтому для переливания крови необходимо знать группу крови донора и реципиента.

Таблица 24. – Группы крови

<i>Группа крови</i>	<i>Агглютиногены в эритроцитах</i>	<i>Агглютинины в плазме крови</i>
Первая (0)	0	α и β
Вторая (А)	А	β
Третья (В)	В	α
Четвертая (АВ)	АВ	Отсутствуют

В настоящее время переливают только кровь одной группы совместимую по резус-фактору в небольших дозах!

В экстремальных условиях (война, стихийные бедствия) в небольших количествах можно переливать кровь по схеме.

Кровь I группы – всем четырем (I, II, III и IV).

Кровь II группы – II и IV.

Кровь III группы – III и IV.

Кровь IV группы – только IV.

Лицам с первой группой можно переливать только кровь первой группы.

Поскольку в данном случае кровь первой группы можно переливать лицам с любой группой крови, то людей с I группой крови называют универсальными донорами. Людей с IV группой называют универсальными реципиентами, так как им можно переливать кровь любых групп.

Резус-фактор

У 85% людей эритроциты содержат особый антиген, который называют резус-фактором (он впервые был обнаружен у макака резус). У 15% резус-фактор отсутствует. Лиц, в эритроцитах которых содержится резус-фактор, называют резус-положительными (Rh^+), а тех, у которых он отсутствует – резус-отрицательными (Rh^-). Если резус-положительная кровь попадет к человеку с резус-отрицательной кровью, то у него в плазме образуются антитела против резус-положительных эритроцитов, и эритроциты начинают разрушаться. При повторном попадании резус-положительной крови в организм резус-отрицательного человека возникает быстрая реакция по разрушению эритроцитов донорской крови. Это

приводит к резус-конфликту и создает угрозу для жизни человека. Резус-конфликт может возникнуть и в том случае, если резус отрицательная женщина беременна резус положительным плодом. В таком случае беременность может завершиться выкидышем.

Свертывание крови – это защитная реакция организма, направленная на образование тромба и препятствующая кровопотере.

В плазме крови постоянно находятся, синтезируемые в печени, фибриноген (растворимый белок) и протромбин, который в обычных условиях не активен. Для синтеза протромбина в печени необходим витамин К.

В месте повреждения сосуда происходит разрушение тромбоцитов и выделяется тромбопластин, под действием которого протромбин превращается в тромбин. Для этого процесса необходимы ионы кальция.

Тромбин вызывает превращение растворимого фибриногена в нерастворимый фибрин, который образует основу тромба. Для этого процесса также необходимы ионы кальция.

Схема свертывания

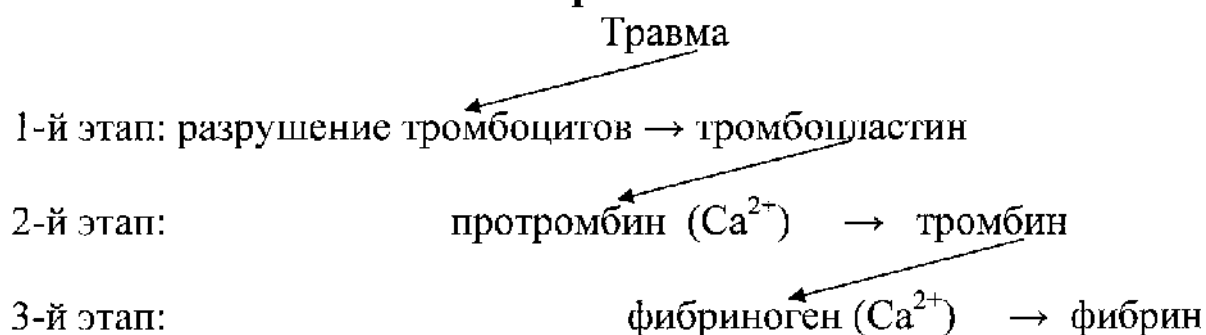
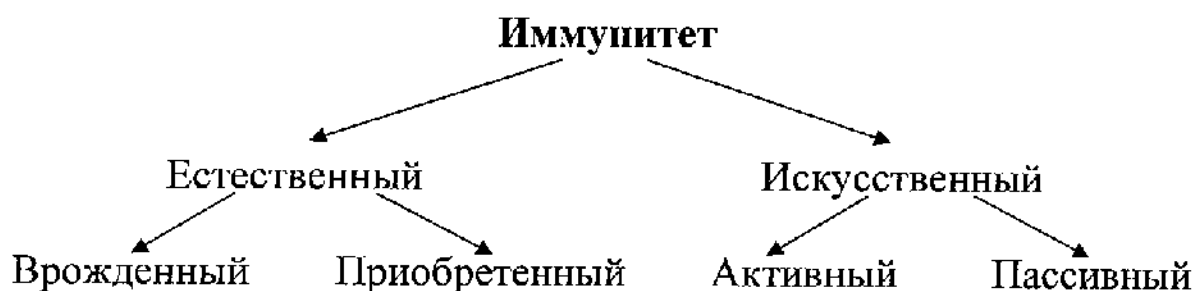


Рисунок 54. – Схема свертывания крови.

В крови также есть противосвертывающая система, которая препятствует образованию тромбов внутри неповрежденных сосудов. К веществам этой системы относятся гепарин (образуется базофилами) и фибринолизин.

Иммунитет и его виды

Иммунитет — это защита организма от генетически чужеродных веществ и инфекционных агентов. Защитные реакции организма обеспечиваются клетками-фагоцитами (клеточный иммунитет), а также белками-антителами (гуморальный иммунитет).



Различают естественный иммунитет, выработанный самим организмом, и искусственный, возникающий при определенных медицинских воздействиях на организм.

Естественный иммунитет может быть врожденным и приобретенным. При врожденном иммунитете организм получает невосприимчивость к заболеванию от матери через плаценту. При приобретенном антитела в организме образуются после перенесенного заболевания.

Искусственный иммунитет может быть активным и пассивным. Активный иммунитет вырабатывается при введении вакцины, содержащей ослабленные или убитые возбудители заболеваний. Такой иммунитет сохраняется долго. Пассивный иммунитет возникает при введении в организм лечебной сыворотки с уже готовыми антителами (иммуноглобулинами). Такой иммунитет сохраняется недолго – 1–2 месяца. Сыворотку получают из крови людей, переболевших этой болезнью, или из крови животных, которым специально вводят микроорганизмы или их токсины.

В развитии противовирусного иммунитета важную роль играет белок – интерферон.

Красный костный мозг и тимус относятся к центральным органам иммунной системы, селезенка и лимфатические узлы относятся к периферическим органам иммунной системы.

ГЛАВА 12. ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ

12.1 Развитие эволюционных представлений. Первое эволюционное учение (Ж. Б. Ламарк). Эволюционная теория Ч. Дарвина

Эволюционное учение – это наука о механизмах, движущих силах и общих закономерностях исторического развития живого.

Начальный этап развития эволюционных идей связан с деятельностью античных философов (Эмпедокл, Гераклит, Демокрит,

Лукреций и др.), которые высказывали идеи об изменяемости окружающего мира и о преобразованиях организмов.

В средние века в науке господствовало метафизическое мировоззрение, сущность которого заключается в представлениях о неизменяемости и изначальной целесообразности созданной творцом природы. Любые эволюционные идеи преследовались церковью. Однако в это время значительно расширились представления о разнообразии растений и животных. Натуралисты описывали все новые и новые формы организмов, поэтому появилась потребность систематизировать накопленные знания, разработать классификацию растительного и животного мира. Основателем научной систематики был шведский ученый Карл Линней. Он ввел в биологию бинарную номенклатуру, в которой первое слово (существительное) – это название рода, к которому относится вид; а второе слово (прилагательное) обозначает данный вид. Систематика Линнея имела много недостатков, однако, несмотря на это, сыграла положительную роль в развитии биологии.

Дальнейшее развитие эволюционных идей продолжили в 17-18 веках сторонники трансформизма, которые придерживались взглядов об изменчивости видов растений и животных (Р. Гук, Ж. Бюффон, Д. Дидро, К.Ф. Рулье и др.). Но трансформисты не смогли создать целостной системы взглядов, объясняющей процессы эволюции.

Первая попытка разработки целостной теории эволюции принадлежит Ж.-Б. Ламарку. По его мнению, эволюция идет на основании внутреннего стремления организмов к прогрессу, а основным фактором эволюции он считал упражнение одних органов и неупражнение других под действием условий жизни. Причиной многообразия живого Ламарк считал воздействие различных факторов среды, под влиянием которых всегда возникают только полезные для организма приспособления. В своей теории Ламарк объединил идею изменяемости видов с идеей прогрессивной эволюции, однако он не смог объяснить механизмы эволюционного процесса и неверно указал движущие силы эволюции.

Создание Ч. Дарвином эволюционной теории поставило эволюционное учение на научную основу. Предпосылки возникновения теории Дарвина:

1. *Социально-экономические:*

А) Развитие капитализма в Англии сопровождалось развитием промышленности и бурным ростом городов. Возрастала потребность в продуктах сельского хозяйства, что требовало повысить продуктивность сельского хозяйства. Селекционеры создавали все новые сорта растений и породы животных, а это указывало на изменчивость организмов. Дальнейшая практика требовала создания теории селекции, которая позволила бы перевести селекционную работу на научную основу.

Б) В 19 веке Англия стала крупнейшей колониальной державой. Английские корабли бороздили все моря и океаны, посещали все континенты. В экипажи включались натуралисты, которые собирали коллекции по геологии, ботанике, зоологии. В одной из таких экспедиций вокруг света на корабле «Бигль» принимал участие Дарвин. Во время путешествия Дарвин на примере различий между близкими видами выюрков, черепах, ящериц и других животных увидел как бы сам процесс эволюции в действии.

2. Научные:

Развитие естественных наук, доказывающих историческое развитие мира: успехи сравнительной анатомии, палеонтологии, эмбриологии, биогеографии, систематики животных и растений.

В своих работах «Происхождение видов путем естественного отбора...» и «Изменения домашних животных и культурных растений» Дарвин указал движущие силы и результаты эволюции.

Исходным положением учения Дарвина является его утверждение о наличии изменчивости в природе.

Изменчивость – это свойство живых организмов, которое заключается в способности дочерних организмов приобретать признаки и свойства, которых не было у родителей. Изменчивость свойственна любой группе животных и растений, и все организмы отличаются друг от друга.

Дарвин различал определенную, неопределенную и соотносительную изменчивость.

Определенная (групповая) изменчивость – это одинаковые изменения, возникающие у всех особей вида, под влиянием определенного фактора среды. Например, при нехватке пищи все животные теряют в массе; в жарких странах белокочанная капуста не образует кочана; шерсть песцов, разводимых в условиях умеренного климата, менее густая, чем у арктических животных. Эти изменения не передаются по наследству, а возникают в новых условиях

окружающей среды. При возвращении организма в исходные условия среды проявляются прежние признаки. В настоящее время эта форма изменчивости называется *модификационной*. Она обеспечивает приспособление организмов к постоянно изменяющимся условиям среды.

Неопределенная(индивидуальная)**изменчивость** – это различные изменения, которые возникают у особей вида, под влиянием одного фактора. Появившиеся новые свойства и признаки передаются по наследству. Такого рода изменения были использованы при создании коротконогих, курдючных и каракулевых овец, махровых сортов декоративных растений и т. д. Эту форму изменчивости в настоящее время называют *мутационной*. Появившиеся в популяции наследственные изменения постепенно распространяются среди особей благодаря скрещиванию. Сами по себе эти изменения генетического материала не могут привести к появлению нового вида, но они дают элементарный эволюционный материал для естественного отбора. Дарвин доказал, что именно эта форма изменчивости играет основную роль в эволюции.

Соотносительная изменчивость – форма изменчивости, при которой изменение одного органа вызывает изменение других. Так, длинные конечности болотных птиц всегда сопровождаются длинной шеей. Теперь эта форма изменчивости объясняется множественным действием генов (один ген отвечает за развитие нескольких признаков).

Для эволюционных преобразований важно, чтобы появившиеся изменения передавались последующим поколениям. Это возможно благодаря наследственности.

Наследственность – это свойство живых организмов передавать из поколения в поколение сходные признаки и особенности индивидуального развития.

В качестве модели происходящих в природе процессов Дарвин использовал практику сельского хозяйства Англии. Он обратил внимание на то, что селекционеры могут очень быстро вывести новый сорт сельскохозяйственных растений и породу животных, отбирая среди большого числа особей те, у которых желаемый признак наиболее выражен, и оставляя их для размножения. Такой отбор был назван *искусственным*. Дарвин установил, что существующее многообразие сортов сельскохозяйственных растений и пород животных – результат действия искусственного отбора, ко-

торый является направляющим фактором эволюции культурных форм.

Движущей силой эволюции культурных форм по Ч. Дарвину являются искусственный отбор, апредпосылкой эволюции являетсянаследственная изменчивость.

Возник вопрос: а не происходит ли чего-либо подобного в дикойприроде. Еще до Дарвина было подмечено, что пищевые ресурсы для любого вида растений или животных в определенной местности ограничены. А способность к размножению не имеет границ. Если бы все потомки какого-либо вида выживали и размножались, то весьма скоро они вытеснили все другие виды на земном шаре. Однако этого никогда не происходит. Количество рыб, птиц, зверей, растений остается примерно неизменным нередко на протяжении многих столетий. Какие же из организмов выживают – только те, которым удастся победить в борьбе за существование. Различают следующие формы борьбы за существование:

1. *Внутривидовая борьба за существование* происходит между особями одного вида. Эта форма борьбы наиболее напряженная, так как особи одного вида нуждаются в одинаковых источниках питания и убежищах, подвергаются одинаковым опасностям, для размножения им необходимы сходные условия. Например, конкуренция между хищниками за добычу, соперничество самцов из-за самки, конкуренция между соснами в лесу за солнечный свет.

2. *Межвидовая борьба за существование* наблюдается между особями разных видов. Она протекает достаточно остро, если виды нуждаются в сходных условиях. К ней относят:

а) межвидовую конкуренцию; б) хищничество; в) паразитизм.

3. *Борьба с неблагоприятными условиями окружающей среды.* Ураган, засуха, суровая зима могут погубить большую часть популяции.

Борьба с неблагоприятными условиями среды и межвидовая борьба обостряют внутривидовую борьбу за существование. Так, в условиях засухи между особями в популяции растений усиливается конкуренция за воду. Победителями оказываются наиболее приспособленные особи. Если эти биологические особенности передаются по наследству, они приводят к совершенствованию вида.

Таким образом, в борьбе за существование побеждают организмы, лучше приспособленные к жизни в условиях окружающей среды. А если так, то в природе, как и на животноводческой ферме,

происходит отбор. Но отбирает здесь не человек, а сами природные условия проводят естественный отбор.

Естественный отбор – процесс *выживания и оставление после себя потомства* наиболее приспособленными к данным условиям среды особями и гибель менее приспособленных. Так согласно теории Ч. Дарвина хобот у слона, пароподии у кольчатых червей, реактивное движение медуз и т.д. – все эти признаки возникли в результате действия естественного отбора.

Движущими силами эволюции в природе по Ч. Дарвину являются естественный отбор и борьба за существование. *Предпосылкой* эволюции по Ч. Дарвину является наследственная изменчивость (наследственность и изменчивость).

Естественный отбор в природе действует в разных направлениях и, соответственно, приводит к разным результатам. В связи с этим различают несколько *форм естественного отбора*. Все формы естественного отбора обеспечивают выживание особей, наиболее приспособленных к конкретным условиям среды, что приводит к возникновению все новых жизненных форм (разнообразие видов). При этом появление признаков, повышающих организацию, способствует выживанию и поддерживается отбором. Поэтому в процессе эволюции органический мир постепенно поднимается на все более высокую ступень развития. Но в ряде случаев приспособление к узким условиям существования не требует усложнения строения, в связи с этим сформировались многочисленные виды растений и животных, которые находятся на разных уровнях организации. Следовательно, основными результатами эволюции являются:

1. Приспособленность видов к условиям существования.

2. Разнообразие видов.

Значение теории эволюции:

1. Мировоззренческое значение. Эволюционное учение доказывает историческое развитие органического мира, выделяет движущие силы эволюции, материалистически объясняет относительный характер приспособленности видов к условиям существования и многообразие видов.

2. Значение для сельского хозяйства. Знание механизмов искусственного отбора непосредственно используются в селекции для выведения новых высокопродуктивных сортов растений и пород животных.

3. Для охраны окружающей среды. Деятельность человека оказывает значительное влияние на биосферу. Часто последствия этой деятельности катастрофические. Использование данных теории эволюции позволяет планировать, предвидеть результаты вмешательства человека в развитие биосферы Земли.

4. Эволюционная теория является теоретической основой развития биологии. Она необходима для познания всех законов организации и развития живого. Теория эволюции позволяет интегрировать достижения всех специальных биологических дисциплин, определяя в значительной степени направления каждой из них.

12.2 Доказательства эволюции (цитологические, сравнительно-анатомические, эмбриологические, палеонтологические, биогеографические)

Доказательства существования эволюции органического мира весьма многочисленны, поэтому в настоящее время ни у кого не остается сомнений, что новые виды возникают из ранее существовавших. Доказательства эволюции дают достижения многих биологических наук: палеонтологии, сравнительной анатомии, эмбриологии, биогеографии, систематики, биохимии, физиологии, генетики и селекции.

1. Палеонтология – наука, изучающая ископаемые остатки животных и растений прошлых геологических эпох. Основоположник эволюционной палеонтологии – В.О.Ковалевский. На основе ископаемых находок накоплено множество данных об условиях жизни в прежние эпохи.

А. Обнаружены *вымершие переходные формы* организмов, сочетающие признаки древних и более молодых групп животных (стегоцефалы, археоптерикс) и растений (псилофиты, семенные папоротники).

Б. На основе ископаемых находок составлены *филогенетические (палеонтологические) ряды*, т.е. ряды ископаемых форм, последовательно связанные друг с другом в процессе эволюции и отражающие историческое развитие данной группы организмов (для лошадей, хищных, слонов, китов и других групп животных).

Палеонтологические данные свидетельствуют об исторической связи групп организмов, отвергают представления о неизменяемости видов и являются доказательством существования эволюции.

2. Сравнительная анатомия – наука, которая изучает черты сходства и различия в строении организмов и их органов. Благодаря этому удастся установить степень родства и общность происхождения ныне живущих организмов, поскольку для каждого типа животных характерно единство плана строения.

Сравнительно-анатомические доказательства эволюции:

А. *Клеточное строение* всех живых организмов указывает на единство происхождения органического мира.

Б. *Общие планы строения организмов*. Сравнительное изучение животных или растений той или иной группы показывает, что каждая из групп имеет определенный план строения. Например, всем позвоночным характерна двусторонняя симметрия, вторичная полость тела, осевой скелет и т. д.

В. *Гомологичные органы* – это такие органы разных животных (или растений), которые имеют сходное строение и происхождение. Гомологичные органы **могут** выполнять у разных организмов разные или одинаковые функции. Передний ласт тюленя, ласты кита, крыло летучей мыши, крыло птицы, передняя лапа кошки, передняя нога лошади и рука человека – гомологичные органы, хотя на первый взгляд они несходны и приспособлены к выполнению различных функций. Все они состоят из почти одинакового числа костей, мышц, нервов и кровеносных сосудов, расположенных по одному и тому же плану, имеют сходный характер развития. Наличие гомологичных органов доказывает общность происхождения их обладателей. Примеры: жало пчелы и яйцеклад наездника; колючки ежа и шерсть собаки; корневище пырея и луковица лука; лист одуванчика и ловчий аппарат росянки; листья яблони и колючки барбариса; стolon картофеля и корневище ландыша; усики гороха и листья фасоли; почечные чешуи березы и листья яблони; колючки боярышника и колючки ежевики.

В природе у организмов встречаются и *аналогичные органы* – это органы, имеющие только внешнее сходство и выполняющие одинаковые функции, но имеющие разное строение и происхождение. Примерами могут служить крыло птицы и бабочки; роющие конечности крота и медведки; трахеи человека и трахеи насекомого; глаз кальмара и глаз человека; корень одуванчика и корневище пырея; клубень картофеля и корневые клубни (шишки) георгина; семена сосны и споры папоротника; коробочка мака и коробочка кукушкина льна. Аналогичные органы свидетельствуют лишь о

сходном направлении приспособлений организмов, вызываемых действием естественного отбора.

Г. *Рудиментарные органы* – недоразвитые органы, утратившие в процессе эволюции свое значение и находящиеся в стадии исчезновения. В организме человека можно насчитать свыше 100 рудиментарных структур: копчик, червеобразный отросток слепой кишки, зубы мудрости, третье веко, волосяной покров туловища, мышцы, обуславливающие подвижность ушей. Рудименты представляют остатки органов, имевшихся у предков в вполне развитом виде. Вследствие изменений в окружающей среде или же в образе жизни вида эти органы утратили значение для выживания. Рудиментарные органы имеются не только у человека, их можно обнаружить практически у каждого вида растений и животных: у китов и питонов, например, в толще брюшных мышц лежат кости, представляющие собой рудименты задних конечностей, у многих роющих или пещерных животных – рудиментарные глаза.

Д. *Атавизмы* – это появление у организмов признаков, присущих их далеким предкам, и в норме не встречающихся у современных форм. Эти признаки говорят о филогенетическом родстве организмов, у которых такие признаки присутствуют как норма, с организмами, у которых они проявляются лишь как атавизм. Примерами атавизмов у человека являются: хвостовой придаток, многососковость, развитие волосяного покрова на всем теле.

Е. *Переходные формы*, сочетающие в себе признаки как более высокоорганизованных, так и примитивных организмов. Например, среди современных млекопитающих встречаются первозвери, которые имеют черты, сходные с признаками пресмыкающихся (наличие клоаки, откладывание яиц).

3. Эмбриология – наука, которая изучает развитие зародышей организмов. Сравнение зародышей позвоночных показывает их необычайное сходство. Сопоставляя стадии развития зародышей разных классов хордовых К. Бэр сформулировал закон зародышевого сходства: *эмбрионы животных одного типа на ранних стадиях развития сходны*. Все они в эмбриональном развитии проходят одинаковые стадии развития (оплодотворенное яйцо, бластула, двух- и трехслойная гастрюла, нейрула и т.д.). Особенно сходство зародышей проявляется на ранних этапах эмбрионального развития, когда нелегко отличить зародыш человека от зародыша свиньи, цыпленка, лягушки или рыбы. По мере развития черты сходства

ослабевают, и последовательно проявляются признаки, характерные для класса, отряда, семейства, рода и вида, к которым принадлежит зародыш.

Немецкие ученые Геккель и Мюллер, основываясь на открытиях эмбриологии, сформулировали биогенетический закон: *онтогенез есть краткое повторение филогенеза*. Это значит, что зародыши в процессе индивидуального развития (онтогенеза) повторяют в несколько сокращенном виде эволюционный путь своих предков (филогенез). Последующими исследованиями было показано, что в онтогенезе происходит повторение зародышевых стадий развития предков, а не взрослых форм.

4. Биogeография – наука, изучающая закономерности распространения растений и животных по Земле. Основной принцип биогеографии заключается в том, что каждый вид возникал один раз. То место, где это произошло – это центр происхождения. Каждый вид расселялся до тех пор, пока не наткнулся на ту или иную преграду – физическую (море, горный хребет) или экологическую (неподходящий климат, конкуренция с другими организмами). В связи с этим распределение организмов отражает процесс исторического развития планеты и эволюции живого. Биogeография проводит:

А. *Сравнение животного и растительного мира разных континентов*. Не все растения и животные распространены во всех частях земного шара. Области, давно отделившиеся от остальных частей суши (Австралия), обладают своеобразной флорой и фауной, что свидетельствует об их раннем обособлении.

Б. *Изучение фауны и флоры островов*. Виды, встречающиеся на большинстве островов (Сахалин, Британские острова), сходны с видами, населяющими близлежащий материк, что указывает на их недавнюю изоляцию от материка. Чем древнее остров и чем дальше он удален от материка, тем больше обнаруживается различий в их флоре и фауне (на Мадагаскаре нет типичных для Африки крупных копытных и хищников).

5. Систематика – наука, описывающая существующие и вымершие организмы и классифицирующая их по систематическим единицам (таксонам). Основоположник систематики – Линней – твердо верил в неизменяемость видов. Современная систематика описывают и классифицируют виды с целью установления их общности происхождения. То обстоятельство, что живые существа на основании их признаков можно систематизировать, доказывает су-

существования между ними эволюционных взаимоотношений. Если бы виды не были связаны филогенетически, их признаки носили бы случайный характер, и классифицировать их было бы невозможно.

6. Современная генетика приводит неопровержимые доказательства единства происхождения органического мира.

А. Одинаковые у всех организмов способы хранения, кодирования и реализации генетической информации, основанные на использовании только ДНК и РНК.

Б. Универсальным является генетический код.

В. Одинаков принцип редупликации ДНК.

7. Селекция, проводимая человеком на протяжении последних нескольких тысяч лет, дает возможность представить, как действуют некоторые факторы эволюции. Достижения селекции в выведении новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов доказывают, что виды не представляют собой неизменные биологические единицы, созданные независимо друг от друга, а возникают из других видов и способны дать начало еще новым видам.

12.3 Вид и его критерии. Популяционная структура вида

В основе представлений Дарвина об эволюции стоит понятие вида. До Дарвина вид считали неизменным, и эта неизменяемость служила решающим аргументом для тех, кто отвергал возможность эволюционных изменений. Существование эволюции можно было доказать, только продемонстрировав, что один вид может произойти от другого путем наследственных изменений.

Вид – это совокупность особей, сходных по морфофизиологическим признакам, занимающих в природе определенный ареал, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство.

Вид – основная структурная единица в системе живых организмов, качественный этап эволюционного процесса. Виды возникают, развиваются, а при изменении условий окружающей среды могут вымереть или дать начало другим видам. Между собой они отличаются друг от друга определенными признаками, которые называют критериями вида.

Критерии вида:

1. *Морфологический критерий* – особи одного вида сходны по внешнему и внутреннему строению и отличаются от представителей других видов. Различия между видами могут быть весьма значительными (кошка и собака) или едва уловимыми (виды-двойники у крыс), когда только по этому критерию нельзя отнести особь к тому или иному виду. Относительность данного критерия подтверждают внешние и внутренние различия в строении взрослых особей и личинок, морфологические различия в зависимости от пола.

2. *Физиологический критерий* – у особей одного вида сходны все процессы жизнедеятельности (обмен веществ, размножение, развитие и т.д.).

3. *Биохимический критерий* – особи одного вида характеризуются сходством химического состава клеток и протекающих в организме биохимических реакций (сходство структуры и химического состава белков, нуклеиновых кислот).

4. *Генетический критерий* – для каждого вида характерен определенный кариотип (набор хромосом). Использование этого критерия позволяет различать виды-двойники. Однако данный критерий также не абсолютен. Относительность данного критерия подтверждает присутствие в популяциях особей с разным числом хромосом, образовавшихся в результате геномных мутаций.

5. *Географический критерий* – каждый вид проживает в пределах определенного ареала (занимает определенную территорию или акваторию). Относительность данного критерия подтверждает существование видов-космополитов.

6. *Экологический критерий* – сходство мест обитания особей одного вида. Каждый вид занимает свою особую экологическую нишу в пределах ареала.

7. *Репродуктивный критерий* – особи одного вида, размножающегося половым путем, способны скрещиваться между собой и оставлять плодовитое потомство. Благодаря скрещиванию, каждый вид имеет свой генофонд (совокупность генов, которые имеются у особей одного вида или популяции), отличный от генофондов других видов.

При изучении вида все перечисленные критерии необходимо рассматривать в совокупности, поскольку ни один из них не является абсолютным. Однако основное внимание уделяется генетическому и репродуктивному критериям.

Вид – единственная реально существующая систематическая категория. Его единство обеспечивается свободным скрещиванием, в результате которого происходит постоянный обмен генами между особями, способствующий устойчивому существованию вида на протяжении многих поколений. Виды характеризуются относительно стабильными генофондами. Общий генофонд вида обеспечивает достаточную изменчивость (за счет постоянно происходящего мутационного процесса). С другой стороны, генофонд вида настолько един (благодаря репродуктивной изоляции), что препятствует проникновению генетической информации извне.

Каждый вид существует как совокупность популяций.

Популяция – совокупность особей одного вида, длительно обитающих на одной территории и свободно скрещивающихся между собой, относительно обособленных от других популяций этого же вида.

Популяция является *структурной единицей вида*. Ареал каждого вида населен неравномерно. Сгущения особей (популяции) чередуются с участками, где особи практически отсутствуют. Особи одной популяции более сходны между собой в сравнении с представителями других популяций. Это объясняется тем, что внутри популяции скрещивание происходит гораздо чаще, чем с представителями других популяций.

Популяция – это и *наименьшая эволюционная структура*. Популяция, а не отдельная особь, является единицей эволюции, так как:

- Отдельная особь смертна, а популяция относительно бессмертна.

- Отдельная особь не может быть носителем всего *генофонда* популяции.

- Генотип отдельного организма остается неизменным на протяжении всей жизни, а генофонд популяции может изменяться под влиянием *элементарных эволюционных факторов*.

- Именно в популяции наблюдается свободное скрещивание.

Любые изменения отдельных особей ни к каким эволюционным процессам сами по себе привести не могут. Индивидуальные изменения должны стать групповыми, подвергнуться воздействию тех или иных эволюционных факторов. Это возможно лишь в рамках популяции, как длительно существующей организованной группе особей и обладающей собственной эволюционной судьбой.

Генетическая структура популяции

Популяция включает огромное количество разнообразных генов, которые образуют ее генофонд. Каждый ген существует в нескольких формах, называемых аллелями. В популяции одновременно находятся особи, несущие как доминантные, так и рецессивные признаки. При этом доминантный аллель не вытесняет рецессивный. Эта закономерность носит название закона Харди-Вайнберга: *в идеальной популяции соотношение аллелей остается неизменным*. Идеальная популяция характеризуется а) большой величиной, б) свободным скрещиванием, в) отсутствием мутаций, г) отсутствием миграции особей из соседних популяций, д) отсутствием действия естественного отбора. В идеальной популяции генофонд не изменяется от поколения к поколению, поэтому частоты всех аллелей остаются постоянными. Математически эта закономерность была объяснена независимо друг от друга двумя исследователями: математиком Г. Харди и врачом В. Вайнбергом.

При частоте аллеля А, равной p , и частоте аллеля а, равной q , частоты этих аллелей в гаметах самцов $p + q = 1$, у самок также $p + q = 1$. На основании скрещивания гетерозигот частоты трех полученных генотипических классов – АА, Аа и аа – составляют:

$$p^2 (AA) + 2pq (Aa) + q^2 (aa) = 1.$$

P: ♀ Aa × ♂ Aa

G: (A) (a) (A) (a)

G: ♂	p (A)	q (a)
♀		
p (A)	$p^2 (AA)$	pq (Aa)
q (a)	pq (Aa)	$q^2 (aa)$

Это формула квадрата суммы двух чисел и выражение можно представить в следующем виде: $(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 = 1$.

Отсюда видно, что соотношение частот генотипов доминантных гомозигот, гетерозигот и рецессивных гомозигот, а также соотношение частот доминантного и рецессивного аллеля остается на одном уровне.

12.4 Современные представления об эволюции. Синтетическая теория эволюции

Современная синтетическая теория эволюции – результат синтеза эволюционного учения Дарвина, современной генетики, молекулярной биологии, экологии, эмбриологии и других наук. Важный вклад в разработку синтетической теории эволюции внес русский ученый И. И. Шмальгаузен.

Эта теория включает:

1. Учение об *элементарной эволюционной единице* – *популяции*.
2. Учение об *элементарном эволюционном материале* – *мутациях*.
3. Учение об *элементарных эволюционных факторах* – мутационном процессе, изоляции, популяционных волнах, потоке генов, дрейфе генов, естественном отборе.
4. Учение о *естественном отборе* – движущей и направляющей силе эволюции.
5. Учение об *основных результатах эволюции*.

В популяции, которая является элементарной эволюционной единицей, одновременно находятся особи, несущие как доминантные, так и рецессивные признаки. Эта закономерность носит название закона Харди-Вайнберга: *в идеальной популяции соотношение аллелей остается неизменным*. Идеальная популяция характеризуется большой величиной, свободным скрещиванием, отсутствием мутаций, отсутствием миграции особей из соседних популяций и отсутствием действия естественного отбора. В идеальной популяции генофонд не изменяется от поколения к поколению, поэтому частоты всех аллелей остаются постоянными. Однако в реальных популяциях действуют факторы, вызывающие изменение соотношения аллелей. Такие факторы называют элементарными эволюционными факторами.



1. *Мутационный процесс* постоянно происходит в популяциях. Природные популяции насыщены мутантными генами в гетерози-

готном состоянии. Накопление мутантных аллелей обеспечивает наследственную изменчивость, приводящую к генетической гетерогенности природных популяций. Мутационный процесс служит поставщиком элементарного эволюционного материала – *мутаций*. Спонтанные мутации постоянно происходят в популяциях под действием мутагенных факторов внешней среды и, вызывая изменения генофонда популяций, дают материал для естественного отбора. Большинство мутаций вредно. Только малая часть мутаций в какой-то мере полезна для организма. При этом доминантные мутации сразу попадают под действие естественного отбора. Однако большинство мутаций являются рецессивными и не проявляются у гетерозигот. Рецессивные мутации начинают подвергаться действию естественного отбора только после достаточного накопления их в популяции, когда они переходят в гомозиготное состояние. Если мутация повышает приспособленность организма к среде обитания, она будет поддерживаться естественным отбором, а если снижает – элиминироваться.

2. *Популяционные волны* – колебания численности особей в больших популяциях. Они могут быть сезонными (периодическими), и несезонными (апериодическими). Колебания численности особей обусловлены воздействием на популяцию различных абиотических (засуха, заморозки и т.д.) и биотических (размножение паразитов, хищников и т.д.) факторов внешней среды. Эволюционное значение популяционных волн сводится к случайному изменению частот генов и генотипов в популяциях, что ведет к изменению направления и интенсивности естественного отбора.

3. Поток генов (миграция) – случайный обмен генами между разными популяциями одного вида в результате свободного скрещивания их особей *при миграции*. Гены мигрирующих особей включаются в генофонд популяции. Происходит при сезонных перемещениях животных в периоды размножения и в результате расселения молодняка.

4. *Изоляция* – процесс ограничения свободного скрещивания. Только в результате прекращения скрещивания особей, благодаря изоляции, из одной исходной популяции могут сформироваться две отличающиеся генетически группы организмов, которые в дальнейшем превратятся в новые подвиды и виды. При этом изоляция не создает новых форм, а лишь способствует дивергенции.



Различают географическую и биологическую изоляцию.

Географическая изоляция возникает в результате фрагментации ареала материнского вида различными физическими барьерами (горами, реками).

Биологическая изоляция возникает вследствие внутривидовых различий организмов. Эти различия приводят к тому, что особи перестают скрещиваться. Эта изоляция имеет несколько форм.

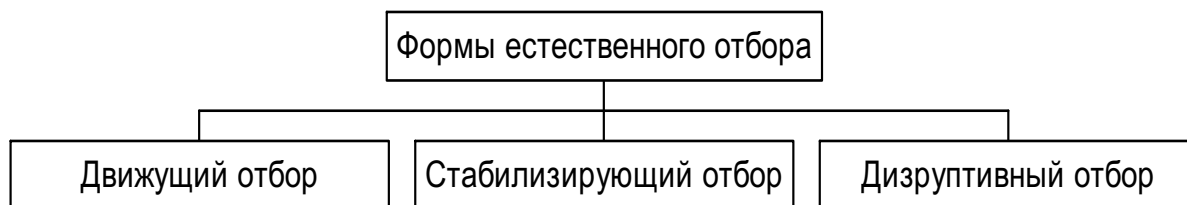
Биологическая (репродуктивная) изоляция

- экологическая - различия занимаемых экологических ниш
- этологическая - различия поведения
- морфологическая - различия в размерах, строении организмов и органов
- сезонная (временная) - различия в сроках размножения
- генетическая - различия наследственного аппарата

В зависимости от характера изоляции различают две основные формы видообразования: аллопатрическое и симпатрическое.

5. Дрейф генов – случайное изменение частоты аллелей в малых популяциях в ряду поколений под действием случайных факторов. Дрейф генов приводит к снижению наследственной изменчивости популяций. Наиболее отчетливо проявляется в малых популяциях в результате стихийных бедствий (лесной пожар, наводнение). Под действием дрейфа генов усиливается процесс гомозиготизации особей. Это обусловлено увеличением числа близкородственных скрещиваний.

6. *Естественный отбор* – процесс выживания и оставление после себя потомства наиболее приспособленными к данным условиям среды особями и гибель менее приспособленных. Естественный отбор в природе действует в различных направлениях и соответственно приводит к разным результатам. Поэтому различают несколько форм естественного отбора.



А. *Движущий отбор* способствует непрерывному изменению признака в определенном направлении. При этом в генофонде популяции накапливаются и распространяются мутации, способствующие данному изменению фенотипа. Движущий отбор действует при изменении условий внешней среды и обеспечивает приобретение новых признаков (смещение нормы реакции организмов в сторону изменчивости признака). Примеры: появление групп насекомых, устойчивых к ядохимикатам; редукция корневой системы у растений паразитов; появление у болезнетворных бактерий устойчивости к антибиотикам, формирование кутикулы у эндопаразитов, появление предупреждающей окраски у ядовитых животных.

Б. *Стабилизирующий отбор* благоприятствует сохранению в популяции среднего значения признака или свойства (сохраняется оптимальный в данных условиях фенотип). Эта форма отбора направлена против особей, признаки которых отклоняются от среднего значения в ту или иную сторону (устранение форм с крайними значениями признака). Стабилизирующий отбор наблюдается при длительном сохранении постоянных условий внешней среды. Так, у насекомоопыляемых растений размеры и форма цветков остаются неизменными. Это связано с тем, что цветки, не соответствующие строению насекомых-опылителей, не смогут образовать семян. Примеры: сохранение реликтовых видов растений (секвойя, гинкго и др.) в неизменном виде тысячи лет, поддержание постоянной температуры тела у птиц и млекопитающих.

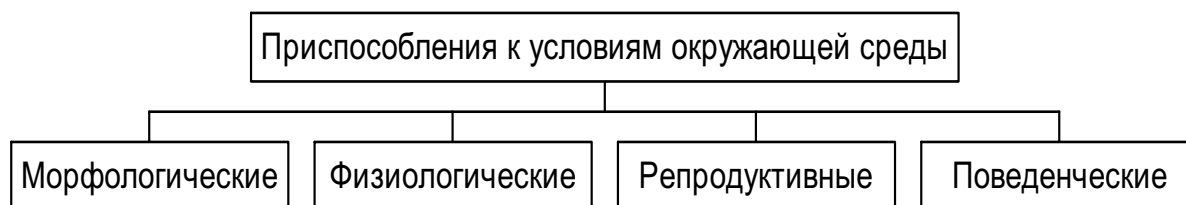
В. *Дизруптивный отбор* благоприятствует сохранению крайних значений признака. Он направлен против среднего значения признака. Например, на океанических островах сохранились насекомые с хорошо развитыми крыльями или бескрылые, а насекомые

со слабо развитыми крыльями не могли противостоять порывам ветра и уносились в океан.

Естественному отбору принадлежит ведущая роль в эволюционном процессе, так как он определяет направление эволюции. Все элементарные эволюционные факторы случайно изменяют генофонды популяций, и только естественный отбор производит в генофондах популяций направленные изменения, которые повышают приспособленность организмов. Отбор является движущей и направляющей силой эволюции.

12.5. Приспособления как результат действия факторов эволюции и их относительный характер

Основным результатом эволюции является возникновение приспособленности организмов к среде обитания. Приспособления формируются на протяжении всех стадий жизненного цикла особей вида. Внешнее и внутреннее строение, инстинкты, поведение живых организмов характеризуются приспособленностью к условиям их жизни. Формы приспособлений бесконечно разнообразны.



К *морфологическим приспособлениям* относятся приспособления строения организмов и их органов к условиям среды обитания:

а) средства пассивной защиты (хитиновый покров у ракообразных, раковины моллюсков, защитные образования в виде колючек у кактусов, шиповника);

б) особенности строения органов (ласты тюленя, летательная перепонка у летучих мышей, плавательные перепонки между пальцами у водоплавающих птиц, ходульные корни у растений, карликовые формы растений тундры);

в) покровительственная окраска – окраска, помогающая скрыться в окружающей среде (заяц-беляк зимой имеет белый цвет шерсти);

г) предостерегающая окраска указывает на опасность данного вида для хищников (божья коровка, оса);

д) мимикрия – сходство между незащищенными и защищенными видами (осовидные мухи);

е) маскировка – приобретение сходства животных с каким-либо предметом (гусеницы пяденицы в позе покоя сходны с сухой веткой).

Физиологические приспособления – это особенности процессов жизнедеятельности, способствующие выживанию организмов в определенной среде обитания:

– разнообразные физиологические механизмы приспособления растений и животных к недостатку воды;

– приспособления животных к недостатку кислорода (у ныряющих млекопитающих увеличилось содержание миоглобина – транспортного белка, который переносит кислород в мышцах);

– приспособления организмов к неблагоприятным температурам:

а) постоянная температура тела у гомойотермных животных;

б) при повышении температуры среды у млекопитающих расширяются капилляры кожи;

в) приспособленность к низким температурам пойкилотермных животных достигается снижением точки замерзания клеточного сока за счет повышения концентрации растворимых углеводов и других веществ;

г) в составе жиров у арктических животных высокое содержание ненасыщенных жирных кислот, что снижает температуру затвердевания жира;

д) листопад у растений при недостатке влаги.

Биохимические приспособления – это особенности химических процессов протекающих в организмах, способствующие выживанию организмов в определенной среде обитания:

– в цветках черемухи, липы и других растений для привлечения насекомых-опылителей синтезируются эфирные масла, придающие цветкам аромат.

Репродуктивные приспособления – это приспособления, которые обеспечивают расширенное воспроизводство организмов:

– интенсивность размножения (плодовитость особенно высока у видов, у которых большая часть потомства уничтожается, и нет заботы о потомстве, так треска мечет до 4 миллионов икринок);

– забота о потомстве (колюшка откладывает всего 120–150 икринок в гнездо, построенное самцом, который охраняет оплодотворенную икру и мальков);

- привлечение насекомых насекомопыляемыми растениями (яркая окраска цветков);
- приспособления для распространения семян у растений (ветром, водой, животными).

Поведенческие приспособления – это особенности поведения организмов, способствующие выживанию в определенных условиях внешней среды:

- поиск пойкилотермными животными укрытий, позволяющих переждать холодное время года (насекомые и личинки насекомых проникают под кору деревьев; кольчатые черви, обитающие в почве, уходят на большую глубину);
- образование тесных скоплений особей при похолодании;
- перелеты птиц;
- миграция животных и другие.

Любая приспособленность имеет относительный характер, потому что помогает выжить только в тех условиях среды, где она выработалась. В других условиях она оказывается бесполезной или даже может привести к гибели организма (например: ночные бабочки летят на огонь, стриж не может взлететь с ровной поверхности). Также совершенство любых конкретных приспособлений относительно, так как всегда возможны и более совершенные приспособления к данной среде обитания.

Механизмы эволюционного развития приспособлений – одна из центральных проблем биологии. Приспособления не появляются в готовом виде, а вырабатываются на основе наследственной изменчивости в процессе борьбы за существование, и являются результатом действия естественного отбора в данных условиях существования.

12.6 Видообразование. Факторы и способы видообразования

Микроэволюция – это совокупность эволюционных процессов, протекающих в популяциях вида и приводящих к изменениям генофондов этих популяций и образованию новых видов.

Микроэволюционные процессы происходят внутри *элементарной эволюционной единицы – популяции*, в которой действуют *элементарные эволюционные факторы*. При этом единственным источником появления новых признаков, *элементарным эволюционным материалом* являются мутации. А *естественный отбор* вы-

ступает единственным творческим фактором микроэволюции. Микроэволюционные процессы завершаются *видообразованием*.

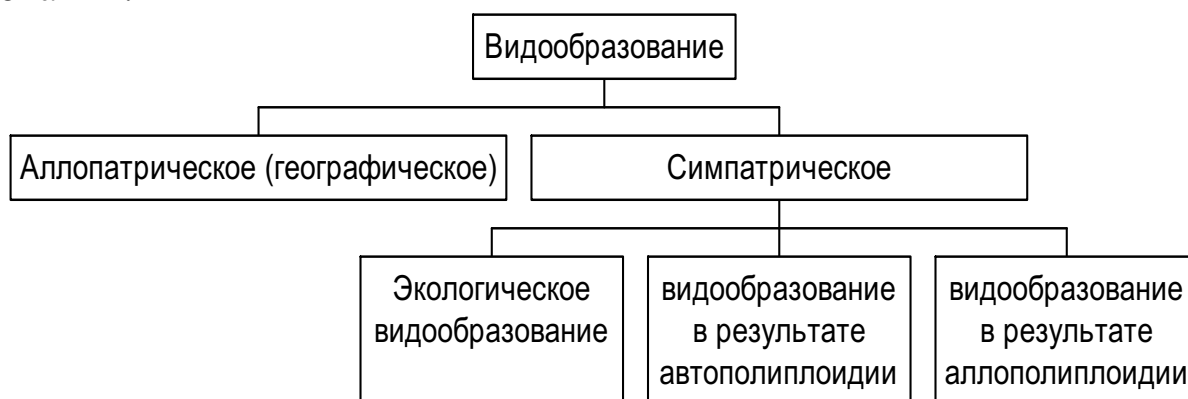
Процесс эволюционных преобразований, ведущий к формированию надвидовых таксономических групп (родов, семейств, отрядов и т.д.), носит название макроэволюция. Она совершается на основе микроэволюционных процессов, и в ее основе лежат те же эволюционные события.

Видообразование – это процесс образования новых видов из видов, существовавших ранее.

Внутри вида постоянно происходят микроэволюционные процессы, приводящие к изменениям генофонда вида и образованию новых популяций и подвидов. Разные условия существования в различных частях ареала вида могут направлять отбор в различных направлениях. Это приводит к расхождению признаков – дивергенции. Учение о дивергенции разработал Дарвин. Он указал, что сходные организмы видов (популяций) нуждаются в одинаковых условиях существования, поэтому между ними происходит наиболее напряженная внутривидовая борьба. Наоборот, отличающиеся организмы популяций имеют больше преимуществ для выживания и оставления потомства. При этом промежуточные формы уступают крайним, не выдерживают с ними конкуренции и элиминируются в процессе естественного отбора. Крайние формы с каждым новым поколением все более и более отличаются, а промежуточные вымирают. Образование новых видов завершается, когда организмы, накопив изменения под влиянием действующих эволюционных факторов, перестают скрещиваться между собой.

Новый вид также может возникнуть посредством постепенного изменения одного и того же вида во времени, без дивергенции исходных групп.

В настоящее время различают несколько способов видообразования.



Аллопатрическое (географическое) видообразование происходит в результате разделения ареала материнского вида географическими или физическими барьерами (водные пространства, горные хребты), что ведет к *географической (пространственной) изоляции* популяций и видов. Так возникли байкальские виды рыб, кольчатых червей. По обе стороны Панамского перешейка морские беспозвоночные представлены различными, хотя и родственными видами.

Симпатрическое видообразование – видообразование, при котором новый вид возникает внутри ареала исходного, когда популяции не могут скрещиваться в результате биологической изоляции. Образование новых видов в данном случае происходит несколькими способами.

1. *Экологическое видообразование* – новый вид возникает внутри ареала материнского, когда популяции организмов попадают в разные экологические условия (занимают различные экологические ниши) в пределах ареала своего вида. Здесь организмы подвергаются действию новых условий, что влечет за собой выявление и закрепление новых мутаций, изменение направления действия естественного отбора и формирование новых признаков. Например: морские животные, обитающие в литоральной зоне (зона приливов и отливов), изолированы от других, обитающих всего лишь в нескольких метрах от них, ниже зоны отлива. В связи с пищевой специализацией обособились несколько видов синиц: синица большая и лазоревка обитают в лиственных лесах садах парках, но первая из них питается преимущественно крупными насекомыми, а вторая разыскивает мелких насекомых на коре деревьев. У растения погремка встречаются ярко выраженные ранне- и поздноцветущие формы, которые полностью репродуктивно изолированы друг от друга.

2. *Видообразование в результате автополиплоидии* – посредством удвоения, утроения и т.д. основного набора хромосом. Известны группы близких видов растений с кратными числами хромосом. Например, в роде хризантемы все виды имеют число хромосом, кратное 9 (18, 27, 36, ... 90). Полиплоидные формы могут сосуществовать совместно с исходным видом или вытеснять его.

3. *Видообразование в результате аллополиплоидии (видообразование в результате межвидовой гибридизации)* – новый вид возникает в результате гибридизации двух уже существующих видов с

последующим удвоением числа хромосом – *аллополиплоидия*. Часто встречается у растений. Например, культурная слива ($2n=48$) возникла путем гибридизации терна ($2n=32$) с алычой ($2n=16$) с последующим удвоением числа хромосом.

12.7. Основные направления эволюционного процесса: прогресс и регресс. Арогенез, аллогенез, катагенез. Способы осуществления эволюционных процессов: дивергенция, конвергенция, параллелизм

Учение о главных направлениях эволюции (о биологическом прогрессе и регрессе) разработал А. Н. Северцов.

Биологический прогресс – эволюционный успех систематической группы (вида, рода и т.д.), ведущий к повышению численности особей, расширению ареала, увеличению количества и разнообразия дочерних групп (популяций, подвидов). Биологический прогресс характеризуется возрастанием приспособленности особей к окружающей среде, успехом в борьбе за существование. Прогрессирующими можно считать многие группы насекомых, млекопитающих, цветковых и т.д.

Критерии биологического прогресса:

- 1) повышение численности особей;
- 2) расширение ареала;
- 3) увеличение количества и разнообразия дочерних групп (популяций, подвидов).

В природе также наблюдается процесс, противоположный биологическому прогрессу, который называют биологический регресс.

Биологический регресс – эволюционный упадок систематической группы (вида, рода и т.д.), характеризующийся уменьшением численности особей, сокращением ареала, уменьшением числа и разнообразия дочерних групп. В итоге биологический регресс может привести к вымиранию группы. Исчезли древовидные папоротники, большинство древних пресмыкающихся, мамонты. Регрессирующим является род выхухолей, состоящий всего из двух видов.

Критерии биологического регресса:

- 1) уменьшение численности особей;
- 2) сокращение ареала;
- 3) уменьшение числа и разнообразия дочерних групп.

Деятельность человека часто может являться значительным фактором биологического прогресса одних видов (домашних животных, сорняков, вредителей, паразитов) и биологического регресса других (на грани вымирания уссурийский тигр, зубр).

Изучение исторического развития живой природы показывает, что в ходе эволюции сочетаются и закономерно сменяют друг друга разные *пути достижения биологического прогресса*: арогенез, аллогенез и катагенез.

1) Арогенез – эволюционный путь развития группы организмов с выходом в новую адаптивную зону под влиянием приобретения принципиальных изменений. Арогенез повышает уровень организации особей и позволяет им расширить среду обитания или перейти в новую среду. Примерами арогенезов является выход растений на сушу, возникновение голосеменных, покрытосеменных, класса млекопитающих и т.д.

Конкретные морфофизиологические изменения, повышающие общий уровень организации и определяющие арогенез той или иной группы, называются ароморфозами.

Ароморфозы – усложнения строения и функций организмов, которые ведут к повышению общего уровня организации и жизнеспособности группы. Повышение уровня организации дает широкие преимущества данной группе организмов в борьбе за существование и обеспечивает освоение новых адаптивных зон. Ароморфозы ведут к биологическому прогрессу, а их результатом является возникновение новых крупных систематических групп – типов, классов. Например, предки земноводных приобрели ароморфозы важнейших систем органов: кровеносной, дыхательной и др., что обеспечило освоение ими более сложной среды обитания (выход на сушу).

2) Аллогенез – развитие группы живых организмов внутри одной адаптивной зоны с возникновением большого числа близких форм, различающихся определенными приспособлениями. Аллогенез – это путь развития частных адаптаций, не изменяющих уровень организации особей и позволяющих им более полно заселить прежнюю среду обитания.

Частные приспособления (адаптации), обеспечивающие аллогенез, носят название алломорфозы (идиоадаптации).

Алломорфозы (идиоадаптации) – мелкие приспособления организмов к специфическим условиям среды, полезные в борьбе за

существование, но существенно не меняющие уровня организации. Идиоадаптации обеспечивают развитие групп внутри определенной среды обитания с возникновением большого числа более мелких систематических групп (семейств, родов, видов), занимающих различные экологические ниши. Классы насекомых, птиц и млекопитающих на основе многочисленных идиоадаптаций (разнообразные преобразования различных органов) дали громадное многообразие видов. Идиоадаптации к узким, ограниченным условиям среды приводят к специализации группы (бактерии, живущие в горячих источниках; специализация некоторых растений к определенным опылителям и др.) Специализация при быстром изменении условий среды может привести к вымиранию (мезозойские ящеры).

3) *Катагенез (общая дегенерация)* – особый путь эволюции, связанный с упрощением морфофизиологической организации и образа жизни, в результате перехода к более простым условиям существования. Катагенез приводит к снижению уровня организации особей, что позволяет им заселить более простую среду обитания. Например, переход к паразитическому или сидячему образу жизни нередко сопровождается морфофизиологическими перестройками, редукцией некоторых органов и систем (у ленточных червей утрачена пищеварительная система, у повилики – атрофия корней и листьев).

В историческом развитии живого наблюдается определенная взаимосвязь путей эволюции. После арогенеза и выхода группы в новую адаптивную зону начинается интенсивное освоение новой среды путем аллогенеза, в результате чего исходная группа дает множество дочерних.

Способы осуществления эволюционных процессов (формы макроэволюции):

Основные:

1. Дивергенция (дивергентная эволюция) – происходит распад одной систематической группы на несколько в процессе приспособления их к разным условиям существования (все виды галапагосских вьюрков произошли в процессе специализации к разным видам пищи от одного общего предка). Происходит расхождение признаков у родственных организмов. В результате дивергенции образуются гомологичные органы.

2. Конвергенция (конвергентная эволюция) – неродственные группы организмов, развиваясь в одинаковых условиях среды, мо-

гут приобретать сходные признаки (сходство формы тела у акул, ихтиозавров и дельфинов). В результате конвергенции образуются аналогичные органы.

Второстепенные:

3. Параллельная эволюция (параллелизм) – происходит, если ранее дивергировавшие группы попадают в сходные условия существования, и у них независимо, параллельно могут формироваться сходные адаптивные признаки (саблезубость в семействе кошачьих возникала четыре раза в двух родах).

4. Филетическая эволюция – постепенные эволюционные перестройки определенной систематической группы, которые ведут к возникновению новой группы, отличной от исходной (филогенетический ряд предков человека).

12.8 Основные ароморфозы в эволюции органического мира

Планета Земля, как и другие планеты Солнечной системы, образовалась около 5 млрд лет назад. Жизнь на Земле возникла около 3,5 млрд лет назад. Путем изучения содержания продуктов радиоактивного распада в минералах ученые смогли установить абсолютный возраст горных пород, слагающих земную кору, и на основании этого составить геохронологическую шкалу.

Геохронологическая шкала – система геологического времени, показывающая последовательность этапов развития земной коры и органического мира. Единицами шкалы являются эры.

Эра – единица геологического времени продолжительностью в сотни миллионов лет. Каждая из них имеет свое название: катархейская (ниже древнейшей); архейская (древнейшей жизни); протерозойская (первичной жизни); палеозойская (древней жизни); мезозойская (средней жизни); кайнозойская (новой жизни). Эры, в свою очередь, подразделены на *периоды*, названия которых происходят от названия мест, где были найдены характерные породы, или от признаков самих пород. При описании эр и периодов указывают их возраст (или начало), т.е. время, прошедшее от начала эры до наших дней.

Таблица 25. – Краткая история развития органического мира на Земле и основные араморфозы

<i>Эры (млн лет)</i>	<i>Биологическая эволюция</i>	<i>Основные араморфозы</i>
Катархейская эра Возраст 4700-5000, окончание 3500	Химическая эволюция. Возникновение биополимеров	
Архейская эра Возраст 3500, Окончание 2600	Возникновение жизни на Земле. Начало биологической эволюции	Появление: фотосинтеза; эукариот; полового процесса; многоклеточности.
Протерозойская эра Возраст 2600, окончание 600	Жизнь сосредоточена в воде. Возникли основные типы беспозвоночных животных и все отделы водорослей	Возникновение двусторонней симметрии тела; двухслойных и трехслойных животных
Палеозойская эра Возраст (начало) 570, окончание 230 млн лет		
1. Кембрийский (возраст 570 млн) и 2. Ордовикский периоды (возраст 500 млн)	Жизнь сосредоточена в воде. Расцвет водорослей и морских беспозвоночных. Появление первых хордовых – бесчерепных и первых позвоночных – бесчелюстных	Формирование осевого комплекса органов у типа хордовых. Появление позвонков и черепа у позвоночных
3. Силурийский период (возраст 440 млн.)	Выход растений на сушу (псилофиты). Появление челюстных хордовых и первых наземных членистоногих (скорпионы)	Объединение клеток растений в ткани. Образование челюстей и поясов конечностей у позвоночных.
	Биологическая эволюция	Основные араморфозы
4. Девонский период (возраст 400 млн.)	Появление папоротников, хвощей, плаунов. Выход на сушу первых позвоночных – стегоцефалов (древних земноводных)	Дифференцировка тела растений на органы. Появление воздушного дыхания, двух кругов кровообращения, пятипалых конечностей
5. Каменноугольный период (возраст 350 млн)	Расцвет папоротников. Появление первых пресмыкающихся	Появление внутреннего оплодотворения, зачатков коры головного мозга, зародышевой оболочки – амниона. Формирование грудной клетки, развитие вторичных тазовых почек
6. Пермский период (возраст 285 млн)	Появление и расцвет голосеменных	Образование пыльцевой трубки и семени
Мезозойская эра. Возраст (начало) 230, окончание 67 млн лет		
1. Триасовый период (возраст 230 млн)	Господство голосеменных. Появление первых яйцекладущих млекопитающих	Возникновение молочных желез, четырехкамерного сердца, полного разделения артериальной и венозной крови, теплокровности

Продолжение таблицы 25

2.Юрский период (возраст 195 млн)	Господство голосеменных и гигантских ящеров. Появление древнейших зубастых птиц (археоптериксов)	Появление двойного дыхания, четырехкамерного сердца, теплокровности у птиц
3.Меловой период (возраст 137 млн)	Появление покрытосеменных растений и плацентарных млекопитающих	Развитие цветка и плода. Появление матки и плаценты
Кайнозойская эра. Возраст (начало) 67 млн лет		
Третичный период (Палеоген; Неоген) (возраст 67 млн)	Расцвет покрытосеменных, насекомых, млекопитающих и птиц, развитие которых шло путем идиоадаптаций. Развитие покрытосеменных было тесно связано с параллельным развитием насекомых-опылителей	
Четвертичный (Антропоген) (возраст 1,5 млн)	Появление и развитие человека. Растительный и животный мир принял современный облик	Развитие коры головного мозга

12.9 Гипотезы происхождения жизни на Земле

1. Креационизм (жизнь создана творцом).
2. Гипотеза самопроизвольного зарождения (возникновение жизни из неживого вещества).
3. Гипотеза стационарного состояния (жизнь существовала всегда).
4. Гипотеза панспермии (жизнь на Землю занесена с других планет).
5. Биохимическая гипотеза (жизнь возникла на Земле в результате биохимической эволюции).

12.10 Происхождение человека

Установление места человека в животном мире:

– Карл Линней («Система природы») описал вид Человек разумный и на основании сходства в строении поместил его вместе с высшими и низшими обезьянами в отряд приматы (Указал на сходство в строении, но не на родство).

– Ж. Б. Ламарк («Философия зоологии») сформулировал гипотезу о естественном происхождении человека от древних обезьян, перешедших к прямохождению. Исходным предком человека ошибочно считал одну из современных человекообразных обезьян (шимпанзе).

– Чарлз Дарвин («Происхождение человека и половой отбор») доказал происхождение человека от древних обезьян и установил биологические факторы антропогенеза.

– Ф. Энгельс («Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека») описал социальные факторы антропогенеза. Он указал на то, что труд являлся основным условием формирования человека.

Систематическое положение современного человека

Царство Животные → подцарство Многоклеточные → тип Хордовые → подтип Позвоночные (Черепные) → класс Млекопитающие → подкласс Плацентарные (настоящие звери) → отряд Приматы → подотряд Человекоподобные → семейство Люди (Гоминиды) → род Человек (Homo) → вид Человек разумный (Homo sapiens) → подвид Человек разумный разумный (Homo sapiens sapiens).

К виду человек разумный также относят вымерший подвид Человек разумный неандертальский.

Таблица 26. Систематическое положение современного человека

<i>Категории систематики</i>	<i>Признаки</i>
Царство Животные	Гетеротрофное питание, подвижный образ жизни, особенности строения клеток.
Тип Хордовые	В эмбриогенезе у эмбриона закладываются: хорда, нервная трубка над хордой, пищеварительная трубка под хордой, сердце на брюшной стороне тела, жаберные щели в пищеварительной трубке (глотке)
Подтип Позвоночные	Хорда замещается позвоночником, развит череп, челюсти, различают головной и спинной мозг, головной мозг состоит из пяти отделов, появляются парные конечности
Класс Млекопитающие	Молочные, слюнные, потовые железы, волосяной покров, ушные раковины, три слуховые косточки в среднем ухе, диафрагма, зубы дифференцированы на клыки, резцы, коренные, теплокровность, четырехкамерное сердце
Подкласс Плацентарные	Наличие матки, внутриутробное развитие, питание плода через плаценту
Отряд Приматы	Передние (верхние) конечности хватательного типа (первый палец противопоставлен остальным), развитые ключицы, плоские ногти, папиллярные узоры на пальцах, одна пара сосков молочных желез, глаза расположены в одной плоскости (бинокулярное зрение), молочные зубы в процессе онтогенеза сменяются постоянными; отсутствует сезонность в половой жизни; значительное развитие больших полушарий головного мозга

Продолжение таблицы 26

Семейство Гоминиды	Присутствие дуг и петель в пальцевых узорах; редукция хвостового отдела позвоночника (копчик); наличие большого числа извилин на полушариях головного мозга; присутствие четырех основных групп крови системы АВ0
Род Человек	Объем мозга превышает 900 см ³ ; развитие признаков, связанных с прямохождением: наличие изгибов в позвоночном столбе – S образный позвоночник, сводчатая стопа; относительно длинный и очень толстый первый палец на руках; изменения в строении гортани, связанные с речью; подковообразная нижняя челюсть; резкое сокращение лицевого отдела черепа и увеличение мозгового; специфическое распределение волос на теле

12.11 Доказательства происхождения человека от животных



1. *Эмбриологические.* Сравнение зародышей человека и позвоночных показывает их необычайное сходство. Они в эмбриональном развитии проходят одинаковые стадии развития (оплодотворенное яйцо, бластула, гастрюла, нейрула и т.д.). К концу первого месяца эмбрионального развития у зародыша закладываются хорда, нервная трубка, жаберные щели, хвост; на пятый месяц у зародыша на всем теле развивается мягкая шерсть. Эти факты подтверждают биогенетический закон Геккеля-Мюллера.

Таблица 27.– Основные этапы антропогенеза

Форма	Движение	Объем мозга	Речь	Изготовление орудий труда
1-этап – предшественники человека (протоантропы)				
Австралопитеки. Существовали 2–5 млн. лет назад	Полувыпрямленное положение на двух ногах	Около 500 см ³	Нет	Не установлено.
2-этап – древнейшие люди(архантропы)				
Человек умелый. Существовали 1–3 млн. лет назад	Полувыпрямленное положение на двух ногах	Около 700 см ³	Зачатки	«Праорудия» из гальки. Примитивны.

Продолжение таблицы 27

Человек прямоходящий (питекантроп, синантроп). Жили 500–1500 тыс. лет назад	Выпрямленное на двух ногах. Мощные надглазничные валики. Покатый лоб. Скошенный подбородок	900 - 1200 см ³	Примитивная	Более сложные. Изготовлены из камня и кости.
3-этап – древние люди (палеоантропы)				
Человек неандертальский (неандертальцы). Жили 40–150 тыс. лет назад	Выпрямленное на двух ногах. Надглазничные валики. Покатый лоб. Скошенный подбородок	1200-1500 см ³	Более совершенная Зарождение религии и искусства	Разнообразны. Строил жилища, шил одежду.
4-этап – люди современного типа (неоантропы)				
Человек разумный (кроманьонцы). Появились 40–50 тыс. лет назад	Выпрямленное на двух ногах. Нет валиков надглазничных. Прямой лоб. Подбородочный выступ	1500-1800 см ³	Членораздельная	Разнообразны. Окультуривание растений, приручение животных.

2.Палеонтологические. На основе ископаемых находок составлен филогенетический ряд предковых форм современного человека. Согласно накопленным данным, приматы произошли от примитивной группы древних насекомоядных млекопитающих. От этой группы в палеогене кайнозойской эры отделилась ветвь, давшая предков современных человекообразных обезьян – парапитеков (небольших животных, ведущих древесный образ жизни и питавшихся растениями и насекомыми). Парапитеки около 15 млн. лет назад в неогене дали начало вымершей ветви древесных обезьян – дриопитекам, от которых произошли современные человекообразные обезьяны (шимпанзе, горилла) и предшественники человека (протоантропы).

К предшественникам человека (к протоантропам) относятся: австралопитек, парантроп, зинджантроп.

К древнейшим людям относятся питекантроп, синантроп, атлантроп, телантроп, гейдельбергский человек.

3. *Сравнительно-анатомические.* Общий план строения тела человека сходен со строением тела хордовых животных. Нервная система у человека трубчатого типа и развивается из эктодермы. Скелет состоит из тех же отделов, что и у позвоночных животных. Кровеносная система замкнутая. Человек сходен с млекопитающими. Полость тела разделена диафрагмой на грудную и брюшную. В позвоночнике имеется 7 шейных позвонков. В среднем ухе три слуховые косточки, имеются ушные раковины. В коже расположены потовые, сальные, молочные железы и волосяной покров. Зубы дифференцированы на резцы, клыки и коренные. Сердце четырехкамерное. Эритроциты крови содержат гемоглобин и не имеют ядер. Развитие эмбрионов происходит в матке. Дети вскармливаются грудным молоком.

Гомологичные органы – это такие органы разных животных (или растений), которые имеют сходное строение и происхождение. Передний ласт тюленя, крыло летучей мыши, передняя лапа кошки, передняя нога лошади и рука человека – гомологичные органы. Наличие гомологичных органов доказывает общность происхождения человека и других млекопитающих.

Атавизмы – это появление у организмов признаков, присущих их далеким предкам и в норме не встречающихся у современных форм. Примерами атавизмов у человека являются: хвостовой придаток, многососковость, развитие волосяного покрова на всем теле, остатки жаберных щелей. Появление этих признаков у человека говорит о его филогенетическом родстве с другими хордовыми.

Рудиментарные органы – недоразвитые органы, утратившие в процессе эволюции свое значение и находящиеся в стадии исчезновения. В организме человека можно насчитать свыше 100 рудиментарных структур: копчик, червеобразный отросток слепой кишки (аппендикс), зубы мудрости, третье веко, волосяной покров туловища, ушные мышцы и др. В отличие от атавизмов, рудименты встречаются практически у всех особей данного вида.

4. *Генетические.* Метод гибридизации ДНК позволяет установить генетическое сходство человека и других высших приматов. Более 90% генов человека и шимпанзе одинаково, а белки человека и шимпанзе сходны на 99%.

5. *Систематические.* То обстоятельство, что человека и другие приматы на основании признаков можно систематизировать и

отнести в общие систематические группы, доказывает существование между ними филогенетических связей.

Отличия человека от животных (человекообразных обезьян).

Прямохождение. В силу вертикального положения скелет человека имеет широкий таз (поддержание органов брюшной полости при вертикальном положении тела), плоскую грудную клетку. Приобретение позвоночником S-образной формы (шейный и поясничный лордозы; грудной и крестцовый кифозы) и развитие сводчатой пружинящей стопы смягчило толчки и сотрясения при ходьбе, беге и прыжках. Большой палец нижних конечностей приблизился к остальным и принял на себя функцию опоры.

Руки – органы труда. Вертикальное положение тела освободило верхние конечности от функции опоры и передвижения и превратило их в органы труда. Способность противопоставлять большой палец руки всем остальным сделало движения кисти более разнообразными. Гибкая кисть руки способна выполнять самые разнообразные и высокоточные движения.

Развитие головного мозга. Мозговой отдел черепа значительно преобладает над лицевым. Надбровный костный валик на черепе отсутствует. Человек имеет очень сложно устроенный головной мозг объемом около 1500–1800 см³. Площадь коры больших полушарий значительно выше, чем у человекообразных обезьян. В мозге человека хорошо развиты лобные, височные и теменные доли, в которых расположены важнейшие центры психики и речи. Человек, в отличие от животных, имеет высокоразвитое сознание, способность отвлеченного мышления, высокое развитие интеллекта, большие познавательные возможности. Кроме первой сигнальной системы (сигналы от раздражителей, действующие на анализаторы), человек обладает второй сигнальной системой, в основе которой лежит речь, состоящая из видимых и слышимых слов.

Речь. Специализация жевательных мышц на выполнении речевых функций привела к появлению подбородочного выступа на нижнечелюстной кости. Развитие речи способствовало общению и появлению внегенетического способа передачи информации в поколениях через обучение и воспитание.

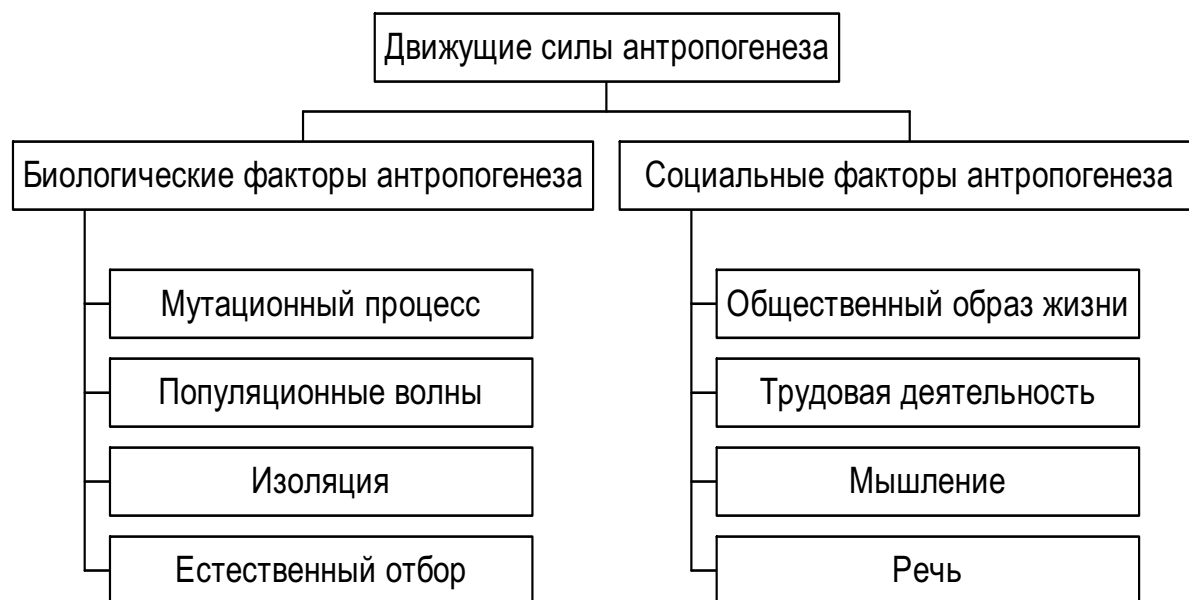
Изготовление орудий. Главной отличительной чертой человека является его способность к изготовлению орудий труда и их использование. Созданные орудия облегчили жизнь человека и приобрели решающее значение в становлении человека. Особи и груп-

пы, способные к изготовлению более совершенных орудий и выполнению более разнообразных трудовых актов (охота, совместное изготовление орудий и т. п.), оказывались более приспособленными к условиям существования и сохранялись естественным отбором.

12.12 Движущие силы антропогенеза: биологические и социальные факторы

Антропогенез – раздел антропологии (науке о человеке), изучающий происхождение и эволюцию человека, становление его как вида в процессе формирования общества.

Еще Дарвин показал, что историческое развитие человека осуществлялось под влиянием тех же факторов биологической эволюции, что и остальных видов живой природы. На ранних этапах антропогенеза естественный отбор имел решающее значение. Шел отбор особей способных изготавливать орудия труда, ведущих стадный образ жизни, способных сообща противостоять неблагоприятным факторам среды. Индивидуальный отбор формировал преимущественно морфофизиологические особенности организации человеческого типа (прямохождение, развитая кисть руки, крупный мозг), групповой отбор совершенствовал социальную организацию (формы отношений в стаде). Однако для антропогенеза недостаточно только биологических закономерностей. Происхождение человека – это уникальное явление, при котором осуществился переход от биологических к социальным процессам. Социальные факторы антропогенеза (трудовая деятельность, общественный образ жизни, мышление и речь, а так же вместе с развитием речи развивалась вторая сигнальная система) сыграли важное значение в эволюции человека. На первых этапах эволюции решающее значение имел естественный отбор на лучшую приспособляемость к меняющимся условиям окружающей среды. Однако в дальнейшем развитие трудовой деятельности, требуя объединения усилий людей в процессе труда, охоты и т.д., выдвинуло проблему передачи индивидуального опыта в пределах коллектива. Если особенности строения и физиологии человека передаются по наследству на основе генетической информации, то социальная информация передается с помощью слова при обучении. Каждое взрослое поколение передает последующим опыт, знания, духовные ценности в процессе воспитания и образования.



Для древнейших и древних людей были характерны значительные морфологические изменения и одновременно относительно медленное совершенствование орудий труда. В развитии неантропов появляется иная закономерность – интенсивное обогащение духовного мира, рост интеллекта, гигантская скорость развития производства и практически отсутствие изменений строения тела человека (физический облик человека почти не изменился в течение последних 40 тыс. лет). Для современных людей ведущими стали общественно-трудовые отношения.

Социальная эволюция человека сложилась на фундаменте биологической эволюции. Это означает, что возникновение социальной формы движения не отменило действие биологических законов, а лишь изменило их проявление. Вид Человек разумный – это часть биосферы и является продуктом ее эволюции. Закономерности биологических процессов, происходящие в природе, в полной мере действуют и на человека. В то же время, биосоциальная сущность человека накладывает отпечаток на проявление биологических закономерностей. Реализация генетической информации в онтогенезе в условиях определенной среды формирует биологическую конституцию человека – создает материальные предпосылки для развития интеллекта, мышления. Социальная информация передается с помощью слова при обучении. Наследственность человека обеспечивает возможность восприятия социальной программы, а полная реализация его биологической организации возможна лишь в условиях социальной среды.

В современном человеческом обществе действие биологических факторов эволюции изменилось: естественный отбор потерял

свою ведущую роль как фактор видообразования и выполняет лишь стабилизирующую функцию. Изоляция также постепенно теряет свое значение – нарушение изоляционных барьеров ведет к обогащению генофондов популяций. В настоящее время численность населения не подвержена значительным колебаниям и в связи с этим действие популяционных волн может сказываться только в отдельных малонаселенных регионах. Сохранил свое значение мутационный процесс. Мутации постоянно меняют генотипический состав населения и совместно с комбинативной изменчивостью обеспечивают полиморфизм популяций. Ослабление действие отбора может привести к накоплению вредных мутаций (генетический груз человечества), ведущих к снижению жизнеспособности особей. Эти обстоятельства следует учитывать в разных областях человеческой деятельности, прежде всего, в охране окружающей среды от загрязнения.

Овладев изготовлением совершенных орудий труда, воспроизводством пищи, устройством жилищ, человек изолировал себя от неблагоприятных климатических факторов настолько, что вышел из-под жесткого контроля естественного отбора и в значительной степени стал зависеть от социальных условий и воспитания. Вне человеческого общества формирование специфических человеческих качеств стало невозможным.

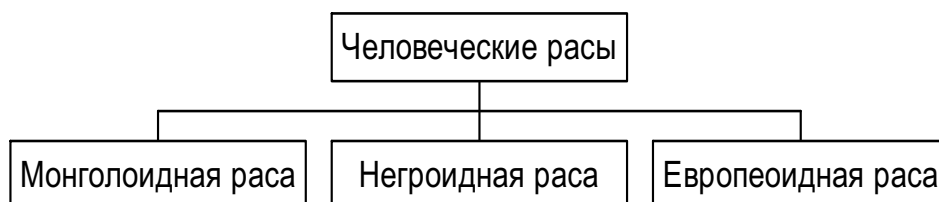
Качественные отличия человека:

1. Трудовая деятельность.
2. Наличие второй сигнальной системы – слово.
3. Особая, не связанная с генетическими механизмами, форма передачи информации в ряду поколений – преемственность культуры, знаний, традиций, что стало возможным благодаря развитию речи, а затем и письменности.

12.13 Человеческие расы, их происхождение и единство

Все население Земли принадлежит к одному виду – Человек разумный. Систематическими подразделениями внутри данного вида являются человеческие расы.

Человеческие расы – это исторически сложившиеся группы людей, обладающие наследственно обусловленными морфологическими признаками.



Человечество представлено тремя большими расами: европеоидной, австрало-негроидной и монголоидной. Внутри каждой из них выделяют малые расы.

Европеоидная раса характеризуется светлой или смуглой кожей, прямыми или волнистыми мягкими волосами, хорошим развитием у мужчин бороды и усов, узким выступающим носом, тонкими губами.

Негроидная раса отличается темным цветом кожи, черными курчавыми волосами, широким плоским носом, толстыми губами, темными глазами.

Монголоидная раса характеризуется смуглой или светлой кожей, прямыми жесткими черными волосами, широким плоским лицом, заметным развитием третьего века (эпикантуса).

Расы появились в результате расселения популяций людей 20–30 тыс. лет назад из Африки практически по всей планете, с последующей географической изоляцией их в разных природно-климатических условиях.

Расовые особенности наследственны и имеют приспособительный характер. Они возникли в результате действия естественного отбора и других факторов эволюции (мутационная изменчивость, дрейф генов, поток генов, изоляция). Темная кожа негроидов предохраняет организм от солнечных лучей; а в шапке курчавых волос создаются воздушные прослойки, предохраняющие голову от перегрева. Светлая кожа европеоидов способствует поглощению ультрафиолетовых лучей, необходимых для синтеза антирахиического витамина D; узкий выступающий нос обеспечивает согревание вдыхаемого воздуха. Монголоидная раса характеризуется уплощенностью лица, что уменьшает возможность обморожения; а узкие глаза, третье веко – приспособления к суровому, с частыми пылевыми бурями климату Азии.

О единстве вида свидетельствует то, что все расы равноценны в биологическом и психологическом отношениях и находятся на одном и том же уровне эволюционного развития. Изучение всех видовых критериев (морфологического, физиологического, биохимического, генетического, географического, экологического) дока-

зывает, что все расы принадлежат к одному виду – Человек разумный. Между представителями различных рас возможны плодовые браки. По мере развития человечества большинство расовых признаков утратило свое адаптивное значение.

Антинаучные теории в антропологии

Социал-дарвинизм – теория, объясняющая причины исторического развития человеческого общества только биологическими закономерностями борьбы за существование и естественного отбора. (Механический перенос учения Дарвина на человеческое общество).

Расизм – теория, утверждающая физическую и психическую неполноценность человеческих рас. (Разделение рас на «высшие» и «низшие»).

ГЛАВА 13. ЭКОЛОГИЯ. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

13.1 Методы экологии. Объекты экологии.

Экология – наука о взаимоотношениях между живыми организмами и средой их обитания.

Термин «экология» предложил Э. Геккель.

Методы экологии:

Полевые наблюдения осуществляются в естественных условиях для характеристики экосистем, изучения видового состава организмов и их взаимосвязей.

Эксперименты в природных условиях. В отличие от наблюдений, исследователь следит за экосистемой, в которой им сознательно произведены определенные изменения.

Моделирование. Создаются биологические и математические модели, описывающие структуру и функционирование экосистем. Позволяет прогнозировать процессы и ситуации, возникающие в экосистемах.

Объекты экологии:

1. Популяции. 2. Сообщества (биоценозы). 3. Экосистемы (биогеоценозы). 4. Биосфера.

Среда обитания – все условия живой и неживой природы, окружающие организм, с которыми он находится в прямых или косвенных взаимоотношениях. Живые организмы освоили четыре среды обитания: водную, наземную (воздушную), почвенную и тело другого организма (паразиты).

Экологические факторы – отдельные элементы среды обитания, которые оказывают влияние на организмы, популяции и природные сообщества.

13.2. Классификация экологических факторов

1. Абиотические факторы – это элементы неживой природы, окружающие организм и влияющие на него. Совокупность этих факторов образует абиотическую среду. К ним относят:

- климатические или физические (свет, температура, влажность, давление);
- почвенно-грунтовые или эдафические (механическая структура почвы, минеральный состав почвы);
- топографические или орографические (особенности рельефа местности);
- химические (соленость воды, рН воды и почвы, газовый состав воды и воздуха).

2. Биотические факторы – это разнообразные формы взаимодействия живых организмов друг с другом. Различают Биотические факторы подразделяют на: внутривидовые и межвидовые. Примеры биотических межвидовых факторов: распространение семян растений животными, поражение растений грибами.

3. Антропогенные факторы – это все формы деятельности человека, которые приводят к изменениям природы как среды обитания других видов и оказывают влияние на их жизнь (загрязнение окружающей среды отходами промышленности, охота, вырубка лесов и др.). Антропогенные воздействия могут быть локального и глобального масштаба. Антропогенные воздействия локального масштаба влияют на определенную небольшую территорию (высокий уровень шума вблизи аэропорта, свалки твердых бытовых отходов вокруг отдельного города и т.д.). Антропогенные воздействия глобального масштаба изменяют биосферу в целом (деградация почвенного покрова Земли и опустынивание территорий, истощение мировых запасов пресной воды, разрушение озонового слоя, парниковый эффект, истощение невозобновляемых природных ресурсов, сокращение разнообразия видов на Земле).

Закономерности действия экологических факторов на организм

Экологические факторы воздействуют на организмы по-разному:

– **раздражители** – вызывают приспособительные изменения функций организмов;

– **ограничители** – обуславливают невозможность существования в определенных условиях;

– **модификаторы** – приводят к структурно-функциональным изменениям в организмах.

Закон оптимума. Биологический оптимум – наиболее благоприятная для организма интенсивность фактора. Отклонения от биологического оптимума составляют зоны угнетения. Диапазон действия фактора ограничен точками минимума и максимума и составляет пределы выносливости организма, обуславливающей его толерантность.

Толерантность – способность организмов выносить отклонения экологического фактора от оптимальных для себя значений. **Экологическая валентность** – способность организма заселять разнообразные среды обитания.

Эврибионты – организмы, способные выдерживать значительные отклонения от оптимума (с широкими пределами выносливости). Карась способен существовать в различных водоемах, переносить значительные колебания температуры среды. Эврибионты – это виды организмов с широкой валентностью.

Стенобионты – организмы, способные обитать только в условиях устойчивого постоянства какого-либо фактора среды (с узкими пределами выносливости). Стенобионты – это виды организмов с узкой валентностью. Например: форель обитает только в водоемах с высоким содержанием кислорода.

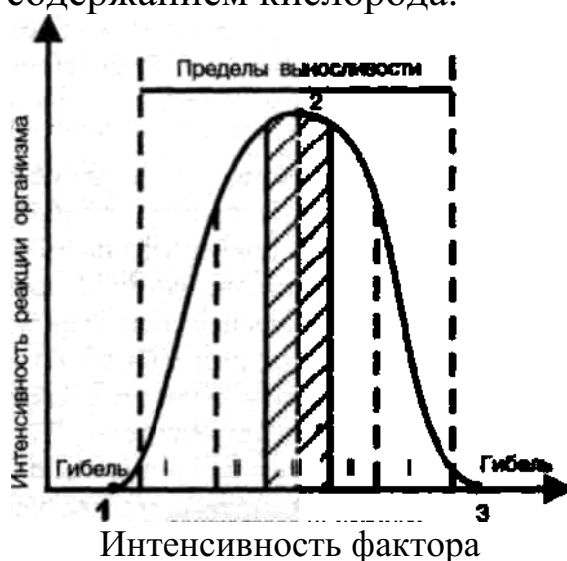


Рисунок 55. – Схема действия экологического фактора на жизнедеятельность организмов:

1 – точка минимума, 2 – точка оптимума, 3 – точка максимума;

I – зона пессимума; II – зона нормы; III – зона оптимума.

Схема действия фактора на организм

На схеме по оси абсцисс отложена интенсивность фактора (например, температура, освещенность и т. д.), а по оси ординат – реакция организма на воздействие фактора в его количественном выражении (например, скорость фотосинтеза, скорость роста).

Диапазон действия экологического фактора ограничен соответствующими крайними значениями (точки минимума и максимума), при которых еще возможно существование организма. Эти точки называются нижним и верхним пределами выносливости (толерантности) живых существ по отношению к конкретному фактору среды.

Точка 2 на оси абсцисс – это точка оптимума (наиболее благоприятная для организма величина фактора). Определить оптимальное значение фактора трудно, поэтому принято говорить о зоне оптимума. Крайние участки кривой, выражающие состояние угнетения организмов при резком недостатке или избытке фактора, называют областями пессимума (стресса). За пределами зоны выживания лежат летальные величины фактора.

Для каждого вида растений и животных существуют свой оптимум, зона нормальной жизнедеятельности и пределы выносливости по отношению к каждому фактору среды.

Способность организмов адаптироваться к определенному диапазону изменчивости факторов среды называют ***экологической пластичностью***. Эврибионты являются более пластичными, что обеспечивает их широкое распространение, а стенобионты отличаются низкой экологической пластичностью и имеют ограниченные ареалы распространения.

Взаимодействие факторов. Экологические факторы воздействуют на живой организм одновременно и совместно. При этом действие одного фактора зависит от того, с какой силой и в каком сочетании действуют одновременно другие факторы. Эта закономерность получила название взаимодействия факторов. При этом оптимум и пределы выносливости к определенному фактору могут изменяться под воздействием другого фактора (жара легче переносится в сухом воздухе, чем во влажном; замерзаешь быстрее при морозе с сильным ветром, чем в безветренную погоду). В некоторых случаях недостаток одного фактора *частично* компенсируется усилением другого (низкая температура легче переносится при хо-

рошем питания). Явление частичной взаимозаменяемости действия экологических факторов называется эффектом компенсации.

Правило ограничивающих факторов. Ни один из необходимых организму экологических факторов не может быть полностью заменен другим. Отсутствие света делает жизнь растений невозможной, несмотря на благоприятные сочетания других условий. Поэтому если значение хотя бы одного из жизненно необходимых экологических факторов приближается к критической величине или выходит за ее пределы (ниже минимума или выше максимума), то, несмотря на оптимальное сочетание остальных условий, особям грозит гибель. Такие факторы называются ограничивающими (лимитирующими).

Ограничивающий(лимитирующий) – фактор среды, значения которого выходят за пределы выносливости организма, что делает невозможным его существование в данных условиях. Распространение организмов в Арктике ограничивается недостатком тепла, в пустынях – недостатком влаги. Ограничивающие факторы определяют ареалы видов.

Независимое приспособление к действию факторов

К каждому из действующих факторов организмы приспосабливаются относительно независимым путем. Степень выносливости к какому-либо фактору не означает соответствующей выносливости к действию остальных факторов.

Влияние основных абиотических факторов на живые организмы

Солнечный свет – основной источник энергии для фотосинтеза, поддержания теплового баланса, условие ориентировки в пространстве. Спектр солнечного света:

- Ультрафиолетовые лучи, их длина менее 400 нм. Короткие УФ-лучи (менее 290 нм) губительны для всего живого и задерживаются озоновым экраном; УФ-лучи (290–400 нм) используются животными для синтеза витамина D, вызывают образование загара, оказывают бактерицидное действие.

- Видимый спектр – длина 400-700 нм. Видимый свет – источник энергии при фотосинтезе. Обеспечивает ориентацию у животных.

- Инфракрасные лучи – длина более 700 нм. Инфракрасные лучи вызывают нагревание организмов, усиливают теплообмен и транспирацию.

Растения по отношению к свету подразделены на три экологические группы:

1. Светолюбивые (гелиофиты). Это растения открытых, хорошо освещенных местообитаний (степные и луговые травы, культурные растения, сорняки).

2. Тенелюбивые. Для них приемлемы области слабой освещенности. К ним относятся растения нижних ярусов хвойных и широколиственных лесов (копытень, ветреница, чистотел, кислица, майник двулистный).

3. Теневыносливые. Теневыносливые растения лучше растут при полной освещенности, но хорошо адаптируются и к слабому свету. К ним относится большинство видов зоны смешанных лесов: ель, граб, лещина, бузина, брусника, ландыш.

Животных по отношению к свету делят на дневных, сумеречных и ночных.

Свет обуславливает фотопериодизм.

Фотопериодизм – реакции организмов на суточный ритм освещения, проявляющиеся в изменении интенсивности и характера физиологических процессов.

Примеры фотопериодизма:

– растения реагируют ростом и сменой фаз развития (распускание почек, цветение, плодоношение, листопад и т.п.);

– животные реагируют сезонными явлениями (прилеты и отлеты птиц, гнездование, половая активность, периодичность размножения, линька птиц и зверей, впадение в спячку и т. п.).

Удлинением светового дня за счет искусственного освещения зимой у кур можно увеличить период яйценоскости, регулировать размножение пушных зверей на зверофермах.

По типу фотопериодической реакции различают следующие группы растений:

1. Растения короткого светового дня, которым для перехода к цветению требуется менее 12 ч светлого времени в сутки (георгин, конопля, капуста, хризантемы, табак, рис). Растения короткого дня произрастают преимущественно в южных широтах.

2. Растения длинного светового дня; для цветения им нужна продолжительность светового периода более 12 ч в сутки (ячмень, пшеница, лен, лук, картофель, овес, морковь). Растения длинного дня произрастают преимущественно в северных широтах.

3. Фотопериодически нейтральные; для них длина фотопериода безразлична, и цветение наступает при любой длине дня (виноград, томаты, одуванчики, гречиха, флоксы и др.).

На основе фотопериодизма у организмов выработались биологические ритмы (биоритмы) – периодически повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов и явлений.

Биоритмы бывают: годовые (распускание почек, линька), лунные (менструальный цикл у человека), суточные или циркадные (открывание и закрывание устьиц на листьях, чередовании сна и бодрствования у животных).

Тепло в жизни организмов

Температура на поверхности Земли подвержена резко выраженным суточным и сезонным колебаниям. В зависимости от обеспеченности тепловой энергией симметричных участков обоих полушарий, начиная с экватора, различают климатические зоны – тропическую, субтропическую, умеренную, холодную.

Температура влияет на скорость и характер протекания реакций метаболизма в организмах. У большинства организмов жизнедеятельность осуществляется в пределах от 0° до +50°С. Однако ряд организмов приспособлен к активному существованию при температурах, выходящих за указанные пределы. Среди этих организмов выделяют:

Термофилы – организмы, приспособленные к обитанию в условиях постоянно высоких температур (многие насекомые засушливых зон, бактерии горячих источников).

Криофилы – организмы, приспособленные к жизни в холодных условиях. Они живут в талых водах, на поверхности льда или снега (некоторые виды одноклеточных водорослей, червей, насекомых, лишайников и мхов).

По способности поддерживать постоянную температуру тела организмы делят на:

Пойкилотермные (эктотермные или холоднокровные) – животные с непостоянной температурой тела, обусловленной температурой окружающей среды (все беспозвоночные животные, рыбы, земноводные и пресмыкающиеся).

Гомойотермные (эндотермные или теплокровные) организмы – животные с постоянной температурой тела, почти не зависящей

от температуры окружающей среды (к ним относятся только птицы и млекопитающие).

Гетеротермия – частный случай гомойотермии – свойственна животным, впадающим в неблагоприятный период года в спячку (суслики, ежи, летучие мыши, сони и др.). В активном состоянии они поддерживают высокую температуру тела, а в случае низкой активности организма – пониженную, что сопровождается замедлением процессов обмена.

Пути температурных адаптаций животных:

- химическая терморегуляция (усиление образования тепла за счет химических реакций распада углеводов и жиров в ответ на понижение температуры среды);

- физическая терморегуляция (изменение уровня теплоотдачи, способность удерживать тепло или, наоборот, рассеивать его избыток) – мех, перьевой покров, подкожная жировая клетчатка, пототделение;

- поведенческая терморегуляция (избегание неблагоприятных температур путем перемещений в пространстве).

Вода в жизни организмов

Влажность (наличие влаги) – необходимое условие существования всех живых организмов. Все живые организмы на 80% состоят из воды.

Различают:

- Аридные (сухие) зоны – территории, на которых количество испаряемой влаги превышает количество осадков.

- Гумидные (влажные) зоны – климатические зоны с избыточным увлажнением, когда количество осадков превышает количество испаряемой воды.

Среди растений различают:

Гидатофиты (водные растения: ряска, элодея, рдест и др.).

Гидрофиты (наземно-водные: тростник, вахта, калужница и др.).

Гигрофиты (обитатели влажных мест на суше); это растения избыточно увлажненных местообитаний с высокой влажностью воздуха и почвы (чистотел большой, недотрога обыкновенная, кислица обыкновенная, калужница болотная, рогоз, камыш, тростник, осока).

Мезофиты (развивающиеся в нормальных условиях влажности); это большинство растений умеренной зоны; занимают промежуточное положение между ксерофитами и гидрофитами.

Ксерофиты (обитатели засушливых мест). Это растения пустынь, сухих степей, саванн, песчаных дюн, приспособленные к жизни в местах дефицитом влаги.

Ксерофиты подразделяются на склерофиты и суккуленты.

Склерофиты – растения с длинным корнем, с мелкими листьями, с толстой кутикулой, с большим количеством механических тканей, поэтому даже при большой потере воды листья не теряют упругости. Примеры: верблюжья колючка, джугун.

Суккуленты – растения с сочными мясистыми листьями или стеблями, содержащими водоносную ткань. Длительные засушливые периоды преодолеваются ими путем накопления воды в водоносных тканях и экономного расходования, которое обеспечивается защитой эпидермиса растений восковым налетом, погруженными в ткань листа малочисленными устьицами, которые днем закрыты. Различают листовые суккуленты (агава, алоэ, молодило, очиток) и стеблевые, у которых листья редуцированы, а надземные части представлены мясистыми стеблями (кактусы, некоторые молочаи, и др.). Корневая система поверхностная, рассчитана на поглощение воды из верхних слоев почвы после редких дождей.

Адаптации животных к водному режиму.

Поведенческие – поиски водоемов, выбор мест обитания, рытье нор.

Морфологические – образования, способствующие задержанию воды в теле (раковины наземных моллюсков, отсутствие кожных желез и ороговение покровов пресмыкающихся, хитинизированная кутикула насекомых).

Физиологические –

1) способность ряда видов к образованию метаболической воды и довольствованию влагой, поступающей с пищей (мелкие пустынные грызуны);

2) способность к экономии влаги в пищеварительном тракте за счет всасывания воды стенками кишечника, а также образования высококонцентрированной мочи (овцы);

3) развитие выносливости к обезвоживанию организма благодаря особенностям кровеносной системы, эффективной терморегу-

ляции потоотделением и отдачей воды со слизистых оболочек ротовой полости (верблюды, овцы, собаки).

Организмы, проживающие в воде, называются гидробионтами. Выделяют следующие группы гидробионтов:

– **Планктон** – микроскопические организмы, переносимые течениями. Различают фитопланктон и зоопланктон.

– **Нектон** – активно плавающие организмы. Рыбы, головоногие моллюски, дельфины.

– **Бентос** – организмы, заселяющие донную область водоемов. Раки, моллюски, камбала, многоклеточные водоросли.

Биотические факторы

Биотические взаимоотношения между видами могут быть полезными (+), отрицательными (-), нейтральными (0).

Формы биотических взаимоотношений.

1. Конкуренция – борьба за использование одних и тех же ресурсов среды между разными видами организмов (межвидовая конкуренция) или внутри одного вида (внутривидовая конкуренция). Примеры межвидовой конкуренции: деревья в лесу конкурируют между собой за свет, влагу; рыжий и черный тараканы, серая и черная крысы, хищные птицы и хищные звери конкурируют за пищу. Примеры внутривидовой конкуренции: конкуренция между особями одного вида за пищу, за самку, за укрытия.

Формы конкурентных взаимоотношений могут быть различными. Победителем в конкурентной борьбе в конечном итоге оказывается тот вид, который лучше приспособлен к условиям окружающей среды.

Конкуренция: первый вид (-), второй вид (-).

2. Хищничество – добывание и поедание одним организмом (хищником) другого (жертвы) (волки, лисы поедают зайцев; насекомоядное растение росянка ловит и переваривает комаров, мух и др.). Внутривидовое хищничество – каннибализм.

Хищничество: первый вид (+), второй вид (-).

3. Симбиоз – различные формы совместного сожительства (существования) разных видов организмов. Типы симбиоза: комменсализм, паразитизм, мутуализм.

А. Комменсализм – одностороннее использование одного организма (хозяина) другим (комменсалом) без нанесения ему вреда. Различают два способа комменсализма.

1) комменсализм, основанный на потреблении остатков пищи хозяев, — нахлебничество или сотрапезничество (рыба-прилипала и акула, львы и гиены);

2) комменсализм, основанный на предоставлении убежища — квартиранство или синойкия (в гнездах птиц и норах грызунов обитают насекомые-сожители; крупные медузы и крабы, которые живут под зонтиками этих медуз).

Комменсализм: первый вид (+), второй вид (0).

Б. Паразитизм — использование одним организмом (паразитом) другого (хозяина) в качестве среды обитания и источника пищи. Зависимость паразита от конкретных животных или растений определяет специализацию его морфологических приспособлений к хозяину.

Различают паразиты:

1) облигатные, или обязательные (ведут только паразитический образ жизни), и факультативные, или необязательные (могут вести паразитический образ жизни, а также питаться сапротрофно отмершими остатками организмов);

2) временные (комары, мошки, слепни, клещи) и постоянные (аскарида, трихомонада);

3) эктопаразиты, живущие на теле хозяина (некоторые грибы, клещи, вши), и эндопаразиты, поражающие внутренние органы (малярийный плазмодий, ленточные черви, бактерии).

Среди цветковых растений также встречаются настоящие паразиты, у них отсутствуют корни, потеряна способность к фотосинтезу. Примеры: повилика, Петров крест, заразиха. В цепях питания они консументы.

Паразитоиды — организмы, ведущие паразитический образ жизни только на стадии личинки. Насекомые — паразитоиды — откладывают свои яйца в тело другого животного (хозяина), где и развиваются их личинки. Пример: наездник трихограмма (отряд перепончатокрылые), личинка которого паразитирует в яблочной плодовой гни и вызывает ее гибель на ранних стадиях развития.

Паразитизм: первый вид (+), второй вид (-).

В. Мутуализм — форма взаимовыгодного сожительства двух организмов. Примеры: микориза (шляпочные грибы и деревья); лишайники; клубеньковые (азотфиксирующие) бактерии и корни бобовых растений; термиты и живущие в их кишечнике жгутико-

носцы, переваривающие клетчатку; жвачные парнокопытные и живущие в их кишечнике инфузории, переваривающие клетчатку.

Мутуализм: первый вид (+), второй вид (+).

4. Аменсализм – форма биотических отношений двух видов, при которой один из них оказывает вред другому и не получает при этом ощутимой пользы для себя (древесные растения и травянистая растительность под их кронами).

Аменсализм: первый вид (0), второй вид (-).

Антропогенные факторы

Отрицательные воздействия человека – изменение среды обитания (вырубка лесов, осушение болот, строительство промышленных сооружений), загрязнение среды обитания, извлечение невозполнимых природных ресурсов (добыча нефти, газа, угля, минералов), сокращение численности видов организмов (охота, рыбалка, сбор трав, ягод и грибов).

Положительные воздействия человека – посадка лесов, создание садов и парков, выведение новых сортов культурных растений и пород домашних животных (селекция), организация охраняемых природных территорий (заповедников, заказников, национальных парков), сохранение уникальных природных объектов.

13.3 Экологическая характеристика вида и популяции.

Ареал вида – часть поверхности суши или акватории, в пределах которой распространены и проходят полный цикл своего развития особи данного вида.

Размеры ареала разных видов неодинаковы: от незначительных, характерных для эндемичных видов (эндемиков), до обширных по площади, свойственных космополитам. Эндемики — животные и растения, ограниченные в своем распространении небольшой географической областью и обладающие узким ареалом. Чаще всего эндемизм встречается на океанических островах, в горных районах или изолированных водоемах. Например, в озере Байкал около 75% видов растений и животных — эндемики.

Ареал называется сплошным, если особи вида встречаются во всех подходящих для их жизни местообитаниях в пределах ареала. Если же ареал распадается на несколько разобщенных территорий, когда обмен семенами или спорами между растениями или миграция животных невозможны, его называют прерывистым.

Каждый вид в природе занимает свою определенную экологическую нишу. **Экологическая ниша** – совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе. Экологическую нишу не следует путать с местообитанием вида. Экологическую нишу можно представить как комплекс условий жизни вида, тогда как местообитание – его территория. Два вида не могут занимать одну и ту же экологическую нишу, поэтому один из видов осваивает новую экологическую нишу или исчезает.

Вид в природе на заселенной им территории (ареале) представлен популяциями.

Популяции – группировки особей одного вида, в течение длительного времени населяющие определенную часть ареала, свободно скрещивающиеся и относительно обособленные от других совокупностей того же вида.

Популяция (в экологии) — совокупность особей одного вида, совместно населяющих общую территорию и взаимодействующих между собой.

Основные показатели популяции

Численность – общее число особей в популяции. Популяции способны к саморегуляции численности. В естественных условиях всегда существует верхний предел численности популяции, который определяется ресурсами среды. Также существует нижний предел численности популяции, по достижении которого популяция вымирает. Поддержание оптимальной численности на определенном среднем уровне – гомеостаз популяции.

Плотность – число особей на единицу площади или объема, занимаемого популяцией пространства. При увеличении численности плотность популяции возрастает. Регуляция плотности популяций достигается внутривидовой конкуренцией.

Структура популяции

Пространственная структура – распределение особей популяции на ее территории.

Способы распределения особей в популяциях:

1. Случайное. 2. Равномерное. 3. Групповое (наиболее часто встречается в природе).

Половая структура – соотношение особей по полу. Определяется генетически в момент оплодотворения в соотношении 1:1. Преобладание доли самок над самцами обеспечивает более интенсивный рост популяции.

Возрастная структура – соотношение особей разных возрастов (предрепродуктивных, репродуктивных и пострепродуктивных групп). Присутствие в популяции большого количества особей младших возрастных групп (предрепродуктивных) свидетельствует о ее благополучии. Если же в популяции преобладают старые особи (пострепродуктивные), можно со всей определенностью сказать, что данная популяция завершает свое существование.

В *растущей* (развивающейся) популяции преобладают предрепродуктивные особи. В *стабильной* популяции особей всех возрастных групп примерно поровну. В *стареющей* преобладают пострепродуктивные особи.

Поведенческая структура – система взаимоотношений между членами популяции. Проявляется в формах совместного существования особей: одиночный образ жизни (актинии), семейный образ жизни (медведи, хищные птицы), колониальный образ жизни (чайки, сурки), стайный образ жизни (волки, сельди), стадный образ жизни (антилопы).

Экологическая структура свидетельствует об отношении разных групп организмов к условиям окружающей среды.

Динамика популяций

Теоретически любая популяция способна к неограниченному росту численности, если ее не лимитируют факторы внешней среды (ограниченность ресурсов, болезни, хищники). Такой рост называется **экспоненциальным** (теоретическим) – происходит в геометрической прогрессии по экспоненте. В большинстве случаев экспоненциальный рост невозможен.

Экспоненциальный рост численности популяции может происходить в следующих случаях:

1) популяция находится в условиях избытка ресурсов среды (пищи, мест размножения) и не испытывает воздействия неблагоприятных факторов;

2) популяция попадает в новые условия, где у нее нет врагов и конкурентов (пример: кролики в Австралии);

3) популяция существует в искусственно созданных лабораторных условиях (микроорганизмы: бактерии, дрожжи и др.).

Рост численности популяции приводит к увеличению ее плотности (по мере увеличения плотности рост численности замедляется, так как условия для размножения и роста становятся менее благоприятными). Тип роста популяции при ограниченных ресурсах,

характеризующийся снижением скорости по мере увеличения плотности популяции, называется **логистическим** (реальным). Предельная плотность, которую может достигнуть популяция – емкость среды. Если плотность популяции соответствует емкости среды, то численность начинает колебаться около среднего уровня. Если плотность превышает емкость среды, численность понижается, что приводит и к уменьшению плотности.

Кривые выживаемости. В различных популяциях существует разный тип выживаемости организмов (определяется смертностью особей). Основных вариантов три:

1) повышенная гибель особей в ранний период жизни (у рыб высокий процент гибели икринок и мальков; у человека в прошлом высока была детская смертность и др.);

2) равномерная гибель особей на всех периодах жизни (у гидр, некоторых червей и др.);

3) доживание особей до предельного возраста и массовая гибель на поздних периодах жизни (большинство насекомых; человек в настоящее время, что привело к демографическому взрыву).

Регуляция численности. Факторы, воздействующие на численность популяции, делят на не зависящие от ее плотности и зависящие:

факторы, не зависящие от плотности популяции (модифицирующие), – абиотические факторы среды (суровая зима приводит к гибели зверей и птиц, кормящихся на земле, и др.);

факторы, зависящие от плотности популяции (регулирующие), – биотические, их действия не просто изменяют численность популяции, а сглаживают колебания, способствуют ее возвращению к среднему уровню (поддерживают гомеостаз популяции).

Общие изменения численности популяции определяются такими процессами, как рождаемость, смертность и миграция особей.

Рождаемость – число новых особей, появившихся за единицу времени в результате размножения. Величина рождаемости определяется соотношением полов и возрастных групп в популяции, а также частотой циклов размножения (тли за один сезон могут давать 15 поколений). На рождаемость влияет плодовитость особей. Плодовитость зависит от степени развитости заботы о потомстве и обеспечения яиц питательными веществами (треска выметывает до

10 миллионов икринок, а акула всего несколько крупных яиц). Различают абсолютную и удельную рождаемость.

Абсолютная рождаемость – количество особей, родившихся в популяции за единицу времени.

Удельная рождаемость – количество особей, родившихся в популяции за единицу времени в расчете на одну особь (на тысячу особей). Показатель удельной рождаемости позволяет сравнивать скорость рождаемости в популяциях с разной численностью.

Смертность – число погибших в популяции особей за единицу времени. Зависит от влияния неблагоприятных абиотических факторов, хищников, болезней и т. п. Чаще в природе наблюдается гибель особей в ранний период жизни.

Абсолютная смертность – количество особей, умерших в популяции за единицу времени.

Удельная смертность – количество особей, умерших в популяции за единицу времени в расчете на одну особь (на тысячу особей).

Прирост популяции – разница между рождаемостью и смертностью. Может быть положительным (численность популяции увеличивается) и отрицательным (численность популяции снижается), а если равен нулю, то численность не изменяется.

Темп роста – средний прирост популяции за единицу времени. У большинства видов зависит от плотности популяции. Наиболее высокий темп роста наблюдается при определенной оптимальной плотности популяции или при попадании популяции в новую незанятую экологическую нишу.

На численность популяций существенное влияние оказывает также миграция особей.

Миграции – перемещения животных между различными пространственно разобщенными средами обитания. Миграции (суточные, сезонные) позволяют организмам использовать оптимальные условия среды в таких местах, где их постоянное проживание невозможно.

13.4 Биогеоценозы и экосистемы

Термин «экосистема» предложил А. Тенсли, термин «биогеоценоз» – В. Н. Сукачев.

Живой компонент экосистемы – биоценоз (сообщество).

Биоценоз – исторически сложившаяся совокупность обитающих на определенной территории (населяющих однородное жизненное пространство) *взаимосвязанных популяций* растений (фитоценоз), животных (зооценоз), грибов (микоценоз) и микроорганизмов (микробоценоз).

Миоценоз + зооценоз + фитоценоз + микробоценоз = **биоценоз**.

Масштабы биоценозов различны – от сообществ на стволе дерева, в норе до популяций леса, луга, озера, болота. Сообщества организмов тесно связаны друг с другом и с абиотической средой.

Биотоп – участок земной поверхности (суши или водоема) с однородными условиями обитания, занятый определенным биоценозом. В пространственном отношении биотоп соответствует биоценозу. Границы биоценоза определяет фитоценоз. Биотоп – это условия среды, видоизмененные живыми организмами.

Эдафотоп + гидротоп + климатоп = **биотоп**.

Связи между организмами биоценоза

Основу существования сообщества (биоценоза) составляют взаимные связи между его организмами:

– ***трофические*** (пищевые): одни организмы питаются другими организмами, их мертвыми остатками, продуктами их жизнедеятельности (стрекозы ловят насекомых; жуки-могильщики питаются трупами; жуки-навозники поедают помет и др.). Трофические связи основаны на пищевых связях организмов, возникают в биоценозах и агроценозах, являются одним из механизмов поддержания жизнеспособности популяций.

– ***топические***: одни организмы создают среду обитания для других организмов (на коре деревьев поселяются лишайники, гнездование птиц на деревьях, на коже китов поселяются моллюски и ракообразные, деревья верхнего яруса изменяют условий обитания подлеска и др.). Топические связи встречаются как среди растений, так и среди животных, при этом условия обитания одного вида изменяются в результате жизнедеятельности другого.

– ***форические***: одни организмы участвуют в распространении других организмов (агентами распространения часто выступают животные: звери разносят плоды с прицепками на своей шерсти, птицы распространяют семена деревьев, плоды лещины дуба переносят сойки и белки);

– **фабрические:** одни организмы используют для сооружения своих гнезд, жилищ продукты выделения либо мертвые остатки других организмов (птицы используют для строительства гнезд ветви деревьев, шерсть зверей, траву, листья; личинки ручейников строят домики из кусочков веток и раковин моллюсков). Фабрические связи выгодны для одного организма и нейтральны для другого.

Структура экосистемы (биогеоценоза)

Экологическая система, или экосистема, – любая совокупность совместно обитающих организмов и неорганических компонентов, при взаимодействии которых происходит круговорот веществ и поток энергии.

Биогеоценоз – это однородный участок земной поверхности с определенным составом живых организмов (биоценоз) и определенными условиями среды обитания (биотоп), которые объединены обменом веществ и энергии в единый природный комплекс.

Биогеоценоз = биотоп + биоценоз.

Экосистема и биогеоценоз – понятия сходные, но не одинаковые. Экосистема – более широкое понятие. Экосистемы (пень, лес, аквариум, биосфера) не имеют определенного объема, охватывают пространства разной величины и могут создаваться человеком.

Биогеоценоз (ельник, дубрава, болото и др.) – это природная экосистема, границы которой определены растительным сообществом (фитоценозом). Биогеоценоз отличается от экосистемы определенностью объема. Любой биогеоценоз является экосистемой, но не каждая экосистема есть биогеоценоз.

Структурные компоненты биогеоценоза:

абиотическая среда (экогон) – состоит из неживых компонентов (свет, температура, влага) – климатоп; и компонентов живого происхождения (биокосных) – эдафотоп (почва);

биоценоз – состоит из групп организмов: продуценты, консументы, редуценты.

Формирование биогеоценоза осуществляется за счет межвидовых связей, которые определяют его структуру.

Различают видовую, пространственную и трофическую структуру биогеоценоза.

Видовая структура – видовое разнообразие и соотношение видов по численности и плотности популяций. Различают сообщества, богатые видами (коралловый риф, влажный тропический лес,

дубрава), и бедные (арктическая тундра, пустыни). Виды, преобладающие в биогеоценозе по численности, называют **виды-доминанты**. Среди видов-доминантов выделяют виды, создающие среду обитания для всего сообщества, – **виды-эдификаторы** (в ельнике – ель, в березняке – береза, на низинных болотах – осоки, на верховых болотах – сфагновый мох). В некоторых случаях эдификаторами могут быть и животные (бобр строит плотины). Чем выше видовое разнообразие, тем устойчивее сообщество.

Пространственная структура – распределение организмов по надземным и подземным ярусам. Эта структура биогеоценоза определяется, прежде всего, сложением фитоценоза. Фитоценозы расчленены на достаточно хорошо отграниченные в пространстве элементы структуры: ярусы – по вертикали, и мозаичность – по горизонтали. Основной фактор, определяющий вертикальное распределение растений, – количество света. Растения верхних ярусов более светолюбивы, чем низкорослые, нижние ярусы образованы растениями, менее требовательными к свету. Животные также распределены по ярусам (обитатели почвы, мохового покрова, кустарников и т. д.).

Ярусы хорошо выражены в лесу (древесный, кустарниковый, травянистый, моховой). В лесах умеренного пояса можно выделить 5–6 ярусов: первый (верхний) ярус образуют деревья первой величины (дуб, липа); второй – деревья второй величины (рябина); третий ярус составляют кустарники (лещина, бересклет); четвертый ярус состоит из высоких трав (крапива) и кустарничков (черника); пятый ярус сложен из низких трав (копытень европейский); в шестом ярусе – мхи, лишайники. Животные также преимущественно приурочены к тому или иному ярусу растительности.

Расчлененность (неоднородность) в горизонтальном направлении – мозаичность. Мозаичность выражается наличием в биогеоценозе разных микрогруппировок, которые различаются видовым составом и соотношением разных видов.

Экологическая структура биогеоценоза – соотношение экологических групп организмов, составляющих сообщество. Например, в биогеоценозах разных природных зон закономерно изменяется соотношение фитофагов (животных, питающихся растениями) и сапрофагов. В степных, полупустынных и пустынных районах фитофаги преобладают над сапрофагами, а в лесных сообществах, наоборот, сапрофаги преобладают над фитофагами.

Трофическая структура – цепи питания, состоящие из отдельных организмов, находящихся в трофических связях друг с другом. Пищевые цепи образуют в сообществе сложные переплетения — пищевые (трофические) сети.

13.5 Круговорот веществ и поток энергии в экосистемах

Питание – основной способ движения веществ и энергии. Главным источником энергии для живых организмов на Земле является Солнце. Фотосинтезирующие организмы непосредственно используют энергию солнечного света. При этом из углекислого газа и воды образуются органические вещества. Органические вещества служат источником энергии не только для самого растения, но и для других организмов экосистемы. Высвобождение заключенной в пище энергии происходит в процессе дыхания. Продукты дыхания вновь используются зелеными растениями. В итоге вещества в экосистеме совершают круговорот. При этом энергия пищи не совершает круговорот, а постепенно превращается в тепловую энергию и уходит из экосистемы. Поэтому необходимым условием существования экосистемы является постоянный приток энергии извне.

Круговорот веществ и поток энергии в экосистемах осуществляется по трофическим цепям, состоящим из отдельных организмов – трофических уровней.

Трофический уровень – совокупность организмов, объединенных типом питания. Различают следующие трофические уровни:

- первый трофический уровень: продуценты – автотрофные организмы (растения), создающие органические вещества из неорганических за счет солнечной энергии (используется только около 1% солнечной радиации);
- второй трофический уровень: консументы 1-го порядка – травоядные животные (гусеницы бабочек, мыши, зайцы, копытные и т. п.), потребляющие органические вещества, созданные продуцентами и усваивающие 10 % энергии, заключенной в созданных ими органических веществах (90% энергии расходуется на жизнедеятельность);
- третий трофический уровень: консументы 2-го порядка – плотоядные животные (хищные насекомые, насекомоядные птицы и т. п.), потребляющие травоядных животных и усваиваю-

щие 10% энергии, заключенной в созданных ими органических веществах;

- четвертый трофический уровень: консументы 3-го порядка – плотоядные животные и паразиты (хищные птицы и звери, паразиты), потребляющие консументов 2-го порядка и усваивающие 10% энергии, заключенной в созданных ими органических веществах.

Особую группу консументов составляют редуценты (разрушители), разлагающие органические останки продуцентов и консументов до простых неорганических соединений, которые затем используются продуцентами. К редуцентам относятся бактерии, грибы, жуки-навозники.

Трофические (пищевые) цепи и сети — ряды организмов, связанных друг с другом пищевыми взаимоотношениями, через которые в экосистеме происходит передача веществ и энергии. В зависимости от энергетических потоков различают два типа трофических цепей:

1. **Пастбищные** (цепи выедания или потребления) начинаются с фотосинтезирующих организмов. Например: суша: растения луга → насекомые луга → лягушки → ужи → ястреб;

море: фитопланктон → зоопланктон → рыбы → тюлени → белый медведь.

2. **Детритные** (цепи разложения) начинаются с отмерших остатков растений, трупов, помета. Детритные цепи наиболее распространены в лесах, где большая часть ежегодного прироста биомассы растений не потребляется растительноядными животными, а отмирает, подвергаясь разложению (сапротрофными организмами) и минерализации. Например: листовая подстилка → дождевой червь → черный дрозд → ястреб; детрит → бактерии, грибы → многоножки, личинки насекомых → сойка → ястреб

Трофические цепи образуют в экосистеме трофическую сеть – сложное соединение нескольких трофических цепей, где организмы – звенья одной цепи – являются составными частями другой цепи. Каждый организм имеет несколько источников питания и сам является объектом питания для других организмов из одной и той же пищевой цепи, или даже из разных. Цепи питания переплетаются в сложные пищевые сети.

13.6 Экологические пирамиды. Правило экологической пирамиды

Разработал модель экологических пирамид – Ч. Элтон.

Сформулировал закон пирамиды энергий – Р. Линдеман.

Экологические пирамиды – графическое изображение соотношения между организмами, составляющими трофические уровни в экосистеме, выраженное в числе особей, единицах массы или заключенной в ней энергии. Различают пирамиды:

- 1) пирамиду чисел – соотношение численности организмов каждого трофического уровня;
- 2) пирамиду биомассы – соотношение биомассы организмов каждого трофического уровня;
- 3) пирамиду энергии – величины потоков энергии, передаваемой с одного трофического уровня на другой.

Высота пирамид определяется длиной пищевой цепи. Пирамида энергии в наземных и водных экосистемах всегда суживается вверх. Основание в пирамиде биомассы может быть меньше, чем последующие уровни (в водных экосистемах), что связано с небольшими размерами организмов – продуцентов (фитопланктона). Поэтому экологическая пирамида биомассы в водных экосистемах, в отличие от наземных, перевернута.

Снижение энергии при переходе с одного пищевого уровня на другой обусловлено тем, что не вся пища используется консументами. Поэтому продукция организмов каждого последующего трофического уровня всегда меньше (в 10 раз) продукции предыдущего, т. е. энергия каждого последующего звена в цепи питания прогрессивно уменьшается. Эта закономерность получила название правила экологической пирамиды (правило 10%). Вследствие таких больших потерь энергии на построение новых тканей и дыхание организмов цепи питания не могут быть длинными; обычно они состоят из 3–5 уровней.

Основные показатели экосистемы

Биомасса – суммарная масса всех организмов экосистемы или отдельных ее трофических уровней. Выражается обычно в единицах массы вещества на единицу площади или объема экосистемы.

Продукция – прирост биомассы, созданный организмами экосистемы за единицу времени на единицу площади или объема. Служит мерой биологической продуктивности экосистемы. Выра-

жают в единицах массы вещества на единицу площади или объема за определенный отрезок времени. В экосистеме различают: валовую первичную продукцию (количество органического вещества, созданного растениями в результате фотосинтеза), чистую первичную продукцию (величина прироста биомассы растений экосистемы), вторичная продукция (прирост биомассы консументов).

Продукция органического вещества на Земле 150–200 млрд т (2/3 дают наземные экосистемы, 1/3 водные экосистемы). Наиболее продуктивная экосистема: тропический дождевой лес. Наименее продуктивны экосистемы тундры, пустыни, высокогорья и глубокие участки Мирового океана.

13.7. Свойства экосистем (биогеоценозов)

Самовоспроизводство – способность биогеоценозов 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.

Устойчивость – способность биогеоценозов выдерживать изменения, вызванные внешними воздействиями. Высокий потенциал размножения организмов обеспечивает их сохранение в биогеоценозе. Длительность существования каждой экосистемы поддерживается за счет общего круговорота веществ, осуществляемого продуцентами, консументами и редуцентами, и постоянного притока солнечной энергии. Устойчивость экосистемы обеспечивается также биологическим разнообразием и сложностью трофических связей организмов, входящих в ее состав. Важным фактором стабилизации экосистемы является генетическое разнообразие особей популяций. Чем генетически более разнородной является популяция экосистемы, тем больший шанс у нее иметь организмы с аллелями, позволяющими им выжить при смене условий среды.

Саморегуляция – способность биогеоценоза к восстановлению динамического равновесия и связей между основными его компонентами после природного воздействия. Регулирующие факторы не воздействуют на биогеоценоз, а формируются в нем самом (хищники регулируют численность своих жертв; деятельность травоядных животных влияет на растения) и действуют по принципу обратной связи. Регулируемые компоненты должны быть постоян-

ными, а результаты регуляции всегда одинаковыми (экосистемный гомеостаз).

Способность экосистемы к саморегуляции и поддержанию динамического равновесия называется *гомеостазом*. Гомеостаз экосистемы выражается в способности сохранять постоянство видового состава и численности особей, поддерживать относительную стабильность в меняющихся условиях внешней среды.

Саморазвитие – способность биогеоценозов к циклическим и поступательным изменениям, вызванным разными причинами. Циклические изменения связаны с суточными, сезонными изменениями внешних условий и биологическими ритмами организмов. Поступательные изменения вызваны постоянно действующими внешними или внутренними факторами и приводят к смене одного биогеоценоза другим – сукцессии.

Сукцессия – последовательная смена одних сообществ другими на определенном участке среды. Сукцессии вызваны взаимодействием живых организмов между собой и окружающей их абиотической средой. Сукцессионный ряд – цепь последовательно развивающихся на одной и той же территории биоценозов.

Различают сукцессии:

Первичные сукцессии: 1) начинаются на месте, не занятом жизнью – на скалах, песчаных дюнах, наносах рек, застывших лавовых потоках и т. п.; 2) они продолжительны по времени (длятся тысячи лет); 3) начальные стадии в них протекают медленно, а конечные – быстрее. Скала → лишайники и мхи → травы → кустарники → елово-березовый лес → еловый лес.

Вторичные сукцессии: 1) развиваются на месте сформировавшихся экосистем после их нарушения в результате эрозии, пожаров, засухи, вырубки и т. п.; 2) протекают повсеместно и постоянно; 3) начальные стадии в них протекают быстро, а конечные – медленнее.

Заброшенная пашня → травы → кустарники → елово-березовый лес → еловый лес

Смена одного фитоценоза в экосистеме другим составляет сукцессионный ряд (лесная вырубка сменяется березняком, затем смешанным лесом и, наконец, ельником; отмирание водных растений и осажде-ние на дно ила вызывает развитие болота на месте озера). Сукцессия завершается образованием наиболее устойчивого сообщества, находящегося в относительном равновесии с абиоти-

ческой средой, которое называется климаксовым сообществом, или **климаксом** (ельник, дубрава, торфяное болото). В таком состоянии для сообщества характерны наибольшая биомасса и богатый видовой состав.

13.8 Искусственная экосистема – агроценоз

Агроценоз (агробιοценоз) – экосистема, структуру которой создает, поддерживает и контролирует человек. Агроценоз – это вторичный биоценоз, отличающийся от первичного (естественного) неспособностью к длительному самостоятельному существованию в силу ослабленной саморегуляции.

Примеры агроценозов – поля, огороды, парки, сады, лесопосадки, пастбища и т. п.

Структура агроценоза. Агроценозы, как и любые природные экосистемы, обладают определенным составом организмов (культурные растения, сорняки, насекомые, дождевые черви, грызуны и др.) и определенными взаимоотношениями между живыми организмами и условиями среды. Эти взаимоотношения наиболее четко проявляются на уровне трофических связей. Агроценозы занимают примерно 10% всей поверхности суши и дают человечеству около 90% пищи.

Отличие агроценоза от биогеоценоза:

- Растительный покров создается не в процессе эволюции, как в биогеоценозе, а создается человеком и представлен обычно одним видом культивируемого растения (картофель, пшеница) и сопутствующими ему сорняками. В отличие от биогеоценоза, в агроценозе резко снижено видовое разнообразие живых организмов.

- В биогеоценозе действует только естественный отбор, в агроценозе искусственный (преимущественно) и естественный.

- Для естественного биогеоценоза единственным источником энергии является Солнце. В агроценозе, наряду с солнечной энергией, используется дополнительный источник энергии, вносимый человеком (минеральные и органические удобрения).

- В естественном биогеоценозе первичная продукция растений потребляется в многочисленных цепях (сетях) питания и вновь возвращается в систему биологического круговорота в виде углекислого газа, воды и элементов минерального питания.

В агроценозе не осуществляется полный круговорот веществ (основная часть питательных элементов выносятся человеком в ви-

де урожая). Для возмещения потерь необходимо постоянное внесение в почву дополнительного количества удобрений.

– Регулируются и поддерживаются человеком (полив, внесение удобрений, борьба с сорняками и вредителями и т. п.). В случае отсутствия поддержки агроценоз разрушается и превращается в биогеоценоз (в умеренном климате – лес, в засушливом – степь).

– Смена агроценозов происходит по воле человека.

– Продуктивность агроценоза выше, чем биогеоценоза.

13.9 Биосфера

Термин «биосфера» предложил Э. Зюсс. Основатель учения о биосфере – В. И. Вернадский.

Биосфера – оболочка Земли, созданная и населенная живыми организмами. Ее состав и структура определяется деятельностью живых организмов.

Биосфера – это наиболее крупная экосистема, объединяющая все биогеоценозы планеты и осуществляющая глобальный круговорот веществ.

Границы биосферы

Границы биосферы определяются областью распространения живых организмов. На Земле имеются три геосферы, в пределах которых существует жизнь (нижняя часть атмосферы, верхняя часть литосферы и вся гидросфера).

Верхняя граница проходит в *атмосфере* на высоте 15–25 км. Слои атмосферы: тропосфера (самый нижний слой), стратосфера, ионосфера (верхний). Живые организмы встречаются только в тропосфере. В *стратосфере* на высоте 15–25 км расположен озоновый экран, выше которого жизни нет из-за ультрафиолетовой солнечной радиации. Озоновый экран поглощает коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца, вызывающее гибель живых организмов. Он определяет также температурный режим стратосферы.

Нижняя граница проходит в *литосфере* на глубине около 4 км. Жизнь ограничивается нарастающей температурой горных пород и подземных вод. Слои литосферы: верхний – слой осадочных пород; средний – гранитный; нижний – базальтовый. Наибольшая плотность живого вещества в литосфере отмечается в почве (поверхностный слой твердой оболочки Земли).

В *гидросфере* жизнь проникает на всю глубину Мирового океана (11 км – Марианская впадина), так как температура воды на

дне океанических впадин около 0°C. 97 % гидросферы – соленые воды. В состав гидросферы входят моря, океаны, реки, озера, ледники, снег и т.д.

Компоненты биосферы

1. Живое вещество – совокупность всех живых организмов биосферы. Живое вещество распределено по Земле неравномерно. Наиболее высока концентрация живого вещества на границах раздела основных сред – в почве, в поверхностных слоях океана, на дне водоемов. Живое вещество биосферы является *главным*, самым активным ее компонентом, обеспечивающим круговорот химических элементов в биосфере.

2. Биогенное вещество – созданные живыми организмами соединения и полезные ископаемые (нефть, газ, уголь, известняк, торф).

3. Косное (абиогенное) вещество – вещества, образуемые процессами, в которых живые организмы не участвуют (горные породы, вулканическая лава, минералы).

4. Биокосное вещество – создаваемое одновременно живыми организмами и процессами неорганической природы (почва, грунт водоемов).

Количественные меры живого вещества: биомасса и продукция.

Биомасса – количество живого вещества, приходящееся на единицу площади или объема.

Продукция – прирост биомассы на единице площади или объема за единицу времени.

Распределение биомассы. Биомасса материков – более 99%, биомасса океана – менее 1%. На суше: биомасса растений – 99%, биомасса животных и микроорганизмов – 1%. В океане: биомасса растений – 6%, биомасса животных и микроорганизмов – 94%.

По количеству создаваемой продукции и выделяемому кислороду океан и материки сопоставимы. Это объясняется большой скоростью образования продукции фитопланктоном.

Функции живого вещества

Основные:

Энергетическая – заключается в использовании энергии солнца в процессе фотосинтеза продуцентами, с последующей передачей этой энергии консументам и редуцентам.

Газовая – выделение газов живыми организмами в процессе жизнедеятельности. Большинство газов атмосферы связаны с деятельностью живых организмов.

Концентрационная – организмы накапливают химические элементы (С, Н, О, N, Р, S, Fe и др.) и соединения (соединения кальция накапливаются в костях, зубах и раковинах; кремний накапливают диатомовые водоросли; йод накапливают бурые водоросли и др.).

Окислительно-восстановительная – в ходе биохимических реакций, протекающих в живых организмах, меняется химическая валентность элементов. Окислительно-восстановительные реакции лежат в основе процессов обмена веществ.

Средообразующая – среда жизни живых организмов создана во многом благодаря деятельности самих организмов.

Второстепенные

Деструкционная – разрушение мертвого органического вещества редуцентами.

Транспортная – перенос вещества и энергии живыми организмами.

Рассеивающая – живые организмы в процессе своей жизнедеятельности способны рассеивать химические элементы. Эта функция противоположна концентрационной.

Информационная – передача наследственной информации последующим поколениям.

Элементарная структурная и функциональная единица биосферы – **биогеоценоз**. В биогеоценозе организмы и среда тесно взаимосвязаны. В нем осуществляется биологический круговорот веществ.

Биологический круговорот – биогенная миграция атомов в процессе круговорота веществ: накопление химических элементов в живых организмах и минерализация элементов в результате разложения мертвых организмов (биогеохимический цикл).

Биогеохимический цикл углерода

Углерод в биосфере в основном представлен CO_2 . Первичный углекислый газ выделяется при вулканической деятельности. Миграция CO_2 происходит двумя путями:

1) поглощение в процессе фотосинтеза с образованием органических веществ и последующим отложением в виде торфа, угля, горючих сланцев;

2) создание карбонатной системы в разных водоемах, где CO_2 переходит в ионы HCO_3^- , CO_3^{2-} ; затем с помощью кальция или магния происходит осаждение карбонатов биогенным и абиогенным способами (образуются известняки); запасы CO_2 в атмосфере постоянно пополняются за счет дыхания организмов, процессов разложения органических остатков, а также массового сжигания топлива и выбросов промышленности.

Биогеохимический цикл азота

Азот содержится в воздухе. Фиксация атмосферного азота осуществляется *азотфиксирующими* бактериями и *цианобактериями*. Они синтезируют нитриты, а затем нитраты ($\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$), которые становятся доступными для использования растениями. В растениях азот переходит в состав органических соединений: белков, нуклеиновых кислот и др. Растения поедаются животными. Азотсодержащие органические вещества отмерших организмов и выделяемая моча животных разлагаются *аммонифицирующими* (гнилостными) бактериями до аммиака, который подвергается далее *нитрифицирующими* бактериями нитрификации (окисляют аммиак до нитритов и нитратов). Далее *денитрифицирующие* бактерии восстанавливают нитриты и нитраты до газообразного азота (денитрификация). В малых количествах атмосферный азот связывается с кислородом в процессе грозовых разрядов в атмосфере, а затем с дождями поступает на поверхность Земли.

Биогеохимический цикл воды

Вода – самое распространенное вещество в биосфере. Основные запасы – соленые воды морей и океанов. Пресной воды только 3%. Вода испаряется с поверхности водоемов и выпадает в виде дождей. Растения в результате транспирации также обеспечивают испарение огромного количества воды.

Зональность. Зональность – это распределение на поверхности Земли растительного и животного мира, почв и др. Бывает широтной и высотной. Главный фактор зональности – солнечная радиация в сочетании с шарообразностью Земли. Помимо этого влияют: высота местности, соотношение суши и моря. Зональность биосферы отражают ландшафтно-географические зоны (арктиче-

ские пустыни, тундра, тайга, широколиственные леса, степи, пустыни, тропические леса). В пределах каждой зоны формируются биомы Земли – совокупность организмов и среды их обитания в ландшафтно-географических зонах.

Наименьшую биомассу живого вещества на суше имеют пустыни и тундра, наибольшую – влажные тропические леса.

В океане наименьшая биомасса характерна для открытого океана, наибольшая – коралловым рифам, мелководью (шельф).

Влияние человека на биосферу. С возникновением человеческого общества наступил новый этап развития биосферы – формирование ноосферы («сфера разума»), при котором осуществляется разумное регулирование отношений человека и природы. В период ноосферы деятельность человека становится главным фактором развития и биосферы.

Природные ресурсы

Невозобновляемые природные ресурсы – источники минерального сырья, образующиеся в земной коре за сотни миллионов лет (уголь, нефть, газ, песок, мрамор).

Возобновляемые природные ресурсы – растения, животные, грибы, микроорганизмы.

Изменение среды обитания

Распашка целинных земель, создание крупных населенных пунктов и промышленных предприятий, строительство плотин, водохранилищ, оросительных систем существенно изменяют среду обитания, превращая ее в промышленный или сельскохозяйственный ландшафт, не пригодный для существования биогеоценозов.

Загрязнение окружающей среды

Виды загрязнения:

Физическое: повышение радиоактивного фона, увеличение уровня шума.

Химическое: попадание в атмосферу оксидов азота, сернистого газа, фреонов, использование пестицидов, инсектицидов.

Биологическое: попадание в водоемы возбудителей заболеваний – вирусов, бактерий.

Загрязнение воздуха. Выбросы CO_2 вызывают *парниковый эффект*. Промышленные выбросы вредных газов (NO_2 , SO_2 и др.) соединяются в атмосфере с водой, что приводит к *выпадению ки-*

слотных дождей. Загрязнение атмосферы фреоном и хлорсодержащими соединениями приводит к *разрушению озонового экрана.*

Загрязнение воды: попадание в водоемы нефти и нефтепродуктов нарушает газообмен (гибель планктона, рыб и др.); смыв с сельскохозяйственных угодий удобрений, поступление в водоемы промышленных и бытовых стоков стимулирует процессы эвтрофикации (понижение в воде содержания O_2 и повышение содержания органических веществ).

Опасность представляет радиоактивное загрязнение, связанное с авариями на АЭС, испытаниями ядерного оружия и затоплениями радиоактивных отходов на дне океана. Радиоактивные изотопы иода преимущественно накапливаются в щитовидной железе, стронция – в костях, полония – в печени и почках.

Загрязнение почвы: пестициды, тяжелые металлы, минеральные удобрения.

Накопление загрязняющих веществ в количествах, превышающих способность биосферы к их переработке, нарушает способность экосистем к саморегуляции.

Охрана природы

Охрана природы – система мероприятий, направленных на сохранение, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов.

Принципы охраны природы:

- учет местных условий при охране и использовании каждого природного ресурса;
- охрана одного объекта природы означает охрану и других объектов, с ним связанных.

Создана система глобального экологического мониторинга – регулярных наблюдений, контроля и прогнозирования изменений окружающей среды, вызванных хозяйственной деятельностью человека.

Красные книги. Организованная при МСОП (международный союз охраны природы при ЮНЕСКО) комиссия по редким и исчезающим видам издает Международную Красную книгу (список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных). В настоящее время в нее включено около 20 тыс. видов исчезающих, редких и малоизученных видов. В государствах издаются национальные Красные книги.

Охраняемые природные территории и объекты. К особо охраняемым природным территориям относятся: заповедники, национальные парки, заказники и памятники природы.

В заповедниках осуществляется преимущественно научно-исследовательская работа, в национальных парках – туризм и отдых населения, в заказниках – промысел не охраняемых видов животных и растений.

Памятники природы – уникальные природные объекты (гейзеры, озера, водопады, пещеры, места захоронения ископаемых остатков вымерших организмов, редкостные и исторически ценные деревья и др.) имеют научное, историко-культурное и эстетическое значение (озеро Свитязь, царь-дуб в Беловежской пуще и др.).

На территории Беларуси расположены Березинский биосферный заповедник, Полесский радиационно-экологический заповедник. Национальные парки Беларуси: Беловежская пуща; Припятский; Браславские озера; Нарочанский.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Ученые.

- К. Линней – ввел бинарную номенклатуру в систематику организмов.
- Ф. Мишер – открыл нуклеиновые кислоты.
- Дж. Уотсон является одним из авторов трехмерной модели ДНК.
- Ф. Крик – является одним из авторов трехмерной модели ДНК.
- Р. Гук – предложил термин «клетка», описал клеточные стенки.
- А. Левенгук – открыл одноклеточные организмы, основоположник научной микроскопии.
- Р. Броун – описал ядро.
- Т. Шванн и М. Шлейден – сформулировали «клеточную теорию».
- Р. Вирхов – дополнил клеточную теорию положением о том, что дочерние клетки образуются путем деления материнских клеток.
- Х.О.Кребс – открыл цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса) на кислородном этапе энергетического обмена.
- Г. Мендель – открыл закономерности наследования признаков.
- Т. Морган – разработал хромосомную теорию наследственности.
- Н. И. Вавилов – сформулировал закон гомологических рядов наследственной изменчивости, занимался селекцией растений.
- У. Бэтсон – сформулировал правило чистоты гамет.
- И.В.Мичурин – занимался селекцией растений.
- И.М. Сеченов – изучал рефлексы, книга «Рефлексы головного мозга».
- И. П. Павлов – экспериментально изучил регуляцию пищеварения (методика вживления фистульных трубок), создал учение о высшей нервной деятельности.
- И. И. Мечников – открыл явление фагоцитоза, открыл неспецифический иммунитет.
- А.А. Ухтомский – разработал учение о доминанте в коре больших полушарий головного мозга.
- У. Кеннон – предложил термин "гомеостаз".
- Ж.Б.Ламарк – автор первой целостной эволюционной теории.
- Ч.Дарвин – разработал учение о естественном отборе – основном механизме эволюции, раскрыл движущие силы эволюции, создал целостное учение об историческом развитии органического мира.

И. И. Шмальгаузен – участвовал в разработке синтетической теории эволюции.

А. Н. Северцов – разработал учение об основных направлениях эволюции, а также путях достижения биологического прогресса; сформулировал закон, согласно которому существует закономерная смена фаз эволюционного процесса (*арогенезы* и *аллогенезы* взаимосвязаны).

Э. Геккель – является одним из авторов биогенетического закона.

Ф. Мюллер – является одним из авторов биогенетического закона.

В.О.Ковалевский– основоположник эволюционной палеонтологии.

К.Бер – сформулировал закон зародышевого сходства

В.Иогансенввел термин «популяция».

А. И. Опарин – предложил биохимическую гипотезу возникновения жизни на Земле.

Дж.Холдейн – предложил биохимическую гипотезу возникновения жизни на Земле.

Д. И. Ивановский – открыл вирусы.

С. Г. Навашин – открыл двойное оплодотворение цветковых растений

М. Кальвин – изучал механизм фотосинтеза (цикл Кальвина).

К. А. Тимирязев участвовал в изучении процесса фотосинтеза.

Э. Геккель – предложил термин «экология».

К. Мебиус – предложил термин «биоценоз».

А. Тенсли – предложил термин «экосистема».

В. Н. Сукачев – предложилтермин «биогеоценоз».

Ч. Элтон – разработалмодель экологических пирамид.

Р. Линдеман – сформулировалзакон пирамиды энергий.

Э. Зюсс – предложил термин «биосфера».

В. И. Вернадский создал учение о биосфере, предложил термин«ноосфера».

Перечень биологических объектов.

Протисты

Гетеротрофные: амеба обыкновенная, инфузория туфелька.

Одноклеточные водоросли: хлорелла, эвглена зеленая.

Колониальные водоросли: вольвокс.

Многоклеточные водоросли: зеленые водоросли (улотрикс, спирогира), бурые водоросли (ламинария).

Грибы

Плесневые грибы: мукор, пеницилл.

Дрожжи.

Шляпочные грибы: белый гриб (боровик), подосиновик, подберезовик, сыроежка, мухомор, бледная поганка.

Грибы-паразиты: спорынья, головня, трутовик.

Лишайники

Цетрария исландская, кладония.

Споровые растения

Мхи: кукушкин лен, сфагнум.

Папоротники: щитовник мужской, орляк обыкновенный, сальвиния плавающая.

Семенные растения

Голосеменные растения: сосна обыкновенная, ель, пихта, можжевельник, лиственница.

Покрытосеменные растения. Жизненные формы:

деревья: дуб, береза, липа, клен, тополь, ясень;

кустарники: лещина, шиповник, бузина, сирень, малина;

травы: земляника, подорожник, василек, зверобой, мать-и-мачеха, одуванчик, пырей, ландыш, мятлик, купена, рогоз, камыш, очиток, полынь.

Зерновые культурные растения: пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза.

Овощные культурные растения: картофель, капуста, морковь, свекла, горох, помидор, огурец, фасоль, тыква, лук.

Плодово-ягодные культурные растения: груша, яблоня, вишня, слива, смородина, малина, крыжовник.

Масличные культурные растения: подсолнечник, рапс.

Кормовые культурные растения: клевер, люпин, тимофеевка.

Прядильные культурные растения: лен.

Декоративные культурные растения: тюльпан, гладиолус, лилия, роза, астра, гвоздика, хризантема.

Животные

Тип Кишечнополостные: гидра, аурелия, актиния, коралл.

Тип Плоские черви: планария, печеночный сосальщик, бычий цепень.

Тип Круглые черви: аскарида человеческая, острица детская, власоглав, трихинелла, нематоды: картофельная, стеблевая, луковая, земляничная.

Тип Кольчатые черви: дождевой червь, пескожил, нереис, медицинская пиявка.

Тип Моллюски: прудовик, беззубка, кальмар, слизень.

Тип Членистоногие.

Класс Ракообразные: речной рак, краб, креветка, дафния, бокоплав, мокрица, щитень.

Класс Паукообразные: паук-крестовик, скорпион, домовый паук, чесоточный клещ, собачий клещ, паутинный клещ.

Класс Насекомые.

Отряд Прямокрылые: зеленый кузнечик, саранча, медведка.

Отряд Жесткокрылые: майский жук, колорадский жук, божья коровка.

Отряд Чешуекрылые: капустная белянка, тутовый шелкопряд, яблонная плодожорка, моль.

Отряд Двукрылые: комнатная муха, овод, комар.

Отряд Перепончатокрылые: медоносная пчела, оса, шмель, муравей.

Тип Хордовые.

Подтип Бесчерепные: ланцетник.

Подтип Черепные, или Позвоночные.

Класс Хрящевые рыбы: акула, скат.

Класс Костные рыбы.

Отряд Кистеперые: латимерия.

Отряд Лососеобразные: горбуша, кета, семга.

Отряд Осетрообразные: осетр, белуга, стерлядь.

Отряд Сельдеобразные: сельдь, сардина, килька.

Отряд Карпообразные: плотва, лещ, линь, сазан, карась.

Класс Земноводные.

Отряд Бесхвостые: лягушка, жаба, квакша, жерлянка, чесночница.

Отряд Хвостатые: тритон, саламандра.

Класс Пресмыкающиеся.

Отряд Чешуйчатые: ящерица, варан, уж, гадюка, веретеница, хамелеон.

Отряд Крокодилы: аллигатор, кайман, крокодил.

Отряд Черепахи: черепаха.

Класс Птицы.

Птицы лесов: большой пестрый дятел, тетерев, глухарь, кукушка, соловей, сойка.

Птицы открытых пространств: страус, журавль, дрофа.

Водоплавающие и околоводные птицы: кряква, кулик, цапля, белый аист, лебедь-шипун, императорский пингвин, серая цапля.

Птицы культурных ландшафтов: синица, скворец, ласточка, голубь, ворона, галка, грач, воробей, сорока.

Хищные птицы: сокол, орел, ястреб, сова, филин.

Класс Млекопитающие.

Подкласс Первозвери, или Яйцекладущие: утконос, ехидна.

Подкласс Настоящие звери, или Живородящие.

Отряд Сумчатые: кенгуру, сумчатый медведь (коала).

Отряд Насекомоядные: еж, выхухоль.

Отряд Рукокрылые: ушан, вечерница, ночница.

Отряд Грызуны: мышь, белка, бобр, ондатра, нутрия, хомяк.

Отряд Хищные: волк, лисица, рысь, тигр, лев, медведь, куница, выдра, ласка, барсук.

Отряд Парнокопытные: кабан, олень, лось, зубр, жираф.

Отряд Непарнокопытные: лошадь, осел, зебра, носорог.

Отряд Ластоногие: тюлень, морской котик, морж.

Отряд Китообразные: кит, дельфин, кашалот.

Отряд Приматы: мартышка, горилла, шимпанзе, орангутан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биология: учебное пособие для 7 класса общеобразовательной школы/ Г.А.Бавтуто, В.М.Еремин, Н.А.Лемеза, Н.Д.Лисов. – Мн.: Ураджай, 2000.
2. Биология: учебное пособие для 8 класса общеобразовательной школы/ Л.В.Камлюк, Е.С.Шалапенко, О.Р.Александрович. – Мн.: Народная асвета, 1999.
3. Общая биология: учебное пособие для 10 класса общеобразовательной школы/ Н.Д.Лисов, Л.В.Камлюк, Н.А.Лемеза. – Мн.: Ураджай, 2001.
4. Общая биология: учебное пособие для 10 класса с углубленным изучением биологии/ Н.А.Лемеза, Н.Д.Лисов, Л.В.Камлюк. – Мн.: Народная асвета, 1998.
5. Общая биология: учебное пособие для 11 класса общеобразовательной школы/ Н.Д.Лисов, Л.В.Камлюк, Н.А.Лемеза и др. – Мн.: Ураджай, 2002.
6. Общая биология: учебное пособие для 11 класса с углубленным изучением биологии/ Н.А.Лемеза, Н.Д.Лисов, Л.В.Камлюк. – Мн.: Ураджай, 2002.
7. Биология: Подготовка к тестированию. / О.И.Левэ, В.П.Андреев. – Мн.: Издательство «Сэр-Вит», 2005.
8. Открытые тесты по биологии. / О.И.Левэ, В.П.Андреев. – Мн.: Издательство «Сэр-Вит», 2006.
9. Тренажер по биологии для подготовки к централизованному тестированию и экзамену / О.И.Левэ – Мн.: Издательство «ТетраСистемс», 2009.
10. Супертренинг. Биология/ О.И.Левэ – Мн.: Издательство «ТетраСистемс», 2010.
11. Левэ О.И., Амбрушкевич Ю.Г., Дричиц О.А., Кизюкевич Л.С. Основы биологии. Пособие для абитуриентов.// Гродно : ГрГМУ, 2013. – 388 с.
12. Левэ О.И. Тренажер по биологии. – Минск, – Тетралит, – 2014. – 398 с.
13. Биология для абитуриентов. / Р.Г.Заяц, И.В.Рачковская, В.Э.Бутвиловский, В.В.Давыдов. – Мн.: Издательство «Юнипресс», 2002. В пособии использованы рисунки из данной книги

14. Биология: Справочник для старшеклассников и поступающих в вузы. / Т.Л.Богданова, Е.А.Солодова.— Москва: Издательство «АСТ-Пресс», 2001. В пособии использованы рисунки из данной книги.

15. Биология: Школьный курс / П.М.Скворцов, А.И.Никишов, В.С.Рохлов, А.В.Теремов.— Москва: Издательство «АСТ-Пресс», 2000. В пособии использованы рисунки из данной книги.

16. Пособие по биологии для поступающих в вузы. Под редакцией Н.А.Лемезы.— Минск: Издательство «Университетское», 1993. В пособии использованы рисунки из данной книги.

17. Биология: Пособие для поступающих в вузы. Том 1. / Н.В.Чебышев, С.В.Кузнецов, С.Г.Зайчикова, С.И.Гуленков .— Москва: Издательство Новая Волна, 2000. В пособии использованы рисунки из данной книги.

18. Биология: Пособие для поступающих в вузы. Том 2. / Н.В.Чебышев, С.В.Кузнецов, С.Г.Зайчикова, С.И.Гуленков .— Москва: Издательство Новая Волна, 2000. В пособии использованы рисунки из данной книги.

19. Биология для поступающих в вузы. / Г.Л.Билич, В.А. Крыжановский — Москва: Издательство Оникс, 2004. В пособии использованы рисунки из данной книги

20. Биологический энциклопедический словарь. / Гл. ред. М.С. Гиляров.— Москва: Сов. энциклопедия, 2000.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА. ЖИЗНЬ, ЕЕ СВОЙСТВА, УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ	2
1.1 Предмет, задачи и методы биологии	3
1.2 Уровни организации живых систем	4
1.3 Свойства живых организмов	4
1.4 Формы организации живых организмов	6
ГЛАВА 2. МНОГООБРАЗИЕ СОВРЕМЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА	6
2.1 Принципы систематики	7
2.2 Царства живых организмов	7
ГЛАВА 3. ЦИТОЛОГИЯ	9
3.1 Клетка – структурная и функциональная единица жизни. Клеточная теория	9
3.2 Содержание химических элементов в клетке, их роль	11
3.3 Химические вещества клетки. Неорганические вещества. Вода и минеральные соли, их роль в клетке	12
3.4 Органические вещества клетки. Липиды. Углеводы. Белки. Нуклеиновые кислоты	13
3.5 Биологические мембраны, их строение, свойства и функции. Цитоплазматическая мембрана, оболочка клетки	21
3.6 Цитоплазма: гиалоплазма, цитоскелет, органоиды, включения	24
3.7 Клеточное ядро. Хроматин. Хромосомы. Хромосомный набор. Кариотип. Видовая специфичность кариотипа	32
3.8 Особенности строения прокариотической и эукариотической клеток	35
3.9 Обмен веществ и энергии в клетке – основа жизнедеятельности клетки. Взаимосвязь процессов ассимиляции и диссимиляции	37

3.10 Клеточный цикл. Подготовка клетки к делению. Прямое и косвенное деление клетки. Митоз, биологическая сущность и значение митоза	47
3.11 Мейоз и его биологическое значение	50
3.12 Размножение и индивидуальное развитие организмов. Типы размножения организмов. Бесполое размножение, его формы. Половое размножение	52
3.13 Половые клетки: яйцеклетки и сперматозоиды. Гаметогенез.....	54
3.14 Оплодотворение, онтогенез, эмбриональное развитие зародыша	56
ГЛАВА 4. ГЕНЕТИКА	62
4.1 Закономерности наследственности и изменчивости	62
4.2 Закономерности наследования при моногибридном скрещивании: закон единообразия гибридов первого поколения и закон расщепления	67
4.3 Закономерности наследования при дигибридном скрещивании: закон независимого наследования	68
4.4 Взаимодействие аллельных генов	69
4.5 Сцепление генов, эксперименты Т. Моргана по сцепленному наследованию. Кроссинговер	72
4.6 Хромосомная теория наследственности	74
4.7 Генетика пола. Хромосомное определение пола. Половые хромосомы. Наследование признаков, сцепленных с полом	75
4.8 Изменчивость организмов, ее типы	77
4.9 Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова	85
4.10 Особенности наследственности и изменчивости человека и методы их изучения. Наследственные болезни человека. Медико-генетическое консультирование	86
ГЛАВА 5. СЕЛЕКЦИЯ.....	88
5.1 Основные направления и методы селекции	88
5.2 Селекция растений	89

5.3 Селекция животных	93
5.4 Селекция микроорганизмов. Биотехнология.....	95
ГЛАВА 6. НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ	98
6.1 Вирусы. Фаги.....	98
ГЛАВА 7. ПРОКАРИОТЫ	101
7.1 Бактерии	101
7.2 Цианобактерии (синезеленые водоросли)	105
ГЛАВА 8. НАДЦАРСТВО ЭУКАРИОТЫ.....	105
8.1 Царство Грибы.....	105
8.2 Лишайники.....	110
8.3 Царство Протисты.....	111
ГЛАВА 9. ЦАРСТВО РАСТЕНИЯ	117
9.1 Ткани цветкового растения	117
9.2 Отдел покрытосеменные.	
Жизненные формы покрытосеменных	123
9.3 Вегетативные органы растений	124
9.3.1 Корень	124
9.3.2 Побег	127
9.3.3 Стебель	130
9.3.4 Лист	132
9.3.5 Вегетативное размножение растений – это размножение частями вегетативных органов.....	136
9.4 Репродуктивные органы растений.....	137
9.4.1 Цветок	137
9.4.2 Половое размножение покрытосеменных.....	141
9.4.3 Семя.....	143
9.4.4 Плод.....	146
9.4.5 Растение – целостный организм	147
9.5 Представители отдела Покрытосеменные	147
9.5 Водоросли	151
9.5.1 Отдел зеленые водоросли	152

9.5.2 Отделы бурые и красные водоросли.....	154
9. 6 Отдел моховидные.....	155
9. 7 Отдел папоротниковидные	157
9. 8 Отдел голосеменные.....	159
ГЛАВА 10. ЦАРСТВО ЖИВОТНЫЕ	162
10.1 Тип Кишечнополостные	162
10.2 Тип Плоские черви	165
10.3 Тип Круглые черви.....	168
10.4 Тип Кольчатые черви	172
10.5 Тип Моллюски	175
10.6 Тип Членистоногие.....	177
10.7 Тип хордовые	184
10.7.1 Подтип бесчерепные. Класс ланцетники.....	185
10.7. 2 Подтип позвоночные. Надкласс рыбы.....	187
10.7.3 Класс Земноводные (Амфибии)	191
10.7.4 Класс Пресмыкающиеся (Рептилии)	194
10.7.5 Класс Птицы.....	198
10.7.6 Класс Млекопитающие	203
ГЛАВА 11. АНАТОМИЯ.....	209
11.1 Анатомия, физиология и гигиена человека – науки, изучающие строение и функции организма человека и условия сохранения его здоровья.....	209
11.2 Общий обзор организма человека. Ткани, органы и системы органов.....	210
11.3 Железы внутренней секреции и их значение. Понятие о гормонах. Роль гуморальной регуляции в организме	216
11.4 Нервная система	223
11.5 Пищеварение.....	236
11.6 Витамины (А, В,С, D) и их роль в обмене веществ. Гиповитаминозы. Способы сохранения витаминов в пищевых продуктах	247

11.7 Развитие человеческого организма. Строение системы органов размножения. Развитие зародыша	252
11.8 Кожа. Строение и функции кожи. Закаливание организма	257
11.9 Выделение. Строение органов мочевыделительной системы.	261
11.10 Анализаторы и их значение. Строение, функции и гигиена органов слуха. Строение, функции и гигиена органов зрения	265
11.11 Дыхание. Значение дыхания	274
11.12 Опорно-двигательная система.	281
11.13 Кровообращение. Система кровообращения.....	289
11.14 Кровь. Внутренняя среда организма (кровь, тканевая жидкость и лимфа), ее относительное постоянство	296
ГЛАВА 12. ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ	303
12.1 Развитие эволюционных представлений. Первое эволюционное учение (Ж. Б. Ламарк). Эволюционная теория Ч. Дарвина	303
12.2 Доказательства эволюции (цитологические, сравнительно-анатомические, эмбриологические, палеонтологические, биогеографические)	309
12.3 Вид и его критерии. Популяционная структура вида	313
12.4 Современные представления об эволюции. Синтетическая теория эволюции	317
12.5. Приспособления как результат действия факторов эволюции и их относительный характер	321
12.6 Видообразование. Факторы и способы видообразования	323
12.7. Основные направления эволюционного процесса: прогресс и регресс. Арогенез, аллогенез, катагенез. Способы осуществления эволюционных процессов: дивергенция, конвергенция, параллелизм	326
12.8 Основные араморфозы в эволюции органического мира.	329
12.9 Гипотезы происхождения жизни на Земле	331
12.10 Происхождение человека	331

12.11 Доказательства происхождения человека от животных.....	333
12.12 Движущие силы антропогенеза: биологические и социальные факторы.....	337
12.13 Человеческие расы, их происхождение и единство	339
ГЛАВА 13. ЭКОЛОГИЯ. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ.....	341
13.1 Методы экологии. Объекты экологии.	341
13.2. Классификация экологических факторов.....	342
13.3 Экологическая характеристика вида и популяции.....	352
13.4 Биогеоценозы и экосистемы	356
13.5 Круговорот веществ и поток энергии в экосистемах	360
13.6 Экологические пирамиды. Правило экологической пирамиды	362
13.7. Свойства экосистем (биогеоценозов)	363
13.8 Искусственная экосистема – агроценоз.....	365
13.9 Биосфера.....	366
ЛИТЕРАТУРА	378

Учебное издание

Левэ Олег Иосифович
Амбрушкевич Юрий Георгиевич
Дричиц Ольга Алексеевна и др.

БИОЛОГИЯ

Пособие для абитуриентов

Ответственный за выпуск В.В. Воробьев

Компьютерная верстка Д. Р. Рапейко

Подписано в печать 27.06.2016.
Формат 60х84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Ризография.
Усл. печ.л. **22,32**. Уч.-изд.л. **17,06**. Тираж **125** экз. Заказ **147**.

Издатель и полиграфическое исполнение
учреждение образования
«Гродненский государственный медицинский университет»
ЛИ № 02330/0548511 от 16.06.2009. Ул. Горького, 80, 230009, Гродно.